IV.

UNTERSUCHUNGEN

über die Wirkung, welche Magnetstäbe
auf alle Körper äußern,

von

COULOMB,

„Mitglied des Nat.-Inst.

(Ausgezogen aus einer Vorlesung im *franz. Nat. - Inst.* im *Prair. J. 10. Juni 1802.*) *)

Ich habe, sagt Coulomb, in meiner ersten Abhandlung **) gezeigt, daß, wenn man aus irgend einer Materie, sie sey welche sie wolle, Nadeln, 7 bis 8 Millimètres, (5 par. Linien,) lang, und nur 40 bis 50 Milligrammes schwer, bildet, und sie an einem einfachen Faden Coconseide aufhängt, so daß die Nadel horizontal, zwischen den entgegengesetzten nur um 20 Millimètres von einander entfernten Polen zweier Magnetstäbe schwebt, diese Nadeln sich stets in die Richtung durch beide Pole setzen, und durch isochronische Oscillationen in diese Lage gelangen. Zugleich habe ich in jener Abhandlung dargethan, wie aus der Windungskraft des Seidenfadens, der die Nadel trägt, und aus der Zahl der Schwingungen in einer gegebenen Zeit, die magneti-

*) *Journal de Physique*, t. 54, p. 454. d. H.

**) Vergl. *Annalen*, XI, 367 f. d. H.

sche Kraft, welche die Schwingungen erzeugt, sich messen läßt.

Ist aber diese Wirkung einem Einflusse der magnetischen Kraft auf *alle Substanzen*, oder nicht vielmehr einigen *Eisentheilchen* zuzuschreiben, die allen Stoffen ohne Ausnahme beigemischt sind, ohne sich durch chemische Reagentien zu offenbaren? wie man dieses letztere vom Nickel, vom Kobalt, und von allen metallischen Stoffen, welche Zeichen von Magnetismus geben, glaubt. *) Schwerlich wird sich diese Frage beantworten lassen, bevor man nicht mit Gewisheit wird darthun können, einen Stoff von allen Eisentheilchen, die er enthalten könnte, vollkommen gereinigt zu haben. So viel ist auf jeden Fall einleuchtend, daß, da die Wir-

*) Oder rührt sie nicht vielleicht von Eisentheilchen her, die nur an der Oberfläche der nadeiförmigen Körperchen hafteten, und von den eisernen Werkzeugen herrührten, mit denen die Nadeln wahrscheinlich gebildet worden sind? Ein Drittes, welches sehr möglich wäre, (*Annalen*, XI, 372, verglichen mit dem Resultate des sechsten der folgenden Versuche,) da sich in keinem der bis jetzt bekannt gewordenen Auszüge aus Coulomb's Aufsätzen eine Aeußerung findet, die es wahrscheinlich machte, daß Coulomb dabei eiserne Werkzeuge vermieden hätte, und da Körperchen, die nur $\frac{1}{4}$ Grains wiegen, schon durch ein Minimum von daran haftendem Eisen zwischen Magneten zum Schwingen gebracht werden müssen. d. H.

kung der Magnetstäbe auf jeden Körper sich bis auf das allerkleinste Theilchen desselben erstreckt, das Eisen im letztern Falle dem Körper durchweg in gleichem Verhältnisse, bis zum kleinsten Atom herab, beigemischt seyn müßte.

Ich übergehe diese Frage, welche die Erfahrung noch nicht zu beantworten vermag, und schränke meine Untersuchungen in gegenwärtiger Abhandlung für dieses Mähl auf Folgendes ein:

1. *Die Wirkung der Magnetstäbe auf Metalle, die auf gewöhnlichem Wege gereinigt sind, zu messen, und zu sehn, ob sich nicht, unter der Voraussetzung, daß diese Wirkung von einem kleinen Antheile Eisen herrühre, welches dem Metalle durchweg beigemischt ist, der Eisengehalt, der diese Wirkung hervorbringe, genau bestimmen läßt; zu welchem Zwecke ich mir von unsern Collegen Sage und Guyton Metalle in der größtmöglichsten Reinheit, in der sie sie darzustellen vermögen, erbat.*

2. *Auf dieselbe Art bei Körpern, deren schnelle Schwingungen zwischen den Polen der Magnetstäbe für Gegenwart von Eisen in ihnen Bürge sind, (ob schon ihr Eisengehalt so äußerst geringe ist, daß er allen chemischen Analysen grösstentheils entgeht,) genau den Antheil von Eisen, welchen sie enthalten, anzugeben.*

