

Ladung diese Stelle in besonders hohem Grade treffen muß.

---

### III. *Das Inductions-Inclinatorium;* *von Wilhelm Weber* <sup>1)</sup>.

---

Die Messung der Inclination der erdmagnetischen Kraft wird hauptsächlich durch zwei Umstände erschwert: 1) durch die Nothwendigkeit, die Magnetnadel während der Messung neu zu magnetisiren (ihre Pole umzukehren), wobei die Nadel sehr leicht irgend eine kleine Veränderung erleiden kann; 2) durch die Nothwendigkeit der verticalen Drehung, wo sich die Einflüsse der Schwere mit den magnetischen Kräften vereinigen und sehr schwer scheiden lassen. Wenn darum die Inclinations-Messungen nie diejenige Präcision erlangen werden, wie die Declinations- und Intensitäts-Messungen, so verdienen alle Mittel zur Inclinations-Messung um so mehr recht sorgfältig aufgesucht, geprüft und verglichen zu werden, um unter ihnen allen nach den Verhältnissen immer die besten zu wählen, und dem unerreichbaren Ziele wenigstens recht nahe zu kommen.

Insbesondere muß es von Interesse seyn, ein Mittel kennen zu lernen, welches frei ist von jenen beiden Haupthindernissen genauer Inclinations-Messungen, nämlich eine Methode, die Inclination der erdmagnetischen Kraft *ohne Umkehrung der Pole, mit einer nur in horizontaler Ebene drehbaren Bussole* zu messen. Die Beschreibung dieser in ihrer Art einzigen Methode ist der Gegenstand des gegenwärtigen Aufsatzes.

Die Inclinations-Messung ohne Umkehrung der Pole

1) Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins. Heft II S. 81.

mit einer nur in horizontaler Ebene drehbaren Bussole kann allein durch die Benutzung der *galvanischen* Kraft bewerkstelligt werden, die nach dem Inductionsgesetze vom Erdmagnetismus in einem bewegten galvanischen Leiter eben so, wie vom Stabmagnetismus hervorgebracht werden kann. Diese *Wirkung* des Erdmagnetismus kann, wenn sie genau beobachtet und gemessen wird, zur Erforschung der *Ursache*, d. i. zur Erforschung des Erdmagnetismus selbst dienen.

Die Induction eines galvanischen Stroms durch die erdmagnetische Kraft ist nun zwar an sich eben so leicht als durch Stabmagnete zu bewirken, aber sie ist so schwach, daß sie meist gar nicht beobachtet, geschweige genau gemessen werden kann. Auch Faraday scheint mehrere vergebliche Versuche gemacht zu haben, bis sie ihm, wie er sagt <sup>1)</sup>, zuletzt auf mehreren Wegen wirklich gelangen; alle von ihm beobachteten Wirkungen sind jedoch sehr schwach gewesen.

Es wird in der Folge in diesen Blättern von einem großen Apparate die Rede seyn, mit welchem es Hrn. Hofrath Gauß gelungen ist, diese durch die Erde inducirten galvanischen Ströme so stark zu machen, daß sie mit dem Magnetometer ganz genau gemessen werden konnten. Die Resultate dieser Messungen haben zu den genauesten Bestimmungen des bisher noch gar nicht gemessenen Inductionsvermögens der magnetischen Kräfte geführt. Da diese neue, mit dem Magnetometer ausgeführte Untersuchung in der Folge ausführlich mitgetheilt werden wird, so möge hier nur bemerkt werden, daß, um diese Messungen mit dem Magnetometer recht scharf zu machen, nöthig war, zum Inductor und Multiplikator etwa 20000 Fuß überspannenen Kupferdrahts zu verwenden. Ohne dem würden genaue Messungen nicht möglich gewesen seyn.

Verzichtet man aber auf die feine Messung, welche

1) *Phil. Transact. f.* 1832, p. 165. (Ann. Bd. XXV S. 142.)

das Magnetometer gestattet, und begnügt sich mit einer gewöhnlichen Bussole, so läßt sich ein Apparat zu gleichem Zwecke so darstellen, daß der von der erdmagnetischen Kraft inducirte Strom eine Ablenkung hervorbringt, die viel größer ist, als diejenigen, welche man mit dem Magnetometer messen kann. Diese große Wirkung ergibt sich aus einer merkwürdigen Vereinfachung, deren der Apparat durch Anwendung einer gewöhnlichen, auf einer Spitze sich drehenden Bussole fähig wird.

