

VI. *Ueber die Polarität des diamagnetischen Wismuths; von Dr. G. con Quintus Icilius in Hannover.*

In der Abhandlung »Elektrodynamische Maafsbestimmungen insbesondere über Diamagnetismus« (im Auszuge in Pogg. Ann. Bd. 87 S. 145 u. ff.) hat Hr. Prof. Weber unter Anderm Versuche veröffentlicht, deren Zweck es ist nachzuweisen, daß das diamagnetische Wismuth eine Polarität besitzt, die dem Sinne nach die entgegengesetzte von der ist, welche das Eisen unter gleichen Umständen erhält.

Diese Versuche sind in der folgenden Weise angestellt. Auf beiden Seiten des einen Pols eines an einem Drahte aufgehängten horizontal schwebenden Magnets waren zwei Drahtspiralen vertical und so aufgestellt, daß der Pol des Magnets in der Mitte zwischen beiden und in der halben Höhe derselben sich befand. Beide Spiralen wurden von einem elektrischen Strome, aber in entgegengesetzten Richtungen, durchflossen, ihre Wirkungen auf den Magnet hoben sich also gegenseitig auf, und wenn dieses auch nicht genau der Fall war, so wurde die vollständige Compensation dadurch erreicht, daß ein Theil des Leitungsdrahts, welcher die Spiralen mit der Volta'schen Säule verband, um einen vertical stehenden Rahmen mehrfach gewunden, und dieser dem Magnet bis zu einer zweckmäßigen Entfernung im magnetischen Meridian genähert war. In jeder der beiden Spiralen konnte ein Wismuthstab, etwas kürzer als die halbe Länge einer Spirale, hin und her bewegt werden, und beide Stäbe wurden entweder so gestellt, daß ihre oberen, oder so, daß ihre unteren Enden in gleicher Höhe mit dem schwebenden Magnete sich befanden.

Indem die Umstellung der Stäbe aus der einen in die andere Lage und umgekehrt jedes Mal in dem Momente vorgenommen wurde, wo der in kleine Schwingungen gerathende Magnet die Richtung seiner Bewegung umkehrte,

konnten diese Schwingungen nach Belieben vergrößert oder verkleinert werden. Der Magnet trug einen kleinen Planspiegel, in welchem in bekannter Weise durch ein Fernrohr eine fest aufgestellte Scale beobachtet wurde. Durch Beobachtung der Gröfse der aufeinander folgenden Schwingungsbogen des Magnets konnte sowohl die Richtung als auch die Gröfse der Ablenkung ermittelt werden, welche die Stäbe hervorgebracht haben würden, wenn sie in einer der beiden Stellungen dauernd verblieben wären. Eine Vertauschung der Wismuthstäbe mit einem dünnen Eisen-drähtchen, welches in die eine oder die andere jener beiden Stellungen gebracht wurde, ergab dann immer eine beträchtlich gröfsere und entgegengesetzt gerichtete Ablenkung, wie die Wismuthstäbe bei gleicher Stellung hervorgebracht hatten.

Hr. Prof. Weber hat aus diesen wie aus anderen Versuchen den Schlufs gezogen, dafs das diamagnetische Wismuth eine, aber dem Sinne nach entgegengesetzte, magnetische Polarität besitzt, wie die, welche dem Eisen unter gleichen Umständen zukommt, ein Schlufs, zu dem bekanntlich auch andere Physiker gelangt sind.

Diesen Schlufs hat Hr. Prof. von Feilitzsch im 92sten Bande von Pogg. Ann. (S. 366 u. ff.) bestritten. Derselbe hat die Versuche des Hrn. Prof. Weber mit einem ähnlichen Apparat wiederholt, der ebenfalls in den Maafsbestimmungen (S. 504 und in Pogg. Ann. Bd. 87 S. 168) schon beschrieben ist, und der von dem anfangs erwähnten sich dadurch unterscheidet, dafs statt zweier Spiralen und zweier Wismuthstäbe nur *eine* Spirale und *ein* Stab gebraucht wird. Die Spirale ist aber in der Mitte zwischen den beiden Polen eines horizontal aufgehängten *Hufeisenmagnets* so aufgestellt, dafs die beiden Enden derselben gleich weit von den Polen des Magnets abstehen, und also wenn die Spirale von einem elektrischen Strome durchflossen wird, die ablenkende Wirkung auf den Magnet wieder nahezu verschwindet, während der kleine Rest wieder durch einen Compensationsrahmen, wie früher, aufgehoben wird.

Durch diese Wiederholung hat zwar Feilitzsch dasselbe unmittelbare Resultat wie Weber gefunden, allein er glaubt dasselbe nicht einer diamagnetischen Wirkung, sondern den Inductionsströmen zuschreiben zu dürfen, welche in dem Wismuth als Leiter durch seine Bewegung in der Spirale inducirt werden; vielmehr soll die Polarität des diamagnetischen Wismuths dieselbe wie die des Eisens, oder gleichnamig, seyn.

Diese Behauptung sucht er durch folgende Gründe zu unterstützen, die freilich von ihm nicht in derselben Form und Aufeinanderfolge wie hier hingestellt sind, aber doch das Wesentliche seiner Beweisführung enthalten:

- 1) Die Wirkung der gewöhnlichen Induction (im Gegensatz zu Weber's Molecular-Induction) sey in diesen Versuchen um deswillen nicht ausgeschlossen, weil, wenn auch die magnetische Kraft im Innern einer längeren Spirale von kleinem Durchmesser allenthalben nahe constant sey, dieses doch eben nur *nahe* der Fall sey, und auch diese geringe Verschiedenheit auf den in der Spirale verschobenen Wismuthstab inducirend wirken könne.
- 2) Will er gefunden haben, dafs wenn ein Wismuthstab in einer der beiden Stellungen längere Zeit *ruhend* bleibt, der Stand des Magnets kein merklich anderer sey, als wenn der Stab während derselben Zeit in der anderen Stellung sich *ruhend* befunden hätte.
- 3) Bei Weber's Versuchen sey das Wismuth von den *Enden* aus am stärksten erregt, und deshalb dürfe, auch, wenn in diesem Falle das Wismuth die entgegengesetzte Polarität wie das Eisen erhalte, daraus nicht geschlossen werden, dafs auch die kleinsten Theilchen desselben entgegengesetzt wie die des Eisens polarisirt würden. Es sey vielmehr denkbar, dafs das beobachtete Resultat durch eine verschiedene Vertheilung der übrigens gleichartig magnetisirten Theilchen im Wismuth und Eisen bedingt werde. Dafs dieses letztere der Fall sey, soll dadurch nachgewiesen werden, dafs

ein in der *Mitte* am stärksten erregter Wismuthstab eine gleichnamige Polarität wie das Eisen im gleichen Falle erhalte, welches Resultat allerdings aus den Bd. 92 S. 383 mitgetheilten Beobachtungen hervorzugehen scheint.

- 4) Wenn der Wismuthstab durch einen (die Elektrizität nicht leitenden) Wachscylinder ersetzt, und mit diesem dieselben Versuche angestellt werden, so werde der Magnet nicht in solche regelmäßige Schwingungen, wie durch das Wismuth, versetzt.

Durch die folgenden Versuche glaube ich jedoch nachweisen zu können, daß diese Gründe nicht zutreffen, und also Weber's Behauptung von der entgegengesetzten Polarität des Wismuths im Vergleich mit dem Eisen gültig bleibt.

Zur Anstellung derselben hat Hr. Prof. Weber die Güte gehabt, mir seinen diamagnetischen Apparat zu leihen, und zwar den von der abgeänderten Form mit *einer* Spirale und *einem* Wismuthstabe. Außer durch diese Abänderung unterscheidet sich derselbe von dem zu Weber's Hauptversuchen benutzten noch dadurch, daß die Spirale im Vergleich mit dem Wismuthstabe viel länger bei nahe demselben Durchmesser ist. Es beträgt nämlich nach einer freilich nicht mit der äußersten Schärfe ausgeführten Messung:

die Länge des Wismuthstabes . .	195 ^{mm}
die Länge der Spirale	663 ^{mm}
der innere Durchmesser dieser . .	20 ^{mm}
der äußere Durchmesser derselben	22 ^{mm} ,25.