Vorbereitung zu den Versuchen. Es wurden zwei künstliche Magnete bereitet, jeder aus 4 gehärteten, 360 Millimètres langen und 4 Millimètres dicken Stahlstäben, so daß jeder dieser beiden Mag-

nete 28 Mill. breit, 8 Mill. dick und 360 Mill. lang, (12,4''' br., 3,6''' d., 13,3'' lang,) war. Beide stellten sich in gerade Linie, mit ihren entgegengesetzten Polen einander gegenüber und 20 Mill., (8,8''), von einander entfernt. Zwischen ihnen wurden die nadelförmigen Körper, nach Art der Magnetnadel, mittelst eines einfachen Fadens Coconseide, so wie diese vom Seidenhaspel kömmt, aufgehängt. Der Körper befand sich am untern Ende eines kleinen Stiftes, (*Cheville*,) befestigt, dessen Kopf eine horizontale Nadel trug, die sich längs eines kleinen eingetheilten Kreises hinbewegte. *) Dieser Kreis und der kleine Cylinder, der ihn trägt, sind an einem horizontalen Arme befestigt, der längs einer senkrecht stehenden Säule beweglich ist. Zuerst wird der nadelförmige Körper so hoch über die Magnetstäbe gehängt, daß er sich ganz außerhalb ihres Wirkungskreises befindet. In dieser Lage läßt man ihn oscilliren, und bestimmt aus der Menge seiner Oscillationen in einer bekannten Zeit, die Kraft der Windung des Fadens. Ist er zur Ruhe gekommen, so stellt man ihn mittelst des Kreises genau in die Richtung der Magnetstäbe, und läßt ihn dann zwischen die beiden Magnetstäbe hin-

*) Die Einrichtung des *Coulombschen* Windungsapparats, (*Balance de torsion*,) dem diese Vorrichtung zu entsprechen scheint, wird der Leser in einem der folgenden Stücke der *Annales* umständlicher beschrieben finden.

ab. Hier setzt man ihn aufs neue in Schwingung, und nun entspricht die Zahl seiner Oscillationen in einer bekannten Zeit der vereinten Wirkung der Kraft der Windung und der magnetischen Kraft, welche die Pole der beiden Magnetstäbe auf ihn äußern. Zieht man von diesen beiden vereinten Kräften die aus dem ersten Versuche gefundene Kraft der Windung ab, so erhält man die magnetische Kraft, deren Größe man suchte.

Versuch 1. Jede der verschiedenen Nadeln, mit denen der Versuch angestellt wurde, war 7 Millim. (5,1⁰⁰), lang, und wog 40 Milligrammes, (0,75 fr. Grains.) Als sie außerhalb des Wirkungskreises der Magnetstäbe hingen, brachte jede derselben auf 4 Schwingungen 44" zu. Als man sie dagegen zwischen die Pole der Magnetstäbe hinab gelassen hatte, vollendete

eine Na- del aus	4 Schwin- gungen in
Gold	22"
Silber	20
Blei	18
Kupfer	22
Zinn	19

Da diese Nadeln alle von gleicher Länge und gleichem Gewichte waren, mußten sie insgesammt, wenn keine andere Kraft, als die Kraft der Windung auf sie wirkte, zu gleich viel Schwingungen gleich viel Zeit brauchen. In der That machte jede derselben 4 Schwingungen in 44", wenn sie außerhalb des Wirkungskreises der Magnetstäbe hing. Nun berechnet Coulomb, nach seinen Formeln, die er über die Oscillationen und die Kraft der Windung 1777 im 9ten Bande der *Mémoires des savans étrangers*, und 1784 in den *Mémoires de l'Académie* auf-

gestellt hat, das Verhältniß des Moments der magnetischen Kraft, die in den letztern Versuchen sich auf die einzelnen Metalle äufserte, und dieses Verhältniß des magnetischen Moments bei Nadeln von gleichem Gewichte und gleicher Länge, die von den beiden Polen der Magnetstäbe alle gleich entfernt hängen, findet sich nach seinen Berechnungen wie folgt:

für Gold	= 3,00 A.
Silber	= 3,80 A.
Blei	= 4,97 A.
Kupfer	= 5,00 A.
Zinn	= 4,24 A.

Wollte man das wirkliche Moment für jedes dieser Metalle wissen, so würde das Moment für die Goldnadel dargestellt werden durch 0,0123, und diesem entspräche ungefähr das Moment eines Gewichts von 1 Milligr., das an einem $\frac{1}{3}$ Millimètre langen Hebelarme hinge; oder nach den alten Maassen und Gewichten, das Moment eines Gewichts von nicht ganz $\frac{1}{3000}$ Grain, das an einem 1 Linie langen Hebelarme hinge; eine Gröfse, die so geringe ist, daß es unmöglich gewesen seyn würde, sie auf andere Art, als mittelst der Oscillationen zu bestimmen.

Coulomb versuchte darauf die Kraft der Magnete auf verschiedene Holzarten auf dieselbe Art zu bestimmen; aber er fand, daß man wegen der grossen Leichtigkeit des Holzes und wegen des Widerstandes der Luft diese Versuche unter [luftleeren?] Glasglocken anstellen müsse.