Diese Vereinfachung besteht darin, daß man nicht einen besonderen Ring als Inductor, um den galvanischen Strom hervorzubringen, und wieder einen besonderen Ring als Multiplikator gebraucht, um den im Inductor hervorgebrachten galvanischen Strom auf eine Magnetnadel wirken zu lassen, sondern einen und denselben Ring als *Inductor* und zugleich als *Multiplikator* dienen läßt. Von selbst ergibt sich dann auch, daß dieser Ring noch zwei andere Dienste leistet, nämlich als *Commutator* und als *Dämpfer*. Wir wollen zuerst den Apparat betrachten, in wiefern er diese verschiedenen Dienste gleichzeitig leistet, *sodann* wird sich von selbst ergeben, wie der Apparat als Inclinatorium dienen und was er als solches leisten kann.

Der Mechanismus dieses neuen Instruments wird durch die Abbildung, Taf. VI Fig. 1, deutlich werden. Man sieht einen Kupferring mit horizontaler Axe versehen, die, auf Frictionsrollen liegend, durch Rad und Getriebe schnell gedreht werden kann. In diesem Ringe sieht man eine Bussole frei auf einer Spitze schweben, die von einem runden horizontalen Zapfen getragen wird, welcher durch den Kupferring geht und die Verlängerung der Drehungsaxe des Rings bildet. Der Kupferring dreht sich um diesen Zapfen, ohne ihn und die Spitze, auf welcher die Magnetnadel ruht, zu bewegen.

Stellt man dieses einfache Instrument so auf, daß die Drehungsaxe des Kupferrings horizontal ist, und mit

dem magnetischen Meridian zusammenfällt, so wird die in magnetischen Meridiane liegende magnetische Axe der Bussole auch in der Drehungsaxe des Kupferrings sich befinden. Wenn nun die magnetische Axe der Bussole in der Drehungsaxe des Kupferrings liegt, so kann der Nadelmagnetismus im Kupferringe keinen galvanischen Strom induciren. Eben so wenig kann die horizontale erdmagnetische Kraft einen Strom induciren, weil sie nach eben der Richtung wirkt. Wohl aber muß die verticale erdmagnetische Kraft einen galvanischen Strom in dem Kupferringe induciren, wenn er um eine horizontale Axe gedreht wird.

Betrachtet man also den Kupferring *zuerst* als Inductor, so hat man ihn bloß in seinen Beziehungen auf die *verticale* erdmagnetische Kraft zu untersuchen.

Denselben Kupferring kann man aber auch *zweitens* als einen Multiplicator betrachten, durch welchen der von der verticalen erdmagnetischen Kraft inducirte Strom hindurchgeht. Dieser die Bussole umgebende Multiplicator muß dann eine Ablenkung der Bussole bewirken. Der Kupferring behält zwar nicht während der ganzen Umdrehung die günstigste Stellung, die er als Multiplicator haben könnte; jedoch ergibt sich, daß er diese Stellung (als Multiplicator) gerade in den Augenblicken bei jeder Umdrehung hat, wo der von der verticalen erdmagnetischen Kraft inducirte Strom am stärksten ist, und die ungünstigste Stellung nur dann, wenn der inducirte Strom Null ist.

*Drittens* kann man denselben Kupferring auch noch, wegen seiner Drehung, als Commutator betrachten. Es ist nämlich bekannt, daß man, statt den galvanischen Strom im Multiplicator mit Hülfe eines Commutators umzukehren, mit gleichem Erfolge den Multiplicator selbst umdrehen kann, wo dann die Drehung des Multiplicators den Commutator ersetzt. Diefs ist bei unserem Kupferringe der Fall, der, als Inductor, herumgedreht werden

den muß, und dadurch, als Multiplikator, von selbst auch die Stelle des Commutators vertritt, und bewirkt, daß die von der verticalen erdmagnetischen Kraft abwechselnd positiv und negativ inducirten Ströme die Bussole immer nach derselben Seite ablenken.

Daß endlich *viertens* derselbe Kupferring auch als Dämpfer dient, bedarf keiner weiteren Erläuterung. Nur muß bemerkt werden, wie nützlich dieser Umstand für die Ausführung der Messung wird, weil durch die schnelle Dämpfung der Schwingungen die Bussole bei fortgesetzter Drehung des Inductors fast eben so ruhig und fest in ihrer abgelenkten Lage beharrt, wie sonst im magnetischen Meridiane, ungeachtet doch bei einem nicht ganz vollkommenen Mechanismus kleine Anstöße, welche die Nadel in Schwingung setzen müssen, nicht vermieden werden können.

