ANNALEN DER PHYSIK.

JAHRGANG 1819, NEUNTES STÜCK.

I.

*Einige Bemerkungen über die vom Herrn Hofrath
Mayer in Göttingen vorgeschlagene Methode,
den magnetischen Neigungs-Compass zu ge-
brauchen;*

von

dem Professor SCHMIDT in Gießen.

Da es schwer hält, sich vollkommen äquilibrirte magnetische Neigungs-Nadeln zu verschaffen, so ist das von Hrn. Hofrath Mayer beschriebene und ausgeführte Verfahren, wie man auch mit nicht äquilibrirten Magnetnadeln die wahre magnetische

Neigung bestimmen könne *), ein willkommenes Geschenk für den Physiker.

Ich beschloß nach Durchlesung der Abhandlung dieses Verfahren durch eigene Versuche zu prüfen. Da indessen nicht gleich ein schicklicher Apparat zur Hand war, auch andere Verhinderungen eintraten, so konnte ich meinen Voratz erst später ausführen.

Die Beschreibung der nachstehenden Versuche bewährt im Ganzen genommen die Brauchbarkeit der Mayer'schen Methode, und liefert zugleich noch einige Bemerkungen, welche als eine kleine Ergänzung zu dem Mayer'schen Aufsatze vielleicht manchem Leser ihrer schätzbaren Annalen nicht ganz unwillkommen seyn dürften. Um indessen auch solche Leser verständlich zu seyn, welchen der Inhalt der angeführten Abhandlung nicht gegenwärtig ist, so mögen einige wenige theoretische Sätze vorausgehen, worauf sich das Verfahren bei den nachstehenden Beobachtungen gründet.

1. Entwicklung des Verfahrens.

Es bezeichne $fm\,dn$ (Taf. I Fig. 2) einen vertikalen Kreis, in dessen Mittelpunkt c eine Magnet-

*) In den Schriften der Götting. Ges. der Wiss. *Comment. class. mathem.* t. 3: *Commentatio de usu accuratiori acus inclinatrix magneticae* und in diesen *Annalen* B. 48 S. 229 und folg.: Beschreibung eines neuen Inclinations-Compasses und der sichersten Art, die magnetische Neigung genau zu bestimmen.

nadel ab um eine horizontale Axe frei drehbar sey. Die Ebene des Kreises mag fürs Erste einen beliebigen Abweichungswinkel mit dem magnetischen Meridian machen, welcher $= a$ heiße. Die mit der Linie mz parallel wirkende magnetische Kraft an dem Pol der Nadel a heiße $= m$, die Entfernung des Pols vom Drehungspunkt $= ca$, das Gewicht der Nadel im Schwerpunkte $y = p$; den Winkel acy , welchen die Linie von dem Unterstützungspunkt nach dem Schwerpunkt gezogen, mit der Axe der Magnetnadel macht, nennen wir $= y$, den Winkel fcz , oder das Complement der magnetischen Neigung $= x$, und endlich den Winkel acf , unter welchem die Magnetnadel zur Ruhe kömmt, $= b$.

Man denke sich die magnetische Kraft in einen horizontalen Theil $= m \sin x$, und in einen vertikalen Theil $= m \cos x$ zerlegt. Der vertikale Theil wirkt auf die Nadel mit einem Drehungsmomente $= m \cdot ca \cos x \sin b$; hierzu kommt das Drehungsmoment des Gewichts der Magnetnadel im Schwerpunkte $= p \cdot cy \sin(b - y)$. Der horizontale Theil der magnetischen Kraft liegt außer der Drehungsebene, und muß abermals in einem mit der Drehungsebene zusammenfallenden und in einem auf sie senkrechten Theil zerlegt werden. Bloß der erstere kommt hier in Betrachtung, und ist $= m \sin x \cos a$, und sein nach oben gerichtetes Drehungsmoment auf die Nadel $= m \cdot ca \sin x \cos a \cos b$.