Versuch 2. Coulomb bemühte sich nun, zu finden, wie viel Eisen mit einem andern Metalle legirt, oder in irgend einem andern Körper zerstreut seyn müsse, damit einestheils die Geschwindigkeit der Schwingungen, in welche ein einzelner Magnet-

fiab eine daraus gebildete Nadel setzt, auf Gegenwart des Eisens zu schließen berechtigte; und andertheils doch der Eisengehalt so geringe sey, daß er sich durch die gewöhnlichen chemischen Mittel nicht wohl entdecken lasse.

Er hatte von Guyton Silber erhalten, das mit Eisen zusammengeschmolzen worden war, sich aber beim Schmelzen nicht mit dem Eisen vereinigt hatte. Der Magnet wirkte merklich auf dieses Silber, indeß etwas davon in Salpetersäure aufgelöst, und durch blausaures Kali daraus gefällt, nicht die geringste Nuance von Blau zeigte.

Gewiß, sagt Coulomb, war in diesem Silber etwas Eisen zurück geblieben. Um das Verhältniß desselben zum Silber zu finden, schlug ich folgenden Weg ein.

Ich bildete aus Wachs drei Cylinder, deren jeder nicht ganz 25 Millim., (10^{'''}.) lang war, und 212 Milligr., (4 Grains.) wog. Den *ersten* vermittelte ich mit ¹/₂, den *zweiten* mit ¹/₃, den *dritten* mit ¹/₄ seines Gewichts Eisenfeil; entfernte die beiden gegenüberstehenden Pole der Magnetsäule bis auf 100 Millim., (3,7^{'''}.) von einander, und hing nach einander die drei Cylinder in die Mitte zwischen beide. So vollendeten sie 40 Schwingungen, der erste in 32^{''}, der zweite in 43^{''}, der dritte in 61^{''}.

Die beschleunigende Kraft, welche auf jedes Längen-Element in 1 wirkt und es zum Schwingen bringt, muß sich hierbei zu der beschleunigenden

Kraft, welche auf 3 wirkt, wie man leicht sieht, wie der Eisengehalt, das ist, wie $\frac{1}{2} : \frac{1}{1}$ oder wie 3,4 : 1 verhalten. Nach der Lehre von den Oscillationen verhalten sich diese beschleunigenden Kräfte umgekehrt wie das Quadrat der Zeit, worin eine gleiche Menge von Schwingungen vollendet wird; mithin in diesem Falle wie $61^2 : 32^2$, das ist, wie 3,7 : 1.

Die Kräfte, welche 1 und 2 zum Schwingen bringen, verhalten sich aus dem ersten Grunde wie $\frac{1}{2} : \frac{1}{1}$ oder wie 1,8 : 1; und zufolge ihrer Schwingungsmengen in gleicher Zeit, wie $43^2 : 32^2$, das ist, wie 1,805 : 1.

Hieraus ist offenbar, daß die Wirkung der Pole zweier Magnetstäbe auf Cylinder von gleicher Länge, die aus einer solchen Mischung bereitet sind, dem Antheile derselben an Eisenfeil proportional ist.

Versuch 3. Jeder der drei vorigen Cylinder wurde in 3 oder 4 kleinere getheilt, die gleich den ersten etwas über 22 Millim., (10''), lang waren. Sie machten insgesammt in derselben Zeit gerade so viel Schwingungen, als die, denen sie zuvor angehörten.

Versuch 4. Blechstreifen, aus dem Silber gebildet, das durch bloßes Schmelzen von Eisen geschieden worden war, gaben mir Resultate, denen der beiden vorigen Versuche ähnlich.

Versuch 5. Ich stellte die beiden Pole der Magnetstäbe 70 Millim., (2,6''), aus einander, und

hing zwischen sie einen 13 Millim., ($5,8''$), langen Cylinder, der von der Masse des ersten Cylinders, (die aus 4 Theilen Wachs und 1 Theile Eisenfeil bestand,) gebildet war. Er vollendete 40 Schwingungen in $16''$.

Ich bildete darauf aus dem Silberstücke einen eben so langen Blechstreifen, und hing ihn zwischen beide Pole. Dieser brauchte zu 40 Schwingungen $128''$ Zeit.