Die Theorie dieses Instruments läßt sich nicht vollständig entwickeln, ohne mehrere Sätze zu Hülfe zu nehmen, welche Hr. Hofrath Gauss durch seine Untersuchungen über Galvanismus, Magnetismus und Induction gefunden hat, und in diesen Blättern mitzutheilen beabsichtigt. Inzwischen leuchtet so viel schon aus dem Gesagten ein, daß zwei Kräfte auf unsere Bussole wirken, die *eine* parallel mit dem magnetischen Meridiane (die Directionskraft), die *andere* senkrecht gegen den magnetischen Meridian (die ablenkende Kraft). Jene *Directionskraft* rührt vom horizontalen, diese *ablenkende Kraft* dagegen von dem verticalen Erdmagnetismus her, und die Tangente des Ablenkungswinkels muß daher dem Verhältnisse des verticalen und horizontalen Erdmagnetismus, d. i. der Tangente der gesuchten Neigung, *proportional* seyn. Die *horizontale* erdmagnetische Kraft wirkt *unmittelbar* auf die in horizontaler Ebene drehbare Nadel: sie ist es, durch welche die Nadel die Richtung des magnetischen Meridians zeigt. Die *verticale* erdmagnetische Kraft kann dagegen auf die bloß in hori-

zontaler Ebene drehbare Nadel nur *mittelbar* wirken, indem sie selbst zwar aufgehoben wird, durch Induction aber eine neue *horizontale*, auf den Meridian senkrechte Kraft erzeugt. Wäre diese *horizontale* Kraft jener verticalen, durch die sie entsteht, gleich, so würde die Tangente der Ablenkung, die sie der Declinationsnadel ertheilt, der Tangente der Neigung gleich seyn, welche jene Kraft der Inclinationsnadel ertheilt. Da aber in der That diese *horizontale* Kraft der verticalen, durch die sie entsteht, bloß *proportional* ist, so ist auch die Tangente der Ablenkung, die sie der Declinationsnadel ertheilt, der Tangente der Neigung, welche jene Kraft der Inclinationsnadel ertheilt, bloß *proportional*.

Der durch die verticale erdmagnetische Kraft in dem Kupferringe inducirte *galvanische Strom* ist:

- 1) der verticalen erdmagnetischen Kraft ( $T'$ ) direct,
- 2) der vom Ringe umschlossenen Kreisfläche ( $\pi r r$ ) direct,
- 3) dem Cosinus des Winkels ( $\varphi$ ) der Ringebene mit der Verticalen direct,
- 4) dem Drehungswinkel ( $d\varphi$ ) direct,
- 5) dem Widerstande ( $\omega$ ) des Ringes umgekehrt proportional, und kann dem Producte:

$$\frac{T'}{\omega} \cdot \pi r r \cdot \cos \varphi \cdot d\varphi$$

gleich gesetzt werden, wenn man demgemäß das Maafs für alle galvanischen Ströme einzurichten sich vorbehält.

Die *ablenkende* Kraft, die ein solcher Strom auf eine im Mittelpunkte des Rings aufgestellte Busssole ausübt, ist:

- 1) dem Strome  $\left( \frac{T'}{\omega} \cdot \pi r r \cdot \cos \varphi \cdot d\varphi \right)$  direct,
- 2) dem Nadelmagnetismus ( $M$ ) direct,
- 3) der Ringperipherie ( $2\pi r$ ) direct,
- 4) dem Cosinus des Winkels ( $\varphi$ ) der Ringebene mit der Verticalen direct,

5) dem Quadrate des Ringhalbmessers ( $r$ ) umgekehrt proportional, und kann dem Producte;

$$\frac{T'}{\omega} \cdot \pi r r \cdot \cos \varphi \cdot d\varphi \cdot \frac{2\pi r}{rr} \cdot M \cdot \cos \varphi \\ = \frac{2\pi\pi r}{\omega} \cdot M T' \cdot \cos^2 \varphi \cdot d\varphi$$

gleich gesetzt werden, wenn man demgemäfs das Maafs des Widerstandes  $\omega$  einzurichten sich vorbehält.

Hiernach erhält man die *ablenkende* Kraft durch eine halbe Umdrehung des Rings, wenn man:

$$\frac{2\pi\pi r}{\omega} \cdot M T' \cos^2 \varphi \cdot d\varphi$$

von  $\varphi = -\frac{\pi}{2}$  bis  $\varphi = +\frac{\pi}{2}$  integrirt, d. i.:

$$\frac{2\pi\pi r}{\omega} \cdot M T' \cdot \frac{\pi}{2} = \frac{\pi^3 r}{\omega} \cdot M T'.$$

Die *ablenkende* Kraft durch  $n$  Umdrehungen (in 1 Secunde) folglich:

$$\frac{2n\pi^3 r}{\omega} \cdot M T'.$$

Die *Directionskraft*, d. i. die Kraft des horizontalen Erdmagnetismus auf die Bussole, ist dem horizontalen Erdmagnetismus ( $T$ ) und dem Nadelmagnetismus ( $M$ ) proportional, und nach bekannten Maafsen dem Producte  $M T$

gleich zu setzen.

Das Verhältnifs der ablenkenden Kraft zur Directionskraft, oder die Tangente der Ablenkung ( $\nu$ ) ergibt sich hiernach:

$$\text{tang } \nu = \frac{2n\pi^3 r}{\omega} \cdot \frac{M T'}{M T},$$

oder:

$$\text{tang } \nu = \frac{2n\pi^3 r}{\omega} \cdot \text{tang } i,$$

wo  $i$  die Inclination der erdmagnetischen Kraft, folglich

$\tan i$  das Verhältniß  $\frac{T'}{T}$  des verticalen und horizontalen Erdmagnetismus bedeutet.

