

Bestimmung  
der  
rechtwinkligen Componenten der erdmagneti-  
schen Kraft in Göttingen

in dem Zeitraume von 1834 — 1853.

Von

Wilhelm Weber.

Der Königlichen Societät vorgelegt am 27. November 1854.

In der Abhandlung *Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata*. Auctore C. F. Gauss. Art. 3 werden die Magnete in *beharrliche* und *veränderliche* eingetheilt und es wird vorausgesetzt, dass alle Beobachtungen, welche zur Bestimmung der Intensität des *Erdmagnetismus* dienen sollen, mit *beharrlichen* Magneten gemacht, oder wenigstens auf diejenigen Werthe reducirt worden, welche man erhalten haben würde, wenn der Magnetismus der Nadeln *beharrlich* gewesen wäre. Die Erfahrung lehrt nun, dass es in der Natur keine vollkommen *beharrlichen* Magnete giebt, sondern dass der Magnetismus jedes Körpers *Änderungen* unterworfen ist, welche in *regelmässige* und *unregelmässige* eingetheilt werden können. Zu den *regelmässigen* Änderungen des Magnetismus rechnet man die von der *Temperatur* abhängigen; es gehören dazu aber auch noch ausserdem die von der *Lage zu andern Magneten*, namentlich zur *Erde*, abhängigen. Zu den *unregelmässigen* Änderungen gehören die durch heftige Erschütterungen, durch Berührungen mit andern Magneten, durch elektrische Entladungen u. s. w. hervorgebrachten *bleibenden* Änderungen des Magnetismus. Vor Einflüssen der letzten Art lassen sich die zu feineren Messungen dienenden Magnetnadeln leicht so bewahren, dass daraus für die Messungen selbst kein merklicher Nachtheil entspringt, und dass also die mit diesen Nadeln gemachten Beobachtungen meist blos einer Reduction wegen der *regelmässigen* Änderungen bedürfen.

Diese Reduction ist nun verschieden, je nachdem es sich um Beobachtungen handelt, welche die Bestimmung des *absoluten Werths* der Intensität des Erdmagnetismus, oder solche, welche bloß seine *Variationen* betreffen. Die *ersten* Beobachtungen lassen sich nämlich, wie schon von Gauss a. a. O. Art. 10 bemerkt worden, so einrichten, dass der Einfluss der von der *Temperatur* abhängigen Änderungen in der Berechnung des *absoluten Werths* der Intensität verschwindet, indem zwei Nadeln gebraucht werden, die gleichzeitig gleichen Änderungen unterworfen sind; sollten aber auch ihre Änderungen nicht ganz gleich sein, so würde doch jener Einfluss immer so klein bleiben, dass er kaum einer Berücksichtigung bedarf. Es ist daher bei diesen Beobachtungen nur eine Reduction wegen der von der *Lage der Nadeln zur Erde* abhängigen Änderungen ihres Magnetismus erforderlich. — Bei der Messung der Intensität des *horizontalen Erdmagnetismus* wird nämlich eine Magnetnadel 1) in einer mit dem magnetischen Meridiane *parallelen* Lage beobachtet, während sie *schwingt*; 2) wird dieselbe Nadel in eine gegen den magnetischen Meridian *senkrechte* Lage gebracht und dadurch eine andere Nadel (Hülfsnadel) vom magnetischen Meridiane *abgelenkt*. Aus der Combination jener Schwingungsbeobachtungen und dieser Ablenkungsbeobachtungen wird sodann die Intensität des *horizontalen Erdmagnetismus* berechnet, was aber nur geschehen kann, wenn die *Änderung* des Magnetismus der Nadel bei ihrer Versetzung aus der dem magnetischen Meridiane *parallelen* in die darauf *senkrechte* Lage bekannt ist und demgemäss die Beobachtungen *reducirt* worden sind. — Die *letzteren*, die Variationen betreffenden, Beobachtungen werden dagegen mit einer Nadel gemacht, deren Lage gegen die Erde sich nur sehr wenig ändert, so dass hier umgekehrt die von dieser *Lage* abhängigen Änderungen des Nadelmagnetismus unmerklich sind und keiner Berücksichtigung bedürfen und dass also nur eine Reduction wegen der von der *Temperatur* abhängigen Änderungen erforderlich ist, wenigstens wenn man von den *unregelmässigen* Änderungen absieht, die bei sorgfältiger Behandlung des Instruments erst nach einem längeren Zeitraume entschieden hervortreten und daher in den meisten Fällen, wo es sich nur um die Variationen während einer *mässigen Zeit*, z. B. einiger Tage, handelt, unberücksichtigt bleiben können. Die letzteren Beobachtungen bedürfen daher in den meisten Fällen nur einer Reduction

wegen der von der *Temperatur* abhängigen Änderungen des Nadelmagnetismus; diese Reduction lässt sich aber so einrichten, dass dadurch zugleich auch aller Einfluss *unregelmässiger* Änderungen des Nadelmagnetismus eliminirt und vergleichbare Variationsbeobachtungen auch für *längere Zeiträume* gewonnen werden. — Diese beiden Reductionen bilden den Hauptgegenstand der folgenden Untersuchung.

Der *erste* Theil handelt nämlich von der Bestimmung der von der *Lage zur Erde* abhängigen Änderungen des Nadelmagnetismus; im *zweiten* Theile werden sodann die rechtwinkeligen Componenten der erdmagnetischen Kraft in Göttingen für den Zeitraum von 1834 — 1853 aus den nach den Ergebnissen des ersten Theils reducirten Beobachtungen bestimmt; der *dritte* Theil handelt endlich von der Reduction der die Intensitätsvariationen des horizontalen Erdmagnetismus betreffenden Beobachtungen.

## I. Bestimmung der von der Lage zur Erde abhängigen Änderungen des Nadelmagnetismus.

Die Untersuchung der von der Lage zur Erde abhängigen Änderungen des Nadelmagnetismus führt zur allgemeinen Betrachtung der *Veränderlichkeit des Magnetismus in Körpern von grosser Coercitivkraft durch kleine Kräfte*; denn die zu Beobachtungen des Erdmagnetismus gebrauchten Nadeln pflegen aus sehr hartem Stahle zu bestehen und besitzen also eine sehr *grosse Coercitivkraft*, während die Kräfte, mit denen die Erde bei verschiedener Lage der Nadeln auf deren Magnetismus wirkt, im Vergleich zu denjenigen Kräften, welche bei der Magnetisirung harter Stahlnadeln angewandt werden, um die Coercitivkraft zu überwinden, als verschwindend *klein* betrachtet werden können. Es ist daher die Thatsache schon an sich sehr interessant, dass überhaupt noch eine von so kleinen Kräften herrührende *Änderung* des Magnetismus solcher Nadeln *wahrgenommen* wird, und insbesondere, dass diese kleinen Änderungen *regelmässige* sind, d. h. dass die Nadel immer wieder denselben Magnetismus annimmt, so oft dieselbe Kraft auf sie wirkt. Es ist dieser interessante Gegenstand zuerst von Fechner in seiner Schrift: *De magnetismo variabili qui chalybi actione galvanica inducitur* (siehe Poggen-

dorff's Annalen 1842. Bd. 55) behandelt und durch die von ihm mitgetheilten Versuche ist sowohl das Faktum der *Änderung* als auch das der erwähnten *Regelmässigkeit* ausser Zweifel gesetzt worden. Die von ihm gebrauchte Methode lässt sich aber nicht unter allen Verhältnissen und namentlich nicht auf solche Nadeln, wie zur Messung der Intensität des Erdmagnetismus gebraucht werden, anwenden; denn Fechner hat die Änderung des Nadelmagnetismus nicht durch die *magnetische Kraft der Erde*, sondern durch die Kraft eines *galvanischen Stroms* hervorgebracht, und zwar unter solchen Verhältnissen, wo letztere auf erstere nicht reducirt werden konnte: auch würde dabei die Anwendung *grösserer* Nadeln unzulässig gewesen sein. Es war daher nothwendig zu dem hier vorliegenden Zwecke eine neue Methode zu suchen.

Der Magnetismus eines Körpers wird durch seine Wirkungen entweder auf den *Magnetismus* oder auf die *Elektricität* anderer Körper erforscht, wovon die letzteren in *Bewegungen* der Elektricität bestehen, die man mit dem Namen der *inducirten Ströme* bezeichnet. Nun hat die Methode, den Magnetismus durch die von ihm *inducirten Ströme* zu erforschen, im 5. Bde dieser Abhandlungen schon Anwendung auf den *Erdmagnetismus* gefunden, nämlich auf die Messung der *Inclination*, wo sie sich praktisch als genauer und bequemer als alle andern Methoden bewährt hat, weil dadurch die aus *Umkehrung der Pole* und aus der *Friction* entspringenden Hindernisse ganz vermieden wurden. — Es würde sich nun dieselbe Methode auch auf Messung der *Declination* anwenden lassen, wo sie aber praktisch von keiner wesentlichen Bedeutung sein würde, weil hier die bisherigen Methoden weder an Genauigkeit noch an Bequemlichkeit etwas zu wünschen übrig lassen. — Dagegen lässt sich dieselbe Methode statt zur Erforschung des *Erdmagnetismus* auch zur Erforschung des *Nadelmagnetismus* gebrauchen, namentlich zur Erforschung der *von der Lage zur Erde abhängigen Änderungen* des Magnetismus derjenigen Nadeln, welche zur Messung der *Intensität des Erdmagnetismus* gebraucht werden, und liefert dadurch ein wichtiges *Element* zu dieser letzteren Messung, wodurch wir darin zugleich die gesuchte neue Methode finden, welche für den vorliegenden Zweck den Vorzug vor der Fechnerschen verdient.

Es besteht nun diese Methode wesentlich darin, dass die Nadel fest in eine Kapsel eingeschlossen wird, die selbst mit einem isolirten Drahte um-

wickelt ist, dessen Enden zu einem in grosser Entfernung aufgestellten Galvanometer geleitet und mit den beiden Enden seines Multiplicatordrahts fest verbunden werden. Es leuchtet dann ein, dass wenn man die Nadel mit der Kapsel senkrecht hält und plötzlich umdreht, in dem darum gewundenen Drahte nach bekanntem Inductionsgesetze ein galvanischer Strom *inducirt* wird, der, indem er den Multiplicator durchläuft, die Galvanometernadel ablenkt. So schwach auch dieser *inducirte* Strom ist, so kann doch bei einem sehr empfindlichen Galvanometer die von ihm hervorgebrachte Ablenkung nicht bloss wahrgenommen, sondern auch genau gemessen werden. Es wird aber bei der erwähnten Umdrehung ein *doppelter* Strom inducirt, nämlich *erstens* inducirt der verticale Theil der erdmagnetischen Kraft *unmittelbar* einen Strom in dem um die Kapsel gewundenen Drahte; *zweitens* inducirt derselbe Theil der erdmagnetischen Kraft auch *mittelbar* einen Strom in demselben Drahte, indem er eine *kleine Änderung des Nadelmagnetismus* hervorbringt. Ausserdem findet aber keine Induction statt, denn der Magnetismus, welchen die Nadel unabhängig vom Einfluss des Erdmagnetismus besitzt, ist darum wirkungslos, weil die Nadel bei gemeinschaftlicher Umdrehung mit der Kapsel gegen den um die Nadel gewundenen Draht unverrückt bleibt. Hierin besteht der wesentliche Vorzug dieser Methode, dass die dabei beobachtete Wirkung bloss von dem *variablen* und nicht von dem *constanten* Theile des Nadelmagnetismus abhängt; denn sonst würde, da der letztere gegen den ersteren sehr gross ist, durch Elimination aus den vermischten Wirkungen beider Theile der erstere nicht genau ermittelt werden können. — Die Wirkungen der beiden oben erwähnten Ströme, welche *gleichzeitig* inducirt werden, lassen sich aber leicht *scheiden*, wenn man die Beobachtungen mit der Kapsel und dem darum gewundenen Drahte *allein* wiederholt, nachdem die Nadel aus der Kapsel herausgenommen worden ist.

Der zu den folgenden Versuchen gebrauchte *Inductor* bestand aus einer 21 Millimeter dicken, 151 Millimeter langen Messingröhre, um welche ein mit Baumwolle umsponnener, mit gutta percha überzogener,  $2\frac{1}{4}$  Millimeter dicker Kupferdraht in 10 Lagen übereinander 420 Mal herumgewunden war. Der Durchmesser einer diese Rolle umschliessenden Cylinderfläche war 79,2 Millimeter. Dieser *Inductor* war durch zwei 6 Meter lange Kupferdrähte mit

dem *Multiplicator des Galvanometers* verbunden. Der als Galvanometernadel dienende Magnet war sehr stark, aber nur 28 Millimeter lang: er war zu feinerer Beobachtung mit Spiegel versehen und mit einem starken Dämpfer umgeben. Die magnetometrische Beobachtung der Nadel mit Fernrohr, Spiegel und Skala, in Verbindung mit der Stärke des Multiplicators und mit einem günstigen Verhältniss seines Widerstandes zu dem des Inductors, gab dem Instrumente einen hohen Grad von Empfindlichkeit, die auf folgende Weise noch vermehrt wurde. Die *Schwingungsdauer* der Nadel betrug nämlich bei ungeschwächter erdmagnetischer Directionskraft 9 Secunden; bei den folgenden Versuchen wurde aber die Einrichtung getroffen, dass die erdmagnetische Directionskraft durch einen aus der Ferne auf die Nadel wirkenden Magnet geschwächt wurde, so dass die *Schwingungsdauer* der Nadel auf 19 Secunden stieg, wodurch die *Empfindlichkeit* nach dem Verhältniss der Quadrate  $9^2:19^2$  vergrössert wurde.

Es wurden nun hiemit *zwei* Beobachtungsreihen ausgeführt, wobei der *Inductor* immer *senkrecht* stand, bald aber das *eine*, bald das *andere* Ende seiner Axe nach oben gekehrt, indem er jedesmal in dem Augenblicke, wo die schwingende Galvanometernadel den *magnetischen Meridian* passirte, umgekehrt wurde. Vor und nach jeder Umkehrung wurde die *Elongation* der schwingenden Nadel beobachtet. In der *ersten* Beobachtungsreihe war es der *Inductor allein*, mit dem diese Versuche gemacht wurden; in der *zweiten* waren es der *Inductor nebst dem in der Mitte befestigten Magnetstab Nr. I* (153,4 Millimeter lang und 12,6 Millimeter dick, dessen Masse = 151360 Milligramm war), die beide nur zusammen bewegt und umgedreht werden konnten. In der *ersten* Columne der folgenden Tafel sind die *Inductionsstösse* (Umkehrungen des Inductors) gezählt; in der *zweiten* Columne ist der Stand der Nadel bei ihrer jedem Inductionsstosse zunächst vorausgegangenen und zunächst nachgefolgten grössten Elongation bemerkt; in der *dritten* Columne ist der für die Zeit der grössten Elongation geltende *Ruhestand* der Nadel, mit Zuziehung der vorausgegangenen und nachgefolgten grössten Elongation und mit Rücksicht auf den Einfluss der *Dämpfung* berechnet, angegeben worden; endlich ist in der *vierten* Columne die jeder grössten Elongation entsprechende *Ablenkung* der Nadel von ihrem Ruhestande beigefügt.