Die entgegengesetzten Kräfte zusammengerechnet geben für den Zustand des Gleichgewichts

$$m \cdot ca \sin x \cos a \cos b - m \cdot ca \cos x \sin b - p \cdot cy \sin(b-y) = 0$$

Nimmt man die magnetische Kraft unveränderlich an

und heisst die beständige Gröfse $\frac{p \cdot cy}{m \cdot ca} = c$, so erhält die Gleichung die einfachere Gestalt

$$\sin a \cos a \cos b - \cos x \sin b - c \sin(b-y) = 0$$

Hieraus findet man nach gehöriger Rechnung

$$\text{I. } \tan b = \frac{\sin x \cos a + c \sin y}{\cos x + c \cdot \cos y}$$

Denkt man sich die Drehungsebene um 180° gewendet, so daß die östliche Seite nach Westen gekehrt wird, oder, was auf eins hinaus läuft, hebt man die Magnetnadel aus ihren Zapfenlagern, und wendet sie dergestalt, daß der östliche Zapfen nun nach Westen gekehrt wird, so erhält der Schwerpunkt der Nadel, und so nach der Winkel y in Bezug auf die Richtung der magnetischen Kraft die entgegengesetzte Lage. Dies giebt

$$\text{II. } \tan b' = \frac{\sin x \cdot \cos a - c \sin y}{\cos x + c \cos y}$$

In diesem Falle kann $\tan b'$ auch negativ ausfallen, und der Winkel b liegt südlich von der Vertikallinie. Werden die beiden Beobachtungen in dem magnetischen Meridian angestellt, so ist $\cos a = 1$ und

$$\text{III. } \tan \beta = \frac{\sin x + c \sin y}{\cos x + c \cos y}$$

$$\text{IV. } \tan \beta' = \frac{\sin x - c \sin y}{\cos x + c \cos y}$$

Kehrt man die Pole der Magnetnadel durch entgegengesetztes Bestreichen um, so verwandelt sich der spitze Winkel y von unten an gerechnet in einen stumpfen, und man muß nun in den vorhergehenden Formeln $\cos y$ verneint setzen. Dies verwandelt die vier vorstehenden, Gleichungen bei umgekehrten Polen in folgende

$$\text{V. } \tan b'' = \frac{\sin x \cos a + c' \sin y}{\cos x - c' \cos y}$$

$$\text{VI. } \tan b''' = \frac{\sin x \cos a - c' \sin y}{\cos x - c' \cos y}$$

$$\text{VII. } \tan \beta'' = \frac{\sin x + c' \sin y}{\cos x - c' \cos y}$$

$$\text{VIII. } \tan \beta''' = \frac{\sin x - c' \sin y}{\cos x - c' \cos y}$$

Durch die Verbindung der Gleichungen für $\tan \beta$, $\tan \beta'$, $\tan \beta''$, $\tan \beta'''$, eliminire man die Größen c , c' und y , und man findet

$$2 \tan x = \frac{(\tan \beta'' + \tan \beta''')(\tan \beta - \tan \beta') + (\tan \beta + \tan \beta')(\tan \beta'' - \tan \beta''')}{(\tan \beta - \tan \beta') + (\tan \beta'' - \tan \beta''')}$$

oder, wenn man der Kürze wegen

$$\tan \beta + \tan \beta' = A$$

$$\tan \beta - \tan \beta' = B$$

$$\tan \beta'' + \tan \beta''' = C$$

$$\tan \beta'' - \tan \beta''' = D$$

schreibt,

$$\text{IX. } 2 \tan x = \frac{CB + AD}{B + D}$$

Vermittelt dieser Formel läßt sich aus zwei Paar Beobachtungen in dem magnetischen Meridian, wenn man dazwischen die Pole der Magnetnadel umkehrt, die wahre magnetische Neigung berechnen, ohne die Lage des Schwerpunkts der Nadel zu kennen. Ihrer hat sich schon Mayer bedient, um seine in der angeführten Abhandlung mitgetheilten Beobachtungen darnach zu berechnen.

Das Umkehren der Pole, welches nicht geschehen kann, ohne die Magnetnadel aus ihren Zapfenlagern zu nehmen, könnte, wenn es öfter vorgenommen werden sollte, leicht Gelegenheit zur Verletzung der feinen Zäpfchen geben, worauf die Nadel spielt, und von deren Vollkommenheit größtentheils die Güte des magnetischen Neigungscompasses abhängt. Ich bediente mich der Umkehrung der Pole nur zur Bestimmung des Winkels γ , wodurch die Lage des Schwerpunkts gegen die Axe der Magnetnadel gegeben ist.