Hiernach ergibt sich die einfache Anwendung, die man von diesem Instrumente auf die Inclinationsmessung machen kann, wenn man sich auf relative Messungen beschränken will. Bezeichnet man nämlich die Werthe von  $\nu$  an mehreren Orten mit  $\nu'$ ,  $\nu''$  etc. und die entsprechenden Werthe von  $i$  mit  $i'$ ,  $i''$  etc., und bedenkt, daß bei gleichem Gebrauche des Instruments und bei gleicher Temperatur <sup>1)</sup> die Größen  $n$ ,  $r$ ,  $\omega$  unverändert bleiben, so hat man:

$$\frac{\tan i'}{\tan \nu'} = \frac{\tan i''}{\tan \nu''} = \text{etc.}$$

Bezeichnet man den gemeinschaftlichen Werth dieser Brüche mit  $a$ , und ermittelt durch Vergleichung des mit unserem Instrumente gewonnenen Resultats mit dem Resultate einer genauen absoluten Inclinationsmessung den constanten Werth von  $a$ , so erhält man in der Folge immer die wahre Neigungstangente, sobald man nur die mit unserem Instrumente gefundene Ablenkungstangente mit jener Constanten multiplicirt, weil

$$\tan i = a \tan \nu$$

ist.

Dieses Instrument ist besonders auf Reisen sehr zu empfehlen, wo man die Inclination bloß vergleichungsweise zu bestimmen braucht, weil eine absolute Messung doch weit besser zu Hause oder in einem zweckmäßig eingerichteten magnetischen Observatorium, als unterwegs, ausgeführt werden kann. Die ganze Messung reducirt sich mit unserem Instrumente bloß auf zweimalige Ablesung der Bussole, während der Inductor tactmäßig vorwärts und rückwärts gedreht wird. Der Unterschied

1) Mit der Temperatur würde sich der Leitungswiderstand des Kupfers oder  $\omega$  etwas verändern.



beider Ablesungen giebt unmittelbar den Werth von  $2v$ , und also auch den Werth von  $\tan v$ .

Der Vortheil, den dieses Instrument vor allen anderen Inclinatorien dadurch hat, daß keine Umkehrung der Pole nöthig, und kein Einfluß der Schwere, der erst durch Combination mehrerer Versuche eliminirt werden müßte, möglich ist, ist so groß, und die Einfachheit und Bequemlichkeit der damit auszuführenden Messung so wichtig, daß die Schwierigkeiten, welche eine recht vollkommene Ausführung des neuen Instruments hat, wohl überwunden zu werden verdienen. Verzichtet man aber auch vor der Hand noch auf große Vollkommenheit in der mechanischen Ausführung des Instruments, so kann doch das Beispiel desjenigen Instruments, womit die so gleich zur Erläuterung des Vorgetragenen zu beschreibenden Versuche gemacht worden sind, zum Beweise dienen, wie leicht nach dieser Methode Instrumente, die fast eben so genaue Resultate, als die meisten Inclinatorien, geben, darzustellen sind. Es wurde nämlich zur ersten Probe ein Instrument bloß aus vorhandenen Materialien (aus einer kleinen Bussole und einem Getriebe) zusammengesetzt und aus Kupferblech Ringe geschnitten, die, mit dem Getriebe verbunden, als Inductor dienten. Die Versuche mit diesem unvollkommenen Instrumente haben, wie wir sehen werden, unter einander eine Uebereinstimmung bis auf  $\frac{1}{2}$  Grad bei einem zu messenden Unterschiede von 21 Grad ergeben, eine Genauigkeit, die ungefähr auch  $\frac{1}{2}$  Grad in der Berechnung der absoluten Neigung entspricht. Wenn nun auch bei anderen Inclinatorien die unmittelbaren Ablesungen feiner sind, so kann man doch bei den meisten zweifeln ob das Endresultat genauer sey.

## Versuche mit dem Inductions-Inclinatorium.

### 1) Dimensionen des kupfernen Inductors.

100 Millim. war der innere Durchmesser,

161 - der äußere Durchmesser des Kupferrings.

Der ganze Ring bestand aus 16 ringförmig ausgeschnittenen Kupferblechen, von denen die 8 ersten und 8 letzten dicht über einander lagen, diese aber von jenen durch einen 12 Millimeter weiten Zwischenraum geschieden waren. Die Dicke des ganzen Rings mit Einschluss des Zwischenraums betrug 34 Millimeter.

