ANNALEN DER PHYSIK.

JAHRGANG 1814, FIFTE STÜCK.

I.

*Beschreibung eines neuen Inclinations-Compasses
und der sichersten Art, die magnetische Neigung
genau zu bestimmen,*

VON

JOH. TOB. MEYER, Hofr. u. Prof. d. Math.
u. Phys. zu Göttingen.

(Vorgel. in der kön. Gef. d. Wiss. zu Gött. am 2. Apr. 1814.)

Frei dargestellt von Gilbert *).

I.

Es ist bekannt, wie mancherlei Werkzeuge bisher angewendet worden sind, die Neigung einer Magnethadel, oder, was auf eins hinausläuft, die Richtung der magnetischen Kraft unlers Erdkörpers gegen die Horizontalfläche eines Beobachters, mit

*) Nach einem einzelnen Abzug der *Commentatio de usu accuratiori acus inclinatoriae, magneticae* in den *Comment. rec. Soc. regiae scient. Goett., Cl. Math. T. III.*, den ich dem Hrn. Verf. verdanke, und nach den *götting. gel. Anz.* St. 64. 1814. G.

der gehörigen Genauigkeit zu bestimmen. Es kommt hierbei hauptsächlich darauf an, eine Nadel vor ihrer Magnetisirung so abzugleichen, daß die Axe, um welche sie sich auf und nieder dreht, genau durch ihren Schwerpunct geht; eine Sache, die zwar sehr leicht ausgesprochen, aber in der Ausübung sehr schwer zu bewerkstelligen ist. Je empfindlicher eine Nadel ist, desto eher verursacht die geringste Ungleichheit in der Reibung, daß oft die beharrlichste Geduld des Künstlers die Nadel nicht dahin zu bringen vermag, daß sie sich in jeder Lage vollkommen ruhig verhalte, wie jeder leicht selbst finden wird, der sich mit einer Arbeit dieser Art beschäftigen will. Daher kommt es, daß Daniel Bernoulli, Krafft, Brander, und andere, sich so viel Mühe gegeben haben, den Folgen solcher Ungleichheiten, welche in der Aequilibrirung einer Nadel noch zurückbleiben, durch Anbringen eines sogenannten Aequations-Ringes und Aequations-Zeigers abzuheffen; diese verschlimmern indess nur noch die Sache, indem sie die Beobachtungsart erschweren, und durch den zusammengeletzten Mechanismus vielen neuen Fehlern eine Quelle eröffnen.

Ein solcher Inclinations-Compass, wie er nach der Theorie Daniel Bernoulli's zuerst von dem geschickten Augsburger Mechanikus Brander ausgeführt worden *), hat zwei concentrisch ein-

*) Daniel Bernoulli erhielt den Preis, welchen die Pariser Akademie auf die beste Construction des Indi-

getheilte Kreise, deren Mittelpunkte genau in der Drehungsaxe der Nadel liegen müssen: einen größeren *E H F* (Fig. 1, Taf. II), an welchem die vor dem Magnetisiren genau horizontal schwebende Inclinationsnadel *Q P* nach dem Magnetisiren die Neigung zeigt; und einen kleineren *A B C D*, an dieler Nadel selbst feststützenden, welchen man den *Aequations-Ring* nennt, und über den sich ein leichter Zeiger drehen läßt, welcher auf der Axe der Nadel mit etwas Friction (wie die Uhrzeiger) aufsitzt. Mitteltli desselben löst sich die Nadel vor dem Magnetisiren in jede beliebige Neigung *Q O P* bringen und erhalten; dieler Aequations-Zeiger hält dann der Nadel selbst das Gleichgewicht, und der Stand desselben auf dem Aequations-Ringe läßt sich zugleich mit der Neigung der Nadel aufschreiben. Wenn in jeder Lage der Nadel ihre Drehungsaxe genau durch den gemeinschaftlichen Schwerpunkt der Nadel und des Aequations-Ringes ginge, so würde immer der Aequations-Zeiger mit der Verticallinie *O H* denselben Winkel, als die Nadel mit der Horizontallinie machen *). Da das aber bei allem

Q 2

nations-Compasses in dem Jahre 1743 ausgesetzt hatte, und Brand er hat sein Inclinatorium in einem kleinen Schriftchen, *Beschr. e. magnet. Incl. u. Decl. etc.*, Augsburg 1779, beschrieben und abgebildet. *Gilbert.*

*) Brand er sagt in seiner Beschreibung, S. 32: „man müsse vor dem Magnetisiren der Nadel auf das sorgfältigste suchen, ihr die horizontale Stellung zu geben, wenn der Aequations-Zeiger auf 0 der Theilung des Aequations-

Fleiß nicht zu erlangen ist, so hilft man sich damit, daß man vor dem Magnetisiren der Nadel für alle Lagen derselben den entsprechenden Stand des Zeigers ausprobirt, und tabellarisch zusammenstellt, welche Tafel Bernoulli die *Aequations-Tafel* nennt *). Magnetisirt man dann die Nadel bis zum Sättigen, und wiederholt diese Beobachtungen, so giebt jede Lage der Nadel, welcher in vorigen und in diesem Falle ein gleicher Stand des Aequations-Zeigers entspricht, die wahre Neigung der Magnetnadel an dem Beobachtungsorte **). Der Zweck dieser von Bernoulli angegebenen Einrichtung

hieses steht; dann könne man der Nadel mittelst des Aequations-Zeigers eine Inclination geben, welche man wolle.“ Dann ist aber, im Falle vollkommener Aequilibrirung der Nadel, der Winkel, um den der Zeiger von der vertikalen Lage ab zu verrücken ist, um die nicht magnetische Nadel zu einer gegebenen Neigung zu bringen, dieser Neigung, oder dem Winkel der Nadel mit der Horizontallinie gleich. G.