Tafel I. Inductor allein.				Tafel II. Inductor nebst Magnetstab.			
Inductions- stoss. Nr.	Stand der Nadel im Augenblicke der grössten Elongation.	Ruhestand der Nadel.	Ablenkung.	Inductions- stoss. Nr.	Stand der Nadel im Augenblicke der grössten Elongation.	Ruhestand der Nadel.	Ablenkung.
	514,5				517,9		
	513,9				521,7		
1.	515,4	514,4	+ 1,0	1.	518,7	519,9	- 1,2
2.	520,4	514,2	+ 6,2	2.	539,3	519,9	+ 19,4
3.	502,4	514,4	- 12,0	3.	486,0	519,7	- 33,7
4.	531,1	514,5	+ 16,6	4.	564,6	519,7	+ 44,9
5.	494,6	514,8	- 20,2	5.	465,8	519,6	- 53,8
6.	538,0	514,7	+ 23,3	6.	580,3	519,4	+ 60,9
7.	489,0	514,7	- 25,7	7.	452,8	519,4	- 66,6
8.	542,2	514,5	+ 27,7	8.	590,6	519,1	+ 71,5
9.	485,0	514,3	- 29,3	9.	443,4	519,0	- 75,6
10.	544,7	514,1	+ 30,6	10.	597,9	519,1	+ 78,8
11.	482,3	514,0	- 31,7	11.	437,8	519,1	- 81,3
12.	546,4	513,9	+ 32,5	12.	602,6	519,1	+ 83,5
13.	480,6	513,8	- 33,2	13.	434,0	519,1	- 85,1
14.	547,6	513,7	+ 33,9	14.	605,3	519,1	+ 86,2
15.	479,2	513,6	- 34,4	15.	431,9	519,1	- 87,2
16.	548,2	513,5	+ 34,7	16.	607,2	519,2	+ 88,0
17.	478,7	513,5	- 34,8	17.	430,5	519,1	- 88,6
18.	548,5	513,4	+ 35,1	18.	608,1	519,0	+ 89,1
19.	477,8	513,1	- 35,3	19.	429,3	518,9	- 89,6
20.	548,2	512,6	+ 35,6	20.	608,9	519,0	+ 89,9
	476,3	512,6	- 36,3		428,9	519,0	- 90,1
21.	541,7	512,6	+ 29,1	21.	591,1	519,0	+ 72,1
22.	496,3	512,2	- 15,9	22.	479,4	518,5	- 39,1
23.	517,7	512,3	+ 5,4	23.	532,2	519,1	+ 13,1
24.	515,1	512,0	+ 3,1	24.	526,2	518,4	+ 7,8
25.	502,2	512,0	- 9,8	25.	494,4	518,8	- 24,4
26.	527,0	511,8	+ 15,2	26.	556,1	518,6	+ 37,5
27.	492,2	511,5	- 19,3	27.	471,2	519,1	- 47,9
28.	533,5	511,0	+ 22,5	28.	575,2	518,8	+ 56,4
29.	485,8	510,9	- 25,1	29.	455,6	519,0	- 63,4
30.	537,8	510,7	+ 27,1	30.	587,8	518,8	+ 69,0
31.	481,8	510,4	- 28,6	31.	445,3	518,8	- 73,5
	539,7	509,8	+ 29,9		595,9	518,8	+ 77,1

Tafel I.				Tafel II.			
Inductor allein.				Inductor nebst Magnetstab.			
Inductions- stoss. Nr.	Stand der Nadel im Augenblicke der grössten Elongation.	Ruhestand der Nadel.	Ablenkung.	Inductions- stoss. Nr.	Stand der Nadel im Augenblicke der grössten Elongation.	Ruhestand der Nadel.	Ablenkung.
32.	478,5	509,7	— 31,2	32.	439,0	518,9	— 79,9
33.	542,0	509,8	+ 32,2	33.	601,1	519,0	+ 82,1
34.	477,1	509,8	— 32,7	34.	435,2	519,1	— 83,9
35.	542,9	509,7	+ 33,2	35.	604,5	519,1	+ 85,4
36.	476,1	509,9	— 33,8	36.	432,6	519,1	— 86,5
37.	544,4	510,0	+ 34,3	37.	606,4	519,1	+ 87,3
38.	475,2	509,9	34,7	38.	431,2	519,1	— 87,9
39.	544,6	509,8	+ 34,8	39.	607,5	519,1	+ 88,4
40.	474,7	509,6	— 34,9	40.	430,3	519,1	— 88,8
41.	537,2	509,4	+ 27,8	41.	590,4	519,2	+ 71,2
42.	494,2	509,2	— 15,0	42.	480,4	518,9	— 38,5
43.	514,4	509,2	+ 5,2	43.	532,5	519,6	+ 12,9
44.	511,5	508,9	+ 2,6	44.	526,7	518,8	+ 7,9
45.	500,4	509,4	— 9,0	45.	494,7	519,2	— 24,5
46.	523,6	509,4	+ 14,2	46.	556,6	518,8	+ 37,8
47.	491,3	509,6	— 18,3	47.	470,7	519,1	— 48,4
48.	531,2	509,4	+ 21,8	48.	575,7	518,8	+ 56,9
49.	484,8	509,4	— 24,6	49.	455,3	519,0	— 63,7
50.	536,1	509,4	+ 26,7	50.	588,2	518,9	+ 69,3
51.	481,3	509,4	— 28,1	51.	445,3	518,9	— 73,6
52.	538,7	509,4	+ 29,3	52.	595,6	518,6	+ 77,0
53.	479,2	509,6	— 30,4	53.	438,9	518,7	— 79,8
54.	541,1	509,7	+ 31,4	54.	600,8	518,7	+ 82,1
55.	477,7	509,9	— 32,2	55.	434,8	518,6	— 83,8
56.	543,0	510,0	+ 33,0	56.	603,7	518,5	+ 85,2
57.	476,3	509,9	— 33,6	57.	432,2	518,6	— 86,4
58.	543,9	509,9	+ 34,0	58.	605,9	518,6	+ 87,3
59.	475,6	509,8	— 34,2	59.	430,6	518,5	— 87,9
60.	544,2	509,8	+ 34,4	60.	607,1	518,5	+ 88,6
	475,3	509,8	— 34,5		429,3	518,5	— 89,2
61.	537,6	509,9	+ 27,7	61.	590,1	518,6	+ 71,5
62.	494,9	509,7	— 14,8	62.	479,4	518,0	— 38,6
63.	514,5	509,8	+ 4,7	63.	531,3	518,6	+ 12,7
64.	513,0	509,5	+ 3,5	64.	526,1	518,1	+ 8,0

Tafel I. Inductor allein.				Tafel II. Inductor nebst Magnetstab.			
Inductions- stoss. Nr.	Stand der Nadel im Augenblicke der grössten Elongation.	Ruhestand der Nadel.	Ablenkung.	Inductions- stoss. Nr.	Stand der Nadel im Augenblicke der grössten Elongation.	Ruhestand der Nadel.	Ablenkung.
65.	499,4	509,6	- 10,2	65.	494,2	518,6	- 24,4
66.	525,0	509,6	+ 15,4	66.	555,9	518,2	+ 37,7
67.	490,2	509,9	- 19,7	67.	470,3	518,6	- 48,3
68.	533,2	510,0	+ 23,2	68.	575,2	518,4	+ 56,8
69.	484,2	510,1	- 25,9	69.	455,2	518,7	- 63,5
70.	538,2	510,3	+ 27,9	70.	587,5	518,5	+ 69,0
	481,2	510,3	- 29,1		445,2	518,5	- 73,3

Bezeichnet man irgend eine in der Tafel angegebene Ablenkung mit  $x$ , und mit  $1:\theta$  das von der Dämpfung abhängige Verhältniss zweier auf einander folgenden Schwingungsbögen; so ist die nächstfolgende Ablenkung, falls dazwischen *kein* Inductionsstoss eintritt,  $= -x\theta$ ; falls aber *ein* Inductionsstoss dazwischen eintritt,  $= -x\theta \pm y$ , wo  $y$  die Ablenkung bezeichnet, welche der *ruhenden* Nadel durch *einen* Inductionsstoss ertheilt werden würde. Ist aber  $+y$  die Ablenkung der *ruhenden* Nadel nach dem *ersten* Inductionsstosse; so ist die Ablenkung derselben nach dem *zweiten* Inductionsstosse (welcher in entgegengesetzter Richtung in dem Augenblicke statt findet, wo die zurückschwingende Nadel die Gleichgewichtslage passirt)  $= -y\theta - y = -y(1 + \theta)$ ; nach dem *dritten* Inductionsstosse  $= +y(1 + \theta)\theta + y = +y(1 + \theta + \theta^2)$  u. s. f. und nähert sich immer mehr dem Grenzwerte  $a = y(1 + \theta + \theta^2 + \theta^3 + \dots) = \frac{y}{1 - \theta}$ , aus welchem  $y = a(1 - \theta)$  erhalten wird. Mit diesem Werthe von  $y$  ergiebt sich die auf  $x$  folgende Ablenkung, wenn *ein* Inductionsstoss dazwischen statt gefunden hat,  $= -x\theta \pm a(1 - \theta) = \pm a - (\pm a + x)\theta$ . Hiernach ist nun in Tafel I, wo die Ablenkung vor dem *ersten* Inductionsstosse  $x = 1$  war, die Ablenkung

nach dem 1. Inductionsstosse  $= +a - (+a + [1])\theta = +a - (a + 1)\theta$   
 — — 2. —  $= -a - (-a + [+a - (a + 1)\theta])\theta = -a + (a + 1)\theta^2$   
 — — 3. —  $= +a - (+a + [-a + (a + 1)\theta^2])\theta = +a - (a + 1)\theta^3$   
 u. s. w. Auf diese Weise erhält man für die in Tafel I und II angeführten Ablenkungen folgende Gleichungen.

## Tafel I.

1,0 = a - (a + 1) $\theta^0$	— 27,8 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^0$
6,2 = a - (a + 1) $\theta^1$	— 15,0 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^1$
12,0 = a - (a + 1) $\theta^2$	— 5,2 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^2$
16,6 = a - (a + 1) $\theta^3$	2,6 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^3$
20,2 = a - (a + 1) $\theta^4$	9,0 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^4$
23,3 = a - (a + 1) $\theta^5$	14,2 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^5$
25,7 = a - (a + 1) $\theta^6$	18,3 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^6$
27,7 = a - (a + 1) $\theta^7$	21,8 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^7$
29,3 = a - (a + 1) $\theta^8$	24,6 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^8$
30,6 = a - (a + 1) $\theta^9$	26,7 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^9$
31,7 = a - (a + 1) $\theta^{10}$	28,1 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^{10}$
32,5 = a - (a + 1) $\theta^{11}$	29,3 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^{11}$
33,2 = a - (a + 1) $\theta^{12}$	30,4 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^{12}$
33,9 = a - (a + 1) $\theta^{13}$	31,4 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^{13}$
34,4 = a - (a + 1) $\theta^{14}$	32,2 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^{14}$
34,7 = a - (a + 1) $\theta^{15}$	33,0 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^{15}$
34,8 = a - (a + 1) $\theta^{16}$	33,6 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^{16}$
35,1 = a - (a + 1) $\theta^{17}$	34,0 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^{17}$
35,3 = a - (a + 1) $\theta^{18}$	34,2 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^{18}$
35,6 = a - (a + 1) $\theta^{19}$	34,4 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^{19}$
36,3 = a - (a + 1) $\theta^{20}$	34,5 = a - (a + 34,9 $\theta$ ) $\theta^{20}$
— 29,1 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^0$	— 27,7 = a - (a + 34,5 $\theta$ ) $\theta^0$
— 15,9 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^1$	— 14,8 = a - (a + 34,5 $\theta$ ) $\theta^1$
— 5,4 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^2$	— 4,7 = a - (a + 34,5 $\theta$ ) $\theta^2$
3,1 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^3$	3,5 = a - (a + 34,5 $\theta$ ) $\theta^3$
9,8 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^4$	10,2 = a - (a + 34,5 $\theta$ ) $\theta^4$
15,2 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^5$	15,4 = a - (a + 34,5 $\theta$ ) $\theta^5$
19,3 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^6$	19,7 = a - (a + 34,5 $\theta$ ) $\theta^6$
22,5 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^7$	23,2 = a - (a + 34,5 $\theta$ ) $\theta^7$
25,1 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^8$	25,9 = a - (a + 34,5 $\theta$ ) $\theta^8$
27,1 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^9$	27,9 = a - (a + 34,5 $\theta$ ) $\theta^9$
28,6 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^{10}$	29,1 = a - (a + 34,5 $\theta$ ) $\theta^{10}$
29,9 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^{11}$	
31,2 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^{12}$	
32,2 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^{13}$	
32,7 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^{14}$	
33,2 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^{15}$	
33,8 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^{16}$	
34,3 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^{17}$	
34,7 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^{18}$	
34,8 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^{19}$	
34,9 = a - (a + 36,3 $\theta$ ) $\theta^{20}$	

Tafel II.

— 1,2 = b — (b — 1,2) $\theta^0$	— 71,2 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^0$
19,4 = b — (b — 1,2) $\theta^1$	— 38,5 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^1$
33,7 = b — (b — 1,2) $\theta^2$	— 12,9 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^2$
44,9 = b — (b — 1,2) $\theta^3$	7,9 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^3$
53,8 = b — (b — 1,2) $\theta^4$	24,5 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^4$
60,9 = b — (b — 1,2) $\theta^5$	37,8 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^5$
66,6 = b — (b — 1,2) $\theta^6$	48,4 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^6$
71,5 = b — (b — 1,2) $\theta^7$	56,9 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^7$
75,6 = b — (b — 1,2) $\theta^8$	63,7 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^8$
78,8 = b — (b — 1,2) $\theta^9$	69,3 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^9$
81,3 = b — (b — 1,2) $\theta^{10}$	73,6 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^{10}$
83,5 = b — (b — 1,2) $\theta^{11}$	77,0 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^{11}$
85,1 = b — (b — 1,2) $\theta^{12}$	79,8 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^{12}$
86,2 = b — (b — 1,2) $\theta^{13}$	82,1 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^{13}$
87,2 = b — (b — 1,2) $\theta^{14}$	83,8 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^{14}$
88,0 = b — (b — 1,2) $\theta^{15}$	85,2 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^{15}$
88,6 = b — (b — 1,2) $\theta^{16}$	86,4 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^{16}$
89,1 = b — (b — 1,2) $\theta^{17}$	87,3 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^{17}$
89,6 = b — (b — 1,2) $\theta^{18}$	87,9 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^{18}$
89,9 = b — (b — 1,2) $\theta^{19}$	88,6 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^{19}$
90,1 = b — (b — 1,2) $\theta^{20}$	89,2 = b — (b + 88,8 $\theta$ ) $\theta^{20}$
— 72,1 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^0$	— 71,5 = b — (b + 89,2 $\theta$ ) $\theta^0$
— 39,1 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^1$	— 38,6 = b — (b + 89,2 $\theta$ ) $\theta^1$
— 13,1 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^2$	— 12,7 = b — (b + 89,2 $\theta$ ) $\theta^2$
7,8 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^3$	8,0 = b — (b + 89,2 $\theta$ ) $\theta^3$
24,4 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^4$	24,4 = b — (b + 89,2 $\theta$ ) $\theta^4$
37,5 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^5$	37,7 = b — (b + 89,2 $\theta$ ) $\theta^5$
47,9 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^6$	48,3 = b — (b + 89,2 $\theta$ ) $\theta^6$
56,4 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^7$	56,8 = b — (b + 89,2 $\theta$ ) $\theta^7$
63,4 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^8$	63,5 = b — (b + 89,2 $\theta$ ) $\theta^8$
69,0 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^9$	69,0 = b — (b + 89,2 $\theta$ ) $\theta^9$
73,5 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^{10}$	73,3 = b — (b + 89,2 $\theta$ ) $\theta^{10}$
77,1 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^{11}$	
79,9 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^{12}$	
82,1 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^{13}$	
83,9 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^{14}$	
85,4 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^{15}$	
86,5 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^{16}$	
87,3 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^{17}$	
87,9 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^{18}$	
88,4 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^{19}$	
88,8 = b — (b + 90,1 $\theta$ ) $\theta^{20}$	

In Tafel II ist in den Formeln für die Ablenkung der in Tafel I mit  $a$  bezeichnete Grenzwert  $b$  genannt worden.

Die für Tafel I aufgestellten Gleichungen enthalten nur die beiden unbekanntenen Grössen  $a, \theta$ ; die für Tafel II aufgestellten nur  $b, \theta$ . Diese drei unbekanntenen Werthe  $a, b, \theta$  würden sich nun daraus nach der Methode der kleinsten Quadrate am genauesten bestimmen lassen; doch genügen zu dem vorliegenden Zwecke folgende Näherungswerthe:

$$a = 35,7$$

$$b = 91,0$$

$$\theta = 0,8,$$

wie man aus folgenden daraus *berechneten* Werthen der Ablenkung ersieht, neben denen die *Unterschiede* von den *beobachteten* bemerkt sind.

T a f e l I.

