XIII. Ueber die verschiedene Zunahme der magnetischen Anziehung und diamagnetischen Abstossung bei zunehmender Kraft des Elektromagneten; von Plücker.

(Note zu den Abhandlungen Bd. 72, V., Bd. 73, XVII., Bd. 74., I. §. 4.)

1. **E**ins der überraschendsten Resultate, zu denen ich in meinen magnetischen Experimental-Untersuchungen gekommen bin, ist unstreitig dasjenige, wonach, bei zunehmender Kraft des Elektromagneten — insbesondere auch durch grössere Annäherung an die Pole desselben — die diamagnetische Erregung in viel rascherem Verhältnisse zunimmt als die magnetische. Dieses Resultat durch neue Versuche aufser allem Zweifel zu setzen, ist die Absicht dieser kurzen Note.

Auf diesen Gegenstand wurde meine Aufmerksamkeit zuerst gerichtet durch die Beobachtung, dafs ein Stückchen Baumrinde, ein Stückchen Kohle und überhaupt jeder aus magnetischen und diamagnetischen Substanzen in solchem Verhältnisse gemischte Körper, dafs weder Magnetismus noch Diamagnetismus stark vorherrscht — zwischen den beiden Polen schwingend aufgehängt, sich bei grösserer Polnähe *diamagnetisch*, bei geringerer *magnetisch* verhält. Später zeigte sich, dafs dieselbe Umkehrung von Diamagnetismus in Magnetismus erfolgt, wenn wir, ohne dafs die Entfernung der Pole sich ändert, den Elektromagnetismus ein Mal durch eine geringere, das andere Mal durch eine grössere Anzahl von Trögen erregen. Durch eine Modification dieses Versuches ergibt sich eine *neue Bestätigung* unseres Gesetzes. Wenn man nämlich den Polen des Elektromagneten eine etwas grössere Entfernung giebt, und das Kohlenstückchen so lang nimmt, dafs es eben noch zwischen denselben frei schwingen kann, so ändert sich, während es schwingt, namhaft seine Entfernung von den Po-

len: es kann also, bei Anwendung einer gehörigen Stromstärke, weder in der axialen, noch in der äquatorialen Lage zur Ruhe kommen, sondern es muß eine ganz bestimmte *Mittellage* annehmen. Wirklich stellte sich ein Stückchen Kohle 27^{mm} lang und 6^{mm} dick, bei Anwendung von einem Troge entschieden magnetisch, bei Anwendung von sieben Trögen sehr entschieden diamagnetisch, während es, bei Anwendung von drei Trögen, um eine solche feste Gleichgewichtslage seine Schwingungen machte und in derselben zur Ruhe kam, die mit der axialen Lage einen Winkel von ungefähr 40° bildete.

2. Wer sich mit den Untersuchungen über das magnetische und diamagnetische Verhalten zusammengesetzter Körper, namentlich vegetabilischer und animalischer Substanzen, beschäftigt, findet häufig, daß der aufgehängte Körper entschieden eine schiefe, weder axiale noch äquatoriale, Lage annimmt: der letzte Versuch führt dieses bisher nicht erklärte Factum auf die Grunderscheinungen, wie sie Hr. Faraday entdeckt hat, zurück, indem er zugleich die Mischung magnetischer und diamagnetischer Substanzen in dem schwingenden Körper nachweist und anzeigt, daß wir durch Schwächung oder Verstärkung des Stromes den Körper entschiedener in die magnetische oder diamagnetische Lage bringen können.