*) „Es kann leicht geschehn, sagt Brandt a. a. O., daß man den Aequationszeiger z. B. auf 75° stellen müßte, um die Nadel in einer Inclination von 70° zu erhalten.“ G.

**) Brandt lehrt folgende Methode, um die wahre Neigung zu finden. „Nachdem man den Inclinations-Ring und die Nadel in die Vertikalebene durch den magnetischen Meridian gebracht hat, verrücke man allmählig den Aequationszeiger so lange, bis man die *kleinste* Inclination der Nadel gefunden hat. Hier in Augsburg, sagt er, war diese $71^{\circ} 30'$, wenn der Aequationszeiger nach der Tabelle des Inclinatorii auf $70^{\circ} 30'$ gestellt war. Folglich war diese Inclination die wahre, welche sich auch allemal so mit andern Inclinatorien ergab, bei welchen der Aequationszeiger einen andern Stand als $70\frac{1}{2}^{\circ}$ haben mußte.“ G.

des Inclinatorii ist, mittelst des Zeigers und der Aequations-Tafel alle Ungleichheiten zu corrigiren, welche beim Auf- und Nierdrehn der Nadel um ihre horizontale Axe, durch Abweichung der Axe vom Schwerpunkte, durch Krümmung der Nadel, oder wenn die Axe nicht vollkommen cylindrisch ist, entliehn könnten.

Die Theorie dieser Methode haben am besten, nächst Bernoulli selbst, Krafft *) und Albert Euler **, entwickelt. Krafft lehrte noch eine andre Methode, mit diesem Inclinatorio die Neigung zu bestimmen, bei der man des lastigsten Theils der Arbeit, der Construction der Aequationstafel, überhoben wird. Nachdem die Nadel bis zur Sättigung magnetisirt worden, beobachte man in dem magnetischen Meridiane zwei zusammen gehörige Lagen des Zeigers und der Nadel; dann vermindre man den Magnetismus derselben durch Gegenstücke, oder kehre ihn ganz um, und beobachte wieder zwei solche Lagen. Aus beiden Paaren von Beobachtungen findet sich, nach einer von ihm gegebenen Formel, die wahre Neigung, ohne Hülfe einer Aequationstafel, deren Construction immer sehr mühsam ist, wenn sie durch ihre ganze Ausdehnung hinlängliche Genauigkeit haben soll.

*) *Acta Acad. Petropol.* A. 1773. P. 2. p. 170.

**) *Hist. de l'Acad. de Berlin* A. 1755, wo zugleich dieses Inclinatorium kurz beschrieben und abgebildet ist.

Dieser Inclinations-Compass hat mir wegen der zusammengesetzten Art der Beobachtung immer misfallen, so sinnreich auch die Einrichtung desselben ist, und ich habe damit bei aller Vorsicht keine grössere Genauigkeit, als mit einfacheren, sorgfältig gearbeiteten Inclinatorien erhalten. Eben so urtheilt Mallet, der sich dessen auf seiner Reise bedient hat *). Da es bei dem kleinen Durchmesser des Aequationsringes nicht möglich ist, die Lage des Zeigers so genau zu beobachten, als es bei Krafft's Methode erfordert wird, so giebt auch sie allzu vielen Irrthümern Raum; überdem ist die Berechnung etwas weidläufig und in der Ausübung beschwerlich.

Dass Beobachtungen der Neigung, welche man an demselben Orte und zu gleicher Zeit anstellt, so wenig mit einander übereinstimmen, besonders wenn man sie mit verschiedenen Nadeln macht, rührt, nach meinen Erfahrungen, hauptsächlich von der *Reibung* der Nadeln her; dazu kommen Fehler wegen Excentricität der Nadel in Beziehung auf den eingetheilten Kreis, wegen der Lage ihres Schwerpunkts, wegen der Abweichung der Ebne des Instruments von dem magnetischen Meridian, und Fehler der Theilung. Diese letztern lassen sich zwar mittelst der bekannten Methoden ohne Schwierigkeit auffinden und berichtigen; die Fehler wegen der Reibung werden aber

*) *Comm. Petrop.* T. 14. P. 2. 1770.

bei der Bernoulli'schen oder Brander'schen Einrichtung nicht vermindert, eher vermehrt, und dazu kommen, außer den übrigen Irrthümern, noch die, welche man beim Beobachten der zusammengehörigen Lagen des Zeigers und der Nadel begeht.