Berechnete Ablenkung.	Unterschied.						
1,0	0	— 29,0	+ 0,1	— 27,9	— 0,1	— 27,6	+ 0,1
6,4	+ 0,2	— 16,1	— 0,2	— 15,2	— 0,2	— 14,9	— 0,1
12,2	+ 0,2	— 5,7	— 0,3	— 5,0	+ 0,2	— 4,8	— 0,1
16,9	+ 0,3	2,6	— 0,5	3,1	+ 0,5	3,3	— 0,2
20,7	+ 0,5	9,2	— 0,6	9,6	+ 0,6	9,8	— 0,4
23,7	+ 0,4	14,5	— 0,7	14,9	+ 0,7	15,0	— 0,4
26,1	+ 0,4	18,7	— 0,6	19,0	+ 0,7	19,1	— 0,6
28,0	+ 0,3	22,1	— 0,4	22,4	+ 0,6	22,4	— 0,8
29,5	+ 0,2	24,8	— 0,3	25,0	+ 0,4	25,1	— 0,8
30,8	+ 0,2	27,0	— 0,1	27,2	+ 0,5	27,2	— 0,7
31,8	+ 0,1	28,7	+ 0,1	28,9	+ 0,8	28,9	— 0,2
32,5	0	30,1	+ 0,2	30,2	+ 0,9		
33,2	0	31,2	0	31,3	+ 0,9		
33,7	— 0,2	32,1	— 0,1	32,2	+ 0,8		
34,1	— 0,3	32,8	+ 0,1	32,9	+ 0,7		
34,4	— 0,3	33,4	+ 0,2	33,5	+ 0,5		
34,7	— 0,1	33,8	0	33,9	+ 0,3		
34,9	— 0,2	34,2	— 0,1	34,3	+ 0,3		
35,0	— 0,3	34,5	— 0,2	34,6	+ 0,4		
35,2	— 0,4	34,7	— 0,1	34,8	+ 0,4		
35,3	— 1,0	34,9	0	35,0	+ 0,5		

Tafel II.

Berechnete Ablenkung.	Unterschied.						
— 1,2	0	— 72,1	0	— 71,0	+ 0,2	— 71,4	+ 0,1
19,2	— 0,2	— 39,5	— 0,4	— 38,6	— 0,1	— 38,9	0,3
33,5	— 0,2	— 13,4	— 0,3	— 12,7	+ 0,2	— 12,9	— 0,2
45,0	+ 0,1	7,5	— 0,3	8,0	+ 0,1	7,8	— 0,2
54,2	+ 0,4	24,2	— 0,2	24,6	+ 0,1	24,5	+ 0,1
61,6	+ 0,7	37,6	+ 0,1	37,9	+ 0,1	37,8	+ 0,1
67,5	+ 0,9	48,2	+ 0,3	48,5	+ 0,1	48,4	+ 0,1
72,2	+ 0,7	56,8	+ 0,4	57,0	+ 0,1	56,9	+ 0,1
75,9	+ 0,3	63,6	+ 0,2	63,8	+ 0,1	63,7	+ 0,2
78,9	+ 0,1	69,1	+ 0,1	69,4	+ 0,1	69,2	+ 0,2
81,4	+ 0,1	73,5	0	73,6	0	73,6	+ 0,3
83,3	— 0,2	77,0	— 0,1	77,1	+ 0,1		
84,8	— 0,3	79,8	— 0,1	79,9	+ 0,1		
86,1	— 0,1	82,0	— 0,1	82,1	0		
87,0	— 0,2	83,8	— 0,1	83,9	+ 0,1		
87,8	— 0,2	85,3	— 0,1	85,2	0		
88,5	— 0,1	86,4	— 0,1	86,4	0		
89,0	— 0,1	87,3	0	87,3	0		
89,4	— 0,2	88,1	+ 0,2	88,1	+ 0,2		
89,7	— 0,2	88,6	+ 0,2	88,6	0		
90,0	— 0,1	89,2	+ 0,4	89,2	0		

Mit einem *zweiten* Magnetstabe Nr. II, der gleichfalls zur Messung des Erdmagnetismus als *Ablenkungsstab* gebraucht worden war, wurden dieselben Beobachtungsreihen gemacht und ebenso berechnet, woraus sich die Werthe von *a* und *b*, welche von den vorigen durch Accente unterschieden werden sollen,

$$a' = 35,0$$

$$b' = 87,75$$

ergaben.

Diese Werthe von *a* und *b* sind nun den *inducirten Strömen* proportional, oder, weil die geschlossene Leitungskette bei allen Versuchen unverändert blieb, der *Induction* selbst proportional. Es war aber bei den Versuchen Tafel I blos die *unmittelbare* Induction wirksam, welche die *Erde auf die Inductorrolle* bei einer Umdrehung ausübte und die mit *T<sub>i</sub>* bezeichnet werden soll; bei den Versuchen Tafel II dagegen wirkte ausser der Induction

$T_i$  auch noch die Induction, welche der im Magnetstabe durch Umdrehung erzeugte Magnetismus auf die Inductorrolle ausübte und die für den Stab Nr. I mit  $M_i$ , für den Stab Nr. II mit  $M_i'$  bezeichnet werden soll. Hienach ergeben sich folgende Proportionen:

$$T_i : T_i + M_i = a : b = 35,7 : 91,0$$

$$T_i : T_i + M_i' = a' : b' = 35,0 : 87,75,$$

woraus

$$M_i = 1,549 \cdot T_i$$

$$M_i' = 1,507 \cdot T_i$$

gefunden wird.

Die Induction der Erde bei der beschriebenen Umdrehung der Inductorrolle =  $T_i$  wird aber gefunden, wenn man den verticalen Erdmagnetismus =  $T \cdot \text{tang } i$  (wo  $T$  den horizontalen Erdmagnetismus und  $i$  die Inclination bezeichnet) mit 2 und der Summe der von allen Inductorwindungen umschlossenen Kreisebenen multiplicirt. Siehe Elektrodynamische Maassbestimmungen S. 219. Nun war

$$T = 1,8014 \quad i = 67^\circ 17' 40''$$

und der mittlere Werth der von den Inductorwindungen umschlossenen Kreisebenen ergibt sich aus dem Durchmesser der beiden Cylinderflächen, zwischen welchen alle Windungen eingeschlossen waren, von 21 und 79,2 Millimetern, = 2193 Quadratmillimeter;

folglich, wenn man mit  $n$  die Zahl der Umwindungen = 420 bezeichnet, so war die Induction der Erde

$$T_i = 2 \cdot 1,8014 \cdot \text{tang } 67^\circ 17' 40'' \cdot 2193 \cdot n = 18884 \cdot n.$$

Mit diesem Werthe findet man

$$M_i = 29251 \cdot n$$

$$M_i' = 28458 \cdot n.$$

Es bleibt nun endlich noch übrig, aus dem gefundenen Werthe der Induction die Veränderung des magnetischen Moments beider Stäbe selbst zu bestimmen und mit der Grösse der erdmagnetischen Kraft, durch welche sie hervorgebracht worden war, zu vergleichen. Eine genaue Bestimmung hievon zu geben, würde andere Einrichtungen nöthig gemacht haben, welche mit den vorhandenen Mitteln nicht hergestellt werden konnten; es genügt aber für den vorliegenden Zweck eine genäherte Bestimmung, welche auf doppelte

Weise gewonnen werden konnte, nämlich *erstens* a priori aus den bekannten *Gesetzen* der Induction; *zweitens* a posteriori aus der Vergleichung mit der *beobachteten* Induction eines bestimmten *beharrlichen* Magnets. Beide Methoden sind in der beigefügten Note\*) beschrieben und es hat sich daraus im

\*) *Erste Bestimmung aus dem Inductionsgesetze.* — Die elektromotorische Kraft eines inducirenden Theilchens des magnetischen Fluidums  $\mu$  auf einen Ring vom Halbmesser  $= a$  ist, wenn  $\mu$  mit der Geschwindigkeit  $= u$  in der Ringaxe bewegt wird, beim Abstände von der Ringebene  $= b$ , den Elektrodynamischen Maassbestimmungen S. 365 gemäss,

$$= - 2\pi\mu u \frac{\pi a a}{(a a + b b)^{\frac{3}{2}}}$$

Hieraus folgt der Integralwerth der elektromotorischen Kraft für den Weg von  $b = a$  bis  $b = a + \xi$ ,

$$= - 2\pi\mu \left\{ \frac{a + \xi}{\sqrt{(a a + (a + \xi)^2)}} - \frac{a}{\sqrt{(a a + a a)}} \right\}$$

Für  $n$  parallele Ringe, welche gleichförmig auf die Länge  $\gamma$  und symmetrisch gegen die Endpunkte der Bahn  $a$  und  $a + \xi$  vertheilt sind, ist dieser Werth

$$= - 2\pi\mu \frac{n}{\gamma} \left\{ \sqrt{(a a + (\xi + \frac{1}{2}\gamma)^2)} - \sqrt{(a a + (\xi - \frac{1}{2}\gamma)^2)} \right\}$$

Bewegt sich ein Theilchen des andern magnetischen Fluidums  $-\mu$  auf demselben Wege rückwärts, so ergibt sich daraus dieselbe elektromotorische Kraft. Es wird hieraus gefunden, dass, wenn  $\mu\xi = m$  gesetzt wird,  $m$  dasjenige magnetische Moment bezeichnet, durch dessen Umkehrung die elektromotorische Kraft

$$= 4\pi \frac{m n}{\xi \gamma} \left\{ \sqrt{(a a + (\xi + \frac{1}{2}\gamma)^2)} - \sqrt{(a a + (\xi - \frac{1}{2}\gamma)^2)} \right\}$$

erhalten wird. Sind endlich die Ringe in Lagen von verschiedenen Halbmessern von  $a = a'$  bis  $a = a''$  gleichförmig vertheilt, und setzt man Kürze halber

$$\begin{aligned} a'a' + (\xi + \frac{1}{2}\gamma)^2 &= p'p' & a'a' + (\xi - \frac{1}{2}\gamma)^2 &= q'q' \\ a'a'' + (\xi + \frac{1}{2}\gamma)^2 &= p''p'' & a'a'' + (\xi - \frac{1}{2}\gamma)^2 &= q''q'' \end{aligned}$$

so erhält man die elektromotorische Kraft gleich

$$= \frac{2\pi m n}{\xi \gamma (a'' - a')} \left\{ a''(p' - q'') - a'(p'' - q') + (p''p'' - a''a'') \log \frac{a'' + p''}{a' + p'} - (q''q'' - a''a'') \log \frac{a'' + q''}{a' + q'} \right\}$$

(Wenn hierin  $\xi$  gegen  $\gamma$  verschwindet, so erhält man folgenden von  $\xi$  unabhängigen Ausdruck, worin  $a' = c' \sqrt{(a'a' + \frac{1}{4}\gamma\gamma)}$ ,  $a'' = c'' \sqrt{(a'a'' + \frac{1}{4}\gamma\gamma)}$  gesetzt ist,

$$= \frac{2\pi m n}{a'' - a'} \left\{ c'' - c' + \frac{1}{4} \left( \frac{c''c''}{a''a''(1+c'')} - \frac{c'c'}{a'a'(1+c')} \right) \gamma\gamma + 2 \log \frac{a''(1+c'')c'}{a'(1+c')c'} \right\}$$

Hienach würde sich die *Induction* für einen Magneten, dessen Dimensionen

Mittel ergeben, dass die gesuchte *Änderung des magnetischen Moments* der

gegen die der Inductorrolle sehr klein wären, *genau* bestimmen lassen. —

Wenn ausserdem noch  $\frac{a''}{\gamma}$  ein kleiner Bruch wäre, so würde die *Induction* ganz

einfach durch  $-\frac{8\pi mn}{\gamma}$  bestimmt werden.)

Im vorliegenden Falle, wo die Länge des Magnets der Länge der Inductorrolle  $\gamma$  fast gleich war, kann nach der *idealen* Vertheilung des Magnetismus das magnetische Moment  $m$  durch eine Vertheilung der beiden magnetischen Fluida entstanden gedacht werden, bei welcher der Werth von  $\xi$  in Beziehung auf die verschiedenen Theile dieser Fluida von 0 bis zur Länge des ganzen Magnets  $\gamma$  wächst. Nimmt man daher für  $\xi$  näherungsweise einen Mittelwerth zwischen 0 und  $\gamma$ , z. B.  $\xi = \frac{1}{2}\gamma$ ; so findet man die elektromotorische Kraft, wenn  $\sqrt{(a'a' + \gamma\gamma)} = A'$  und  $\sqrt{(a'a'' + \gamma\gamma)} = A''$  geschrieben wird,

$$= -\frac{4\pi mn}{\gamma\gamma(a'' - a')} \left\{ a''(A'' - a'') - a'(A' - a') + \gamma\gamma \log \frac{A'' + a''}{A' + a'} \right\}$$

oder, wenn man die oben angeführten Werthe  $a' = 10,5$ ,  $a'' = 39,6$ ,  $\gamma = 151$  substituirt,  $= -0,1413 \cdot nm$ .

Diese elektromotorische Kraft ist aber oben für den Stab Nr. I, für welchen  $2m = 2M$  die Änderung seines magnetischen Moments bei der Umdrehung bezeichnen möge, mit  $M_i$ , für den Stab Nr. II, für welchen  $2m = 2M'$  die Änderung seines magnetischen Moments bei der Umdrehung bezeichnen möge, mit  $M'_i$  bezeichnet worden, woraus sich also ergibt

$$M_i = 0,1413 \cdot nM \quad M'_i = 0,1413 \cdot nM'$$

Nun ist aber oben schon gefunden worden

$$M_i = 29251 \cdot n \quad M'_i = 28458 \cdot n,$$

folglich ist das bei Umdrehung der Stäbe Nr. I und II. umgekehrte magnetische Moment

$$M = \frac{29251}{0,1413} = 207000; \quad M' = \frac{28458}{0,1413} = 201400.$$

*Zweite Bestimmung aus der Vergleichung mit der Inductionswirkung eines bestimmten beharrlichen Magnets.* — Es wurde zu dieser Vergleichung der *beharrliche* Magnetismus der Stäbe Nr. I und II. benutzt, welcher mit  $B$  und  $B'$  bezeichnet werden soll, wofür nach absolutem Maasse folgende Werthe gefunden worden waren:

$$B = 19100000 \quad B' = 19000000.$$

Bei den Beobachtungen der von diesem *beharrlichen* Magnetismus hervorgebrachten Inductionswirkungen erhielt die Inductorrolle eine feste gegen den magnetischen Meridian senkrechte Aufstellung, während der Magnet mit einem hölzernen Handgriffe versehen wurde, mit dem er leicht in die Mitte der Rolle

Stäbe Nr. I und II., welche bei ihrer Umkehrung durch die *erdmagnetische Kraft* hervorgebracht wurde,

$$2M = 390000$$

$$2M' = 372000$$

betrug. Die *erdmagnetische Kraft* aber, durch welche diese Änderung im magnetischen Momente des Stabs Nr. I und II. hervorgebracht wurde, war der Unterschied des *verticalen Erdmagnetismus* von seinem entgegengesetzt gleichen Werthe, oder, wie schon angeführt worden ist,

$$2T \tan i = 2 \cdot 1,8014 \cdot \tan 67^\circ 17'40'' = 8,6106.$$

Hieraus würde sich unter der Voraussetzung, dass die Grösse des magnetischen Moments mit der Kraft, von der es hervorgebracht wird, stets proportional wüchse, ergeben, dass der *ganze beharrliche Magnetismus* der Stäbe Nr. I und II., welcher in der Note mit  $B$  und  $B'$  bezeichnet worden ist,

hinein und herausgeschoben werden konnte. Die einzelnen Inductionsstösse erfolgten dann jedesmal in dem Augenblicke, wo die schwingende Magnetometernadel den magnetischen Meridian passirte, und bestanden darin, dass der in der Mitte der Rolle befindliche Stab schnell herausgezogen und in umgekehrter Lage von dem andern Ende der Rolle aus wieder in die Mitte der Rolle hineingeschoben ward. Aus diesen Beobachtungen ergab sich die Inductionswirkung des beharrlichen Magnetismus der Stäbe Nr. I und II.:

$$B_i = 161,8 T_i \quad B'_i = 168,7 T_i,$$

während die Inductionswirkungen der Änderungen im magnetischen Momente der Stäbe Nr. I und II. oben

$$M_i = 1,549 T_i \quad M'_i = 1,507 T_i$$

gefunden worden sind. Doch ist hiebei zu bemerken, dass die Inductionswirkungen des beharrlichen Magnetismus zu stark waren, um mit dem nämlichen Galvanometer ohne Einschaltung eines grösseren Widerstandes gemessen zu werden; obige Resultate sind daher durch eine Reduction der Beobachtungen erhalten worden, durch welche die Sicherheit dieser Werthe etwas vermindert wurde. Aus der Proportionalität des inducirenden Magnetismus mit seiner Inductionswirkung ergibt sich sodann

$$M_i : B_i = M : B = 1,549 : 161,8 =$$

$$M'_i : B'_i = M' : B' = 1,507 : 168,7,$$

folglich ist aus dieser *zweiten* Bestimmung

$$M = 183000 \quad M' = 170000$$

oder im Mittel aus *beiden* Bestimmungen

$$M = 195000 \quad M' = 186000.$$

im Stabe Nr. I. durch eine Kraft = 422  
 im Stabe Nr. II. durch eine Kraft = 440

hätte erzeugt werden können, eine Kraft, deren Wirkung der Wirkung der *Coercitivkraft* gleich zu setzen ist, durch die der Magnetismus in jenen Stäben beharrlich erhalten wird.