Man findet durch gehörige Verbindung der Gleichungen III und IV, VII und VIII.

$$\text{X.} \quad \cot x = \frac{D \cot \gamma + 2}{C} = \frac{2 - \beta \cot \gamma}{A}$$

$$\text{XI.} \quad \tan \gamma = \frac{AD}{2(C-A)} + \frac{CB}{2(C-A)}$$

Ist der Winkel γ aus der Gleichung XI ein Mal für alle Mal bestimmt worden, so dienen die Gleichungen X. für $\cotang x$, um aus zwei zusammengehörigen Beobachtungen des Standes der Magnetnadel in dem magnetischen Meridian, zwischen welchen die

Fläche des Neigungscompasses um 180° gewendet wird, die wahre Neigung der Magnethadel zu berechnen. Hat das Inclinatorium die Einrichtung, daß man auch außer dem magnetischen Meridian unter einem beliebigen Abweichungswinkel die Stellung der Neigungsnadel beobachten kann, so dienen je zwei Beobachtungen, deren Azimuths um 180° aus einander liegen, zur Verification der in dem magnetischen Meridian gleichzeit angeestellten Beobachtungen. Denn wenn man die Gleichungen I und II, III und IV betrachtet, so sieht man leicht ein, daß

$$\operatorname{tg} b - \operatorname{tg} b' = \operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \beta', \text{ und}$$

$$\frac{\operatorname{tg} b + \operatorname{tg} b'}{\operatorname{co} \sin \alpha} = \operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \beta' \text{ sey.}$$

Man kann daher die Werthe von $\operatorname{tg} \beta \pm \operatorname{tg} \beta'$ auch aus je zwei außer dem magnetischen Meridian angeestellten Beobachtungen herleiten, wenn deren Abweichungswinkel α bekannt sind, und um 180° aus einander liegen. Es sind indessen die Beobachtungen in dem magnetischen Meridian den außerhalb desselben angeestellten, in der Regel vorzuziehen, weil die richtende Kraft des Erdmagnetismus in dem magnetischen Meridian am stärksten wirkt. Bloss bei den Beobachtungen, die zur Bestimmung der Lage des Schwerpunkts der Magnethadel dienen sollten, führte ich die Ebene des Neigungscompasses durch den ganzen Azimuthalkreis herum, weil dadurch die kleinen Anomalien, welche in dem Zapfenlager Statt finden können, besser ausgeglichen werden.

2. Beschreibung meines Neigungscompasses.

Die erste Figur stellt eine Ansicht des Instruments mit beigelegtem Maaßstabe dar; *ab* ist eine kreisförmige Scheibe von Mahagoniholz, welche auf drei messingenen Schrauben ruhet, und durch dieselben mit Hülfe einer Wasserwage gehörig horizontal gestellt werden kann. Aus der Mitte der kreisförmigen Scheibe erhebt sich eine hölzerne Säule, welche oben und unten in Messing gefaßt ist, und sich mittelst eines runden Zapfens um ihre vertikale Axe drehen läßt, dabei giebt ein an der Säule befestigter Zeiger *g*, welcher an einem, in die hölzerne Scheibe eingelassenen in Grade eingetheilten messingenen Bogen herspielt, den Abweichungswinkel an, welchen die Fläche des magnetischen Neigungscompasses mit dem magnetischen Meridian macht. An der obern Fassung der Säule *f* geht nach vorn ein Arm heraus, welcher den eingetheilten Halbkreis *hik* des Neigungscompasses trägt. Die Eintheilung des Randes, geht mittelst Pünktchen zwischen den Theilstrichen von 10 zu 10 Minuten. Bei *hk* ist der eingetheilte Halbkreis doppelt gerahmt, an den beiden äußern Flächen des Rahmens sind die Träger angeschraubt, in welche bey *m* zwei Achatplättchen eingeschoben sind, auf welchen die feinen runden stählernen Zapfchen der Magnetnadel sich drehen; damit keine Verschiebung der Zapfchen nach der Seite Statt finde, sind die über den Achatplättchen befindlichen Theile der messingenen Träger keilförmig eingeschnitten. Die Magnetnadel

kann zwischen dem Rahmen durch frei rund herum vor dem eingetheilten Kreise und der Säule her-
spielen. Auf der untern Scheibe sind bei *ac*, *bd*
zwei messingene Dioptern parallel mit der Linie von
 0° — 180° des eingetheilten Kreises befestigt, ver-
mittelt welcher das Instrument in den magnetischen
Meridian gerichtet werden kann. Will man sich
zu dieser Richtung einer Boussole bedienen, so ist in
der Absicht ein Silberdraht *cd* über die Mitte der
Dioptern hergespannt. Ueber das Ganze wird ein
Glascylinder gestellt, damit das Instrument vor Staub
und die Bewegung der Magnetnadel gegen störende
Luftzüge gesichert sey.