Einige Künstler haben, um die Reibung der Nadel möglichst zu vermindern, die Axe der Inclinationsnadel, genau in dem Mittelpuncte der Theilung, auf *Frictions-Rollen* oder *Rollscheiben* horizontal gelegt. Wenn aber die Reibung so gering als bei einer Inclinationsnadel ist, welche nur immer ein kleines Gewicht haben darf, kann die Bewegung auf solchen Rollscheiben kaum freier und leichter seyn, als auf gewöhnlichen genau gearbeiteten Unterlagen von Achat. Und wird nicht die äußerste Sorgfalt auf die Stellung der Rollscheiben gewendet, welches ich bei wenigen solchen Instrumenten gefunden habe, so schaden sie mehr als sie nützen, und verursachen nur einen unangenehmen Kostenaufwand, wie die Künstler von Aequationsringen, Aequationszeigern u. d. w. Der Astronom Wales hat sich eines solchen von Nairne und Blunt verfertigten Inclinatorii mit Rollscheiben auf Cook's zweiter Reise bedient *); seine Beobachtungen und die Anderer zeigen, daß es fehlerhaft war. Der physikal. Apparat unserer Universität besitzt ein ähnliches von dem Künstler Drechsler in Hannover vortrefflich gearbeitetes Instrument. Steht

*) *Astronom. observ. made in a course of voy. tow. the South-Pole*, Lond. 1777. p. 54.

die Nadel in Ruhe und wird im magnetischen Meridiane um etwa 5° aufwärts gedreht, so kommt sie weder genau an den vorigen Punkt zur Ruhe, noch macht sie, bevor dieses geschieht, mehr Schwingungen als eine sorgfältig gearbeitete Inclinationsnadel, deren Axe auf Achat ruht. Dasselbe fand ich an mehreren andern Instrumenten dieser Art.

In den neueren Zeiten ist man daher ziemlich von allen jenen angeblichen Verbesserungen abgekommen, und ist wieder zu der einfachsten Einrichtung zurückgekehrt; nämlich die Axe einer Inclinationsnadel bloß auf Achatunterlagen ruhen zu lassen, und durch eine möglichst genaue und feine Abdrehung der Zapfen oder Spitzen, womit eine solche Axe an ihren Enden aufliegt, die Reibung so gut zu vermindern, als es nur immer gelingen kann. Wendet man auf diese Arbeit den gehörigen Fleiß, so erhalten die Nadeln eine Empfindlichkeit, welche der auf Rollscheiben nichts nachgiebt. Das von le Noir nach Borda's Angabe verfertigte Inclinatorium, dessen sich die HH. von Humboldt und Nouet auf ihren Reisen bedient haben, und dem sie alles Lob ertheilen, hat eine solche Einrichtung, und weder den Bernoullischen Aequationsring, noch Rollscheiben, wie aus ihrer kurzen Beschreibung desselben in Gilbert's *Annalen der Physik* B. 6. S. 175 u. B. 4. S. 445 erhellt.

2.

Eine magnetisirte Nadel kann bedeutend von der wahren Neigung abweichen, wenn ihre *Axe*

nicht genau durch ihren Schwerpunct geht, und nicht vollkommen cylindrisch ist. Im letztern Fall entsteht Wackeln, und Ungleichheit der Reibung und des Drehungs-Moments. Der erstere Fehler verräth sich dadurch, daß dann die Nadel vor dem Magnetisiren nicht in jeder Lage ruht, und also nicht äquilibrirt ist. Wir werden weiterhin sehn, daß dieser Fehler sich durch die Art zu beobachten unschädlich machen läßt; ja ich halte es selbst für zuträglich, daß man den Mittelpunct der Bewegung ausdrücklich ein wenig von dem Schwerpunct abweichend mache, damit durch das Gewicht der Nadel ein Moment entstehe, welches der Reibung entgegenwirkt. Die Reibung müßte sonst von der magnetischen Kraft allein überwunden werden, wozu diese in Fällen, wenn sie fast im Verlöschen ist, z. B. nahe bei dem magnetischen Aequator der Erde, nicht ausreicht. Ueberdem läßt sich die völlige Aequilibration einer Nadel wegen der Friction nie mit völliger Gewißheit erlangen, daher die Nadeln nach dem Magnetisiren so häufig nicht die wahre Neigung zeigen. Weit sichrer läßt sich mit einer nicht vollkommen äquilibrirten Nadel beobachten, die so eingerichtet ist, daß sie sich vor dem Magnetisiren in eine bestimmte Lage setzt; denn kennt man diese, so läßt sich deutlich aus der beobachteten Neigung der Nadel nach dem Magnetisiren die wahre Neigung berechnen. Denn aus der indifferenten Lage einer Nadel vor dem Magnetisiren, auf völlige Fehlerfreiheit derselben

schließen, heißt sich den Weg versperren, der Wahrheit näher zu kommen und die Fehler zu corrigiren, welche eine für äquilibrirt gehaltene Nadel immer noch hat. Auch finde ich, daß eine Inclinationsnadel schneller und länger schwingt und sichrer zu demselben Punkte der Theilung nach vollendeten Schwingungen zurückkömmt, wenn ihr Mittelpunkt der Bewegung ein wenig von dem Schwerpunkte abweicht, als wenn beide genau zusammen fallen.