Wendet man endlich auf die cylindrischen Stäbe Nr. I und II., welche 12,6 Millimeter dick und 153,4 Millimeter lang waren, näherungsweise die von Neumann in Crelle's „Journal für die reine und angewandte Mathematik“ Bd. 37 für ellipsoidische Stäbe aufgestellte Regel an, indem man für den Cylinder ein Rotations-Ellipsoid von gleichem Rauminhalte setzt, dessen Axen sich wie 12,6 : 153,4 verhalten; so erhält man folgende Gleichungen:

$$M = \frac{kv}{1 + 4\pi Sk} \cdot T \tan i$$

$$M' = \frac{k'v}{1 + 4\pi Sk'} \cdot T \tan i$$

worin  $k, k'$  die Werthe der Neumannschen *magnetischen Constante* bezeichnen, oder die *Grenzwerte* der von der Einheit der magnetischen Kraft hervorgebrachten Änderung des magnetischen Moments in der Volumeneinheit des Stahls, denen man sich desto mehr nähert, je mehr man die Dicke des Stabes gegen seine Länge verschwinden lässt.

$v$  bezeichnet den Rauminhalt =  $\frac{\pi}{4} \cdot 12,6^2 \cdot 153,4$ , und ist folglich

$$v = 19128.$$

$S$  bezeichnet einen von dem Verhältnisse der beiden Axen des Ellipsoids abhängigen Faktor, nämlich, wenn

$$\sigma = \frac{153,4}{\sqrt{(153,4^2 - 12,6^2)}} = 1,00339,$$

$$S = \sigma (\sigma v - 1) \left\{ \frac{1}{2} \log \frac{\sigma + 1}{\sigma - 1} - \frac{1}{\sigma} \right\} = 0,01495.$$

Hieraus ergibt sich der Werth der *magnetischen Constante* für den *glasharten und schon magnetisirten Stahl*, im Mittel aus den Beobachtungen der Stäbe Nr. I und II,

$$k = 4,091.$$

Zur Vergleichung hiemit mögen noch *erstens* die Resultate angeführt werden, welche durch ganz ähnliche Versuche mit denselben *glasharten Stahlstäben* Nr. I und II. erhalten worden sind, *ehe sie magnetisirt wurden*. Es ergab sich nämlich, dass die Inductionswirkung bei gemeinschaftlicher Umdrehung mit der Inductionsrolle für den Stab Nr. I., als er noch keinen beharrlichen Magnetismus besass und als er den beharrlichen Magnetismus =  $B$  besass, sich verhielt wie 1,723 : 1,549, und für den Stab Nr. II., als er noch keinen beharrlichen Magnetismus besass und als er den beharrlichen Magnetismus =  $B'$  besass, sich verhielt wie 1,660 : 1,507. Hieraus folgt der Werth der *magnetischen Constante für glasharten Stahl, der keinen beharrlichen Magnetismus besitzt*, im Mittel aus den Beobachtungen der Stäbe Nr. I und II.,

$$k = 4,934.$$

*Zweitens* für einen Stab von *derselben Stahlorte* und fast gleichen Dimensionen als die Stäbe Nr. I und II. (er war 153,4 Millimeter lang, 12,85 Millimeter dick und seine Masse war = 157500 Milligramm) *von weichem Stahle* ergab sich das Verhältniss der Inductionswirkung bei gemeinschaftlicher Umdrehung desselben mit der Inductorrolle zu dem für die *glasharten* Stäbe Nr. I und II. gefundenen Mittelwerthe, als dieselben noch keinen beharrlichen Magnetismus besassen, wie 1,8487 : 1,6915. Hieraus folgt der Werth der *magnetischen Constante für weichen Stahl*

$$k = 5,61.$$

*Drittens* ergab sich für einen Stab von *weichem Eisen*, welcher 153,1 Millimeter lang, 11,5 Millimeter dick und dessen Masse = 125020 Milligramm war, das Resultat, dass die Inductionswirkung bei gemeinschaftlicher Umdrehung desselben mit der Inductorrolle sich zu der des vorhergehenden *weichen Stahlstabs* verhielt wie 2,868 : 1,8487. Hieraus folgt der Werth der *magnetischen Constante für weiches Eisen*

$$k = 35,64.$$

Dieses Resultat gilt zunächst blos von der hier gebrauchten *Eisensorte* und es fragt sich noch, ob nicht grössere Unterschiede im Werthe dieser Constanten zwischen *verschiedenen* Eisensorten vorkommen. In der That hatte sich aus früheren Versuchen, welche in den „Elektrodynamischen Maassbe-

stimmungen“ S. 577 beschrieben worden sind, der Werth der magnetischen Constante für weiches Eisen  $k = 43,57$  ergeben; abgesehen aber davon, dass sich diese Angabe auf eine ganz andere Eisensorte bezieht, war dort, auf ganz anderem Wege, der durch sehr *grosse* (180 bis 740 Mal grössere als die hier gebrauchten) *Kräfte* im Eisen erzeugte Magnetismus beobachtet und daraus eine *Regel* abgeleitet worden, welche auch zur Berechnung des durch *kleinere* Kräfte erzeugten Magnetismus und zur Berechnung des Werths der magnetischen Constante benutzt wurde. Es leuchtet aber ein, dass eine Anwendung einer solchen *Regel*, so fern von dem Kreise der Beobachtungen, auf welchen sie beruht, keine vollkommene Sicherheit gewähren kann. Eine nähere Prüfung, welche Unterschiede im Werthe der magnetischen Constante für *verschiedene Eisensorten* wirklich vorkommen, muss daher künftigen Untersuchungen vorbehalten werden.

Bei der Feinheit der Beobachtungen, welche die beschriebene Inductionsmethode gestattete, wurde endlich *viertens* auch noch der Versuch gemacht, ob nicht auf diese Weise auch eine Änderung des Magnetismus bei *Krystallen von Magneteisenstein* durch den Erdmagnetismus wahrgenommen werden könne, wenn dieselben vor der Erde gedreht werden. Es wurden drei grosse Krystalle von Magneteisenstein untersucht, welche Hr. Geheime Hofrath Hausmann die Güte gehabt hatte aus seiner Privatsammlung zu diesem Zwecke zu leihen, und es wurde eine besondere mit dem Inductordrahte umwundene Kapsel angefertigt, in deren Mitte die Krystalle bei Ausführung der Versuche fest eingeschlossen werden konnten. Es ergab sich aus einer mit dem grössten dieser drei Krystalle, welcher 9760 Cubikmillimeter Rauminhalt und 48260 Milligramm Masse hatte, ausgeführten Versuchsreihe eine *Änderung* seines Magnetismus nach absolutem Maasse durch die Einheit des Erdmagnetismus

$$= 2400,$$

während der *beharrliche* Magnetismus, welchen dieser Krystall durch starke Magnetisirung annahm,

$$= 317700$$

gefunden wurde. Ein ganz ähnliches Resultat lieferten auch die beiden kleineren Krystalle.

Dieses Resultat ist darum merkwürdig, weil dadurch die Ansicht widerlegt wird, dass die Ursache von der Änderung des Magnetismus in Körpern von grosser Coercitivkraft durch kleine Kräfte darin liege, dass diese Körper weiche Eisentheilchen (oder überhaupt Theilchen von sehr geringer Coercitivkraft) eingeschlossen enthielten. Wäre eine solche Beimischung der wahre Grund jener Aenderung, so dürften in einem *homogenen* Körper, wie die zuletzt untersuchten Krystalle, wo allen Theilchen eine gleiche Coercitivkraft zugeschrieben werden muss, solche Aenderungen gar nicht statt finden. Lehrt nun aber die Erfahrung, dass sie dennoch statt finden, so lässt sich daraus folgern, dass überhaupt die Annahme unrichtig sein müsse, wonach die *Magnetisirung* der Körper auf *Scheidung* magnetischer Fluida in ihren Moleculen, und der *beharrliche* Magnetismus der Körper auf ihrer *Coercitivkraft* beruht. Es ergiebt sich also daraus ein neuer Grund, auf Ampère's Annahme zurückzukommen, wonach die *Magnetisirung* der Körper *nicht auf Scheidung* magnetischer Fluida in ihren Moleculen, sondern auf *Drehung ihrer Molecule* beruht. Denn nach dieser letzteren Annahme befindet sich jedes Molecule, wenn keine äusseren Kräfte darauf wirken, sowohl in Beziehung auf seinen *Ort*, als auch in Beziehung auf seine *Lage* (Richtung seiner magnetischen Axe) in einem durch *alle Kräfte der molecularen Wechselwirkung* bedingten *stabilen Gleichgewichte*, welches durch die *geringste magnetische Kraft*, die von aussen darauf wirkt und ein Drehungsmoment auf die einzelnen Molecule ausübt, gestört werden müsse, und sich unter dem Einflusse dieser äusseren Kraft nur nach einer, wenn auch noch so wenig, veränderten *Lage* der Molecule oder *Richtung* ihrer magnetischen Axen wiederherstellen könne, womit nothwendig eine Aenderung des Magnetismus des Körpers verbunden ist, wonach also *die Aenderung des Magnetismus durch die geringsten Kräfte* nicht bloß möglich, sondern nothwendig erscheint. Nach Ampère's Annahme findet also zwischen *Beharrlichkeit* eines Theils und *Veränderlichkeit* eines anderen Theils des Magnetismus eines und desselben Körpers auch bei *vollkommener Homogenität* kein Widerspruch statt. Der Unterschied zwischen *hartem* Stahl und *weichem* Eisen, den man sonst in der *Coercitivkraft* suchte, ist aber nach Ampère darin zu setzen, dass es für die *Eisenmolecule* nur eine *einzig* stabile Gleichgewichtslage, für die

*Stahlmolecule* dagegen *mehrere* giebt, und dass beim Stahle durch grössere Kräfte eine grössere Anzahl Molecule aus ihrer *ursprünglichen Gleichgewichtslage* so weit entfernt werden können, dass sie nicht wieder in dieselbe zurückkehren, sondern *zu einer andern Gleichgewichtslage umschlagen*.

## II. Bestimmung der rechtwinkligen Componenten der erdmagnetischen Kraft in Göttingen von 1854 — 1855.

Die im vorigen Abschnitte betrachtete Veränderlichkeit des Stabmagnetismus hat auf die Messung des Erdmagnetismus Einfluss, weil bei dieser Messung die *Schwingungsdauer* des Ablenkungsstabes und das von ihm auf eine Hülfsnadel (Magnetometer) ausgeübte *Drehungsmoment* bei verschiedener Lage beobachtet wird, erstere nämlich während der schwingende Ablenkungsstab dem magnetischen Meridiane *parallel*, letzteres während der fest aufgestellte Ablenkungsstab *senkrecht* gegen den magnetischen Meridian gerichtet ist. Weil nun der Magnetismus des Stabes in diesen beiden Lagen verschieden ist, so leuchtet die Nothwendigkeit einer Reduction dieser Beobachtungen ein, ehe sie zur Berechnung des Erdmagnetismus gebraucht werden können. So klein nun auch der daraus entspringende Einfluss auf das Resultat der Messung ist, so sollen hier doch die im vorigen Abschnitte über die *Veränderlichkeit des Stabmagnetismus* gewonnenen Resultate zur näheren Bestimmung dieses Einflusses in Anwendung gebracht und daran die Übersicht der bisher gefundenen Werthe der *magnetischen Elemente in Göttingen nebst ihren secularen Variationen* geknüpft werden.

Die im 5ten Bande dieser Abhandlungen mitgetheilten *Inclinationsmessungen* haben durch Vergleichung mit den früheren von Humboldt und Gauss ausgeführten Messungen für die Inclination in *Göttingen* am Anfange des Jahres 1850 den Werth von  $67^{\circ} 23' 43''$  ergeben, mit der *jährlichen Abnahme* von  $2' 2'' 29$  und mit der *jährlichen Verminderung* dieser Abnahme um  $1'' 337$ , wonach sich die Inclination  $i$  am Anfang des Jahres  $t$  durch folgende Gleichung darstellen lässt:

$$i = 67^{\circ} 23' 43'' - 122'' 29 \cdot (t - 1850) + 1'' 337 (t - 1850)^2.$$

Ebenso hat sich aus den unter der Leitung von Gauss im magnetischen

Observatorium zu Göttingen ausgeführt und für den Zeitraum von April 1834 bis März 1845 vom Professor Goldschmidt berechneten *Declinationsbeobachtungen* für die Declination in Göttingen zu Michaelis 1834 der Werth von  $18^{\circ} 39' 32'' 16$  (westlich) ergeben, mit der *jährlichen Abnahme* von  $3' 7'' 77$  und mit dem *jährlichen Wachstume* dieser Abnahme um  $14'' 61$ , wonach sich die Declination  $\delta$  am Anfange des Jahres  $t$  durch folgende Gleichung darstellen lässt:

$$\delta = 18^{\circ} 39' 32'' 16 - 187'' 77 \cdot (t - 1834,75) - 14'' 61 (t - 1834,75)^2.$$

Zu einer vollständigen Kenntniss aller magnetischen Elemente in Göttingen wäre es endlich erforderlich und wünschenswerth, dass auch für die *horizontale Intensität* in Göttingen ausser der Bestimmung ihres Werthes für ein bestimmtes Jahr auch der diesem Jahre entsprechende Werth der *jährlichen Änderung*, nebst deren *jährlicher Zunahme oder Abnahme*, gegeben wäre, was aber jetzt, wo kaum 20 Jahre seit der ersten Ausführung einer Intensitätsmessung nach absolutem Maasse verflossen sind, noch nicht möglich ist. Es reicht indessen dieser 20jährige Zeitraum doch hin, um ausser dem Werthe der *horizontalen Intensität* für ein bestimmtes Jahr auch die *jährliche Änderung* nach ihrem Mittelwerthe für diesen Zeitraum zu bestimmen. Dazu können folgende von Prof. Goldschmidt in den „Resultaten aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1840“ S. 155 zusammengestellte Resultate der bisherigen Messungen benutzt werden.

Zeit.	Horizontale Intensität in Göttingen.
1834. Jul. 19	1,77480
1839. Sept. 10	1,78200
1840. Sept. 10	1,78173
1841. Aug. 1	1,78477.

Es fehlt nur noch an einer in den letzt verflossenen Jahren ausgeführten Messung, um den Werth der *jährlichen Zunahme* der horizontalen Intensität, die schon in den angeführten Resultaten deutlich hervortritt, genauer zu bestimmen.

Eine solche Messung der horizontalen Intensität habe ich nun im Juli 1853 gemacht und habe dabei die beiden Magnetstäbe als Ablenkungsstäbe

benutzt, deren *veränderlicher Magnetismus* im vorhergehenden Abschnitte untersucht worden ist, wodurch es möglich wurde, den wenn auch geringen Einfluss, welchen dieser *veränderliche Magnetismus* auf das Resultat der Messung hat, in Rechnung zu bringen.