### 2) Getriebe zur Drehung des Inductors.

7 Umdrehungen der Kurbel entsprachen 40 Umdrehungen des Inductors.

### 3) Geschwindigkeit der Drehung.

Bei jedem Schlage des Secundenzählers wurde die Kurbel entweder  $\frac{1}{2}$  oder 1 Mal herumgedreht, so, daß auf jeden Schlag  $\frac{2}{7}$  oder  $\frac{4}{7}$  Umdrehungen des Inductors kamen. Der Secundenzähler gab aber nicht genau Secunden an, sondern 60 Schläge entsprachen 61,7 Secunden, wornach also  $\frac{60}{61,7} \cdot \frac{2}{7}$  oder  $\frac{60}{61,7} \cdot \frac{4}{7}$  Umdrehungen des Inductors auf 1 Secunde, folglich 166,7 oder 333,4 Umdrehungen auf 1 Minute kamen. Diese Drehung wurde gleichförmig etwa 10 Minuten lang fortgesetzt. Während dieser Zeit stand die Bussole fast ganz still und konnte sehr gut beobachtet werden. Die kleinen Schwingungen, die sie machte, betrugen nie über 1 Grad (diese Ruhe der Nadel ist eine Wirkung des Kupferrings, der sie umgiebt, und nach den Gesetzen des Rotationsmagnetismus ihre Schwingungen kräftig dämpft). Während dieser Zeit wurde der Stand der Nadel 12 Mal beobachtet und aus diesen 12 Beobachtungen das Mittel genommen. Darauf wurde der Inductor umgekehrt gedreht und der Stand der Nadel wieder eben so beobachtet. Die

Drehungsaxe des Inductors war bei allen Versuchen horizontal und dem magnetischen Meridiane parallel.

4) Ablesungen der Busssole.

Bei 166,7 Umdrehungen des Inductors in 1 Minute.

|                          | Drehung vorwärts. | Drehung rückwärts. |
|--------------------------|-------------------|--------------------|
| Stand<br>der<br>Busssole | 185° 5            | 174° 6             |
|                          | 185 ,8            | 174 ,3             |
|                          | 185 ,5            | 174 ,4             |
|                          | 185 ,7            | 174 ,2             |
|                          | 185 ,6            | 174 ,5             |
|                          | 185 ,4            | 174 ,0             |
|                          | 185 ,6            | 174 ,5             |
|                          | 185 ,5            | 174 ,3             |
|                          | 185 ,4            | 174 ,5             |
|                          | 185 ,9            | 174 ,2             |
|                          | 185 ,7            | 174 ,1             |
|                          | 185 ,4            | 174 ,2             |

Nimmt man aus allen diesen Beobachtungen das Mittel, so ergibt sich für die Drehung vorwärts und rückwärts ein Unterschied:

$$2\sigma = 11^{\circ},26.$$

Bei 333,4 Umdrehungen des Inductors in 1 Minute.

|                          | Drehung vorwärts. | Drehung rückwärts. |
|--------------------------|-------------------|--------------------|
| Stand<br>der<br>Busssole | 190° 8            | 168° 9             |
|                          | 190 ,6            | 169 ,4             |
|                          | 190 ,6            | 169 ,3             |
|                          | 190 ,9            | 169 ,0             |
|                          | 190 ,5            | 169 ,3             |
|                          | 190 ,8            | 168 ,9             |
|                          | 190 ,8            | 169 ,3             |
|                          | 190 ,4            | 168 ,8             |
|                          | 190 ,7            | 169 ,2             |
|                          | 190 ,4            | 169 ,2             |
|                          | 190 ,6            | 169 ,5             |
|                          | 191 ,0            | 169 ,1             |

Nimmt man aus allen diesen Beobachtungen das Mittel, so ergibt sich für die Drehung vorwärts und rückwärts ein Unterschied:

$$2\varpi = 21^{\circ},52.$$

Die Tangenten der einfachen Ausschläge  $\nu$  und  $\varpi$  sollten der Umdrehungs - Geschwindigkeit proportional seyn, d. i. die Tangente von  $\varpi$  doppelt so groß, als die Tangente von  $\nu$ , was auch nahe der Fall ist; denn:

$$\text{tang } \nu = \text{tang } 5^{\circ},63 = 0,09858$$

$$\text{tang } \varpi = \text{tang } 10^{\circ},76 = 0,19003$$

den dritten Theil ihrer Summe kann man als den wahrscheinlichsten Werth der Tangente des Ausschlags bei 166,7 Umdrehungen in 1 Minute betrachten, d. i.:

$$\text{tang } \nu = 0,09620.$$

Wenn nun in Göttingen die Neigung  $i$  bekannt ist (sie beträgt ungefähr  $67^{\circ},50$ ), so ergibt sich:

$$a = \frac{\text{tang } i}{\text{tang } \nu} = \frac{\text{tang } 67^{\circ} 50'}{0,0962} = 25,514.$$

Man findet daher die Neigung  $i'$  an jedem andern Orte oder zu jeder andern Zeit, wenn man daselbst oder dann bloß den Ausschlag  $2\nu'$  bei gleich schneller Drehung des Inductors mißt, nach der Gleichung:

$$\text{tang } i' = 25,514 \cdot \text{tang } \nu'.$$

Zum Schlusse dieses Aufsatzes mögen noch zwei Bemerkungen stehen, die zwar für den Hauptzweck des Instruments, mit dem wir uns beschäftigt haben, von keiner Wichtigkeit sind, aber in anderen Beziehungen Interesse haben, nämlich: 1) über die Bedeutung des Constanten  $a$ ; 2) über die Einrichtung und den Gebrauch des Instruments, wenn man mit ihm allein *absolute* Inclinations-Messungen machen will.