Durch diese Verhältnisse wird es bedingt, daß die gewöhnliche Induction bei den Versuchen mit der allergrößten Sicherheit ausgeschlossen wird; denn der Wismuthstab bleibt während derselben mit seinem dem einen oder dem anderen Ende der Spirale nächsten Ende immer um etwa 137^{mm} von diesem entfernt, d. i. um etwa $\frac{1}{3}$ der ganzen Länge der Spirale. In dem mittleren Raume von 390^{mm} Länge, in welchem der Stab bewegt wird, kann die magnetisirende

Kraft der Spirale als vollkommen constant betrachtet werden; denn wenn man diese Kraft in der Mitte bei einer bestimmten Stromstärke gleich 1 setzt, so wird sie in dem Abstände von 195^{mm} auf der einen oder anderen Seite der Mitte bei gleicher Stromstärke durch 0,99954 ausgedrückt, wie sich aus der in den Maafsbestimmungen S. 547 gegebenen Formel ergibt, wenn man darin $a = 331,5$, $b = 195$, $r = 11$ setzt. An allen um weniger als 195^{mm} von der Mitte entfernten Stellen in der Spirale nähert sich jene Zahl der Einheit noch mehr.

Nimmt man nun auch an, dafs bei einer Schiebung des Wismuthstabes aus der oberen in die untere Stellung oder umgekehrt auf jeden Querschnitt desselben eine gleiche elektromotorische Kraft wie auf die beiden äufsersten wirke (während diese in Wahrheit immer kleiner ist), so müfste hiernach eine Umkehrung der Stromrichtung in der Spirale bei ruhendem Wismuthstabe in der einen oder anderen Lage eine wenigstens 4000 Mal so grofse Ablenkung des Magnets hervorbringen, als eine Verschiebung des Wismuthstabes aus der einen in die andere Stellung bei ungeänderter Richtung und Stärke des Stroms, wenn diese letztere Ablenkung eine Folge der gewöhnlichen Induction wäre.

Eine Umkehrung der Stromrichtung in der Spirale, während der Wismuthstab sich in der einen oder der andern Stellung befindet, bringt aber bei Anwendung derselben Volta'schen Säule ¹⁾, wie sie bei den folgenden Versuchen benutzt wurde, nur eine Ablenkung von einigen Scalentheilen hervor, die noch dazu zum Theil von der fast immer stattfindenden Unvollkommenheit der Compensation herrührt, während, wie aus dem Folgenden hervorgeht, die Verschiebung des Wismuths eine sehr merkliche Ablenkung des Magnets zur Folge hat. Hätte Hr. von Feilitzsch einen ähnlichen Hilfsversuch gemacht, so würde er sich gewifs auf die nämliche Weise überzeugt haben, dafs auch bei Anwendung seines Apparates, wo

1) Dieselbe bestand aus 3 bis 6 Eisenzinkbechern

allerdings die Verhältnisse für die Ausschließung der gewöhnlichen Induction nicht *ganz* so günstig sind, die in den Hauptversuchen beobachtete Wirkung doch dieser letztern nicht zugeschrieben werden kann.

Was ferner die Behauptung betrifft, daß der Stand des Magnets kein anderer sey, wenn der Wismuthstab längere Zeit *ruhend* in der einen Lage bleibt, während ein Strom durch die Spirale geht, als wenn er sich in der andern Lage befindet, so muß ich diese ebenfalls bestreiten.

Erstens weisen die Versuche des Hrn. v. Feilitzsch selbst eine kleine Standänderung nach (vgl. Pogg. Ann. Bd. 92, S. 381), die derselbe freilich als eine Wirkung der gewöhnlichen Induction ansieht, ohne aber nachzuweisen, wie diese eine solche hervorbringen könne.

Es wurde nämlich auch in diesen Versuchen der Wismuthstab abwechselnd gehoben und gesenkt, aber in jeder Stellung blieb er so lange, daß 20 Elongationen des Magnets beobachtet werden konnten. Das Mittel aus diesen ergab den mittleren Stand während dieser Zeit, und die (S. 381) mitgetheilte Tabelle zeigt, daß diese Zahlen bei gehobenem Stabe sämmtlich etwas kleiner als bei gesenktem sind, freilich nur um Bruchtheile eines Scalentheils. Außerdem sind in dieser Tabelle noch die Mittel aus den je 10 letzten Elongationen angegeben, und da diese nicht mehr jenen regelmässigen Gang zeigen, so werden diese als die richtigen Stände angesehen, von den ersteren aber behauptet, daß sie durch Inductionsströme gestört seyen.

Bekanntlich aber erlischt ein gewöhnlicher Inductionsstrom mit der Bewegung, die ihn hervorbringt, und wenn ein Magnet durch einen solchen, nur kurze Zeit dauernden, Strom bewegt ist, so wird der *Stand* des letzteren *nach dem Aufhören* des Stroms nicht geändert; der Magnet schwingt, als ob kein Strom vorhanden gewesen, und der Magnet, durch irgend eine andere Ursache momentan abgelenkt, dann aber sich selbst überlassen wäre. Aus den sämmtlichen 20 Elongationen des Magnets würde nur dann der

mittlere Ruhestand nicht gefunden werden können (wie dieser ohne Inductionsströme sich ergibt), wenn ein Inductionsstrom noch eine merkliche Zeit nach dem Aufhören der inducirenden Bewegung fort dauerte. Berechnet man den mittleren Ruhestand des Magnets aber nur aus einem Theile der beobachteten Elongationen, so wird offenbar der Einfluß einer Aenderung des Erdmagnetismus und anderer zufälliger Störungen mit geringerer Sicherheit eliminiert, und die jedenfalls sehr kleine Wirkung des Wismuths kann dann dadurch viel leichter verdeckt werden. Um so leichter ist dieses möglich, wenn man sich, wie Hr. von Feilitzsch gethan hat, der Hülfe beraubt, die ein um den Magnet gesetzter Dämpfer bei solchen Beobachtungen gewährt.

Wenn nun aber auch die Mittel aus je sämtlichen 20 Elongationen als wahre Stände des Magneten angesehen werden, so erscheint in diesen doch nur ein sehr geringer Einfluß des ruhenden Wismuths, und man könnte dieser Kleinheit wegen versucht seyn, den Versuchen keine Beweiskraft zuzuschreiben, zumal da die Mittel fehlen, die beobachtete Standänderung ihrer GröÙe nach mit derjenigen zu vergleichen, welche aus der Zunahme der Schwingungsbogen bei Anwendung der Multiplicationsmethode sich ergeben würde. Um diesen Einwand zu beseitigen, habe ich die zunächst folgenden Reihen von Versuchen angestellt, in welchen einerseits die endliche Ablenkung, ε , unmittelbar beobachtet wurde, d. h. diejenige, welche der *ruhende* Wismuthstab hervorbringt, andererseits aber durch Anwendung der Multiplicationsmethode der Gränzwert, X , der Schwingungsbogen bestimmt wurde, welchen man sich durch fortgesetzte *Multiplication* (d. h. Umstellung des Wismuthstabes bei jeder Elongation des Magnets) nähern kann.

Zwischen diesen beiden GröÙen besteht (Maafsbestimmungen S. 501) die Gleichung:

$$\varepsilon = \frac{X}{2} \frac{1 - e^{-\lambda}}{1 + e^{-\lambda}},$$

worin $\log e^\lambda$ das logarithmische Decrement der Schwingungsbogen des Magnets bezeichnet. Der Gränzwert X wird aus den beobachteten Schwingungsbogen ebenfalls mit Hüfe des logarithmischen Decrements gefunden, denn es ist (Maafsbestimmungen S. 499), wenn b_n die Gröfse des n ten Schwingungsbogens bezeichnet, wo als der erste derjenige gerechnet ist, der bei Zunahme derselben der Null am nächsten liegt,

$$X = b_n(1 - e^{-n\lambda}).$$

Um diese Rechnungen ausführen zu können, wurde daher nach Aufstellung des Apparats und nachdem jeder der beiden Schenkel des hufeisenförmigen Magnets mit einem kupfernen Dämpfer umgeben war, der Magnet in grofse Schwingungen versetzt, und die Abnahme der Schwingungsbogen beobachtet. Aus mehreren Reihen solcher Beobachtungen ergab sich $\log e^\lambda = 0,05107$.