Das Zurückkehren der Nadel genau zu demselben Punkte der Eintheilung, ist immer die erste Bedingung eines guten Inclinatorii, und die zweite ist, daß die Nadel nicht träge sey; dann läßt sich, auch wenn sie nicht äquilibrirt ist, aus der beobachteten Neigung der Nadel in dem magnetischen Meridian, die wahre Neigung derselben doch genau berechnen. Zu dem Ende ist es zwar weder nöthig, daß die Nadel vor dem Magnetisiren genau horizontal schwebte, noch daß man den Winkel kenne, um den sie in ihrer Lage der Ruhe von der Horizontalinie abweicht. Da aber das erstere die Rechnung vereinfacht, so richte man die Nadel so ein, daß die gerade Linie durch den Drehpunkt und den Schwerpunkt auf der Länge der Nadel, (und auf die ihre horizontale Lage anzeigende gerade Linie *μν* Fig. 4) senkrecht stehe, und daß der Schwerpunkt etwas unter dem Drehpunkte liege, damit die Nadel, gleich einem Wagbalken, auf und nieder schwinde.

Die *cylindrische Axe*, um welche die Nadel sich dreht, muß aus dem reinsten, mäßig gehärteten Stahle verfertigt, und senkrecht auf der Ebene der Nadel befestigt werden. Zur Verminderung der Reibung lasse man die Axe in dünne cylindrische Spitzen sich endigen, und mit ihnen auf Pfannen aus vollkommen polirtem Achat ruhen, und lasse diese von zwei kleinen messingnen Säulen oder Füßen getragen werden. Die Spitzen sind auf der Drehbank mit der größten Sorgfalt abzdrehen, damit die Nadel weder beim Schwingen hin und her wacke, noch sich sonst unregelmäßig bewege. Die Zapfen der Räder in den Uhren geben den besten Beweis, mit welcher großen Genauigkeit dieses gelchehen kann, denn wären diese nicht vollkommen cylindrisch, so würden unsere Chronometer sehr unregelmäßig gehn. Von einem Fehler wegen der nicht-cylindrischen Gestalt der Axe hat man daher nichts zu fürchten, ist nur die Axe von einem geschickten Künstler auf einer Uhrmacher-Drehbank abgedreht und polirt worden. Dafs an den Enden der Spitzen nichts Rauhes mehr sey, davon überzeugt man sich leicht mit einem Mikroskope. Solche Spitzen aus gutem Stahl können bis auf $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{7}$ par. Linie Durchmesser abgedreht werden, und bleiben alsdann doch noch stark genug, eine Nadel von 3 bis 4 Drachmen Gewicht zu tragen.

Die *Achatplatten* müssen da, wo die Spitzen der Axe auf ihnen liegen, etwas ausgehöhlt seyn, in Kreisbogen von etwa 2 Linien Durchmesser, da-

mit beim Schwingen der Nadel die Axe nicht aus ihrer Normallage gegen den Limbus komme. Einige lassen, um alles Anstreifen und Ritzen zu vermeiden, die Axe auf kleine horizontale, möglichst polirte Glascylinder ruhen; dann aber hält es schwer, sie immer auf dieselben Punkte zu legen, und horizontales Vor- und Zurückgehn beim Hin- und Herdrehen der Axe zu vermeiden, wobei Axe und Nadel aus ihrer Normallage gegen den eingetheilten Limbus kommen würden. Ich habe auch nicht gefunden, daß eine Nadel, deren Axe auf einem solchen kleinen Cylinder lag, freier geschwungen hätte, als wenn sie auf etwas ausgehöhlten Schneiden ruhte. Diese sind unstreitig allen andern Vorrichtungen, die Axe zu tragen, vorzuziehn, besonders wenn man ein kleines Tröpfchen Mandelöl in die Vertiefungen bringt.

Die *Spitzen*, um welche die Nadel schwingt, lassen sich mit hinlänglicher Genauigkeit, (auf eben die Art, als die Axen in den Rädern der Uhren auf die Ebenen der Räder,) senkrecht auf die Ebene der Nadel setzen. In den Nadeln, welche ich habe machen lassen, geht die Axe *kl* (Fig. 2) durch die Mittelpunkte zweier kleinen sorgfältig aus Messing gedrehten, abgestumpften Kegel *aa'* und *bb'*, welche mit ihren größern Grundflächen genau an den ebenen Seiten der Nadel *μν* anliegen, und hier durch bloße Friction hinlänglich fest an diesen Seiten und an der Axe hängen. Diese Construction entspricht dem Zweck so gut, daß eine solche Na-

del ihre Schwingungen ohne merkbaren Fehler in der Ebene des eingetheilten Verticalkreises vollführt, wofern nur die Pfannen, auf welche die Spitzen *e, f* der Axe gelegt werden, völlig horizontal liegen; dieses aber läßt sich durch die kleinen in Fig. 2 Taf. IV abgebildeten Schrauben bewirken, durch die man die Pfannen etwas höher oder niedriger stellen kann, bis die Nadel auf die angegebene Weise schwingt. Durch diese Schrauben läßt sich auch machen, daß die Axe *ef* genau durch den Mittelpunkt des eingetheilten Kreises geht, welches sich daraus ergibt, wenn die Enden der Nadeln, in jeder Lage derselben, gleich weit von diesem Kreise abstehn.