3. Beobachtungen über die magnetische Neigung angestellt zu
Gießen im Oktober 1818 und ferner.

Mit dem vorbeschriebenen Werkzeuge wurden
nun folgende Beobachtungen angestellt.

Abweichung östlich und westlich	scheinbare Neigung	scheinbare Neigung	Mittel aus beiden	
180°	+ 65° 40'	+ 65° 50'	+ 65° 45'	}}}
150	+ 67 20	+ 67 40	+ 67 30	
135	+ 70 0	+ 71 40	+ 70 50	
90	+ 79 30	+ 79 20	+ 79 25	
45	+ 89 30	+ 90 0	+ 89 45	
30	+ 87 30	+ 87 30	+ 87 30	
0	+ 85 30	+ 85 30	+ 85 30	

nachdem die Pole umgekehrt waren.

Abweichung östlich und westlich	scheinbare Neigung	scheinbare Neigung	Mittel aus beiden	
18 ^m	+ 78° 40'	+ 79° 40'	+ 79° 0'	}}}
15 ⁿ	+ 83 0	+ 82 10	+ 82 35	
13 ^s	+ 89 40	+ 89 50	+ 89 45	
9 ⁿ	+ 62 40	+ 62 40	+ 62 40	
4 ^s	+ 41 50	+ 41 20	+ 41 35	
3 ⁿ	+ 39 10	+ 39 30	+ 39 20	
0	+ 36 10	+ 36 10	+ 36 10	

Die scheinbaren Neigungen hätten bei gleichen östlichen und westlichen Abweichungen von dem magnetischen Meridian ganz einerlei ausfallen sollen, wenn nicht ungleichförmige Reibung, oder sonstige Fehler an dem Zapfenlager im Spiele gewesen wären. Die letzte Reihe enthält die mittlern Werthe zwischen den sich verschieden darstellenden Beobachtungen, und diese mittlern Werthe habe ich paarweise, wie die neben stehenden Klammern andeuten, verbunden, um aus allen im Mittel genommen nach der Formel XI den Werth von y zu berechnen. Dies gab $y = 28^{\circ} 45'$. Mittelft dieses Werthes von y findet sich aus

$$\begin{aligned} \cot x &= \frac{2 - B \cot y}{\pi} \\ &= \frac{D \cot y + 2}{C} \end{aligned}$$

(wo die erste Gleichung für die Beobachtungen vor Umkehrung der Pole, die andere für die nach derselben paßt)

$$x = 21^{\circ} 14', \quad n = 68^{\circ} 46'.$$

Die Magnetnadel, womit die voranstehenden Beobachtungen angestellt worden waren, hatte die Gestalt einer spitz zulaufenden Kante, und war von einer Uhrfeder verfertigt worden; sie spielte, wenn man sie oscilliren ließ, in der Regel bis auf $\frac{1}{4}$ Grad ein, jedoch gab es Stellungen der Magnetnadel außerhalb des magnetischen Meridians, wo die Unterschiede des Ruhestandes, nach vorgängiger Oscillation einen ganzen Grad betrug. Bei einer mikroskopischen Untersuchung der Zapfen der Magnetnadel, fand sich das eine Zapfenende etwas dicker, als das andere.

Aus diesen Gründen ließ ich von dem Herrn Hofmechanikus Rössler zu Darmstadt eine neue Magnetnadel verfertigen, und derselben die Gestalt eines $\frac{1}{2}$ Linie dicken und 2 Linien breiten Parallelepipedons geben, da bekanntlich solche Nadeln eine stärkere magnetische Kraft annehmen, als die ganz dünnen zugespitzten Uhrfedern. Mit dieser neuen Nadel stellte ich nun folgende Beobachtungen an.