Die dann folgenden Beobachtungen wurden hinsichtlich der Multiplication ganz so angestellt, wie es in den Maafsbestimmungen vorgeschrieben ist. Um den Stand des Magnets bei ruhendem Wismuthstabe zu bestimmen, wurden je sieben um die Schwingungsdauer des Magnets voneinander abstehende und gewöhnlich mit den Elongationen zusammenfallende Ablesungen gemacht, die 5 zweiten Mittel aus diesen gaben 5 Ruhestände, und das Mittel aus diesen den mittleren Ruhestand für den Moment der vierten Ablesung. Die einzelnen Standbeobachtungen wurden bei abwechselnd geänderter Stellung des Wismuthstabes angestellt. Die Differenz des Mittels aus der ersten und dritten Standbeobachtung und der zwischenliegenden zweiten giebt die doppelte Ablenkung, um welche der Wismuthstab während der zweiten Beobachtung den Magnet von seinem natürlichen Rande ablenkte, und in ähnlicher Weise ergaben sich diese Ablenkungen aus den späteren Standbeobachtungen.

In der folgenden Zusammenstellung der Beobachtungen findet sich:

- 1) der Gränzwert X , wie er sich im Mittel aus der Multiplication vor oder nach oder auch vor *und* nach den übrigen Versuchen ergab, und die daraus berechnete Ablenkung ε ;
- 2) die Stellung des Wismuthstabes mit der zugehörigen Standbeobachtung;
- 3) das Mittel aus der je vorausgehenden und nachfolgenden Standbeobachtung;
- 4) die Differenz dieses und der zwischenliegenden Standbeobachtung, und
- 5) die Hälfte dieser Differenz oder der direct beobachtete Werth von ε .

Es ist X mit einem positiven Vorzeichen versehen, wenn bei oberer Stellung des Wismuthstabes und wachsenden Schwingungsbogen der Magnet auf grössere Zahlen der Scale ging, dagegen mit dem Zeichen $-$, wenn das Entgegengesetzte der Fall war; und dem entsprechend ist ε positiv oder negativ genommen, je nachdem der Ruhestand des Magnets bei oberer Stellung des Wismuthstabes durch eine grössere oder eine kleinere Zahl als bei der entgegengesetzten Stellung des letzteren gegeben wurde. Die sämtlichen Beobachtungen gebe ich in dieser Ausführlichkeit, um zu zeigen, dass nicht eine einzige Ausnahme von dem allgemeinen Verhalten stattgefunden hat. Endlich ist noch zu bemerken, dass wenn auch zu Anfang jeder Versuchsreihe die Compensation der Stromwirkung auf den Magnet fast vollkommen erreicht war, doch allmählich eine Aenderung eintrat; es zeigt sich dieses darin, dass die Mittel aus je zwei aufeinanderfolgenden Standbeobachtungen sich allmählich ändern; indess sieht man, dass diese Aenderung auf das Gesamtergebniss von keinem erheblichen Einflusse ist.

Reihe 1.

No.	Stellung d. Wismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorher- gehenden und nachfolgenden.	Differenz.	ε.
1	unten	489,14	—	—	—
2	oben	492,08	488,26	+ 3,82	+ 1,91
3	unten	487,37	490,81	+ 3,44	+ 1,72
4	oben	489,54	486,59	+ 2,95	+ 1,48
5	unten	485,80	488,99	+ 3,19	+ 1,60
6	oben	488,43	485,13	+ 3,30	+ 1,65
7	unten	484,45	487,75	+ 3,30	+ 1,65
8	oben	487,06	483,61	+ 3,45	+ 1,73
9	unten	482,77	485,87	+ 3,10	+ 1,55
10	oben	484,68	—	—	—
11	Multiplication $X = 50,96$				+ 2,54
	Mittel aus den beobachteten WVerthen von ε . . .				+ 1,67

Reihe 2.

No.	Stellung d. Wismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorher- gehenden und nachfolgenden.	Differenz.	ε.
1	oben	495,19	—	—	—
2	unten	489,20	494,05	+ 4,85	+ 2,43
3	oben	492,90	488,55	+ 3,35	+ 1,68
4	unten	487,90	492,58	+ 4,68	+ 2,34
5	oben	492,25	487,24	+ 5,01	+ 2,51
6	unten	486,58	491,61	+ 5,03	+ 2,52
7	oben	490,96	485,92	+ 5,04	+ 2,52
8	unten	485,25	490,07	+ 4,82	+ 2,41
9	oben	489,17	484,70	+ 4,47	+ 2,24
10	unten	484,15	488,88	+ 4,73	+ 2,37
11	oben	488,59	483,85	+ 4,74	+ 2,37
12	unten	483,54	487,81	+ 4,27	+ 2,14
13	oben	487,02	482,78	+ 4,24	+ 2,12
14	unten	482,01	487,13	+ 5,12	+ 2,56
15	oben	487,24	482,13	+ 5,11	+ 2,56
16	unten	482,25	486,32	+ 4,07	+ 2,04
17	oben	485,40	481,50	+ 3,90	+ 1,95
18	unten	480,75	485,42	+ 4,67	+ 2,34
19	oben	485,44	481,35	+ 4,09	+ 2,05
20	unten	481,94	486,56	+ 4,62	+ 2,31
21	oben	487,67	481,51	+ 6,16	+ 3,08
22	unten	481,07	485,89	+ 4,82	+ 2,41
23	oben	484,10	480,56	+ 3,54	+ 1,77
24	unten	480,05	484,03	+ 3,98	+ 1,99
25	oben	483,95	480,46	+ 3,49	+ 1,75
26	unten	480,87	484,43	+ 3,56	+ 1,78
27	oben	484,91	—	—	—
28	Multiplication $X = + 64,53$				+ 3,22
	Mittel aus den beobachteten WVerthen von ε . . .				+ 2,25

Reihe 3.

No.	Stellung d. VVismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorhergehenden und des nachfolgenden.	Differenz.	ε.
1	Multiplication $X = + 32,21$				+ 1,61
2	unten	499,40	—	—	—
3	oben	501,66	499,25	+ 2,41	+ 1,21
4	unten	499,10	501,39	+ 2,29	+ 1,15
5	oben	501,12	—	—	—
Mittel aus den beobachteten WVerthen von ε . . .					+ 1,18

Reihe 4.

No.	Stellung d. Wismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorher- gehenden und des nachfolgenden.	Differenz.	ε.
1	Multiplication $X = + 69,80$				+ 3,49
2	unten	488,50	—	—	—
3	oben	494,60	488,38	+ 6,22	+ 3,11
4	unten	488,26	493,61	+ 5,45	+ 2,73
5	oben	492,62	487,37	+ 5,25	+ 2,63
6	unten	486,47	492,00	+ 5,53	+ 2,77
7	oben	491,37	485,13	+ 6,24	+ 3,12
8	unten	483,79	489,90	+ 6,11	+ 3,06
9	oben	488,42	481,20	+ 7,22	+ 3,61
10	unten	478,61	486,96	+ 8,35	+ 4,18
11	oben	485,50	478,44	+ 7,06	+ 3,53
12	unten	478,26	483,81	+ 5,55	+ 2,78
13	oben	482,12	478,37	+ 3,75	+ 1,88
14	unten	478,48	482,58	+ 4,10	+ 2,05
15	oben	483,04	476,00	+ 7,04	+ 3,52
16	unten	473,52	481,79	+ 8,27	+ 4,14
17	oben	480,53	472,70	+ 7,83	+ 3,92
18	unten	471,88	478,49	+ 6,61	+ 3,31
19	oben	476,44	469,98	+ 6,46	+ 3,23
20	unten	468,08	475,94	+ 7,86	+ 3,93
21	oben	475,44	467,79	+ 7,65	+ 3,83
22	unten	467,49	475,13	+ 7,64	+ 3,82
23	oben	474,82	467,19	+ 7,63	+ 3,82
24	unten	466,89	473,65	+ 6,76	+ 3,38
25	oben	472,47	—	—	—
26	Multiplication $X = + 85,32$				+ 4,27
	Mittel der berechneten Werthe von ε				+ 3,88
	Mittel der beobachteten Werthe von ε				+ 3,29

Reihe 5.