3. Die in dem Vorstehenden beschriebenen Erscheinungen treten so stark hervor, daß ich nicht daran zweifeln konnte, daß das fragliche Gesetz sich auch unmittelbar durch die Wage werde nachweisen lassen. Hiernach habe ich in §. 4. meiner Abhandlung über magnetische und diamagnetische Intensitäts-Bestimmung im 74. Bande Versuche mitgetheilt, die aber nur dann Beweiskraft haben, wenn wir bei Anstellung derselben gewisse Gränzen nicht überschreiten. Wenn wir nämlich an einem Arme einer Wage, dicht über den genäherten Polen, ein mit Quecksilber gefülltes Uhrglas aufhängen und äquilibriren, es dann, nach Erregung des Stromes, angezogen wird, und nach Auflegung eines Uebergewichtes von den Ankern losreißt, aber in

der geringen Entfernung von 1^m in stabiler Gleichgewichtslage festgehalten wird, und erst beim Oeffnen der Kette, in Folge des Uebergewichtes, von den Polen fortgeht: so ist diese Erscheinung unwiderruflich eine Folge davon, daß die Abstossung der diamagnetischen Bestandtheile des mit Quecksilber gefüllten Uhrglases mit der Entfernung rascher abnimmt, als die Anziehung der magnetischen Bestandtheile desselben. Diefs war der Versuch, den ich zuerst zur weiteren Prüfung des Gesetzes anstellte.

4. Die beschriebene Erscheinung findet fortwährend statt, wie sehr wir auch, durch Wahl anderer Substanzen, die magnetische Anziehung verstärken mögen, nur daß dann die Gleichgewichtslage in einer größern Entfernung von den Polen eintritt, wobei der lange und keinesweges leichte Balken meiner Wage, in Folge des größern Uebergewichtes, eine schiefere Lage annimmt. Hier muß ich mich indess einer Uebereilung anklagen, indem ich keine Unterscheidung zwischen den Versuchen mit stark magnetischen und schwach magnetischen Mischungen machte, einer Uebereilung, die ich um so weniger beschönigen kann, als ich der paradoxen Resultate, die die gleiche Deutung *aller* gab, mir recht wohl bewußt war. Indem wir nämlich ein Uebergewicht auslegen, das die Wage aus der horizontalen Lage herausbringt, kommt dadurch, in demselben Sinne wirkend als die diamagnetische Abstossung, das Bestreben der Wage hinzu, in die schiefe Gleichgewichtslage zu kommen. Während diefs Bestreben in dem ersten Versuche gegen die magnetischen und diamagnetischen Kräfte vernachlässigt werden kann, bedingt es, bei Anwendung von stärker magnetischen Substanzen, die sogar nichts Diamagnetisches zu enthalten brauchen, und bei der entsprechenden größern Entfernung von den Polen, *ausschließlich* die beobachtete Erscheinung. Es braucht nur, indem die Wage aus der schiefen Gleichgewichtslage durch die magnetische Anziehung den Polen genähert wird, diese Anziehung durch die größere Annäherung weniger zu wachsen, als das Bestreben der Wage in die schiefe Gleichgewichtslage zurück-

zukehren. Immerhin aber möchte noch, bei ein und derselben Reihe von Versuchen, die falsche Deutung einiger derselben auf die Deutung der andern einen Schein von Unsicherheit werfen und diese sogar auch dann noch verdächtigen, wenn wir zur Anstellung derselben uns einer *kleinen* und empfindlichen Wage bedienten. Darum habe ich in den folgenden Nummern, die bestimmt sind die 52. und 55. Nummern der zuletzt angeführten Abhandlung zu ersetzen, die frühern Versuche so abgeändert, daß das fragliche Gesetz über die verschiedene Ab- und Zunahme von Magnetismus und Diamagnetismus unzweifelhaft und in der augenfälligsten Weise daraus folgt.

5. Ich hing wiederum ein Uhrglas, in welches ich ein abgerundetes Stück Wismuth legte, in gewohnter Weise über die genäherten Pole an den einen Arm meiner großen Wage, und brachte diese dann durch Tariren in die horizontale Gleichgewichtslage. Es war zugleich eine Vorrichtung angebracht, um durch Heben und Senken der Wage, ohne das obige Gleichgewicht zu stören, das Uhrglas in eine beliebige Entfernung über den Polen zu bringen. Nachdem diese bestimmt worden war, wurde der Elektromagnetismus nach einander durch eine verschiedene Anzahl von Grove'schen Trüben hervorgerufen. Dann mußte sich Magnetismus und Diamagnetismus bezüglich durch die Anziehung und Abstofsung des Uhrglases offenbaren. Die Gröfse dieser Anziehung und Abstofsung, durch die Hebung und Senkung des Uhrglases gemessen, ist in der nachfolgenden Versuchsreihe zur Schätzung der überwiegenden magnetischen Kraft angegeben ¹).