Vorerst wurde die Nadel unbestrichen in das Geßteile gelegt, sie spielte nach Art eines Wagebalkens ein, und zeigte im Ruhestand $+ 2^{\circ}$ Neigung und bei verwechseltem Zapfenlager $- 2^{\circ}$. Hätte die Nadel bei ihrer Verfertigung gar keinen Magnetismus erhalten (sie zeigte keinen bemerkbaren) so würde

aus dieser Beobachtung für den Winkel $\gamma = 88^\circ$ folgen. Nun wurde die Nadel durch einen starken Magnet mittelst des einfachen Strichs magnetisirt, und ferner folgende Beobachtungen damit angestellt.

Beobachtungen mit der prismatischen Magnetnadel.

Abweichung östlich und westlich	scheinbare Neigung	scheinbare Neigung	Mittel aus beiden	
0°	+ 58° 50'	+ 58° 50'	+ 58° 50'	}
30	+ 61 10	+ 61 0	+ 61 5	
45	+ 64 40	+ 64 50	+ 64 45	
60	+ 69 40	+ 69 10	+ 69 25	
90	+ 77 40	+ 77 0	+ 77 20	
120	— 88 50	— 87 40	— 88 5	
135	+ 86 0	+ 86 10	+ 86 5	
150	+ 82 50	+ 82 50	+ 82 55	
180	+ 80 20	+ 80 20	+ 80 2	

nach umgekehrten Polen.

Abweichung östlich und westlich	scheinbare Neigung	scheinbare Neigung	Mittel	
0°	+ 76° 0'	+ 76° 0'	+ 76° 0'	}
30	+ 78 20	+ 78 10	+ 78 15	
45	+ 82 40	+ 87 30	+ 82 5	
60	+ 87 50	+ 86 20	+ 86 55	
90	+ 82 20	+ 85 20	+ 82 55	
120	+ 71 10	+ 72 40	+ 71 55	
135	+ 67 20	+ 67 50	+ 67 35	
150	+ 64 50	+ 65 0	+ 64 55	
180	+ 62 20	+ 62 20	+ 62 20	

Auch unter diesen Beobachtungen finden sich bei den Ständen der Magnetnadel außer dem magnetischen Meridian Unterschiede, die über einen Grad betragen, obgleich die neue Magnetnadel empfindlicher war, als die ältere, und bei unverändertem Stand des Inclinatoriums scharf einspielte, wenn man sie oscilliren ließ.

Die einzelnen gehörig combinirten Beobachtungen gaben für den Winkel $\gamma = 89^\circ 39'$. Nimmt man zwischen diesen und dem vor der Magnetisirung gefundenen Werthe von γ das Mittel, so erhält man $\gamma = 88^\circ 49' 30''$, und dieser Werth von γ giebt.

$x = 21^\circ 5'$ $n = 68^\circ 55'$ aus der ersten Reihe

$x = 21\ 17$ $n = 68\ 43$ aus der zweiten Reihe von Beobachtungen.

Jetzt stellte ich noch mit den beiden Magnetnadeln zu verschiedenen Zeiten Beobachtungen bloß in dem magnetischen Meridian an, welche ich, nebst den daraus berechneten magnetischen Neigungen hier beifüge.

	prismatische Nadel		zugespitzte Nadel	
	scheinbare Neigung	wahre Neigung	scheinbare Neigung	wahre Neigung
27. Okt. 1818	$\left\{ \begin{smallmatrix} 75^{\circ} 40' \\ 62 \quad 25 \end{smallmatrix} \right\}$	68° 42'	$\left\{ \begin{smallmatrix} 56^{\circ} 20' \\ 79 \quad 50 \end{smallmatrix} \right\}$	69° 40'
31. Okt. 1818	$\left\{ \begin{smallmatrix} 76 \quad 0 \\ 62 \quad 30 \end{smallmatrix} \right\}$	68 54	$\left\{ \begin{smallmatrix} 55 \quad 10 \\ 80 \quad 0 \end{smallmatrix} \right\}$	69 6
1. Nov. 1818	$\left\{ \begin{smallmatrix} 76 \quad 10 \\ 62 \quad 40 \end{smallmatrix} \right\}$	69 4	$\left\{ \begin{smallmatrix} 53 \quad 10 \\ 80 \quad 0 \end{smallmatrix} \right\}$	69 6
2. Nov. 1818	$\left\{ \begin{smallmatrix} 76 \quad 10 \\ 62 \quad 40 \end{smallmatrix} \right\}$	69 4	$\left\{ \begin{smallmatrix} 53 \quad 0 \\ 80 \quad 0 \end{smallmatrix} \right\}$	69 4 30''
28. Dec. 1818	$\left\{ \begin{smallmatrix} 76 \quad 10 \\ 62 \quad 50 \end{smallmatrix} \right\}$	68 58	Mittel =	69° 14' 7½''
	Mittel =	68 56,4		
27. April 1819	$\left\{ \begin{smallmatrix} 76 \quad 40 \\ 63 \quad 10 \end{smallmatrix} \right\}$	69 35		
29. April 1819	$\left\{ \begin{smallmatrix} 76 \quad 30 \\ 63 \quad 00 \end{smallmatrix} \right\}$	69 24		
30. April 1818	$\left\{ \begin{smallmatrix} 76 \quad 40 \\ 63 \quad 00 \end{smallmatrix} \right\}$	69 29		
	Mittel =	69 29,3		