No.	Stellung d. Wismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorhergehenden und des nachfolgenden.	Differenz.	ε.
1	Multiplication $X = -46,01$				- 2,30
2	unten	517,40	—	—	—
3	oben	514,13	517,32	- 3,19	- 1,60
4	unten	517,24	514,38	- 2,86	- 1,43
5	oben	514,63	517,36	- 2,73	- 1,37
6	unten	517,48	514,67	- 2,81	- 1,41
7	oben	514,71	517,74	- 3,03	- 1,52
8	unten	517,99	514,90	- 3,09	- 1,55
9	oben	515,09	518,19	- 3,10	- 1,55
10	unten	518,39	515,50	- 2,89	- 1,45
11	oben	515,90	518,46	- 2,56	- 1,28
12	unten	518,53	515,95	- 2,58	- 1,29
13	oben	515,99	518,96	- 2,97	- 1,49
14	unten	519,38	516,25	- 3,13	- 1,57
15	oben	516,51	519,26	- 2,75	- 1,38
16	unten	519,14	—	—	—
17	Multiplication $X = -39,64$				- 1,98
	Mittel aus den berechneten WVerthen				- 2,14
	Mittel aus den beobachteten WVerthen				- 1,45

Reihe 6.

No.	Stellung d. Wismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorhergehenden und des nachfolgenden.	Differenz.	ε.
1	Multiplication $X = -54,27$				- 2,71
2	unten	511,89	—	—	—
3	oben	507,83	510,78	- 2,95	- 1,48
4	unten	509,66	507,66	- 2,00	- 1,00
5	oben	507,48	509,46	- 1,98	- 0,99
6	unten	509,26	507,93	- 1,33	- 0,67
7	oben	508,37	510,48	- 2,11	- 1,06
8	unten	511,69	508,78	- 2,91	- 1,46
9	oben	509,18	511,47	- 2,29	- 1,15
10	unten	511,25	508,57	- 2,68	- 1,34
11	oben	507,95	511,10	- 3,15	- 1,58
12	unten	510,95	507,83	- 3,12	- 1,56
13	oben	507,71	510,77	- 3,06	- 1,53
14	unten	510,58	507,60	- 2,98	- 1,49
15	oben	507,48	511,18	- 3,70	- 1,85
16	unten	511,78	508,00	- 3,78	- 1,89
17	oben	508,52	511,53	- 3,01	- 1,51
18	unten	511,28	—	—	—
19	Multiplication $X = -58,33$				- 2,92
	Mittel aus den berechneten WVerthen				- 2,82
	Mittel aus den beobachteten WVerthen				- 1,37

Reihe 7.

No.	Stellung d. Wismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorhergehenden und des nachfolgenden.	Differenz.	ϵ .
1	Multiplication $X^1) = +124,47$				+ 3,26
2	unten	502,75	—	—	—
3	oben	508,90	502,31	+ 6,59	+ 3,30
4	unten	501,86	508,90	+ 7,04	+ 3,52
5	oben	508,89	500,45	+ 8,44	+ 4,22
6	unten	499,04	507,79	+ 8,75	+ 4,38
7	oben	506,68	497,28	+ 9,40	+ 4,70
8	unten	495,52	504,92	+ 9,40	+ 4,70
9	oben	503,16	495,39	+ 7,77	+ 3,89
10	unten	495,25	501,67	+ 6,42	+ 3,21
11	oben	500,17	492,22	+ 7,95	+ 3,98
12	unten	489,18	497,71	+ 8,53	+ 4,27
13	oben	495,24	486,58	+ 8,66	+ 4,33
14	unten	483,98	493,58	+ 9,60	+ 4,80
15	oben	491,91	483,68	+ 8,23	+ 4,12
16	unten	483,37	491,75	+ 8,38	+ 4,19
17	oben	491,58	482,33	+ 9,25	+ 4,63
18	unten	481,28	489,64	+ 8,36	+ 4,18
19	oben	487,69	479,95	+ 7,74	+ 3,87
20	unten	478,61	487,97	+ 9,36	+ 4,68
21	oben	488,24	479,11	+ 9,13	+ 4,57
22	unten	479,60	488,05	+ 8,45	+ 4,23
23	oben	487,85	478,40	+ 9,45	+ 4,73
24	unten	477,19	486,66	+ 9,47	+ 4,74
25	oben	485,46	—	—	—
26	Multiplication $X = +98,16$				+ 2,93
	Mittel der berechneten VVerthe				+ 3,10
	Mittel der beobachteten VVerthe				+ 4,24

Diese Zahlen beweisen mit der vollkommensten Entschiedenheit, daß das diamagnetische Wismuth, auch wenn es in der magnetisirenden Spirale *nicht bewegt* wird, eine ablenkende Kraft auf einen Magnet ausübt, und zwar in einer Richtung, die mit der Vergrößerung der Schwingungsbogen durch Multiplication übereinstimmt. Da die letztere aber anerkannterweise, und wie es auch directe Versuche zeigten, deren Anführung im Einzelnen ich übergehe, die entgegengesetzte von der ist, in welcher ein Eisendraht

- 1) Zwischen dieser und den vorhergehenden Reihen war der Dämpfer verschoben worden; es wurde daher das logarithmische Decrement von Neuem bestimmt, und bei der Berechnung von X und ϵ , $\log e^\lambda = 0,04553$ genommen.

unter denselben Verhältnissen den Magnet ablenkt, so ist die dem Sinne nach entgegengesetzte Polarität des diamagnetischen Wismuths und des magnetischen Eisens auch hierdurch bestätigt.

Die Differenzen zwischen den berechneten und den beobachteten Werthen von ϵ sind freilich z. Th. ziemlich beträchtlich; allein es ist dabei zu bemerken, daß das logarithmische Decrement bei diesen ersten Versuchen nicht jedes Mal besonders bestimmt, sondern nur einmal im Anfange und einmal für die letzte Reihe gemessen war. Der Werth desselben ändert sich aber mit der auf den Magnet wirkenden Directionskraft, die theils vom Erdmagnetismus, theils aber auch von dem durch die Spirale gehenden Strome abhängt. Die bisherigen Beobachtungen lassen also eine ganz scharfe Vergleichung nicht zu. Denn wenn es auch durch den Gebrauch des Compensationsrahmens erreicht werden kann, daß der *Ruhestand* des schwingenden Magnets nicht merklich geändert wird, wenn der elektrische Strom durch die Magnetisirungsspirale in der einen oder anderen Richtung geht oder unterbrochen wird, so ist es doch nicht so leicht zu erreichen, daß die *Größe* der Kraft, welche den Magnet in dieser Lage hält, in diesen drei Fällen eine gleiche sey. Bei meiner Aufstellung wurde sogar die Größe dieser Directionskraft sehr beträchtlich geändert, indem sie bei der einen Stromrichtung am größten, bei der entgegengesetzten am kleinsten war. Durch eine Aenderung der Directionskraft wird aber sowohl das logarithmische Decrement als auch die Größe der Ablenkung geändert, welche der Magnet durch eine gleiche ablenkende Kraft erfährt. Nennt man D_0 die Directionskraft, welche auf den Magnet wirkt, wenn kein Strom durch die Spirale geht, t_0 die zugehörige Schwingungsdauer, ferner D_1 und t_1 diese Größen, wenn ein Strom in der einen Richtung durch die Spirale geht, und D_2 und t_2 dieselben, wenn der Strom die entgegengesetzte Richtung hat, so ist

$$D_0 : D_1 = t_1 t_1 : t_0 t_0,$$

$$D_0 : D_2 = t_2 t_2 : t_0 t_0.$$

Bezeichnen ebenso $\varepsilon_0, \varepsilon_1, \varepsilon_2$ die Ablenkungen, welche eine ablenkende Kraft dem Magnete in den drei Fällen ertheilt, so ist

$$\varepsilon_0 : \varepsilon_1 = D_1 : D_0,$$

$$\varepsilon_0 : \varepsilon_2 = D_2 : D_0,$$

folglich

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_1 \frac{t_0 t_0}{t_1 t_1}, \quad \varepsilon_0 = \varepsilon_2 \frac{t_0 t_0}{t_2 t_2}.$$

Sind ferner d_1 und d_2 die logarithmischen Decremente bei der ersten und der zweiten Stromrichtung, so ist

$$d_1 : d_2 = t_1 : t_2.$$

Um nun eine schärfere Vergleichung zwischen den Resultaten beider Beobachtungsmethoden anstellen zu können, wurde folgende längere Beobachtungsreihe gemacht. Es wurde der Reihe nach beobachtet:

- 1) die Schwingungsdauer des Magnets, während ein Strom in einer mit $+$ bezeichneten Richtung durch die Drahtleitung ging,
- 2) die Schwingungsdauer t_2 bei entgegengesetzter mit $-$ bezeichneter Stromrichtung,
- 3) das logarithmische Decrement d_1 bei der Stromrichtung $+$,
- 4) das logarithmische Decrement d_2 bei der Stromrichtung $-$,
- 5) der Gränzwert X_1 der durch Multiplication bei der Stromrichtung $+$ zu erreichenden Schwingungsbogen,
- 6) der Gränzwert X_2 bei der Stromrichtung $-$,
- 7) die Ablenkung ε_1 bei der Stromrichtung $+$ durch Standbeobachtungen,
- 8) die Ablenkung ε_2 bei der Stromrichtung $-$ durch Standbeobachtungen,
- 9) ε_1 , 10) X_2 , 11) X_1 , 12) λ_2 , 13) λ_1 , 14) t_2 , 15) t_1 , endlich
- 16) die Schwingungsdauer t_0 , wenn kein Strom durch die Drahtleitung ging.