Die Länge der Axe *ef* richtet sich nach dem Abstände der beiden Säulen *C, C*, Fig. 1, Taf. IV von einander, die die Achatplatten tragen, welche den Spitzen *e, f* zu Unterlagen dienen. Sie darf nicht länger als ungefähr 1 Zoll seyn, und da der eingetheilte Limbus *mntq*, und der äußere ihn verstärkende cylindrische Ring *abcd*, in welchem der Limbus sich etwas muß drehen können, zwischen den Säulen *CC* schweben, so ist die Dicke dieser beiden Ringe hiernach zu bestimmen. Den Spitzen *e, f* selbst giebt man am besten die Länge von 1 Linie, damit der dickere Theil der Axe *kl* nicht an den Achat-Pfannen beim Schwingen der Nadel anstreife. Um auch mit andern Nadeln, deren Axen etwas länger oder kürzer sind, Beobachtungen machen zu können, wird erfordert, daß

der Abstand der Pfannen etwas veränderlich sey; dieses wird auf die einfachste Weise bewirkt, mittelst des Keils *DE*, den man mehr oder weniger tief zwischen die beiden Säulen hineintreibt.

Was die *Gestalt der Nadel* betrifft, so pflegt man sie parallelepipedisch zu machen, sie aber an beiden Enden μ, ν so zuzuspitzen, daß eine gerade Linie durch beide Spitzen genau durch den Mittelpunkt *m* der Nadel geht. Andere runden die Enden der Nadel kreisförmig ab, und ziehn mitten durch die Nadel ihrer Länge nach die gerade Linie $\mu \nu$, Fig. 4 Taf. III, welche als Zeiger dient. Ich ziehe diese letztere Gestalt vor, weil sich einer solchen Nadel eine größere magnetische Kraft ertheilen läßt. Le Noir, und andere, geben der Nadel die Gestalt zweier gleichen Kegel mit gemeinschaftlicher Grundfläche, vielleicht um ihr bei größerer Leichtigkeit mehr Festigkeit zu geben. Allein bei parallelepipedischen Nadeln, die gegen ihre Länge hinlängliche Breite, und so wenig Dicke haben, daß sie nicht über 3 bis 4 Drachmen wiegen, ist kein Biegen der Nadel zu befürchten, und es gilt gegen die konische Gestalt dasselbe, als gegen die Zuspitzungen*); auch ist eine solche konische Nadel unbequem zu

*) Da nach Coulomb's Versuchen ein nach beiden Seiten lanzenförmiges Stahlblech unter allen Nadeln den größten Grad von Magnetismus annimmt, so dürfte Le Noir vielleicht aus diesem Grunde eine so gestaltete Nadel gewählt haben.

magnetisiren. Die schicklichste Länge der Nadel scheint mir 10 par. Zoll zu seyn; hat sie dabei eine Breite von 4 Linien, und eine Dicke von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{5}{8}$ Linie, so ist man gegen ein Krümmen derselben gelichert.

Um den *Schwerpunkt* meiner Nadel unter die *Axe* der Drehung zu bringen, welche durch den Mittelpunkt der Linie $\mu\nu$ geht, lasse ich unter der Nadel in ihrer Mitte ein Stückchen Messingblech ikl , Fig. 5, anlöthen, welches mit der Nadel eine gleiche Dicke hat. Auch habe ich mir eine Nadel, wie Figur 6 sie darstellt, gemacht, in welcher der Schwerpunkt sich nach Belieben höher oder niedriger bringen läßt. Auf der dünnen Hülle von Messingblech $\alpha\beta\gamma\delta$, welche über die Nadel gedrängt geschoben ist, und an der die *Axe* auf die oben gedachte Weise mit zwei abgestumpften Kegeln von Messing befestigt wird, stehn senkrecht auf $\mu\nu$, in gerader Linie, zwei kleinere Cylinder, längs welchen sich die beiden Kugelchen x und y herauf und herunter schieben lassen, und in jeder Lage durch bloße Reibung haften. Eine solche Nadel vertritt die Stelle mehrerer, mit Schwerpunkten von verschiedenen Lagen, und ist daher zu abgeänderten Beobachtungen über die magnetische Neigung von ausgezeichnetem Nutzen.

Folgendes ist das Verfahren, vermöge dessen ich es dahin bringe, daß die gerade Linie durch den Drehpunkt und den Schwerpunkt meiner Na-