Ohne hier auf das Detail dieser neuen Messung einzugehen, bemerke ich nur, dass zur Hervorbringung der *Ablenkung* die beiden eben erwähnten Magnetstäbe immer zugleich benutzt wurden und zwar so, dass sie auf entgegengesetzten Seiten der Magnetometernadel in einer gegen den magnetischen Meridian senkrechten Richtung immer ganz symmetrisch, aber mit gleichgerichteten Polen, lagen. Die Beobachtungen der *Schwingungsdauer* dieser beiden Ablenkungsstäbe wurden so angeordnet, dass die des einen Stabs den Ablenkungsversuchen unmittelbar vorausgingen, die des andern den Ablenkungsversuchen unmittelbar folgten. — Die Entfernung der Mitte der beiden Ablenkungsstäbe östlich und westlich von der Mitte der Magnetnadel (welche 100 Millimeter lang war) betrug bei den verschiedenen Ablenkungsversuchen entweder 800,455 Millimeter oder 600,39 Millimeter. Die bei der *ersten* Entfernung von beiden Stäben hervorgebrachte Ablenkung ist in der folgenden Tafel mit  $v$ , die bei der *letzteren* Entfernung mit  $v'$  bezeichnet; die unmittelbar vor und nach diesen Ablenkungen beobachteten Schwingungsdauern der beiden Stäbe mit  $t'$  und  $t''$ . Die *Trägheitsmomente* der beiden schwingenden Stäbe nebst Spiegel und Schiffchen waren = 304769000 und = 305659000 gefunden worden, Millimeter und Milligramm zu Raum- und Massenmaass genommen. In der letzten Columne der folgenden Tafel sind endlich die aus gleichzeitigen Beobachtungen des Bifilarmagnetometers gefundenen Intensitätsvariationen beigefügt worden, welche zwei Tage lang, von Jul. 28. 22<sup>h</sup> bis Jul. 30. 22<sup>h</sup>, von zwei zu zwei Stunden wiederholt für diesen ganzen Zeitraum folgenden Mittelwerth ergaben:

Jul. 29. 22<sup>h</sup> . . . 1,00405.

T a f e l

der beobachteten Ablenkungen und Schwingungsdauern.

Göttingen, 1853.

Zeit	Ablenkungen		Schwingungsdauer		Intensitäts- variation
	$\vartheta$	$\vartheta'$	$t'$	$t''$	
Jul. 28 21 <sup>h</sup>	4° 12' 23"	9° 56' 6"	9",5516	10",3722	1,00344
23 <sup>h</sup>	4° 11' 40"	9° 54' 29"	9",5516	10",4014	1,00372
Jul. 29 1 <sup>h</sup>	4° 11' 12"	9° 53' 25"	9",5506	10",4014	1,00450
3 <sup>h</sup>	4° 11' 10"	9° 53' 48"	9",5506	10",3934	1,00430
19 <sup>h</sup>	4° 13' 22"	9° 57' 33"	9",5354	10",3634	1,00245
21 <sup>h</sup>	4° 13' 6"	9° 57' 10"	9",5354	10",3710	1,00273
23 <sup>h</sup>	4° 12' 53"	9° 56' 47"	9",5329	10",3710	1,00335
Jul. 30 1 <sup>h</sup>	4° 12' 34"	9° 56' 31"	9",5329	10",3787	1,00282
3 <sup>h</sup>	4° 11' 56"	9° 54' 41"	9",5411	10",3787	1,00371
5 <sup>h</sup>	4° 11' 51"	9° 54' 54"	9",5411	10",3815	1,00425
19 <sup>h</sup>	4° 13' 28"	9° 58' 35"	9",5291	10",3507	1,00312
21 <sup>h</sup>	4° 13' 27"	9° 57' 54"	9",5291	10",3697	1,00268.

Fügt man endlich die aus den Beobachtungen des ersten Abschnitts erhaltene Bestimmung hinzu, dass nämlich die Stärke des Magnetismus eines der beiden Ablenkungsstäbe durch jede Einheit der nach der magnetischen Stabaxe gerichteten Componente der erdmagnetischen Kraft im Mittel um

$$c = \frac{1}{2} \frac{390000 + 372000}{8,6106} = 44250 \text{ Einheiten}$$

wachse, und setzt ferner

$$\frac{800,455^5 \cdot \text{tang } \vartheta - 600,39^5 \cdot \text{tang } \vartheta'}{2 (800,455^2 - 600,39^2)} = a$$

$$\pi\pi \cdot \left( \frac{304769000}{t't'} + \frac{305659000}{t''t''} \right) = b$$

so erhält man die horizontale Intensität des Erdmagnetismus  $T$  und den Magnetismus der Ablenkungsstäbe  $M'$  und  $M''$

$$T = \sqrt{\frac{b}{a + 2c}}$$

$$M = \frac{304769000}{t't'} \cdot \frac{\pi\pi}{T} - cT$$

$$M' = \frac{305659000}{t''t''} \cdot \frac{\pi n}{T} - cT.$$

Hienach sind die Werthe von  $T$ ,  $M'$  und  $M''$  in folgender Tafel berechnet worden. Die so gefundenen in der zweiten Columne angeführten Werthe von  $T$  lassen sich nun noch leicht mit Hülfe der beobachteten Intensitätsvariationen so reduciren, dass sie dem Mittelwerthe der in dem Zeitraume von Jul. 28. 22<sup>h</sup> bis Jul. 30. 22<sup>h</sup> beobachteten Intensitätsvariationen entsprechen, und sind nach dieser Reduction in der 5ten Columne angegeben. In der letzten Columne ist der Unterschied der einzelnen Werthe der vorigen Columne von ihrem Mittelwerthe bemerkt.

Berechnete Werthe der horizontalen Intensität des Erdmagnetismus  $T$  und des Magnetismus der Ablenkungsstäbe  $M'$  und  $M''$ .

Zeit	$T$	$M'$	$M''$	$T$	Unterschied
Göttingen 1853. mit Variation			ohne Variation		
Jul. 28. 21 <sup>h</sup>	1,80010	18235900	15497800	1,80122	— 0,00022
23 <sup>h</sup>	1,80043	18232500	15407600	1,80105	— 0,00039
Jul. 29. 1 <sup>h</sup>	1,80224	18218000	15392100	1,80145	— 0
3 <sup>h</sup>	1,80354	18204800	15390500	1,80313	+ 0,00168
19 <sup>h</sup>	1,79730	18326800	15548600	1,80020	— 0,00124
21 <sup>h</sup>	1,79811	18318500	15518700	1,80051	— 0,00093
23 <sup>h</sup>	1,79937	18315300	15507700	1,80066	— 0,00078
Jul. 30. 1 <sup>h</sup>	1,80082	18300500	15472100	1,80306	+ 0,00161
3 <sup>h</sup>	1,80152	18261800	15466100	1,80214	+ 0,00069
5 <sup>h</sup>	1,80241	18252700	15450000	1,80208	+ 0,00063
19 <sup>h</sup>	1,80019	18321500	15561800	1,80189	+ 0,00044
21 <sup>h</sup>	1,79746	18349500	15528200	1,79995	— 0,00149
			Mittel	1,801445.	

Es war also die *horizontale Intensität in Göttingen* im Jahre 1853 Jul. 29. 22<sup>h</sup>,  $T = 1,801445$ , befreiet von dem Einfluss der unregelmässigen und der regelmässigen täglichen Variationen, nämlich so wie sie dem Mittelwerthe der von Jul. 28. 22<sup>h</sup> bis Jul. 30. 22<sup>h</sup> beobachteten Variationen entspricht.

Es lassen sich nun hiermit die oben angeführten Resultate der früheren

Intensitätsmessungen vergleichen; nur ist es nöthig, den Einfluss welchen die Veränderlichkeit des Nadelmagnetismus hat, bei den früheren Messungen ebenso wie bei der letzten in Rechnung zu bringen, was unter der Annahme geschehen kann, dass der Stahl der zu den früheren Messungen gebrauchten Ablenkungsstäbe, in Beziehung auf beharrlichen und veränderlichen Magnetismus, von dem Stahl der zuletzt gebrauchten Ablenkungsstäbe nicht wesentlich verschieden sei.

Setzt man nämlich demgemäss das Verhältniss des mit  $c$  bezeichneten veränderlichen Magnetismus zu dem beharrlichen Magnetismus  $M$  bei den früheren Ablenkungsstäben dem für die letzteren gefundenen gleich, d. i.

$$\frac{c}{M} = \frac{44250}{19050000} = \frac{1}{430},$$

so müssen die durch die früheren Messungen gefundenen Werthe von  $T$  mit

$$\left(1 - \frac{c}{M} T\right) = \left(1 - \frac{1}{430} T\right)$$

multiplicirt werden, woraus sich folgende Resultate ergeben:

$$1834 \text{ Jul. } 19 \quad T = 1,76747$$

$$1839 \text{ Sept. } 10 \quad T = 1,77462$$

$$1840 \text{ Sept. } 10 \quad T = 1,77435$$

$$1841 \text{ Aug. } 1 \quad T = 1,77736.$$

Fügt man noch das Resultat der letzten Messung hinzu, nämlich:

$$1853 \text{ Jul. } 29 \quad T = 1,80144,$$

so ergibt sich aus der Vergleichung der ersten und letzten die *horizontale Intensität in Göttingen* 1844 Jan. 24,  $T = 1,784455$  mit der *jährlichen Zunahme*  $= 0,001785$ , d. i. nahe  $\frac{1}{10}$  Procent, wonach sich die horizontale Intensität in Göttingen  $T$  am Anfang des Jahres  $t$  durch folgende Gleichung darstellen lässt:

$$T = 1,784455 + 0,001785 (t - 1844,066).$$

Berechnet man nun für die nämliche Zeit (1844 Jan. 24) nach den oben angeführten Formeln die Declination und Inclination und deren jährliche Änderung, so erhält man die *Declination*  $= 17^{\circ} 49' 15'' 36$  mit der *jährlichen Abnahme*  $= - 7' 39'' 95$ ; die *Inclination*  $= 67^{\circ} 36' 35'' 75$  mit der *jährlichen Abnahme*  $= - 2' 18'' 16$ , wonach sich die Declination  $\delta$  und die Inclination  $i$  in Göttingen im Anfange des Jahres  $t$  auf ähnliche Weise wie die horizontale

Intensität  $T$  darstellen lassen, nämlich durch folgende Gleichungen:

$$\delta = 17^{\circ}49'15''36 - 459'',95 \cdot (t - 1844,066)$$

$$i = 67^{\circ}36'35''75 - 138'',16 \cdot (t - 1844,066).$$

Die ganze Intensität erhält man hieraus für die nämliche Zeit (1844 Jan. 24)  $= 4,684726$  mit der jährlichen Abnahme  $= - 0,002931$ . Endlich werden daraus folgende Formeln für die drei rechtwinkligen Componenten der erdmagnetischen Kraft in Göttingen abgeleitet:

$$X = 1,698833 + 0,002917 \cdot (t - 1844,066)$$

$$Y = 0,546117 - 0,003242 \cdot (t - 1844,066)$$

$$Z = 4,331558 - 0,003906 \cdot (t - 1844,066).$$

### III. Reduction der Variations-Beobachtungen des horizontalen Erdmagnetismus durch correspondirende Beobachtungen des Stabmagnetismus beim Bifilar-Magnetometer.

Die Beobachtungen der Intensität des *horizontalen Erdmagnetismus* an einem Orte lassen sich in zwei Classen theilen, nämlich in solche, durch welche die *absolute Intensität* zu einer gewissen Zeit für sich allein bestimmt wird, und in solche, durch welche die *Intensitäten zu verschiedenen Zeiten nur verglichen werden*. Die letzteren heissen, wenn sie in kürzeren Zwischenzeiten ausgeführt werden, die *Variationsbeobachtungen* des horizontalen Erdmagnetismus und werden mit dem *transversal gestellten Bifilarmagnetometer* gemacht, womit aber Beobachtungen des *Thermometers* verbunden werden müssen, wegen der *Veränderungen*, welche der *Magnetismus der Nadel* durch die *Temperatur* erleidet. In der That erleidet der *Stabmagnetismus* (durch die Temperatur) mit der Zeit verhältnissmässig oft ebenso grosse Veränderungen, als die für den *Erdmagnetismus* beobachteten, und es findet zwischen beiden nur der Unterschied statt, dass jene gewöhnlich sehr langsam, diese häufig sehr schnell wechseln. Es genügt zum Beispiel ein *Temperaturwechsel von 4—5 Graden* im Laufe eines Tages, um eine *Variation des Stabmagnetismus* hervorzubringen, die ebenso gross ist, wie die *tägliche Variation des Erdmagnetismus*. Hieraus folgt, dass die am Bifilarmagnetometer unmittelbar beobachteten Variationen ihren Ursprung fast gleichmässig in Variationen des

*Stabmagnetismus* wie in Variationen des *Erdmagnetismus* haben, und dass folglich aus den Beobachtungen des *Biflarmagnetometers*, auch wenn man die aus den Temperaturbeobachtungen so genau wie möglich abgeleiteten Variationen des *Stabmagnetismus* in Abrechnung bringt, die Variationen der Intensität des *Erdmagnetismus* doch bei weitem nicht mit solcher Sicherheit erhalten werden können, wie die Variationen der Declination aus den Beobachtungen des *Uniflarmagnetometers*; denn dazu lassen sich die Variationen des *Stabmagnetismus* aus den beobachteten Temperaturen nicht genau genug bestimmen. Es ist daher schon in den „Resultaten aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1840“ ein Vorschlag, die Variationen des *Stabmagnetismus* beim *Biflarmagnetometer* unabhängig von der Temperatur zu bestimmen, gemacht worden, der aber bisher noch zu keiner praktischen Ausführung und Anwendung gekommen zu sein scheint. Hievon liegt wahrscheinlich der Grund theils in den dazu erforderlichen Einrichtungen, theils aber auch darin, dass die Variationen des *Stabmagnetismus*, wenn sie auch ebenso gross sind wie die des *Erdmagnetismus*, doch gewöhnlich, wie schon erwähnt worden, sehr langsam und allmählig eintreten und daher in allen Fällen sehr *schnell wechselnder erdmagnetischer Variationen* für die kurze Dauer dieser letzteren wenig in Betracht kommen. Gerade diese Fälle aber haben bisher vorzugsweise bei den magnetischen Beobachtungen die Aufmerksamkeit gefesselt, z. B. die Erscheinungen der *magnetischen Gewitter*, welche gleichzeitig mit Nordlichtern beobachtet werden. Zur Erforschung solcher Variationen genügen die Beobachtungen des *Biflarmagnetometers* allein und man bedarf dabei nicht einmal der *Temperaturbeobachtungen*. Auch in den gewöhnlichen magnetischen Terminen sind es in der Regel solche *schnell wechselnde Variationen*, welche, wenn sie auch kleiner sind, doch vorzugsweise interessiren, besonders durch ihre genaue Correspondenz an weit entfernten Orten, und bei deren Beobachtung mit dem *Biflarmagnetometer* die Variationen des *Stabmagnetismus* aus gleichem Grunde nicht in Betracht gezogen zu werden brauchen.

Anders verhält es sich aber, wenn die Variationen zu dem Zwecke beobachtet werden sollen, um magnetische Messungen, die an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tageszeiten gemacht worden sind, auf einander

zu *reduciren*, um sie an einander zu prüfen oder zu genauen *Mittelwerthen* zu verbinden.

Der schon früher gemachte Vorschlag, um diesem Zwecke vollständig zu genügen, besteht in einer Anwendung des Princips, auf welchem die Methode der *absoluten Intensitätsmessung* beruht, nämlich darin, dass man mit der Beobachtung des *Bifilarmagnetometers*, welche den *Erdmagnetismus* durch sein *Product* in den *Stabmagnetismus* bestimmt, die Beobachtung einer *Hülfsnadel* gleichzeitig verbindet, welche den *Erdmagnetismus* durch sein *Verhältniss* zu dem aus gegebener Ferne wirkenden *Stabmagnetismus* kennen lehrt.

Soll nun die Ausführung dieses Vorschlags allen Bedürfnissen so wie der Bequemlichkeit des täglichen Gebrauchs und der Feinheit des ganzen Instruments entsprechen, so muss zweierlei vorausgesetzt werden können, nämlich ein *Bifilarmagnetometer* 1) mit sehr *starker* Nadel, 2) mit sehr *hoher* *Aufhängung*.