Da die Versuche eine längere Zeit erforderten, so machte sich eine Veränderlichkeit in der Intensität des benutzten

Stroms und in der Aufstellung der Apparate theils dadurch bemerklich, daß der Ruhestand des Magnets eine allmähliche Aenderung erlitt, theils dadurch, daß die Directions-kraft bei gleicher Stromrichtung zu Anfang und zu Ende der Versuche nicht eine genau gleiche war. Die symmetrische Anordnung der einzelnen Versuchsreihen zu beiden Seiten der Sten machte es aber möglich, durch Mittelnehmen die daraus hervorgehenden Fehler größtentheils zu eliminiren.

Jede der genannten Reihen bestand aus mehreren Beobachtungssätzen, nämlich die Reihen 1, 2, 3, 4, 12, 13, 14, 15, 16 aus je zwei, die Reihen 5, 6, 10, 11 aus je drei sich unmittelbar aneinander schließenden, die Reihen 7 und 9 aus je sieben, so daß jede fünf Werthe für ε_1 gab, und endlich die Reihe 8 aus zwölf, woraus sich zehn Werthe von ε_2 ergaben. Zur Berechnung der Gränzwerte X_1 und X_2 und daraus der Werthe von ε_1 und ε_2 sind die Mittel der zugehörigen Werthe des logarithmischen Decrements benutzt. Die Vorzeichen von X_1 , X_2 , ε_1 und ε_2 haben dieselbe Bedeutung wie in den früher mitgetheilten Zusammenstellungen.

Die Beobachtungen ergaben:

1)	t_1	aus Reihe	1	=	18",854	}	Mittel = 18",589,
"	"	"	15	=	18,323		
2)	t_2	"	2	=	11,364	}	Mittel = 11,404,
"	"	"	14	=	11,444		
3)	d_1	"	3	=	0,05591	}	Mittel = 0,05706,
"	"	"	13	=	0,05820		
4)	d_2	"	4	=	0,03226	}	Mittel = 0,03190,
"	"	"	12	=	0,03154		
5)	X_1	"	5	=	+ 147,32	}	Mittel = + 128,94,
"	"	"	11	=	+ 110,56		
6)	X_2	"	6	=	- 107,10	}	Mittel = - 109,25,
"	"	"	10	=	- 111,40		
7)	ε_1	"	7	=	+ 4,69	}	Mittel = + 4,72,
"	"	"	9	=	+ 4,75		
8)	ε_2	"	8	=	- 1,99	. . . = - 1,99,	
9)	t_0	"	16	=	13",738	. . . = 13",738.	

Die letzte Beobachtung dient zur Controle der Richtigkeit, indem

$$\frac{2}{t_0 t_0} = \frac{1}{t_1 t_1} + \frac{1}{t_2 t_2}$$

seyn muß; berechnet man hieraus t_0 , so erhält man $t_0 = 13'',747$; berechnet man ferner d_1 aus t_1 , t_2 und d_2 , so ergibt sich $d_2 = 0,05200$ statt $0,05706$.

Aus den Werthen von X_1 und X_2 folgen die berechneten Werthe von ε_1 und ε_2 , nämlich:

	Berechnet.	Beobachtet.	Differenz.	Mittel.
ε_1	+ 4,23	+ 4,72	— 0,49	+ 4,48
ε_2	— 2,00	— 1,99	— 0,01	— 2,00

Reducirt man die Mittelwerthe auf die Directionskraft D_0 , so ergibt sich

$$\varepsilon_0 = \begin{cases} + 2,45 & \text{aus } \varepsilon_1, \\ - 2,90 & \text{aus } \varepsilon_2, \end{cases}$$

welche abgesehen vom Vorzeichen der Hauptsache nach als gleich angesehen werden können.

Eine zweite ganz in derselben Weise angestellte Versuchsreihe ergab:

1)	t_2	aus Reihe 1	=	11'',317	} Mittel = 11'',371,
	"	"	=	15 = 11,424	
2)	t_1	"	=	2 = 18,764	} Mittel = 18,624,
	"	"	=	14 = 18,483	
3)	d_2	"	=	3 = 0,03211	} Mittel = 0,03231,
	"	"	=	13 = 0,03250	
4)	d_1	"	=	4 = 0,05427	} Mittel = 0,05449,
	"	"	=	12 = 0,05470	
5)	X_2	"	=	5 = — 121,93	} Mittel = — 107,85,
	"	"	=	11 = — 93,76	
6)	X_1	"	=	6 = + 128,48	} Mittel = + 126,03,
	"	"	=	10 = + 123,57	
7)	ε_2	"	=	7 = — 2,38	} Mittel = — 2,18,
	"	"	=	9 = — 1,98	
8)	ε_1	"	=	8 = + 5,65	. . . = + 5,65,
9)	t_0	"	=	16 = 13'',657	. . . = 13'',657.

Die ebenso wie vorher berechneten Werthe sind:

$$t_0 = 13'',725, \quad d_1 = 0,05292,$$

	Beobachtet.	Differenz.	Mittel.
$\varepsilon_1 = + 4,03$	+ 5,65	- 1,62	+ 4,84
$\varepsilon_2 = - 1,98$	- 2,18	+ 0,20	- 2,08

$$\varepsilon_0 = \begin{cases} + 2,60 & \text{aus } \varepsilon_1, \\ - 3,00 & \text{aus } \varepsilon_2. \end{cases}$$

In diesen Versuchen wurde die diamagnetische Ablenkung vorzüglich deshalb bei den entgegengesetzten Richtungen des elektrischen Stromes gemessen, um zu zeigen, dafs ihre Richtung mit der der letzteren sich ändert, und ihre Gröfse bei beiden Stromrichtungen unter übrigens gleichen Umständen wenigstens der Hauptsache nach einen gleichen absoluten Werth hat.

Dieses würde nicht der Fall seyn können, wenn die Ablenkungen durch gewöhnliche Inductionsströme veranlaßt würden; denn alsdann würde die Induction des Magnets selbst auf den bewegten Wismuthstab bei der einen Stromrichtung sich zu der etwa vorhandenen Induction des Stroms auf diesen addiren, bei der entgegengesetzten davon subtrahiren. In dem von mir benutzten Apparate ist aber die magnetische Induction jedenfalls beträchtlich gröfser als eine etwa vorhandene Volta-Induction bei solchen Stromstärken seyn kann, welche bei den Versuchen angewandt wurden, wie sich aus den folgenden Versuchen ergibt.

Es wurden diese ganz in derselben Weise wie die früheren angestellt, nur mit dem Unterschiede, dafs der *Wismuthstab* durch einen *Kupferstab* von nahe gleicher Gröfse und Form ersetzt war. Betrachtet man den Diamagnetismus des Kupfers als verschwindend klein gegen den des Wismuths, so dürfte, wenn gar keine Inductionswirkungen auf den bewegten Stab ausgeübt würden, eine Umstellung des Kupferstabes aus der oberen in die untere Stellung oder umgekehrt keinen Einflufs auf die Bewegung des Magnets ausüben.

Ein kleiner Einfluß findet aber allerdings statt, indem durch abwechselnde Umstellung desselben (im Tacte der Schwingungsdauer) der ruhende Magnet in allmählich wachsende Schwingungen geräth. Allein die Richtung des Stroms in der Spirale ist auf die Richtung ohne Einfluß, nach welcher der Magnet bei gleicher Verstellung des Kupferstabes getrieben wird. Sowohl wenn kein Strom durch die Spirale geht, als auch wenn ein solcher in der einen oder in der entgegengesetzten Richtung hergestellt ist, geht der Magnet nach der Schiebung des Kupferstabes aus der oberen in die untere Stellung auf gröfsere, nach der entgegengesetzten auf kleinere Zahlen der Scale.