Was das *Erstere* betrifft, die Bedeutung der Constanten  $a$ , so ergibt sich diese von selbst, wenn man die zwei Gleichungen mit einander vergleicht:

$$\begin{aligned}\operatorname{tang} v &= \frac{2n\pi^3 r}{\omega} \cdot \operatorname{tang} i \\ \operatorname{tang} i &= a \cdot \operatorname{tang} v\end{aligned}$$

woraus hervorgeht, daß

$$a = \frac{\omega}{2n\pi^3 r}$$

ist, wo  $n$  und  $r$  durch Zählung und Messung bekannt gewordene Größen sind. Es geht daraus hervor, daß  $a$  eine Constante ist, welche von dem Widerstande  $\omega$  abhängt, den der kupferne Inductor dem galvanischen Strome entgegensetzt. Diese Constante kann also *a priori* berechnet werden, wenn der Widerstand des Kupfers für galvanische Ströme aus anderen Versuchen genau bekannt geworden ist. Umgekehrt kann man aber, wenn der Widerstand des Kupfers für galvanische Ströme nicht genau bekannt ist, mit unserem Instrumente, wenn man eine absolute Inclinations-Messung zu Hülfe nimmt, ihn sehr leicht finden. Diese Anwendung des Instrumentes zur Auffindung des Widerstandes des Kupfers gegen galvanische Ströme gewährt für die Lehre vom Galvanismus besonderes Interesse, und wird in der Folge weiter untersucht werden.

Was das *Letztere* betrifft, nämlich die Einrichtung und den Gebrauch des Instruments, wenn man mit ihm allein *absolute* Inclinations-Messungen machen will, so bemerke man, daß das Taf. VI Fig. 2. abgebildete Instrument, mit welchem die eben beschriebenen Versuche gemacht worden sind, so eingerichtet ist, daß die Bussole aus der Mitte des Inductors herausgenommen, so dann der Inductor sammt dem ganzen Gestelle um 90° gedreht werden kann, so daß die Drehungsaxe, welche bisher horizontal war, vertical zu stehen kommt, und daß endlich dann die Bussole wieder auf denselben festen Zapfen so aufgestellt werden kann, daß sie wieder

in der Mitte des Inductors sich befindet und in horizontaler Ebene sich frei drehen kann.

Dreht man jetzt den Inductor um eine verticale Axe, so inducirt die horizontale erdmagnetische Kraft einen galvanischen Strom, eben so, wie früher, als der Inductor um eine horizontale Axe gedreht wurde, die verticale erdmagnetische Kraft den Strom inducirte. Die beiden Ströme sind nun den inducirenden Kräften proportional, und die Tangenten der von ihnen hervorgebrachten Ablenkungen der Bussole sind den ablenkenden Kräften oder jenen beiden Strömen proportional. Daher giebt das Verhältniß der Tangenten beider Ablenkungen das Verhältniß der verticalen und horizontalen erdmagnetischen Kraft oder die Tangente der gesuchten Inclination.

So einfach dieses Verfahren zu seyn scheint, die Inclination absolut zu messen, so ist es doch keiner unmitttelbaren Anwendung fähig, weil bei der Drehung des Inductors um eine verticale Axe zwar durch die horizontale erdmagnetische Kraft ein galvanischer Strom inducirt wird, aber nicht durch sie allein, sondern zugleich auch durch die magnetische Kraft der Bussole (was bei der Drehung des Inductors um die horizontale Axe nicht der Fall war). Daher kommt es, daß bei Drehung des Inductors um eine verticale Axe die Bussole mehr abgelenkt wird, als in Folge der horizontalen erdmagnetischen Kraft allein geschehen würde, und es ist nöthig, den Antheil, den an dieser Ablenkung die inducirende magnetische Kraft der Bussole selbst hat, von dem zu scheiden, welcher die Wirkung der horizontalen erdmagnetischen Kraft ist. Zu dieser Scheidung ist aber noch ein Versuch nothwendig, nämlich mit einer zweiten Bussole von ähnlicher Form, deren magnetische Kraft aber von der der ersten sehr verschieden ist und in einem bekannten Verhältnisse steht. Es leuchtet dann von selbst ein, wie sich der von der Bussole und der von