Die Nadel des *Bifilarmagnetometers* muss so *stark* sein, dass sie auf eine *Hülfsnadel* in *beträchtlicher Entfernung* dasselbe Drehungsmoment wie der *Erdmagnetismus* ausüben könne; denn müsste die *Hülfsnadel* dem *Bifilarmagnetometer* sehr genähert werden, so verliert das Instrument an Feinheit und Sicherheit und die vorgeschlagene Verbesserung selbst ihre praktische Bedeutung. Jene Entfernung soll deshalb wenigstens 1000 Millimeter betragen. Bezeichnet *M* den Magnetismus der Nadel des *Bifilarmagnetometers*, *T* den *horizontalen Erdmagnetismus*, so kann das Verhältniss

$$\frac{M}{1000^3} : T$$

zur Vergleichung des Drehungsmoments dienen, welches die Nadel des *Bifilarmagnetometers* aus 1000 Millimeter Entfernung auf die *Hülfsnadel* ausübt, mit dem von der *Erde* auf die *Hülfsnadel* ausgeübten Drehungsmomente, woraus hervorgeht, da  $T = 1,8$  gesetzt werden kann, dass die Erfüllung obiger Bedingung eine Nadel fordert, deren *Magnetismus*

$$M = 1800000000$$

ist, was nur mit einem wenigstens 10 Pfund schweren Magnetstabe zu erreichen ist. Es ist aber sehr vortheilhaft, *noch stärkere* Nadeln anzuwenden, wie z. B. die 25pfündige Nadel, welche Gauss zu dem in den „Resultaten

für 1837“ beschriebenen *Bifilarmagnetometer* gebraucht hat, welches jetzt in dem Local des physikalischen Instituts aufgestellt sich befindet und mit dem hier die Intensitäts-Variationen an den magnetischen Terminen beobachtet werden.

Die *Höhe der Aufhängung* des *Bifilarmagnetometers* ist nothwendig, um dem Abstände der beiden Aufhängungsdrähte eine angemessene Grösse zu geben, was nur bei einer beträchtlichen Länge der Aufhängungsdrähte möglich ist, und dabei noch hinreichenden Raum unter dem *Bifilarmagnetometer* für die *Hülfsnadel* und zu deren bequemer Beobachtung frei zu behalten. In dem physikalischen Institute war zu diesem Zwecke durch die Durchbrechung zweier Fussböden eine Aufhängungshöhe von 35 Fuss gewonnen worden.

Die *Hülfsnadel* selbst ist ein zweites *Unifilarmagnetometer*, mit Spiegel versehen und wird ebenso mit Fernrohr und Skale beobachtet. Rechnet man diese *Hülfsnadel* hinzu, so ergiebt sich, dass man dann im Allgemeinen zur Beobachtung der Variationen des *horizontalen Erdmagnetismus*, d. i. zur Beobachtung der Variationen der *Declination* und *horizontalen Intensität*, zusammen *drei Magnetometer* gebraucht, wovon das *erste* (*Unifilarmagnetometer I.*) das *normale* heissen kann, weil seine Nadel sich im magnetischen Meridiane befindet; das *zweite* (*Bifilarmagnetometer*) das *transversale* heissen kann, weil seine Nadel senkrecht gegen den Meridian steht; das *dritte* (*Unifilarmagnetometer II.*) das *diagonale* heissen kann, weil seine Nadel den Winkel der beiden erstern Nadeln halbirt. Es ist interessant, das Verhältniss dieser 3 Magnetometer näher zu betrachten.

Nämlich *erstens* das normale *Unifilarmagnetometer* ändert seinen Stand nur mit der *Declination*; *zweitens* das transversale *Bifilarmagnetometer* ändert seinen Stand (wenn seine Suspension und sein Magnetismus constant bleiben) nur mit der *Intensität*; *drittens* das diagonale *Unifilarmagnetometer* würde (wenn die Richtung und Grösse der von der Nadel des *Bifilarmagnetometers* ausgeübten Kraft constant blieben) seinen Stand mit der *Declination* und *Intensität* zugleich ändern und zwar so, dass seine Änderung der *halben Summe* der Änderungen der beiden ersteren Nadeln gleich wäre. Da aber die Richtung der von der Nadel des *Bifilarmagnetometers* ausgeübten Kraft nicht constant bleibt, sondern sich mit dem Stande dieser Nadel ändert; so ergiebt

sich, dass dadurch der von der *Intensität* abhängige Theil der Standänderung des *diagonalen Unifilarmagnetometers* aufgehoben wird und dass folglich letzteres seinen Stand, gleich dem normalen Unifilarmagnetometer, blos mit der *Declination* ändert, und dass diese Änderung für das erstere immer *halb so viel* wie für das letztere beträgt: also wenn  $\alpha$  die *Declinationsänderung* bezeichnet, so ist die Standänderung des *diagonalen Unifilarmagnetometers*  $\xi$ ,

$$\xi = \frac{1}{2}\alpha.$$

Die Standänderung des *transversalen Bifilarmagnetometers* giebt aber dann (wenn nämlich der Magnetismus seiner Nadel constant bleibt) bei einer normalen Torsion der Aufhängungsdrähte um  $45^\circ$  die *Änderung der horizontalen Intensität in Theilen der ganzen horizontalen Intensität* ausgedrückt, also wenn  $\gamma$  jene Standänderung, in Theilen des Halbmessers ausgedrückt, bezeichnet:

$$\gamma = \frac{dT}{T}.$$

Bleibt aber der Magnetismus der Nadel des *transversalen Bifilarmagnetometers* nicht constant, so giebt sich jede Änderung desselben dadurch zu erkennen, dass

$$\xi - \frac{1}{2}\alpha > 0$$

ist, und die Differenz  $\xi - \frac{1}{2}\alpha$  selbst drückt dann den von der *Änderung des Stabmagnetismus* herrührenden Theil der Standänderung des *transversalen Bifilarmagnetometers* aus, den man von der ganzen Standänderung  $\gamma$  nur abzuziehen braucht, um die Änderung der *Intensität des horizontalen Erdmagnetismus* in Theilen dieser Intensität ausgedrückt zu erhalten, nämlich:

$$\gamma - (\xi - \frac{1}{2}\alpha) = \frac{dT}{T}.$$

Es ist hiebei aber vorausgesetzt worden, dass die *statischen Elemente* der Magnetometer constant seien. Nun ist bekannt, dass diese Elemente in Folge der *Ausdehnung der Metalle durch die Temperatur* Änderungen erleiden, wenn auch nur kleine. Es ist aber interessant und für die praktische Ausführung wichtig, dass die Metalle, deren Temperaturänderungen auf jene Elemente Einfluss haben (die Metalle der Aufhängungsdrähte und der Stege, durch welche der Abstand der Aufhängungsdrähte von einander bestimmt wird),

so gewählt werden können, dass die von ihnen herrührenden Änderungen der statischen Elemente auf die Magnetometerstände sich in der Weise *compensiren*, dass die Änderung der *Intensität des horizontalen Erdmagnetismus* aus den beobachteten Magnetometerständen  $\alpha$ ,  $\xi$ ,  $\gamma$  ebenso gefunden wird, wie wenn gar keine Ausdehnung der Metalle durch die Temperatur statt fände, nämlich nach der eben angeführten Formel:

$$\gamma - (\xi - \frac{1}{2}\alpha) = \frac{dT}{T}.$$

Zur nähern Begründung dieses Satzes ist es nothwendig auf die Gleichungen des Gleichgewichts des *Bifilarmagnetometers* und des damit verbundenen *Unifilarmagnetometers*, welches kurz die *Hülfsnadel* heissen möge, zurückzugehen.

Es bezeichne

$T$  den horizontalen Theil der erdmagnetischen Kraft,

$M$  den Magnetismus der Nadel des Bifilarmagnetometers,

$m$  den Magnetismus der Hülfsnadel,

$Q$  die statische Directionskraft des Bifilarmagnetometers,

$\chi$  den Winkel, welchen die Nadel des Bifilarmagnetometers mit dem magnetischen Meridiane macht,

$\varphi$  den Winkel, welchen die Hülfsnadel mit dem magnetischen Meridiane macht,

$\psi$  den Winkel, welchen die Richtung der statischen Directionskraft des Bifilarmagnetometers mit dem magnetischen Meridiane macht,

$r$  den Abstand der senkrecht über einander liegenden Mittelpunkte beider Nadeln.

Die drei auf die Nadel des *Bifilarmagnetometers* wirkenden Directionskräfte sind dann:

$$TM; \quad Q; \quad \frac{Mm}{r^3}.$$

Die Winkel, welche die Nadel mit den Richtungen dieser drei Kräfte macht, sind:

$$\chi; \quad \chi - \psi; \quad \chi - (\varphi + \pi),$$

folglich die Drehungsmomente dieser drei Kräfte

$$TM \sin \chi; \quad Q \sin (\chi - \psi); \quad \frac{Mm}{r^3} \sin (\varphi - \chi),$$

woraus sich die Gleichung des Gleichgewichts des *Bifilarmagnetometers* ergibt, wenn man die Summe dieser drei Drehungsmomente  $= 0$  setzt:

$$(1) \quad TM \sin \chi + Q \sin (\chi - \psi) + \frac{Mm}{r^3} \sin (\varphi - \chi) = 0.$$

Die zwei auf die *Hilfsnadel* wirkenden Directionskräfte sind:

$$Tm; \quad \frac{Mm}{r^3}.$$

Die Winkel, welche die *Hilfsnadel* mit den Richtungen dieser beiden Kräfte macht, sind:

$$\varphi; \quad \varphi - (\chi + \pi),$$

folglich die Drehungsmomente dieser beiden Kräfte:

$$Tm \sin \varphi; \quad \frac{Mm}{r^3} \sin (\chi - \varphi),$$

woraus sich die Gleichung des Gleichgewichts der *Hilfsnadel* ergibt, wenn man die Summe beider Momente = 0 setzt:

$$(2) \quad Tm \sin \varphi + \frac{Mm}{r^3} \sin (\chi - \varphi) = 0.$$

Differentirt man nun diese Gleichgewichtsgleichungen (1) und (2) und beachtet dabei, dass  $\frac{m}{M}$ ,  $\frac{dm}{dM}$  und  $\frac{m}{Tr^3}$  sehr klein sein sollen, wonach das

Differential des dritten Gliedes in (1) vernachlässigt werden darf; so erhält man folgende beiden Gleichungen:

$$(3) \quad M \sin \chi \cdot dT + T \sin \chi \cdot dM + \sin (\chi - \psi) \cdot dQ + (TM \cos \chi + Q \cos (\chi - \psi)) \cdot d\chi - Q \cos (\chi - \psi) \cdot d\psi = 0$$

$$(4) \quad \sin \varphi \cdot dT + \frac{1}{r^3} \sin (\chi - \varphi) \cdot dM + (T \cos \varphi - \frac{M}{r^3} \cos (\chi - \varphi)) \cdot d\varphi + \frac{M}{r^3} \cos (\chi - \varphi) \cdot d\chi - \frac{3M}{r^4} \sin (\chi - \varphi) \cdot dr = 0.$$

Führt man nun in den Gleichungen (1) (2) (3) (4) für  $\chi$  den durch die geforderte transversale Lage gegebenen Werth

$$\chi = -90^\circ$$

ein und setzt, indem man die am *normalen Unifilarmagnetometer* beobachtete Declinationsänderung mit  $\alpha$ , die beobachtete Änderung des Standes der *Hilfsnadel* mit  $\xi$  und die beobachtete Änderung des Standes des *Bifilarmagnetometers* mit  $\gamma$  bezeichnet,

$$\frac{dT}{T} = \delta, \quad \frac{dM}{M} = \epsilon, \quad \frac{dQ}{Q} = \zeta, \quad d\varphi = \xi - \alpha, \quad d\chi = \gamma - \alpha, \quad d\psi = -\alpha, \quad \frac{dr}{r} = \rho$$

so erhält man aus (1) und (2)

$$\frac{M}{Tr^3} = \tan \varphi, \quad \frac{Q}{TM} \cos \psi = -1 + \frac{m}{Tr^3} \cos \varphi.$$

Substituirt man diese Werthe in den Gleichungen (3) und (4) und vernachlässigt die mit dem kleinen Bruch  $\frac{m}{Tr^3}$  multiplicirten Differentialien, so erhält man die beiden Gleichungen

$$\delta + \varepsilon - \zeta - \gamma \operatorname{tang} \psi = 0$$

$$\delta - \varepsilon - \alpha \cot \varphi + \xi (\operatorname{tang} \varphi + \cot \varphi) - \gamma \operatorname{tang} \varphi + 3\rho = 0$$

oder

$$\delta = \frac{1}{2} \cot \varphi \cdot \alpha - \frac{1}{2} (\operatorname{tang} \varphi + \cot \varphi) \cdot \xi + \frac{1}{2} (\operatorname{tang} \varphi + \operatorname{tang} \psi) \cdot \gamma + \frac{1}{2} (\zeta - 3\rho) \quad (5)$$

$$\varepsilon = -\frac{1}{2} \cot \varphi \cdot \alpha + \frac{1}{2} (\operatorname{tang} \varphi + \cot \varphi) \cdot \xi - \frac{1}{2} (\operatorname{tang} \varphi - \operatorname{tang} \psi) \cdot \gamma + \frac{1}{2} (\zeta + 3\rho) \quad (6)$$

wo  $\delta$  und  $\varepsilon$  die gesuchten Variationen des *horizontalen Erdmagnetismus* und des *Stabmagnetismus* bezeichnen.

Hat nun, wie leicht geschehen kann,  $\varphi$  den normalen Werth von  $45^\circ$  und  $\psi$  den normalen Werth von  $-135^\circ$  erhalten, so vereinfachen sich die beiden Gleichungen (5) und (6) und man erhält dafür

$$\delta = \gamma - (\xi - \frac{1}{2}\alpha) + \frac{1}{2} (\zeta - 3\rho) \quad (7)$$

$$\varepsilon = + (\xi - \frac{1}{2}\alpha) + \frac{1}{2} (\zeta + 3\rho). \quad (8)$$

Die Änderung der *statischen Directionskraft*  $\zeta$  hängt von der Änderung des Abstands der Aufhängungsdrähte an ihrem oberen Ende =  $m$ , und an ihrem unteren Ende =  $z$ , und von der Änderung ihrer Länge =  $e$  ab, nämlich

$$\zeta = m + z - e.$$

Sind die Aufhängungsdrähte von *Eisen* und gehen oben über eine Rolle von *Messing* und sind unten an einem Stege von *Zink* befestigt, so verhält sich für gleiche Temperaturänderung aller Theile nahe

$$m : z : e = 3 : 5 : 2.$$

Die Änderung der Entfernung der beiden Nadeln  $\rho$  hängt von der Ausdehnung des Drahts ab, welcher zur Aufhängung der Hülfsnadel am Bifilar-magnetometer gebraucht wird. Ist dieser Draht von *Eisen*, so ist

$$\rho = e;$$

folglich  $\zeta : \rho = 3 + 5 - 2 : 2$ , woraus

$$\zeta - 3\rho = 0$$

$$\zeta + 3\rho = 6e$$

sich ergibt. Es reduciren sich dann die Gleichungen (7) und (8) auf:

$$\delta = \gamma - (\xi - \frac{1}{2}\alpha) \quad (9)$$

$$\varepsilon = 3e + (\xi - \frac{1}{2}\alpha) \quad (10)$$

Statt die Aufhängungsdrähte oben über eine Messingrolle gehen zu lassen und unten durch einen Zinksteg zu verbinden, kann man sie auch oben über eine Zinkrolle gehen lassen und unten durch einen Messingsteg verbinden, ohne dass die Gleichungen (9) und (10) ihre Geltung verlören; es findet aber zwischen diesen beiden Fällen ein erheblicher Unterschied statt, wenn die Temperaturänderungen an den beiden Enden verschieden sind. Verhält sich nämlich die Temperaturänderung unten und oben wie

$$1 : 1 + k$$

und nimmt man als mittlere Temperaturänderung der Aufhängungsdrähte das arithmetische Mittel von beiden an; so findet man

$$\begin{aligned} \text{im } \textit{ersteren} \text{ Falle } \quad \delta &= \gamma - (\mathcal{E} - \frac{1}{2}\alpha) + \frac{1}{2}ke \\ \varepsilon &= + (\mathcal{E} - \frac{1}{2}\alpha) + (3 + \frac{1}{2}k)e \\ \text{im } \textit{letzteren} \text{ Falle } \quad \delta &= \gamma - (\mathcal{E} - \frac{1}{2}\alpha) + ke \\ \varepsilon &= + (\mathcal{E} - \frac{1}{2}\alpha) + (3 + k)e \end{aligned}$$

d. i. die wegen *Ungleichheit* der Temperatur an beiden Enden erforderliche Correction der Beobachtungen des *horizontalen Erdmagnetismus* beträgt in dem *letzteren* Falle *doppelt* so viel wie in dem *ersteren* und es verdient deshalb die erstere Einrichtung den Vorzug. Beträgt die Temperaturdifferenz an beiden Enden 10 cent.; so ergiebt sich nach der *ersteren* Einrichtung eine Correction, welche noch nicht den 200000sten Theil der ganzen Intensität erreicht, also so klein ist, dass sie füglich ganz unberücksichtigt bleiben kann.