Bei Anstellung der Versuche wurde der Magnet zuerst mit Hülfe eines anderen Magnets oder in der gleich zu beschreibenden Art beruhigt, was sich bis auf eine sehr kleine Bewegung desselben rasch erreichen liefs (diese letztere wurde bei der Berechnung der Einfachheit wegen vernachlässigt); alsdann wurde der Kupferstab aus der einen in die andere Stellung verschoben, der Magnet machte einen kleinen Ausschlag, und wenn er umkehrte, wurde auch der Kupferstab wieder umgestellt, u. s. f. so oft, dafs jedes Mal 10 aufeinander folgende Schwingungsbogen beobachtet wurden. Eine rasche Verkleinerung der Schwingungsbogen und Umkehr derselben, wie in den Versuchen mit dem Wismuth, liefs sich hier nicht in derselben Weise erreichen, wie man leicht einsehen wird, wenn man berücksichtigt, dafs hier wenigstens der Hauptsache nach eben nur momentane Inductionsströme auf den Magnet wirkten. Uebrigens liefs sich auch ohne Hülfmagnet der schwingende Magnet ziemlich rasch beruhigen, wenn nach Vollendung eines Beobachtungssatzes die Verschiebungen des Kupferstabes nicht in den Momenten der Elongationen, sondern dann (in zweckmäfsiger Aufeinanderfolge) vorgenommen wurden, wenn der Magnet seine Ruhelage passirte.

Die aufeinander folgenden Schwingungsbogen eines einzelnen Satzes zeigten zwar auf den ersten Blick gewöhnlich keine grofse Regelmäfsigkeit, weil bei der Kleinheit

der Wirkung Störungen von großer Bedeutung sind, und außerdem die Umstellung des Kupferstabes weder momentan noch genau in dem Augenblicke der Umkehr der Nadel vorgenommen werden kann. Die regelmäßige Zunahme der Schwingungsbogen tritt aber hervor, wenn man die Mittel aus mehreren Sätzen nimmt. Diese Mittel sind die folgenden:

Schwingungsbogen No.	Bei Stromrichtung + (6 Sätze).	Bei Stromrichtung — (8 Sätze).
1	— 8,78	— 2,61
2	— 16,67	— 6,11
3	— 22,48	— 8,34
4	— 28,92	— 11,70
5	— 32,72	— 14,66
6	— 35,28	— 14,78
7	— 37,87	— 16,04
8	— 40,02	— 16,36
9	— 41,70	— 16,16
10	— 43,40	— 16,59

Die Zahlen haben sämmtlich ein negatives Vorzeichen, übereinstimmend mit der bisherigen Bezeichnungsweise, weil der Magnet durch die Umstellung des Kupferstabes aus der unteren in die obere Stellung auf kleinere Zahlen der Scale ging.

Unmittelbar vor diesen Beobachtungen war sowohl die Schwingungsdauer bei der Stromrichtung + ($t_1 = 17",826$) und bei der Stromrichtung — ($t_2 = 11",552$) als auch das logarithmische Decrement bei ersterer ($d_1 = 0,05046$) und bei letzterer ($d_2 = 0,03270$) bestimmt. Diese vier Zahlen stimmen vollkommen genau untereinander überein, denn aus den Werthen von t_1 , t_2 und d_2 ergibt sich der berechnete Werth von d_1 übereinstimmend mit der Beobachtung $= 0,05046$.

Aus diesen beobachteten Zahlen lassen sich nun die Geschwindigkeiten, C_1 und C_2 , berechnen, welche eine Umstellung des Kupferstabes aus der unteren in die obere Stellung dem ruhenden Magnete bei der Stromrichtung + und bei der Stromrichtung — ertheilt.

Denn bezeichnen B_n und b_n die n ten Schwingungsbogen im einen und im anderen Falle, und ist $d_1 = \log e^{\lambda_1}$, $d_2 = \log e^{\lambda_2}$, so ergibt sich auf einfache Weise aus den Schwingungsgesetzen:

$$C_1 = \frac{B_n \sqrt{\omega \omega + \lambda_1 \lambda_1}}{t_1 (\alpha_n + \alpha_{n-1})},$$

$$C_2 = \frac{b_n \sqrt{\omega \omega + \lambda_2 \lambda_2}}{t_2 (\beta_n + \beta_{n-1})}.$$

Die Zahlen α_n sind nach folgenden Formeln zu berechnen:

$$\alpha_n = e^{-\frac{\lambda_1}{\omega} \arctg \frac{\omega}{\lambda_1 (1 - \gamma_{n-1})}} \cdot \sqrt{1 + \frac{\lambda_1 \lambda_1 \gamma_{n-1} (\gamma_{n-1} - 2)}{\omega \omega + \lambda_1 \lambda_1}},$$

$$\gamma_n = \alpha_n \cdot \sqrt{\frac{\omega \omega + \lambda_1 \lambda_1}{\lambda_1 \lambda_1}}, \quad \alpha_0 = 0;$$

und nach denselben Formeln sind die Zahlen β_n zu berechnen, nachdem darin λ_1 mit λ_2 vertauscht ist.

Die Ausführung dieser Rechnung mit den vorher angeführten beobachteten Schwingungsbogen hat zu folgenden Werthen von C_1 und C_2 geführt:

Aus Schwingungsbogen No.	C_1 .	C_2 .
1	— 1,639	— 0,7733
2	— 1,258	— 0,7154
3	— 1,272	— 0,7157
4	— 1,370	— 0,8308
5	— 1,360	— 0,9068
6	— 1,324	— 0,8198
7	— 1,312	— 0,8130
8	— 1,299	— 0,7676
9	— 1,273	— 0,7094
10	— 1,253	— 0,6817
Mittel	— 1,3358	— 0,77385

Bezeichnet C_0 die Geschwindigkeit, welche im einen oder anderen Falle der Magnet erhalten hätte, wenn die auf diesen wirkende Directionskraft durch den Strom in der Spirale keine Aenderung erlitten hätte, so ergibt sich

$$C_0 = \begin{cases} -0,79 & \text{aus } C_1, \\ -1,09 & \text{aus } C_2. \end{cases}$$

Die halbe Differenz beider $= 0,15$ ist beträchtlich kleiner als das Mittel aus beiden $= 0,94$.

Ein ähnliches Resultat ergab auch die folgende Reihe nämlich: t_0 (Schwingungsdauer ohne Strom in der Spirale) $= 13'',676$, aus t_1 und t_2 berechnet $= 13'',743$, $t_1 = 19'',075$, $t_2 = 11'',293$, d_0 (logarithmisches Decrement ohne Strom in der Spirale) $= 0,03706$, aus t_0 , t_1 und d_1 berechnet $= 0,03851$, aus t_0 , t_2 und d_2 berechnet $= 0,03776$, $d_1 = 0,05372$, $d_2 = 0,03118$, und ferner:

No	1) Ohne Strom (10 Sätze).		2) Bei Stromrichtung + (10 Sätze).		3) Bei Stromrichtung - (10 Sätze).	
	Schwin- gungsbogen.	C_0 .	Schwin- gungsbogen	C_1 .	Schwin- gungsbogen.	C_2 .
1	— 6,82	— 1,634	— 8,04	— 1,408	— 4,18	— 1,205
2	— 14,53	— 1,417	— 17,01	— 1,200	— 10,11	— 1,190
3	— 20,02	— 1,473	— 24,16	— 1,276	— 15,83	— 1,409
4	— 24,58	— 1,516	— 29,09	— 1,286	— 20,25	— 1,513
5	— 28,71	— 1,556	— 32,37	— 1,256	— 22,19	— 1,457
6	— 32,40	— 1,586	— 36,66	— 1,284	— 24,14	— 1,431
7	— 33,97	— 1,528	— 39,74	— 1,279	— 26,81	— 1,461
8	— 35,79	— 1,501	— 41,87	— 1,253	— 28,62	— 1,451
9	— 37,42	— 1,470	— 43,61	— 1,225	— 30,11	— 1,433
10	— 39,81	— 1,478	— 44,47	— 1,181	— 31,75	— 1,429
Mittel		— 1,516		— 1,265		— 1,398

Durch Reduction von C_1 und C_2 erhält man:

$$C_0 = -1,516 \left\{ \begin{array}{l} \text{Beobachtet.} \\ \text{Berechnet.} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{aus } C_1 - 0,65 \\ \text{aus } C_2 - 2,05 \end{array} \right\} \text{Mittel} = -1,35.$$

Die halbe Differenz der berechneten Werthe $= -0,70$ ist wieder kleiner als das Mittel oder als der beobachtete Werth von C_0 .