Da beide Nadeln gleich lang waren, so würden sie, bei einem verhältnißmäßig gleichen Eisengehalte, zu gleich viel Schwingungen auch gleich viel Zeit gebraucht haben. Wir haben aber gesehen, daß in gleich langen Nadeln, die einen verchiednen Eisengehalt haben, die Kräfte, welche sie schwingen machen, ihrem Eisengehalte proportional sind, und diese Kräfte stehen nach der Lehre von den Schwingungen im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Zeiten, die auf eine gleiche Zahl von Schwingungen hingehn. Hiernach verhält sich folglich das Moment der Kraft, welche den Cylinder, der aus $\frac{4}{5}$ Wachs und $\frac{1}{5}$ Eisenfeil besteht, in Schwingung setzt, zu der Kraft, welche den Silberblechstreifen schwingen macht, wie $128^2 : 16^2$, das ist, wie $64 : 1$; und in demselben Verhältnisse steht ihr Gehalt an Eisen. Da dieser nun im Wachscylinder auf $\frac{1}{5}$ steigt, so ist der Eisengehalt des Silbers $\frac{1}{320}$, und dieses enthält auf 319 Theile Silber nur 1 Theil Eisen.

Versuch 6. Auf Nadeln aus Silber, das auf der Kapelle oder mittelst Salzsäure gereinigt war, äuserten die magnetischen Pole in der vorigen Entfernung (von 70 Millim. oder $2,6''$) von einander, keine merkbare Einwirkung. Ich näherte daher beide Pole einander bis auf 24 Millim., ($10,04''$), schnitt aus dem mit Eisen geschmolzenen, und aus dem durch Salzsäure gereinigten Silber kleine Streifen von 13 Millim., ($5,8''$) Länge, und hing sie an einfachen Seidenfäden auf. Ausserhalb des Wirkungskreises der Magnetstäbe machten beide, bloß durch die Kraft der Windung getrieben, 4 Schwingungen in $96''$. Zwischen die magnetischen Pole gehängt, vollendete die Nadel aus dem mit Eisen geschmolzenen Silber 40 Schwingungen in $25''$, in-
 defs die Nadel aus dem durch Salzsäure gereinigten Silber zu 4 Schwingungen $45''$, folglich zu 40 Schwingungen $450''$ brauchte.

Da die erste Nadel zwischen den Magnetstäben in $25''$ 40mahl, und ausserhalb des Wirkungskreises derselben in $96''$ nur 4mahl schwang, so läßt sich bei ihr die Kraft der Windung des Seidenfadens ganz bei Seite setzen. — Die zweite Nadel machte 4 Schwingungen mittelst der bloßen Kraft der Windung in $96''$; dagegen mittelst dieser Kraft, vereint mit der magnetischen Kraft, welche die Magnetstäbe auf sie äuserten, in $45''$. Folglich verhielten sich bei ihr beide Kräfte vereint, zur bloßen Kraft der Windung, wie $96^2 : 45^2$, das ist, wie $4,5 : 1$. Um die magnetische Kraft allein zu haben, muß

man folglich von der Zahl, welche die vereinte Wirkung beider Kräfte darstellt, $\frac{3}{4}$ oder $\frac{7}{8}$ nehmen.

Nun aber verhalten sich die Kräfte, welche auf beide Nadeln wirken, verkehrt wie das Quadrat der Zeit, worin sie eine gleiche Anzahl von Schwingungen, in unferm Falle 40, machen; mithin wie $450^2 : 25^2$, das ist, wie $324 : 1$. Folglich ist die magnetische Kraft, welche auf die Nadel aus gereinigtem Silber wirkt, nur $\frac{7}{8} \cdot \frac{1}{324} = \frac{1}{418}$ von der Kraft, welche die Magnete auf die Nadel aus Silber, das mit Eisen geschmolzen worden war, äußern.

Dieses letztere Silber enthielt, nach dem fünften Versuche, $\frac{1}{328}$ Eisen. Da nun die Kräfte, welche die Magnete auf die Nadeln äußern, der Eisenmenge proportional sind, welche gleiche Längen Elemente beider enthalten, so scheint der Eisengehalt des durch Salzfäure gereinigten Silbers nur auf $\frac{1}{13319}$ zu steigen. Das heißt, dieses Silber enthält auf 13319 Theile Silber 1 Theil Eisen.

Wir müssen aus diesen Versuchen schließen, daß das Eisen, ungeachtet es hier in einer fast unendlich geringern Menge als das Silber vorhanden ist, sich doch durch das ganze Silber so vertheilt befindet, daß jedes Atom der ganzen Masse verhältnißmäßig gleich viel Eisen enthält. *)

*) Daß dieser Schluss aus den Vorderätzen folge, sehe ich nicht ab. Coulomb gründet seine Rechnungen auf die Voraussetzung, daß das Ei-

Ich bemerke noch, daß die meisten thierischen und vegetabilischen Körper von den Magnetflächen eine grössere Einwirkung als die auf gewöhnliche Art gereinigten Metalle leiden.

sen in einer der Nadeln gerade so wie in der andern durch die Masse vertheilt sey; es scheint mir nicht, daß ihn das Resultat dieser Rechnungen zu irgend einem Schlusse über die Wahrheit oder Falschheit dieses Vordersatzes berechti-

d. H.