deln genau senkrecht auf der Linie $\mu\nu$ steht, die Nadel folglich vor dem Magnetisiren nur dann zur Ruhe kömmt, wenn diese Linie horizontal ist; wodurch die weiterhin zu entwickelnde Berechnung abgekürzt wird. Ich stelle zuerst die Ebene des eingetheilten Kreises $mntq$ vertical, und so, daß das von dem höchsten Punkte b des Limbus herabhängende Bleiloth bei dem untersten Punkte d desselben vorbeigeht, und oben und unten genau den Theilstrich von 90° abschneidet, die beiden Nullpunkte der Theilung liegen dann folglich in der Horizontallinie ca . Da lege ich die Nadel, nachdem sie schon aus dem Groben gearbeitet ist, auf die Achatunterlagen, und untersuche, nachdem sie zur Ruhe gekommen ist, die Lage der geraden als Zeiger dienenden Linie $\mu\nu$. Weiset diese nicht genau auf die Punkte o, o , so schleife ich von der niedriger stehenden Hälfte der Nadel auf einem guten und feinen Schleifsteine etwas ab, so lange bis die Nadel sich nach vollendeten Schwingungen genau horizontal setzt. Bei einer nicht trägen Nadel ist dieses in einer solchen Vollkommenheit zu erreichen, daß sie, wenn man sie in Schwingung setzt, jedesmal entweder genau auf die Punkte o, o zurückkömmt, oder wenigstens ihnen so nahe, (da eine Einwirkung der Reibung nicht ganz aufzuheben ist,) daß, wenn man ein Mittel aus mehreren Beobachtungen nimmt, dieses ohne merklichen Fehler die Punkte o, o als diejenigen giebt, bei welchen die Nadel zur Ruhe kömmt. Und geschieht dieses, so ist es

gewiß, daß die gerade Linie, welche durch den Drehpunct und den Schwerpunct geht, auf $\mu\nu$ senkrecht steht.

Es ist eine Hauptsache bei diesem *Justiren*, so wie bei dem gewöhnlichen Aequilibriren, daß die Nadel frei von allem Magnetismus sey, sonst ist es unmöglich, eine genaue Inclinationsnadel zu verfertigen. Der Künstler darf daher, nachdem er die Nadel aus dem Groben gearbeitet und, um allen Magnetismus in ihr zu zerstören, mäßig geglüht hat, bei dem feinem Ausarbeiten und dem Schleifen derselben sich keiner Feile und keiner eisernen Instrumente, sondern blos des Schleifsteins bedienen, damit er sicher sey, daß die Nadel nicht wieder auf irgend eine Art Magnetismus annehme. Ist diese Arbeit zu Stande gebracht, so härtet man und justirt dann die Nadel auf die eben angegebene Weise. Um sich zu vergewissern, daß sie nicht im geringsten magnetisch sey, braucht man sie dann nur umzudrehen, so daß das Ende derselben, welches rechts war, nun links steht, und nachzusehn, ob sie auch in dieser Lage genau bei den Nullpuncten zur Ruhe kömmt. Hat man alle Vorsicht bei Verfertigung derselben beobachtet, so wird die Nadel auch in dieser Lage nur höchst selten von der Nulllinie abweichen. Man muß indeß das Justiren in möglichst kurzer Zeit vollenden, und während desselben die Ebene des Limbus in die Richtung von West nach Ost stellen, damit die Nadel nicht während der Arbeit durch den Erdmagnetismus etwas

magnetisirt werde. Bei der weiterhin zu entwickelnden Beobachtungsart ist indess völliger Mangel an Magnetismus in der Nadel nicht einmal eine wesentliche Bedingung.

Es kommt nun das *Magnetisiren* der Nadel an die Reihe. Damit dabei die Axe, die sich nach vollendetem Justiren nicht mehr abnehmen läßt, kein Hinderniß mache, legt man die Nadel auf ein hölzernes Bret in eine Vertiefung, welche die Axe eben noch in sich aufnimmt, und streicht die beiden Hälften derselben mit den entgegengesetzten Polen zweier starker und gleicher, parallelepipedischer Magnetstäbe, so daß die Pole stets die ganze Breite der Nadel bedecken; und was der bekannten Vorichtsregeln mehr sind. Nach einigen Strichen kehrt man die untere Seite der Nadel zu oberst, und streicht aufs neue dasselbe Ende mit demselben Pole als zuvor. Auf diese Art nimmt die Nadel schnell den größten Grad von Magnetismus an, dessen sie fähig ist, welches man daran erkennt, wenn die Nadel, nachdem sie auf die Achatplatten gelegt worden, in dem magnetischen Meridiane eine Neigung annimmt, die durch ferneres Streichen sich nicht vermehren läßt. Ist die Nadel nicht dicker als $\frac{1}{2}$ Linie, so reichen gewöhnlich 10 Striche hin, sie bis zur Sättigung zu magnetisiren. Da bei dem Streichen der Nadel viel darauf ankömmt, daß man nicht seitwärts abweiche, weil sonst die Pole der Nadel in andre Punkte als die äußersten μ, ν verletzt werden könnten, so

bringe man in dem Brete nicht bloß eine Vertiefung von der Gestalt der Nadel an, sondern bestimme auch, ihr parallel, ein Lineal, an das man die Seite des Magnetstabs beim Streichen andrücke; sehe auch darauf, daß die Polarfläche des Stabs immer möglichst senkrecht auf der Länge der Nadel bleibe.

3.