Das letztere ist das Ergebniss der *Magnet-Induction*, die halbe Differenz ist als eine *Wirkung des Stromes* anzusehen, soweit sie nicht von zufälligen Beobachtungsfehlern herrührt; diese Wirkung kann theils eine diamagnetische seyn, theils von Volta-Induction, aber in diesem Falle wohl schwerlich durch die Spirale, sondern durch den Compensationsrahmen hervorgerufen, herrühren. Jedenfalls aber

mufs, wenn eine solche existirt, sie kleiner als die *magnetische Induction* seyn. Da aber die Versuche mit dem Wismuth keine merkliche Zeichen dieser letzteren geben, was auch wegen der Kleinheit der Wirkung des Kupferstabes bei dem verhältnismäfsig beträchtlichen Widerstande des Wismuths zu erwarten ist, so geht daraus nur noch klarer hervor, dafs bei den Versuchen mit dem Wismuth von einer gewöhnlichen Volta-Induction keine Rede seyn kann, die ablenkende Kraft also, welche das Wismuth auf den Magnet ausübt, seinem diamagnetischen Zustande zugeschrieben werden mufs.

Wenn nun aber hiernach ein Wismuthstab, welcher in allen seinen Theilen einer *constanten* äufseren magnetisirenden Kraft unterworfen ist, eine entgegengesetzte Polarität wie ein Eisenstab unter gleichen Umständen erhält, so wird dasselbe auch von den *einzelnen Theilen* desselben gelten. Damit fällt dann aber das Argument des Hrn. von Feilitzsch, dafs Weber's Resultat auch daraus hervorgegangen seyn könne, dafs der Wismuthstab in dessen Versuchen nicht von *seiner Mitte*, sondern von *seinen Enden* aus am stärksten erregt worden sey, und was in diesem Falle statfinde, nicht ohne Weiteres auf die kleinsten Theilchen des Wismuths übertragen werden könne.

Denn wenn man annimmt, die einzelnen Wismuththeilchen würden normal, d. h. in gleichem Sinne wie die einzelnen Eisentheilchen, polarisirt, so würde ein einer *allenthalben gleichen* äufseren magnetisirenden Kraft ausgesetzter Wismuthstab auch nur die normale Polarität annehmen können, mag man die Wirkung der Wismuththeilchen aufeinander als klein oder als grofs im Vergleich mit der der äufseren Kraft ansehen.

Es entsteht nun allerdings die Frage, wodurch das Resultat des Hrn. von Feilitzsch entstanden sey, dafs ein *in der Mitte* am stärksten erregter Wismuthstab in *gleichem* Sinne auf einen Magnet ablenkend wirken soll, wie ein für denselben gesetzter Eisenstab. Daher habe ich die hierauf bezüglichen Versuche wiederholt, bin aber zu dem

entgegengesetzten Resultate gelangt. Bei dieser Wiederholung habe ich jedoch Hrn. von Feilitzsch's Beobachtungsweise etwas abgeändert. Ich ersetzte nämlich die Röhre mit der Drahtspirale in dem bisher gebrauchten Apparate des Hrn. Prof. Weber durch eine andere Messingröhre von gleichem Durchmesser und gleicher Länge. Auf diese waren zwei Drahtspiralen getrennt von einander aufgewunden. Beide bestanden aus gleichem übersponnenem Drahte, und zwar jede aus 190 Umwindungen, die in je zwei Lagen vertheilt waren. Die Länge jeder betrug 170^{mm} , und ihre einander zugekehrten Enden standen 25^{mm} aus einander. Sie wurden ihrer Länge nach zu einer einzigen Leitung so verbunden, daß ein hindurchgehender Strom in allen Windungen gleiche Richtung hatte. Die Röhre wurde wie die frühere fest und so aufgestellt, daß die Pole des hufeisenförmigen Magnets in gleicher Höhe mit der Mitte des zwischen beiden Spiralen freigelassenen und hier mit einem die Spiralen aus einander haltenden Holzfutter umgebenen Theils der Röhre hingen. Indem nun ein Strom durch beide Spiralen ging, wurde zunächst der Draht, welcher den Magnet trug, so weit verkürzt oder verlängert, bis der Stand des Magnets nahe derselbe wie ohne Strom war, und dann eine vollständige Compensation durch den schon früher gebrauchten Compensationsrahmen hergestellt.

Bei der Kleinheit der Entfernungen der mittleren Enden der Spiralen von den Polen des Magnets war diese Compensation viel schwieriger zu erreichen, als in dem früheren Falle, und eine sehr kleine Aenderung in der Länge des Aufhängungsdrahts genügte, eine beträchtliche Ablenkung des Magnets nach der einen Seite in eine beträchtliche nach der anderen umzukehren. Mit Hülfe des Compensationsrahmens liefs sich aber doch leicht zu Anfang jeder Versuchsreihe der Stand des Magnets bis auf etwa 10 Scalentheile reguliren, wobei ich, um den Einfluß der Abkühlung des Drahts durch den Wismuthstab in den späteren Versuchen zu verringern, diesen schon gleich in eine der Spiralen brachte, so daß derselbe mit den Drähten erwärmt wurde.

Nach diesen Vorbereitungen wurde der Wismuthstab wieder abwechselnd gehoben und gesenkt, so daß seine Mitte immer mit der Mitte der einen oder der anderen Spirale zusammenfiel, während das untere oder obere Ende desselben um $12^{\text{mm}},5$ aus der betreffenden Spirale hervorragte, und in gleicher Höhe mit dem schwebenden Magnete sich befand. Während jeder dieser Stellungen wurden wieder 7 Elongationen des Magnets beobachtet, und daraus der mittlere Ruhestand dieses, entsprechend der oberen oder unteren Stellung des Wismuthstabes, berechnet.

In diesen Versuchen machte sich indess in weit höherem Grade als in den früheren der Umstand merklich, daß nach einiger Zeit vielleicht in Folge kleiner Längenänderungen des Aufhängungsdrahts so wie von Stromschwankungen die Compensation unzulänglich ward. Namentlich wurde es dadurch veranlaßt, daß die Elongationen der Nadel nicht sehr regelmäßig geschahen, weshalb die Resultate keine sehr grofse Schärfe besitzen. Nichtsdestoweniger genügen sie, die *Richtung* erkennen zu lassen, in der der von seiner *Mitte* aus am stärksten erregte *Wismuthstab* in der einen oder der anderen Stellung den Magnet ablenkte.

Indem dann ein dünner in einer Glasröhre befestigter Eisendraht von gleicher Länge mit dem Wismuthstabe in die Spiralen gebracht wurde, und zwar einmal in die obere und einmal in die untere Stellung, wurde der Magnet zwar so weit abgelenkt, daß er sich an das die Röhre umgebende Holzfutter anlegte, welches demselben keinen grofsen Spielraum verstattete, aber da keine numerischen Vergleichen beabsichtigt wurden, so wurde dadurch nicht verhindert, die *Richtung* der vom *Eisen* in der einen oder der anderen Stellung bewirkten Ablenkung zu erkennen.

Folgende Stände des Magnets wurden in den einzelnen Reihen beobachtet, wobei dieselbe Bezeichnung wie in den früheren Tafeln gebraucht ist.

Reihe 1.

No.	Stellung des Wismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorher- gehenden und des nachfolgenden.	Differenz.
1	unten	395,76	—	—
2	oben	401,32	398,79	+ 2,53
3	unten	401,82	407,56	+ 5,74
4	oben	413,80	410,78	+ 3,02
5	unten	419,74	422,83	+ 3,09
6	oben	431,86	—	—
Mittel				+ 3,60

Reihe 2.

No.	Stellung des Eisens.	Der Magnet legte sich an bei	Differenz.
1	oben	185	— > 365
2	unten	550	

Reihe 3.