I. Bei

- 1) Es handelt sich hierbei nicht um quantitative Maafsbestimmungen, sondern nur um qualitative Versuche. Wäre ersteres der Fall, so könnten wir die Gewichte im Voraus bestimmen, die, bei der gegebenen Belastung, einen gegebenen Ausschlag der Wage — oder, was dasselbe ist, einer gegebenen Senkung oder Hebung des Uhrglases — entsprechen, und müßten dann, indem wir diese Gewichte als das Maafs der magnetischen Anziehung oder diamagnetischen Abstofsung betrachten, als entsprechende Entfernung diejenige nehmen, bei welcher das Uhrglas ins

I. Bei Berührung der Anker durch das Uhrglas.

Anzahl der Tröge:	8	Abstossung:	5 ^{mm} ,0
„ „ „	2	„	0 ,5 (kaum)
„ „ „	1	keine merkliche Wirkung.	

II. Bei einer Hebung des Uhrglases von 1^{mm},5.

Anzahl der Tröge:	8	Abstossung:	3 ^{min} ,5
"	"	"	2 ,25
"	"	"	1 ,5
"	"	"	0 ,5
"	"	Anziehung:	1 ,0

III. Bei einer Hebung des Uhrglases von 3^{mm},5.

Anzahl der Tröge:	8	Abstossung:	1 ^{mm} ,0
"	"	Anziehung:	1 ,0
"	"	"	3 ,0

IV. Bei einer Hebung des Uhrglases von 5^{mm},5.

Anzahl der Tröge:	8	Anziehung:	3 ^{mm} ,0
"	"	"	3 ,25.

V. Bei einer Hebung des Uhrglases von 8^{mm},5.

Anzahl der Tröge:	8	Anziehung:	5 ^{mm} ,0
"	"	"	ebenso:

Wir ersehen, um nur ein paar Momente aus der vorstehenden Beobachtungs-Reihe hervorzuheben, wie bei derselben Aufhängung des Uhrglases mit dem darin liegenden Wismuthstücke, die ganze Masse bei einer Erhebung von 3^{mm},5 über den Polen, je nachdem wir den Strom durch *acht* oder durch *vier* Tröge erregen, mit ungefähr gleicher Kraft ein Mal *diamagnetisch abgestossen* und das andere Mal *magnetisch angezogen* wird; dafs ferner die magnetische Kraft bedeutend *zunimmt*, wenn wir den Elektromagneten dadurch *schwächen*, dafs wir statt der *vier* Tröge nur *einen einzi-*

Gleichgewicht kommt. Bei der fraglichen Schätzung ist hierbei Rücksicht zu nehmen; in der obigen Versuchsreihe sind die Kräfte keinesweges den Ausschlägen proportional.

Ein zweites Mittel die Anziehung und Abstossung bei verschiedener Kraft und bei verschiedenen Entfernungen zu messen, wäre die Bestimmung der Gewichte, bei welcher das Uhrglas — oder statt desselben jeder andere Körper — in der von mir angewandten Weise abgezogen wird.