Was die übrigen Einrichtungen meines *Inclinations-Compasses* betrifft, den man in Fig. 1 Taf. IV abgebildet sieht, so bemerke ich darüber noch Folgendes: Wir haben schon gesehen, daß der eingetheilte Kreis *mntq* des Instrumentes von einem Ringe *abcd* rings umgeben ist, welcher ihn zu verstärken dient, und den man hier nach seiner Dicke sieht. Dieser Ring ist ungefähr 8 Linien breit und 1 Linie stark, und wird bei *a* und *c* an den messingnen Säulen *A, B* angeschraubt, welche die Achatpfannen tragen, auf denen die Axe der Inclinationsnadel aufliegt. Diese beiden Säulen sind fest und senkrecht in dem elliptisch gestalteten Fußbrette *TV* eingelassen, welches aus hartem und trockenem Holze besteht, 1 Zoll Dicke hat und unten und oben gut lackirt ist, damit es keine Feuchtigkeit aus der Luft einlaugt und sich nicht werfe. Will man die Kosten daran wenden, dieses Fußbrett von Messing machen zu lassen, so kann es viel dünner seyn. Mittelt die drei Schrauben *x, y, z* läßt es sich horizontal stellen, wobei man sich zweier gehörig richtiger Niveau's bedient, die man auf

das Fußbret in eine auf einander rechtwinklige Lage legt. Man bringt diese Schrauben so an, daß sie ein gleichseitiges Dreyeck bilden, und daß die Seite x parallel ist der Ebene des eingetheilten Kreises, und also die Schraube y blos dient; die Ebene des Limbus in die senkrechte Lage zu drehen. Sollte der Limbus nicht genau senkrecht auf dem Fußbrette stehn, so zeigt sich das an dem Bleiloth br , und man kann dann mittelst der Schraube y die nöthige Correction anbringen, ohne daß die Nulllinie ca aus der horizontalen Lage kömmt, in der sie sich befindet, wenn das Bleiloth genau durch die beiden 90° Punkte der Theilung geht. Um dieses sehn zu können, ist die eine Säule an einer Stelle durchbrochen. Der Limbus wird an den äußeren ihn umfassenden Ring nicht angelöthet, damit man ihn mit mäßiger Gewalt ein wenig in dem Ringe in seiner Ebene drehen könne, zu welchem Ende in dem Instrumente, das ich habe ausführen lassen, zwei kleine Scheiben (*orbiculi*) angebracht sind, welche um die Dicke des Limbus von einander abstehn, und gleichsam einen Einschnitt (*crena*) bilden, in welchem der Rand des Limbus durch bloße Reibung zurückgehalten wird; die eine dieser Scheiben ist an der innern Ebene des Ringes $abcd$ angelöthet, und die andre läßt sich herausnehmen. Zwar muß der Limbus gleich anfangs so gestellt seyn, daß das Bleiloth beide 90° Punkte beinahe durchschneidet, ganz genau läßt sich dieses aber nur durch ein Drehen desselben in

der Vertikalebne erreichen. Ist das aber einmal bewirkt, so können wir sicher seyn, daß jedesmal, wenn die Ebene TV nach der Wasserwage gestellt worden, auch das Bleiloth richtig einspielen, oder sich höchstens durch ein sehr geringes Drehen einer der beiden Schrauben x, z dazu bringen lassen werde.

Die kleinen messingnen Würfel i, k sind in dem Fußbrette so eingeschraubt, daß sich an zwei ihrer Seitenflächen ein Lineal anlegen läßt, und daß dieses dann dem Limbus parallel ist. Ein an die beiden Würfel h, g angelegtes Lineal steht dagegen auf das vorige und auf den Limbus senkrecht. An die Seitenflächen dieser Würfel wird ein genau parallelepipedischer Abweichungs-Compass LM gesetzt, mittelst dessen die Ebene des eingetheilten Kreises des Inclinatorii sich genau in den magnetischen Meridian bringen läßt, oder in eine Ebene, welche senkrecht auf den magnetischen Meridian steht. Zu dem Ende dreht man das ganze Instrument, bis es sich in einer Lage befindet, in welcher die Nadel des Abweichungs-Compasses über ihre Nulllinie schwebt. Die zwei Paar Dioptern t, v und u, w , welche senkrecht auf dem Fußgestelle stehn, dienen das Instrument, wenn man an derselben Stelle wiederholt beobachtet, sogleich in den magnetischen Meridian oder senkrecht auf denselben zu stellen, ohne daß man dazu aufs neue des Abweichungs-Compasses LM bedarf, dessen Gebrauch weitläufiger und beschwerlicher ist, besonders wenn

die Nadel desselben sehr empfindlich ist und erst nach langem Hin- und Her-Schwanken zur Ruhe kömmt. Zu dem Ende muß man an hinlänglich entfernten Gegenständen sich eine Marke gemacht haben, die bei richtiger Lage des Instruments in den Dioptern erscheint, und muß man das Instrument ziemlich genau immer an dieselbe Stelle setzen. Fehlt es indels an einem solchen bedeutend entfernten Gegenstande, so ist es nöthig, daß man jedesmal das Inclinatorium mittelst des Abweichungs-Compasses selbst in den magnet. Meridian, oder in eine Ebene senkrecht auf diesen bringe. Wenn dieser Compaß ungefähr 6 Zoll lang ist; und eine hinlänglich empfindliche Nadel hat, so erhält man bei gehörig beobachteter Vorlicht alle nöthige Genauigkeit. Da wir keiner andern Lage des Inclinatorii als jener beiden bedürfen, um die Neigung genau zu bestimmen, so scheint mir ein Azimuthalkreis eine überflüssige Sache zu seyn, da er das Inclinatorium ohne Noth zusammengesetzt und theuer macht. Oft habe ich mich der Bequemlichkeit halber zur Collocation des Inclinatorii, statt der Dioptern t und v , des Randes des Ringes $abcd$, der den Limbus umgiebt, bedient.