No.	Stellung des Wismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorher- gehenden und des nachfolgenden.	Differenz.
1	oben	445,91	—	—
2	unten	440,41	448,84	+ 8,43
3	oben	451,77	436,93	+ 14,84
4	unten	433,45	449,54	+ 16,09
5	oben	447,30	445,19	+ 2,11
6	unten	456,92	450,16	— 6,76
7	oben	453,01	453,46	— 0,45
8	unten	449,99	459,26	+ 9,27
9	oben	465,50	456,73	+ 8,77
10	unten	463,46	—	—
Mittel				+ 6,26

Reihe 4.

No.	Stellung des Wismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorher- gehenden und des nachfolgenden.	Differenz.
1	unten	392,39	—	—
2	oben	403,43	394,68	+ 8,75
3	unten	396,96	408,95	+ 11,99
4	oben	414,47	404,76	+ 9,71

No.	Stellung des Wismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorher- gehenden und des nachfolgenden.	Differenz.
5	unten	412,55	419,87	+ 7,32
6	oben	425,27	415,62	+ 9,65
7	unten	418,68	429,20	+ 10,52
8	oben	433,13	417,35	+ 15,78
9	unten	416,01	430,72	+ 14,71
10	oben	428,31	422,74	+ 5,57
11	unten	429,47	429,25	— 0,22
12	oben	430,19	425,53	+ 4,66
13	unten	421,59	432,65	+ 11,06
14	oben	435,10	426,90	+ 8,20
15	unten	432,21	430,38	— 1,83
16	oben	425,66	433,80	— 8,14
17	unten	435,39	433,05	— 2,34
18	oben	440,43	—	—
Mittel	. . . . .	. . . . .	. . . . .	+ 6,59

Reihe 5.

No.	Stellung des Eisens.	Der Magnet legte sich an bei	Differenz.
1	oben	550	— > 370
2	unten	180	

Reihe 7. ¹⁾

No.	Stellung des Wismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorher- gehenden und des nachfolgenden.	Differenz.
1	oben	369,62	—	—
2	unten	359,03	370,61	+ 11,58
3	oben	371,59	362,83	+ 8,76
4	unten	366,63	371,13	+ 4,50
5	oben	370,66	364,33	+ 6,33
6	unten	362,02	367,40	+ 5,38
7	oben	364,14	364,05	+ 0,09
8	unten	366,08	364,96	— 1,12
9	oben	365,78	—	—
Mittel	. . . . .	. . . . .	. . . . .	+ 5,07

Reihe 8.

No.	Stellung des Eisens.	Der Magnet legte sich an bei	Differenz.
1	oben	160	— > 368
2	unten	528	

1) Reihe 6 fehlte in der Handschrift.

(P.)

Reihe 9.

No.	Stellung des VVismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorher- gehenden und des nachfolgenden.	Differenz.
1	oben	378,53	—	—
2	unten	381,96	391,39	+ 9,43
3	oben	404,24	377,49	+ 26,75
4	unten	373,02	412,20	+ 39,18
5	oben	420,16	397,40	+ 22,76
6	unten	421,77	—	—
Mittel	. . . . .	. . . . .	. . . . .	+ 24,53

Reihe 10.

No.	Stellung des VVismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorher- gehenden und des nachfolgenden.	Differenz.
1	unten	373,01	—	—
2	oben	382,42	377,10	+ 5,32
3	unten	381,18	387,01	+ 5,83
4	oben	391,60	386,72	+ 4,88
5	unten	392,26	391,56	— 0,70
6	oben	391,51	390,36	+ 1,15
7	unten	388,45	393,09	+ 4,64
8	oben	394,66	390,19	+ 4,47
9	unten	391,93	393,04	+ 1,11
10	oben	391,41	390,94	+ 0,47
11	unten	389,95	392,11	+ 2,16
12	oben	392,81	—	—
Mittel	. . . . .	. . . . .	. . . . .	+ 2,93

Reihe 11.

No.	Stellung des VVismuths.	Stand des Magnets.	Mittel des vorher- gehenden und des nachfolgenden.	Differenz.
1	oben	367,81	—	—
2	unten	377,07	371,31	— 5,76
3	oben	374,81	375,95	— 1,14
4	unten	374,83	377,96	+ 3,13
5	oben	381,10	372,80	+ 8,30
6	unten	370,77	375,55	+ 4,78
7	oben	370,00	370,58	— 0,58
8	unten	370,38	369,47	— 0,91
9	oben	368,94	367,22	+ 1,72
10	unten	364,06	367,81	+ 3,75
11	oben	366,67	362,72	+ 3,95
12	unten	361,37	—	—
Mittel	. . . . .	. . . . .	. . . . .	+ 1,71

Reihe 12.

No.	Stellung des Eisens.	Der Magnet legte sich an bei	Differenz.
1	unten	520	— > 360
2	oben	160	

Von diesen Reihen gehören als unmittelbar hintereinander angestellt zusammen; 1, 2, 3; 4, 5; 6, 7; 8, 9, 10; 11, 12.

Man sieht, daß die in der letzten Columne angegebene Differenz bei den Versuchen mit *Eisen* immer *negativ*, bei denen mit *Wismuth* im Mittel immer *positiv* ist, wenn gleich auch hier einzelne negative Differenzen vorkommen. Allein diese sind theils der Zahl nach selten, theils ihrer Gröfse nach meist nur klein, und es ergiebt sich also, daß der Wismuthstab auch unter diesen Verhältnissen in entgegengesetztem Sinne wie das Eisen auf den Magnet ablenkend wirkt. Andere ähnliche Versuche, die stets die nämlichen Resultate gaben, führe ich der Raumerparnis wegen nicht weiter an.

Wodurch es bedingt sey, daß Hr. v. Feilitzsch zu dem entgegengesetzten Resultate gelangt ist, läßt sich natürlich von mir nicht angeben, allein denkbar wäre es, daß der von ihm gebrauchte Wismuthstab etwas Eisen chemisch, oder äußerlich an ihm haftend, enthalten hätte; und wenn ich auch den zuletzt angeführten Versuchen *allein* keine vollkommene Beweiskraft beilegen darf, so stehen sie doch mit den übrigen in diesem Aufsätze beschriebenen Versuchen in solcher Uebereinstimmung, daß dadurch Hrn. v. Feilitzsch Behauptung widerlegt wird.

Was endlich das letzte der vier anfangs aufgeführten Argumente desselben betrifft, daß ein Stab aus einer nicht leitenden Substanz wie Wachs die regelmässige Zunahme der Schwingungsbogen bei den Multiplicationsversuchen nicht bewirke, so würde dieses nur dann beweisend seyn können, wenn zuvor nachgewiesen wäre, daß der Diamagnetismus des Wachses im Vergleich mit dem des Wis-

muths so beträchtlich wäre, dafs nach den Resultaten der Versuche mit dem letzteren eine merkliche Zunahme der Schwingungsbogen erwartet werden dürfte.

VII. *Ueber die Krystallform des Graphits und Chondrodits; von N. A. E. Nordenskiöld.*

(Vom Verfasser mitgetheilte Uebersetzung seiner akademischen Dissertation, Helsingfors, 1855.)

1. Graphit.

Die Kalkbrüche von Ersby und Storgård im Kirchspiele Pargas sind ohne Zweifel in mineralogischer Hinsicht die interessantesten Fundorte für den Graphit, obgleich er daselbst ziemlich sparsam und im Allgemeinen wenig in die Augen fallend vorkommt. Die Krystalle sind klein und dünn, in Ersby gewöhnlich mit Hornblende und Glimmer krystallisirt und von Kalk umgeben, dahingegen man sie in Storgård mit Skapolith, Pyroxen, Apatit, Pyralolith u. m. a. zusammen und ebenfalls von Kalk umgeben antrifft. Sie sind sehr weich (ihre Härte beträgt 0,5) und stark abfärbend. Vor dem Löthrohr verhalten sie sich, wie überhaupt Graphit, sehr indifferent, verbrennen in der Oxydationsflamme äusserst langsam und hinterlassen nach dem Glühen auf feuerfestem Thon keinen von Eisenoxyd rothgefärbten Strich.

Um den Gehalt dieses Minerals an unverbrennbaren Bestandtheilen zu prüfen, habe ich in dem Laboratorium der Helsingforscher Universität 0,599 Gr. davon in Sauerstoff verbrannt. Nachdem so aller Kohlenstoff verflüchtigt, blieben 0,011 Gr. Asche übrig. Dieser Graphit enthält folglich

Kohlenstoff	= 98,2 Proc.
Unverbrennbare Stoffe	= 1,8 "