Es möge hier noch zum Schlusse eine kurze Beschreibung der Einrichtung selbst nebst der Regulirung, so wie ein Beispiel von den damit gemachten Beobachtungen gegeben werden.

#### 1. Beschreibung der mit dem Bifilarmagnetometer in Göttingen verbundenen Hilfsnadel.

Das *Bifilarmagnetometer*, mit welchem die *Hilfsnadel* in Göttingen verbunden worden ist, findet man in den „Resultaten im Jahre 1840“ genau beschrieben und abgebildet und es brauchen daher hier nur folgende kleine Abänderungen bemerkt zu werden, welche der damit zu verbindenden *Hilfsnadel* wegen daran vorgenommen wurden.

*Erstens* wurde der Eisendraht, welcher zur Aufhängung des *Bifilarmagnetometers* diente, an der Decke statt über zwei kleine Rollen, welche

gegen einander verschoben und in schicklicher Entfernung fixirt werden konnten, über eine einzige grosse und starke von Messing gegossene und genau abgedrehte Rolle geführt, durch welche die beiden herabhängenden Drahtenden in schicklicher Entfernung von einander gehalten werden. Diese Entfernung lässt sich allerdings nun gar nicht mehr verändern, was aber auch nicht nöthig ist, weil sich kleine Correctionen der statischen Directionskraft durch die Entfernung der Drähte unten am Schiffchen bewirken lassen; denn die beiden Drähte brauchen bekanntlich nicht genau parallel zu sein. Durch Leitung über eine so grosse Rolle erhält der Draht keine bleibende Krümmung und es findet eine vollkommene Ausgleichung der Spannung auf beiden Seiten immer statt. Der Abstand der beiden Aufhängungsdrähte an ihrem oberen Ende wird dadurch von der Temperatur-Ausdehnung des *Messings* abhängig gemacht. Diese Messingrolle ist mit einer langen und starken zwischen zwei festen Spitzen drehbaren Axe versehen.

*Zweitens* wurde unten am Schiffchen das messingene Verbindungsstück der beiden Aufhängungsdrähte mit einem von *Zink* vertauscht, wodurch der Abstand der beiden Aufhängungsdrähte an ihrem unteren Ende von der Temperatur-Ausdehnung des *Zinks* abhängig gemacht wurde.

*Drittens* wurde auf der untern Seite des Schiffchens die Suspension der Hilfsnadel angebracht, welche so eingerichtet war, dass sie eine feine *Hebung*, eine messbare *Drehung* (mittelst Torsionskreises) und *Fixirung* des feinen Eisendrahts gestattete, an welchem die *Hilfsnadel* hing: die feine Hebung diente zur Regulirung des Abstands der Hilfsnadel von dem Bifilarmagnetometer, der Torsionskreis zur Einstellung des Nullpunkts der Torsion.

Die Nadel des *Bifilarmagnetometers* hing etwa 1700 Millimeter über dem Fussboden, 1200 Millimeter (welches etwa die Entfernung war, in welcher die Nadel des Bifilarmagnetometers eine gleich grosse Directionskraft ausübte wie der Erdmagnetismus) darunter hing die *Hilfsnadel*. Der Spiegel des *Bifilarmagnetometers* war 1900 Millimeter, der Spiegel der *Hilfsnadel* war 400 Millimeter über dem Fussboden. In einer horizontalen Entfernung von 5000 Millimeter von der Verticale der beiden Spiegel stand ein steinernes Postament von 1150 Millimeter Höhe. Die beiden Spiegel wurden durch eine an jeder Spiegelfassung angebrachte Schraube so gegeneinander geneigt, dass

ihre Normalen im obern Rande des Postaments sich schnitten. Auf dem Postamente wurden die beiden Ablesungsfernrohre neben einander fest aufgestellt, das eine auf den obern, das andere auf den untern Spiegel gerichtet, und es wurden mit diesen beiden Ablesungsfernrohren die Spiegelbilder einer und derselben Skale beobachtet, welche am Postamente eben so weit unter dem obern Rande befestigt war, als die Fernrohre über diesem Rande. Die *Hülfsnadel* war 100 Millimeter lang und 12 Millimeter dick und der daran befestigte Spiegel war um einen verticalen Zapfen fein drehbar. Beide Nadeln waren mit starken *Dämpfern* versehen.

## 2. Regulirung der Hülfsnadel.

In den „Resultaten im Jahre 1840“ sind von Gauss die Vorschriften zur Bestimmung der Constanten des Bifilarmagnetometers und die Regeln entwickelt worden, das Instrument so einzustellen, dass es für die Beobachtungen der Intensitäts-Variationen geeignet ist. Diese Vorschriften bleiben unverändert auch wenn das *Bifilarmagnetometer* mit einer *Hülfsnadel* verbunden wird. Nur ist darauf zu sehen, dass zwischen der *statischen* und *magnetischen Directions-kraft* das Verhältniss von  $\sqrt{2} : 1$  nahe hergestellt werde. Auch ist während der Zeit, wo die Beobachtungen zur Bestimmung der Constanten des *Bifilarmagnetometers* ausgeführt werden, die *Hülfsnadel* zu entfernen und mit einer Kupfernadel von gleichem Gewichte zu vertauschen. Darauf wird das *Bifilarmagnetometer* transversal eingestellt und die *Hülfsnadel* daran aufgehängt. Um dann aber diese letztere Nadel für sich allein beobachten zu können, ohne dass die Nadel des *Bifilarmagnetometers* Einfluss darauf habe, wird die letztere entfernt und statt ihrer ein *Bleistab* in das Schiffchen eingelegt und in derselben transversalen Lage, welche die Nadel vorher hatte, festgestellt, was sich durch die Beobachtung des Skalenbilds im Spiegel des *Bifilarmagnetometers* genau prüfen lässt. Die *Hülfsnadel* wird sich alsdann in den magnetischen Meridian einstellen, wenn der Draht an dem sie hängt, keine Torsion hat. Wäre eine *Torsion* des Drahts vorhanden, so lässt sich dieselbe mit Hilfe eines Torsionsstabs leicht erkennen und beseitigen. Dabei lässt sich auch der *Torsionscoefficient*, d. i. das Verhältniss der *Directions-kraft des Drahts* zu der des *Erdmagnetismus*, bestimmen. Es wird sodann ein

*Hilfsfernrohr* so aufgestellt, dass seine nach dem Spiegel der *Hilfsnadel* gerichtete optische Axe und die vom Spiegel zum Nullpunkt der Skale gezogene Gerade mit der Spiegelnormale in einer und derselben Ebene liegen und gleiche Winkel bilden würden, wenn der Spiegel aus derjenigen Stellung, bei welcher im *Ablesungsfernrohr* der Nullpunkt der Skale einstand,  $45^\circ$  um eine verticale Axe gedreht worden wäre \*). Der Spiegel wird hierauf wirklich um seinen verticalen Zapfen solange gedreht, bis in dem *Hilfsfernrohre* der Nullpunkt der Skale erscheint, die *Hilfsnadel* wird aber während dieser Drehung ihres Spiegels unverrückt im *magnetischen Meridiane* festgehalten.

Nachdem auf diese Weise die *Torsion* des Drahts aufgehoben, der *Torsionscoefficient* gemessen und die Stellung des *Spiegels* regulirt worden ist, wird nun endlich die Nadel des *Bifilarmagnetometers* wieder in ihr Schiffchen eingelegt, und weil alsdann die *Hilfsnadel* um  $45^\circ$  vom magnetischen Meridian abgelenkt werden soll, wird sogleich der *Torsionskreis* der *Hilfsnadel* im voraus nach dieser Richtung um  $45^\circ$  gedreht, damit der Draht durch die mit der Ablenkung der *Hilfsnadel* vom magnetischen Meridiane verknüpften Drehung keine *Torsion* erleide. Beobachtet man sodann beide Nadeln mit den zugehörigen *Ablesungsfernrohren*, so wird man noch eine beträchtliche Differenz ihres Stands vom Nullpunkt finden, weil nämlich das *Bifilarmagnetometer* durch den Einfluss der hinzugekommenen *Hilfsnadel* abgelenkt wird und weil der Abstand der *Hilfsnadel* von dem *Bifilarmagnetometer* noch nicht regulirt ist. Aus der am *Bifilarmagnetometer* beobachteten Differenz und der gegebenen Lage der *Hilfsnadel* kann aber die von der *Hilfsnadel* hervorgebrachte Änderung sowohl der Richtung als auch der Grösse der *statischen Directionskraft* bestimmt und *erstere* durch eine Correction der

\*) Bezeichnet  $\zeta$  den Winkel, welchen die Normale des Spiegels, und  $\gamma$  den Winkel, welchen die vom Spiegel zum Nullpunkt der Skale gezogene Gerade mit der Horizontalebene bildet, so ist der Winkel, welchen die optische Axe des *Hilfsfernrohrs* mit der Horizontalebene bildet,  $= \arcsin(\sin 2\zeta \cos \gamma \sqrt{\frac{1}{2}} - \cos 2\zeta \sin \gamma)$ , der Winkel, welchen die Verticalebene des *Hilfsfernrohrs* mit der Verticalebene der vom Spiegel zum Nullpunkt der Skale gezogenen Geraden bildet,

$$= \arcsin \frac{\sin 2\zeta \tan \gamma \sqrt{2} + \cos 2\zeta + 1}{\sin 2\zeta \tan \gamma \sqrt{2} + \cos 2\zeta - 1}$$

*Schiffchen-Alhidade*, letztere durch eine Correction des *Abstands der Aufhängungsdrähte* am *Bifilarmagnetometer* berichtigt werden. Nachdem dies geschehen ist, wird auch die Entfernung der *Hülfsnadel* vom *Bifilarmagnetometer* so regulirt, dass das *Ablesungsfernrohr* der *Hülfsnadel* auf den Nullpunkt der Skale einsteht.

Der Werth der Skalentheile, welcher nach bekannten Regeln berechnet wird, wenn die Spiegelnormale horizontal ist, bedarf bei der erwähnten *Neigung* der Spiegelnormale einer Correction. Bezeichnen  $\alpha$  und  $\alpha'$  die Winkel der optischen Axen der beiden Ablesungsfernrohre mit der Horizontalebene, und  $\gamma$  und  $\gamma'$  die Winkel der vom Spiegel des Bifilarmagnetometers und vom Spiegel der Hülfsnadel zum Nullpunkt der Skale gezogenen Geraden mit der Horizontalebene, so ist der Werth der in Skalentheilen beobachteten

Ablenkung des *Bifilarmagnetometers* mit  $\frac{\cos \gamma}{\cos \frac{1}{2} (\alpha + \gamma) \cos \frac{1}{2} (\alpha - \gamma)}$ , der *Hülfsnadel* mit  $\frac{\cos \gamma'}{\cos \frac{1}{2} (\alpha' + \gamma') \cos \frac{1}{2} (\alpha' - \gamma')}$  zu multipliciren. Es ist

folglich der *Bogenwerth eines Skalentheils*, wenn  $h$  den Horizontalabstand der beide Spiegel verbindenden Verticallinie von der Skale in Skalentheilen ausgedrückt bezeichnet, für das *Bifilarmagnetometer*

$$= \frac{1}{2h} \cdot \frac{\cos \gamma}{\cos \frac{1}{2} (\alpha + \gamma) \cos \frac{1}{2} (\alpha - \gamma)},$$

für die *Hülfsnadel*

$$= \frac{1}{2h} \cdot \frac{\cos \gamma'}{\cos \frac{1}{2} (\alpha' + \gamma') \cos \frac{1}{2} (\alpha' - \gamma')}.$$

### 3. Terminsbeobachtungen der Declination und horizontalen Intensität in Göttingen 1854. Februar 24. 25.

Als Beispiel der nach der beschriebenen Methode mit 3 *Magnetometern* ausgeführten Variationsbeobachtungen der *horizontalen Elemente* des *Erdmagnetismus*, nämlich der *Declination* und der *horizontalen Intensität* sollen die im Februartermin 1854 gemachten Beobachtungen benutzt werden, die sich durch Schwankungen von ungewöhnlicher Grösse auszeichnen. Es sind an diesem Termine die Beobachtungen an allen 3 *Magnetometern* vollständig von 5 zu 5 Minuten immer gleichzeitig von 3 Beobachtern gemacht

worden. Künftig wird es, wenn es nicht mehr auf eine specielle Prüfung der Methode ankommt, genügen, das *dritte Magnetometer* oder die *Hülfsnadel* (auf ähnliche Weise wie sonst das Thermometer) nur von Stunde zu Stunde oder von 2 zu 2 Stunden zu beobachten, z. B. jedesmal bei der Ablösung der Beobachter, wo der neu eintretende Beobachter die *Hülfsnadel* beobachten kann, während der bisherige Beobachter noch einige Beobachtungssätze am *Bifilarmagnetometer* zu machen fortfährt.

In der folgenden Tafel sind die Resultate dieser Beobachtungen zusammengestellt, und zwar sind für jede Beobachtungszeit 1) die *Declination*  $\alpha$  nach Skalentheilen des *Unifilarmagnetometers I*, 2) der Stand  $\xi$  des *Unifilarmagnetometers II*, oder der *Hülfsnadel*, nach Skalentheilen desselben, 3) der Stand des *Bifilarmagnetometers*  $\gamma$  gleichfalls nach Skalentheilen, 4) der Mittelwerth von  $(\xi - \frac{1}{2}\alpha)$  aus der laufenden Beobachtungszeit und aus den beiden vorhergehenden und nachfolgenden, welcher die mit  $\varepsilon$  bezeichnete *Variation des Stabmagnetismus* in Skalentheilen ausdrückt, und endlich 5) die *horizontale Intensität* des Erdmagnetismus  $\delta = \gamma - \varepsilon$  in Skalentheilen angegeben worden. Der Bogenwerth der Skalentheile war für alle 3 Magnetometer nahe gleich.

In der beigefügten *graphischen Darstellung* stellt die *erste Curve* die *Variation*  $\xi$  verdoppelt dar, und die grosse Übereinstimmung dieser Curve mit der *zweiten Curve*, welche die *Variation der Declination*  $\alpha$  darstellt, veranschaulicht die Sicherheit und Präcision, mit welcher nach der beschriebenen Methode die Variationen des *horizontalen Erdmagnetismus* von den Variationen des *Stabmagnetismus* geschieden werden können; denn diese Übereinstimmung beider Curven hängt wesentlich davon ab, dass eine *vollkommene Compensation* der *unmittelbaren Wirkung* mit der *mittelbaren Wirkung* der Intensitätsvariation des *horizontalen Erdmagnetismus* auf die *Hülfsnadel* wirklich statt findet; die *dritte Curve* stellt die *Variation des Stabmagnetismus* durch die aus je fünf auf einander folgenden Beobachtungen abgeleiteten Mittelwerthe von  $(\xi - \frac{1}{2}\alpha)$  dar; die *vierte Curve* endlich die *Variationen des horizontalen Erdmagnetismus* durch die Werthe von  $\gamma + \frac{1}{2}\alpha - \xi$ .

Göttingen 1854. Februar 24.