Halten wir uns an die besser übereinstimmenden Resultate der prismatischen Nadel, so findet sich die Neigung der Magnetnadel für Gießen in den Wintermonaten 1818 im Mittel 68° 56',4, dagegen Ende Aprils 1819 = 69° 29',3.

Es hätte sich also die Neigung der Magnetnadel, vom Ende des verflossenen Jahres bis zu diesem Frühjahr um 33' vergrößert. Ich will hierbei bemerken, daß in den letzten Tagen des Aprils wir hier hohen Barometerstand (27'' 11''') des Nachts Frostkälte und des Tags über starken Nordwestwind hatten.

4. Bestimmung der Größe der magnetischen Kraft, welche an den beiden Nadeln wirkte.

Man bringe an den Südpol der Magnetnadel ein solches Gegengewicht an, daß die Nadel in dem magnetischen Meridian einen horizontalen Stand annehme. Ist nun die Größe des Gegengewichts $= \pi$ durch einen Versuch bekannt, desgleichen das Gewicht der Magnetnadel $= p$, das man sich im Schwerpunkt vereinigt denken kann, so erhält man für den Zustand des Gleichgewichts (siehe Fig. 3) folgende Gleichung.

$$\pi . ca + p . cp \cos y = m . cb . \cos x$$

oder weil $cb = ca$

$$\frac{\pi}{m} + \frac{p}{m} \cdot \frac{cp \cos y}{cb} = \cos x$$

Es ist aber die Größe $\frac{p}{m} \cdot \frac{cp}{cb}$ dieselbe, welche wir in den vorhergehenden Gleichungen mit c bezeichnet haben; daher

$$\frac{\pi}{m} + c . \cos y = \cos x$$

$$\frac{\pi}{m} = \cos x - c . \cos y$$

Aus VII und VIII hat man

$$C = \operatorname{tg} \beta'' + \operatorname{tg} \beta''' = \frac{2 \sin x}{\cos x - c . \cos y}$$

Beide Gleichungen verbunden erhält man

$$\cos x - c . \cos y = \frac{2 \sin x}{C} = \frac{\pi}{m}$$

$$m = \frac{\pi \cdot C}{2 \sin \pi}$$

Der Versuch gab

bei der zugespitzten Nadel $\pi = 0,06$ Gran

$$p = 93,00 \quad -$$

bei der prismatischen Nadel $\pi = 0,55 \quad -$

$$p = 252,0 \quad -$$

Wählt man aus den vorstehenden Beobachtungen die vom 31. Okt. 1818, deren Resultate von dem mittlern Werthe wenig abweichen, so erhält man für die zugespitzte Magnetnadel

$$m = \frac{\tan 56^{\circ} 50' + \tan 20^{\circ}}{2 \sin 20^{\circ} 54'} \cdot 0,06 \text{ Gr.} = 0,159 \text{ Gr.}$$

für die prismatische Nadel

$$m = \left(\frac{\tan 27^{\circ} 30' + \tan 14^{\circ}}{2 \sin 21^{\circ} 6'} \right) 0,55 = 0,5881 \text{ Gr.}$$

Dividirt man die gefundenen Werthe für m durch das respective Gewicht der Magnetnadeln, so erhält man für das Verhältniß der beschleunigenden Kräfte $0,00171 : 0,002535$ bei der zugespitzten und der gleich dicken und breiten Magnetnadel.