der erdmagnetischen Kraft inducirte Strom scheiden und alsdann die absolute Inclination leicht berechnen lasse. Jedoch, muß man hinzufügen, verliert durch diese Complication der Versuche das Resultat an Schärfe, und die Methode den Vorzug der Einfachheit vor anderen Methoden, die Inclination zu messen, und es ist daher zu empfehlen, sich auf die zuerst beschriebene Anwendung des Instruments zu beschränken. Jedoch will ich zur Erläuterung der eben beschriebenen, mit unserem Instrumente auszuführenden absoluten Inclinations-Messung folgenden damit angestellten Versuch mittheilen. Ich wähle dazu denjenigen Versuch, welchen ein sehr geübter Beobachter, Hr. D. Peters aus Copenhagen, während seines Aufenthalts in Göttingen zu machen die Güte hatte. Auch die oben, S. 503, angeführten Versuche sind von ihm gemacht worden. — Die Drehungsaxe des Inductors war bei den folgenden Versuchen immer vertical. —

#### Ablesungen der Bussole.

Bei 166,7 Umdrehungen des Inductors in 1 Minute.

|         | Drehung vorwärts. | Drehung rückwärts. |
|---------|-------------------|--------------------|
|         | 184°,4            | 175°,3             |
|         | 184°,6            | 175°,5             |
|         | 184°,3            | 175°,6             |
| Stand   | 184°,5            | 175°,5             |
| der     | 184°,4            | 175°,4             |
| Bussole | 184°,2            | 175°,2             |
|         | 184°,4            | 175°,2             |
|         | 184°,4            | 175°,5             |
|         | 184°,3            | 175°,4             |
|         | 184°,3            | 175°,6             |

Nimmt man aus allen diesen Beobachtungen das Mittel, so ergibt sich für die Drehung vorwärts und rückwärts ein Unterschied:

$$2u = 8°,96.$$

Bei 333,4 Umdrehungen des Inductors in 1 Minute.

|         | Drehung vorwärts.   | Drehung rückwärts.  |
|---------|---------------------|---------------------|
|         | 188 <sup>0</sup> ,8 | 170 <sup>0</sup> ,7 |
|         | 188 ,5              | 171 ,0              |
|         | 188 ,6              | 171 ,1              |
| Stand   | 188 ,7              | 170 ,8              |
| der     | 188 ,4              | 171 ,0              |
| Bussole | 188 ,6              | 171 ,1              |
|         | 188 ,4              | 171 ,0              |
|         | 188 ,7              | 170 ,8              |
|         | 188 ,8              | 170 ,9              |
|         | 188 ,5              | 170 ,9              |
|         | 188 ,5              |                     |
|         | 188 ,4              |                     |

Nimmt man aus allen diesen Beobachtungen die Mittel, so ergibt sich für die Drehung vorwärts und rückwärts ein Unterschied:

$$2\omega = 17^{\circ} 65'.$$

Bei diesen Versuchen sind drei Drehungsmomente zu unterscheiden, welche auf die Bussole wirken:

1) das Drehungsmoment der erdmagnetischen Kraft, welches hier den Producten

$$MT \cdot \sin u, \quad MT \cdot \sin \omega$$

gleich ist, wenn  $M$  den Nadelmagnetismus,  $T$  den horizontalen Erdmagnetismus,  $u$  und  $\omega$  die Ablenkungen vom magnetischen Meridian bezeichnen;

2) das Drehungsmoment des von der erdmagnetischen Kraft inducirten Stroms, welches ausser dem Erd- und Nadelmagnetismus, der Zahl der Umdrehungen und dem Cosinus der Ablenkung  $u$  oder  $\omega$  proportional ist, und kurz bezeichnet werden kann mit:

$$\alpha MT \cdot \cos u, \quad 2\alpha MT \cdot \cos \omega;$$

3) das Drehungsmoment des von der Bussole selbst inducirten Stroms, welches dem Quadrate des Nadelmagnetismus und der Zahl der Umdrehungen proportional,



von der Gröfse der Ablenkung  $u$  oder  $\omega$  aber unabhängig ist, und kurz bezeichnet werden kann mit:

$$\beta M M, 2\beta M M.$$

Das erste dieser Momente hält den beiden andern das Gleichgewicht, oder es ist, mit Weglassung des gemeinschaftlichen Factors  $M$ ,

nach dem *ersten* Versuche:

$$T \cdot \sin u = \alpha T \cdot \cos u + \beta M,$$

nach dem *zweiten* Versuche:

$$T \cdot \sin \omega = 2\alpha T \cdot \cos \omega + 2\beta M.$$

Darauf wurde der Magnetismus der Bussole vermindert, und zwar so, daß die Bussole, deren Schwingungsdauer bisher  $1^{\text{Sec}},136$  gewesen, 3 Secunden Schwingungsdauer erhielt; ihr Magnetismus war also in dem Verhältnifs von  $3^2 : 1,136^2$  vermindert worden, und betrug folglich:

$$\frac{1,136^2}{3^2} \cdot M = \frac{M}{6,974}.$$

Mit dieser schwachen Bussole wurde nun noch folgender Versuch gemacht:

#### Ablesungen der Bussole.

Bei 333,4 Umdrehungen des Inductors in 1 Minute.

|         | Drehung vorwärts. | Drehung rückwärts. |
|---------|-------------------|--------------------|
|         | 185°,6            | 176°,2             |
| Stand   | 185°,8            | 175°,4             |
| der     | 185°,2            | 175°,4             |
|         | 185°,8            | 175°,5             |
| Bussole | 185°,7            | 175°,5             |
|         | 185°,8            |                    |

Nimmt man aus allen diesen Beobachtungen das Mittel, so ergibt sich für die Drehung vorwärts und rückwärts ein Unterschied:

$$2t = 10^\circ 20.$$

Es ergibt sich dann auf dieselbe Weise wie vorher:

$$T \cdot \sin t = 2\alpha T \cdot \cos t + 2\beta \cdot \frac{M}{6,974}.$$

Diese Gleichung mit den beiden früheren einzeln verglichen, giebt zwei Werthe von  $\alpha$ , nämlich:

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{2 \sin u - 6,974 \sin t}{\cos u - 6,974 \cos t}$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sin \omega - 6,974 \sin t}{\cos \omega - 6,975 \cos t}.$$

Setzt man darin für  $t$ ,  $u$  und  $\omega$  die Werthe:

$$5^\circ 10', 4^\circ 48', 8^\circ 825',$$

so hat man folgende zwei Werthe von  $\alpha$ :

$$\alpha = 0,03897$$

$$\alpha = 0,03915.$$

Da der letztere von diesen beiden Werthen mehr Wahrscheinlichkeit hat, als der erstere (weil er aus dem Winkel  $\omega$  abgeleitet ist, während jener aus dem Winkel  $u$ ; der Winkel  $\omega$  aber, weil er fast doppelt so groß wie  $u$ , genauer hat gemessen werden können), so kann man etwa

$$0,03909$$

als den wahrscheinlichsten Werth von  $\alpha$  betrachten. Bedenkt man nun, daß  $\alpha$  den Werth angiebt, welchen  $\tan u$  haben würde, wenn in unserem letzten Versuche bloß die horizontale erdmagnetische Kraft einen galvanischen Strom inducirt hätte, und daß sich folglich

$$\alpha : \tan v = T : T'$$

verhält, so ergibt sich hieraus:

$$\frac{T'}{T} = \tan i = \frac{\tan v}{\alpha}.$$

Nun ist oben der Werth von:

$$\tan v = 0,09620$$

und eben so der Werth von:

$$\alpha = 0,03909$$

gefunden worden; woraus folgt:

$$\begin{aligned} \tan i &= \frac{\tan \nu}{\alpha} = \frac{0,09620}{0,03909} = 2,461 \\ i &= 67^{\circ} 53' 10''. \end{aligned}$$

Hr. Prof. Forbes aus Edinburgh, welcher im vergangenen Sommer Göttingen besuchte, hat hier am 1. Julius mit einem sehr genauen Instrumente die Inclination zwei Mal gemessen, und das eine Mal  $67^{\circ} 47' 0''$ , das andere Mal  $67^{\circ} 53' 30''$  gefunden. Vergleicht man diese Resultate mit demjenigen, was aus obigen, am 8. November desselben Jahres vom Hrn. Dr. Peters mit dem Inductions-Inclinatorium gemachten Versuchen hervorgeht, so ergiebt sich (da die Aenderung der Inclination in den dazwischen verflossenen drei Monaten gewiß sehr klein ist) wenigstens so viel, daß der Fehler der mit dem Inductions-Inclinatorium gemachten Messung nur einen kleinen Theil eines Grads betragen könne. Dabei ist noch zu bedenken, daß jener von Hrn. Dr. Peters angestellte Versuch, der gar nicht in der Absicht, die absolute Inclination genau zu erfahren, sondern bloß zur Prüfung des Instruments angestellt wurde, nicht im Freien, wie die Versuche des Hrn. Prof. Forbes, sondern im physikalischen Cabinet, wo die benachbarten Gegenstände einigen Einfluß haben konnten, ausgeführt worden ist.

---

#### IV. *Magneto-elektrischer Apparat zur Hervorbringung inducirter Ströme gleicher Intensität in von einander vollkommen getrennten Drähten; von H. W. Dove.*

(Aus den Berichten der K. Preuß. Academie der Wissenschaften.)

---

**H**r. Dove beschrieb einen magneto-elektrischen Apparat zur Hervorbringung inducirter Ströme gleicher Inten-