	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'		
10 <sup>h</sup>	64,42	104,27	116,32	94,68	74,49	70,61	68,29	67,80	62,88	56,92	49,17	45,39	α	
		75,30	81,18	69,58	58,36	56,64	55,56	55,00	52,24	49,16	44,96	42,80	β	
		49,54	51,04	58,90	67,65	69,98	74,09	69,62	75,55	76,70	81,08	76,37	γ	
		22,51	22,51	22,15	21,80	21,41	21,12	21,07	20,88	20,62	20,37	20,28	ε	
	27,03	28,53	36,75	45,85	48,57	52,97	48,55	54,67	56,08	60,71	56,09	δ		
11 <sup>h</sup>	46,16	51,14	59,90	60,20	55,73	52,53	52,15	53,17	51,02	53,73	58,77	60,98	α	
	42,94	45,92	50,26	50,08	47,80	45,86	45,72	46,00	44,88	45,08	48,82	49,94	β	
	75,63	73,86	70,64	71,16	73,34	75,34	73,32	72,36	71,77	68,22	67,05	68,90	γ	
	20,20	20,12	20,09	20,03	19,89	19,71	19,59	19,25	19,22	19,18	18,89	18,74	ε	
	55,43	53,74	50,55	51,13	53,45	55,63	53,73	53,11	52,55	49,04	48,16	50,16	δ	
12 <sup>h</sup>	60,01	58,60	57,57	59,57	61,21	60,35	67,40	68,27	68,63	66,61	73,21	85,96	α	
	48,00	47,90	47,32	49,18	49,64	49,12	53,38		52,12		55,36	62,56	β	
	66,73	66,90	75,90	77,84	81,14	85,96	87,95		87,12		81,74	80,41	γ	
	18,80	18,80	18,71	18,90	19,12	19,16	18,84		18,65		18,77	19,06	ε	
	47,93	48,10	57,19	58,94	62,02	66,80	69,11		68,47		62,97	61,35	δ	
13 <sup>h</sup>	89,42	87,07	99,37	113,65	120,16	114,27	109,71	99,11	94,02	91,87	84,48	72,02	α	
	64,14	62,80	69,16	76,94	79,96	76,66	73,90	67,70	65,14	63,94	59,66	52,92	β	
	81,08	77,17	67,68	60,86	56,36	57,32	58,49	63,63	69,81	68,04	71,78	78,69	γ	
	19,30	19,57	19,63	19,65	19,61	19,34	18,95	18,57	18,15	17,72	17,40	17,00	ε	
	61,78	57,60	48,05	41,21	36,75	37,98	39,54	45,06	51,66	50,32	54,38	61,69	δ	
14 <sup>h</sup>	57,27	55,14	57,54	56,89	58,94	53,34	53,05	51,85	40,38	42,06	45,67	57,57	α	
	45,17	43,72	45,14	44,84	45,96	42,44	42,25	41,50	34,90	35,86	37,86	44,22	β	
	80,17	78,04	78,89	79,25	80,23	80,03	79,48	81,48	80,03	79,02	73,77	67,28	γ	
	16,68	16,47	16,39	16,24	16,15	15,99	15,65	15,32	15,17	15,12	15,04	15,19	ε	
	63,49	61,57	62,50	63,01	64,08	64,04	63,83	66,16	64,86	63,90	58,73	52,09	δ	
15 <sup>h</sup>	60,24	62,36	69,34	73,36	75,47	75,08	73,54	68,89	67,63	65,48	65,16	59,52	α	
	45,34	46,61	50,03	52,07	53,02	53,00	51,21	49,39	48,38	47,02	46,97	43,68	β	
	67,84	65,68	61,97	60,11	60,61	59,60	62,17	60,29	56,16	53,30	52,21	54,49	γ	
	15,29	15,37	15,34	15,39	15,19	15,10	14,94	14,74	14,52	14,42	14,10	13,91	ε	
	52,55	50,31	46,63	44,72	45,42	44,50	47,23	45,55	41,64	38,88	38,11	40,58	δ	
16 <sup>h</sup>	53,11	50,42	48,51	41,63	38,85	39,96	41,54	42,58	40,16	43,11	44,33	43,09	α	
	39,92	38,81	37,52	34,10	32,03	32,42	33,70	34,08	32,81	34,15	34,77	34,81	β	
	55,64	56,55	61,16	61,10	61,78	59,83	59,96	61,58	63,00	61,17	62,90	64,62	γ	
	13,71	13,49	13,22	13,04	12,91	12,81	12,70	12,50	12,53	12,60	12,75	12,76	ε	
	41,43	43,06	47,94	48,06	48,87	47,02	47,26	49,08	50,47	48,57	50,15	51,86	δ	
17 <sup>h</sup>	44,68	44,79	40,83	46,40	54,39	54,57	48,29	43,90	40,67	40,59	44,09	46,84	α	
	35,41	35,16	33,00	36,37	40,06	40,24	36,74	33,66	31,70	31,62	33,55	34,88	β	
	63,11	65,20	65,70	61,66	62,31	67,38	69,84	70,45	69,33	66,12	65,25	63,65	γ	
	12,96	13,07	12,99	12,87	12,83	12,66	12,30	11,99	11,70	11,47	11,37	11,38	ε	
	50,15	52,13	52,71	48,79	49,48	54,72	57,54	58,46	57,63	54,65	53,88	52,27	δ	

Göttingen 1854. Februar 24.

	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	
18h	48,43	44,86	45,60	48,02	46,64	46,90	45,85	46,01	46,31	45,45	47,23	48,05	$\alpha$
	35,43	33,80	33,10	34,10	33,10	33,37	32,68	32,98	32,74	32,50	33,34	33,58	$\zeta$
	66,06	67,89	68,04	66,49	67,77	68,06	67,73	67,87	66,94	66,99	66,54	61,81	$\gamma$
	11,17	10,89	10,55	10,29	9,97	9,90	9,80	9,80	9,76	9,72	9,64	9,55	$\varepsilon$
	54,89	57,00	57,49	56,20	57,80	58,16	57,93	58,07	57,18	57,27	56,90	52,26	$\delta$
19h	48,32	47,70	52,05	48,05	45,16	50,99	46,90	45,17	46,90	47,67	47,65	48,50	$\alpha$
	33,72	33,00	35,94	33,18	31,02	34,98	32,36	31,92	33,10	32,68	32,48	32,94	$\zeta$
	65,54	66,72	65,02	70,44	71,33	64,33	72,16	72,40	72,42	70,38	68,96	66,52	$\gamma$
	9,21	9,09	8,87	8,85	8,81	9,07	9,16	9,25	9,08	9,04	8,89	8,73	$\varepsilon$
	56,33	57,63	56,15	61,59	62,52	55,26	63,00	63,15	63,34	61,34	60,07	57,79	$\delta$
20h	46,37	50,93	51,46	48,62	47,65	50,04	50,29	48,83	48,74	51,08	45,59	49,01	$\alpha$
	31,80	34,32	34,60	33,22	32,76	33,76	33,68	32,80	32,74	33,98	31,16	32,94	$\zeta$
	68,02	64,00	69,48	70,11	68,90	67,15	64,95	64,54	63,38	59,81	64,41	63,67	$\gamma$
	8,74	8,79	8,84	8,86	8,80	8,70	8,59	8,49	8,42	8,40	8,21	8,19	$\varepsilon$
	59,28	55,21	60,64	61,25	60,10	58,45	56,36	56,05	54,96	51,41	56,20	55,48	$\delta$
21h	45,19	47,25	48,51	49,76	46,87	45,30	45,24	50,43	42,02	40,99	43,98	41,85	$\alpha$
	31,04	31,88	32,68	33,40	31,80	30,92	30,62	33,68	28,96	28,65	30,02	28,78	$\zeta$
	64,21	62,34	61,19	61,64	62,27	60,57	58,52	60,54	61,69	56,50	58,58	58,44	$\gamma$
	8,18	8,21	8,20	8,37	8,31	8,32	8,21	8,17	8,12	8,09	8,01	8,12	$\varepsilon$
	56,03	54,13	52,99	53,27	53,96	52,25	50,31	52,37	53,57	48,41	50,57	50,32	$\delta$
22h	38,71	35,53	34,62	36,39	41,20	39,89	38,01	34,52	31,38	29,99	31,56	33,44	$\alpha$
	27,42	26,29	24,46	26,02	28,56	27,86	27,42	25,32	23,46	22,80	22,82	23,46	$\zeta$
	59,24	59,30	60,41	58,75	56,65	57,73	57,94	53,25	49,59	46,72	41,49	36,89	$\gamma$
	7,92	7,88	7,90	7,87	7,85	8,03	8,02	7,99	7,82	7,48	7,14	6,85	$\varepsilon$
	51,32	51,42	52,51	50,88	48,80	49,70	49,92	45,26	41,77	39,24	34,35	30,04	$\delta$
23h	33,21	32,21	29,37	27,18	24,03	23,69	26,45	31,96	30,93	26,45	24,02	18,68	$\alpha$
	22,98	22,42	20,84	19,70	16,84	16,44	17,92	20,88	21,52	19,18	17,36	14,68	$\zeta$
	34,77	31,43	24,72	20,18	18,80	15,55	16,83	15,07	20,13	20,92	25,84	31,29	$\gamma$
	6,52	6,34	5,95	5,60	5,27	5,02	5,01	5,24	5,39	5,52	5,54	5,16	$\varepsilon$
	28,25	25,09	18,77	14,58	13,53	10,53	11,82	9,83	14,74	15,40	20,30	26,13	$\delta$
Febr. 25. 0h	15,95	11,88	13,40	16,60	11,84	15,70	14,98	14,02	17,38	20,39	25,08	25,38	$\alpha$
	12,96	10,10	11,14	12,28	9,78	11,56	10,92	10,32	12,16	14,00	16,50	16,32	$\zeta$
	32,14	34,56	32,06	32,73	39,04	33,20	34,40	39,52	39,44	41,91	43,41	49,57	$\gamma$
	4,85	4,58	4,28	4,03	3,88	3,66	3,55	3,54	3,59	3,63	3,58	3,44	$\varepsilon$
	27,29	29,98	27,78	28,70	35,16	29,54	30,85	35,98	35,85	38,28	39,83	46,13	$\delta$
1h	17,37	12,40	24,98	26,99	24,51	30,57	36,90	39,31	38,21	34,26	37,09	35,94	$\alpha$
	11,74	8,96	15,94	17,02	15,70	19,08	21,50	23,14	22,76	21,08	21,60	20,92	$\zeta$
	54,83	50,57	46,31	48,02	49,33	50,84	50,16	54,76	60,21	65,98	63,83	66,45	$\gamma$
	3,37	3,28	3,25	3,40	3,45	3,46	3,49	3,59	3,44	3,42	3,24	2,94	$\varepsilon$
	51,46	47,29	43,06	44,62	45,88	47,38	46,67	51,17	56,77	62,56	60,59	63,51	$\delta$

Göttingen 1854. Februar 25.

	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	
2h	31,74	28,84	25,43	22,80	18,16	15,17	14,87	12,95	12,24	6,34	6,69	4,38	$\alpha$
	18,44	16,58	15,52	14,20	11,12	10,02	9,42	8,54	7,77	5,04	5,08	3,54	$\zeta$
	67,88	68,18	69,32	70,75	72,84	73,40	70,80	67,29	62,00	61,49	52,20	38,22	$\gamma$
	2,71	2,66	2,48	2,45	2,49	2,34	2,11	2,08	1,94	1,73	1,78	1,97	$\varepsilon$
	65,17	65,52	66,84	68,30	70,35	71,06	68,69	65,21	60,06	59,76	50,42	36,25	$\delta$
3h	15,98	29,13	29,62	37,55	43,61	50,41	59,94	46,30	44,77	40,06	33,11	34,09	$\alpha$
	10,28	17,15	16,64	19,98	23,50	27,23	32,15	25,24	25,27	22,72	19,55	20,00	$\zeta$
	21,45	19,87	27,24	18,42	18,94	25,95	30,02	39,47	38,77	42,10	47,40	46,13	$\gamma$
	1,96	1,85	1,92	1,87	1,79	1,84	2,18	2,37	2,57	2,72	3,01	3,02	$\varepsilon$
	19,49	18,02	25,32	16,55	16,15	24,11	27,84	37,10	36,20	39,38	44,39	43,11	$\delta$
4h	34,62	31,35	26,61	24,55	21,98	17,45	20,82	25,80	30,52	34,34	30,10	28,67	$\alpha$
	20,82	18,64	15,67	13,74	11,66	9,40	11,50	15,38	19,20	20,63	18,19	17,97	$\zeta$
	47,12	47,32	48,03	47,14	48,42	47,86	42,65	38,30	38,38	40,49	41,10	42,01	$\gamma$
	2,96	2,65	2,20	1,63	1,25	1,28	1,77	2,33	2,82	3,33	3,45	3,26	$\varepsilon$
	44,16	44,67	45,83	45,51	47,17	46,58	40,88	35,97	35,56	37,16	37,65	38,75	$\delta$
5h	30,01	31,42	33,19	35,03	36,62	37,16	38,12	38,08	36,70	34,82	38,10	53,08	$\alpha$
	18,10	18,70	19,41	19,88	20,00	20,56	21,13	21,67	19,70	19,97	22,03	29,91	$\zeta$
	40,01	38,67	42,23	45,36	41,81	40,52	36,85	39,78	38,28	39,97	35,23	36,67	$\gamma$
	3,14	2,98	2,59	2,37	2,18	2,15	1,94	2,12	2,32	2,58	2,69	2,89	$\varepsilon$
	36,87	35,69	39,64	42,99	39,63	38,37	34,91	37,66	35,96	37,39	32,54	33,78	$\delta$
6h	45,91	34,22	30,83	42,87	51,89	58,38	91,64	110,61	111,07	80,85	31,94	37,37	$\alpha$
	26,16	19,44	18,87	23,90	29,04	32,14	48,48	60,00	63,12	48,56	19,68	20,58	$\zeta$
	48,85	51,56	47,89	41,47	36,20	31,89	25,58	32,89	60,42	94,67	109,23	93,21	$\gamma$
	2,67	2,57	2,51	2,46	2,53	3,17	4,20	5,21	5,36	5,20	6,67	7,19	$\varepsilon$
	46,18	48,99	45,38	39,01	33,67	28,72	21,38	27,68	55,06	89,47	102,56	86,02	$\delta$
7h	73,66	72,32	49,74	36,61	44,69	89,86	101,89	94,44	72,72	47,76	35,53	41,58	$\alpha$
	48,86	41,32	29,18	21,78	24,54	49,60	57,18	54,04	42,30	28,04	19,30	20,90	$\zeta$
	77,19	88,34	93,20	85,84	64,92	46,82	59,71	77,85	90,50	93,80	87,86	74,28	$\gamma$
	6,42	6,37	6,43	4,96	4,18	4,68	5,17	5,57	4,94	3,71	2,52	1,94	$\varepsilon$
	70,77	81,97	86,77	80,88	60,74	42,14	54,54	72,28	85,56	90,09	85,34	72,34	$\delta$
8h	62,23	62,28	47,05	40,26	47,32	50,87	46,04	51,13	57,16	57,54	51,30	46,87	$\alpha$
	31,96	34,20	26,50	23,02	26,92	28,52	25,54	28,40	31,14	31,18	28,02	25,60	$\zeta$
	69,10	74,50	76,65	71,10	63,37	62,21	61,46	59,06	59,94	62,58	64,05	62,19	$\gamma$
	1,71	1,98	2,61	3,05	2,95	2,92	2,85	2,68	2,54	2,47	2,37	2,41	$\varepsilon$
	67,39	72,52	74,04	68,05	60,42	59,29	58,61	56,38	57,40	60,11	61,68	59,78	$\delta$
9h	48,80	51,15	55,42	56,05	58,06	54,80	50,66	50,51	49,27	50,60	50,46	48,36	$\alpha$
	26,76	28,32	31,10	31,96	32,70	31,56	28,90	28,90	27,96	28,82	28,78	28,38	$\zeta$
	58,55	56,17	55,31	55,25	57,49	61,58	62,77	63,66	63,14	63,45	69,63	74,48	$\gamma$
	2,61	2,92	3,22	3,58	3,75	3,80	3,67	3,64	3,52	3,65	3,54	3,54	$\varepsilon$
	55,94	53,25	52,09	51,67	53,74	57,78	59,10	60,02	59,62	59,80	66,09	70,94	$\delta$

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen](#)

Jahr/Year: 1853-1855

Band/Volume: [6](#)

Autor(en)/Author(s): Weber Wilhelm Ed.

Artikel/Article: [Bestimmung der rechtwinkeligen Componenten der erdmagnetischen Kraft in Göttingen 3-46](#)