gen Trog anwenden. Eben so deutlich tritt hervor, wie die, einer Schwächung der Kraft des Elektromagneten entsprechende, grössere Entfernung von den Polen desselben, die gleiche Wirkung hervorbringt. Ist bei einer gegebenen Stromstärke magnetische Anziehung vorhanden, so erhalten wir die grösste Wirkung *nicht* in der grössten Nähe der Pole; im Gegentheile diese grösste Wirkung findet in einer namhaften Entfernung von den Polen statt; sie nimmt mit einer Annäherung an denselben, wenn der Elektromagnet stark genug ist, bis zum Verschwinden ab und dann zeigt sich, bei fortwährender Annäherung, diamagnetische Abstossung, die, bis zur Berührung der Pole, stetig zunimmt. Bei Anwendung von *acht* Trögen liegt der Indifferenzpunkt in einer Entfernung von den Polen, die ungefähr 4^{mm} beträgt, bei blofs *vier* Trögen den Polen um 1^{mm} bis 2^{mm} näher. Das Maximum der magnetischen Wirkung scheint beidemal, wenigstens bei acht Trögen, in einer Entfernung von 8^{mm} noch nicht erreicht.

6. Bei Anstellung der Versuche der vorigen Nummer begegnen wir, in constanter Weise, der Beobachtung, dafs selbst in dem Falle entschiedener diamagnetischer Wirkung, im Momente des Schliessens nicht Abstossung, sondern vielmehr sehr merkliche Anziehung stattfindet, und diese erst nach einiger Zeit in Abstossung sich verwandelt. Die Erklärung dieser Erscheinung ist darin zu suchen, dafs, nachdem die Kette geschlossen ist, die Kraft des Magneten nicht augenblicklich, sondern erst nach einer gewissen Zeit, ihre ganze Stärke erhält ¹⁾. Die fragliche Beobachtung ist also eine *neue Bestätigung* unseres Gesetzes.

- 1) Diese bekannte Thatsache wird, was schon Hr. Faraday bemerkt hat, sehr schön sichtbar gemacht in der Drehung der Polarisations-Ebene durch den Elektromagneten, die nach Schliessung der Kette noch einige Zeit hindurch zunimmt. Wir können sie auch für den Tastsinn bemerklich machen, wenn wir auf die beiden Polflächen Halbanker aufsetzen und dieselben so annähern, dafs sie durch Erregung des Elektromagnetismus zusammenschlagen würden, aber, um dieses zu verhindern, eine Korkscheibe dazwischen bringen. Berühren wir dann, während des Schliessens, die beiden Halbanker mit einer Fingerspitze, so

7. Dieses Gesetz, daß nämlich die magnetische Anziehung mit der Entfernung langsamer abnimmt, als die diamagnetische Abstofsung, erklärt vollständig alle in dieser Note erwähnten Erscheinungen, als deren allgemeinen Ausdruck wir dasselbe ansehen können. Wollte man gegen diese Auffassung einen Einwurf daraus entnehmen, daß ich überall nur magnetische und diamagnetische Substanzen *zusammen* anwende, so müßte man die beobachteten Erscheinungen einer gegenseitigen Einwirkung der beiderartigen Substanzen zuschreiben. Aber das diamagnetische Wismuth berührt in den Versuchen der 5. Nummer in wenigen Punkten bloß das magnetische (freilich auch diamagnetische Substanzen enthaltende) Uhrglas und wie wäre da an eine Einwirkung zu denken. Directe Abwägungen, in so weit sie bloß das Gesetz bestätigen sollen, sind leicht anzustellen. Handelt es sich aber um vollständige Versuche, so ist vorher vor Allem die Frage zu beantworten, ob *rein chemische Verbindungen*, im Gegensatze von Lösungen magnetischer Salze im Wasser, von Legirungen magnetischer und diamagnetischer Metalle, von vegetabilischen und animalischen Substanzen die Eisen aufgenommen haben — sich auch entweder *rein magnetisch* oder *rein diamagnetisch* verhalten. Es scheint mir dieses sehr wahrscheinlich und dann hätten wir, in vielen Fällen ein neues Kriterium für eine chemische Verbindung. Ich werde hierauf später zurückkommen.

Bonn den 1. October 1848.

fühlen wir deutlich, wie der Kork allmählig immer mehr zusammenge-
drückt wird.