Fig. 2 Taf. IV zeigt den Mechanismus, den ich zu oberst an den Säulen CC habe anbringen lassen, damit man die achatnen Unterlagen, auf welchen die Axe der Nadel ruht, ein wenig aufwärts und seitwärts bewegen könne. st ist ein auf der Säule C aufgelöthetes, und $qrst$ ein ähnliches Viereck

aus Messing, welches sich mittelst der Schrauben m, m etwas höher oder tiefer stellen läßt. Die Achatpfanne ψ läßt sich in dem Einschnitte, worin sie sich befindet, in der Richtung $r\zeta$, mittelst der Schrauben u, u , etwas weiter rechts oder links bringen. Vermöge dieser Vorrichtung hat es keine Schwierigkeit, durch Anziehen und Nachlassen der Schrauben m, m und u, u die Lage der Axe mit hinlänglicher Genauigkeit zu berichtigen.

4.

Bevor ich mich zu der Methode wende, wie man mit diesem Inclinations-Compass beobachtet, will ich noch Einiges über die großen Vorzüge sagen, welche meine Einrichtung der Inclinations-Nadel vor der bisherigen hat, bei der die gehörige Aequilibrirung vor dem Magnetisiren immer bei weitem das Beschwerlichste, und ein Geschäft war, das eigentlich jeder Beobachter sich selbst hätte vorbehalten sollen, um im Stande zu seyn, ein richtiges Urtheil über die Genauigkeit der Beobachtungen, welche er mit einer Nadel anstellt, zu fällen. Dabei muß man bald von der rechten, bald wieder von der linken Seite, dann oben, dann unten etwas von der Nadel abschleifen, und nach unzähligen Versuchen kommt man, bei der Ungleichheit der Reibung an verschiednen Stellen der Spitzen der Nadel, doch nur dahin, daß dann die Nadel wohl in einigen Lagen in Ruhe bleibt, in andern aber nicht. Der Künstler weiß endlich nicht mehr, wo

er ihr beikommen soll, und begnügt sich endlich, nachdem seine Geduld erschöpft ist, damit, daß die Nadel in den mekresten Lagen in Ruhe bleibt, und von andern Puncten der Theilung ab sich nur höchst langsam in Bewegung setzt. Solche beinahe, aber nicht vollkommen äquilibrirte Nadeln weichen indess, nach dem Magnetisiren, in dem magnetischen Meridiane oft noch bedeutend von der wahren magnetischen Neigung ab.

Es ist daher nicht zu verwundern, daß, wenn man auf die Aequilibrirung von Inclinationsnadeln auch alle Mühe und Sorgfalt verwendet hat, so wie auf das gehörige Magnetisiren der scheinbar äquilibrirten Nadeln, man doch nur höchst selten dahin gelangt, ein Paar Nadeln zu erhalten, welche genau einerlei Neigung in dem magnetischen Meridiane annehmen. Meistens weicht ihre Lage in demselben um mehrere Grade von einander ab, wenn auch jede Nadel für sich sehr gut oscillirt, und ohne merklichen Fehler immer wieder an demselben Puncte des eingetheilten Verticalkreises zur Ruhe kömmt; und es hält dann schwer zu bestimmen, welche unter diesen abweichenden Nadeln eigentlich die wahre Neigung angiebt. In einer Ebene, die senkrecht auf dem magnetischen Meridiane ist, sollten auch, wie bekannt, alle solche Nadeln ganz genau vertical stehn; aber auch hier wird man in ihnen Abweichungen von mehreren Graden wahrnehmen, welches der sicherste Beweis ist, daß solche Nadeln vor ihrem Magnetisiren nicht

in allen Lagen sich ganz indifferent verhielten, indem dieses wegen des ungleichen Einflusses der Reibung kaum je zu erhalten ist. Denn so gering auch die Reibung ist, so kann sie doch leicht an manchen Stellen der Axe noch erheblich genug seyn, um ein kleines Drehungs-Moment, welches der Nadel zurückbleibt im Fall sie nicht genau in ihrem Schwerpunkte unterstützt ist, zu absorbiren oder zu verhüllen, welches Moment sich dann in völliger Wirkksamkeit zeigt, sobald die Nadel magnetisirt wird, und sich nun an einen Punct zur Ruhe stellt, wobei jenes Drehungsmoment durch die Reibung nicht überwunden wird, weil nun ein andrer Punct der Axe aufliegt. Ich habe dieses nicht blos an Nadeln bemerkt, welche ich selbst mit möglichstem Fleiße äquilibrirt und magnetisirt hatte, sondern auch an Nadeln, welche von sehr geschickten Künstlern verfertigt waren; sie gaben in den Bestimmungen der magnetischen Inclination keine so übereinstimmende Resultate, daß sie mich hätten befriedigen können. Es versteht sich, daß der Beobachter muß beurtheilen können, was hierbei auf eine etwa stattfindende Excentricität, auf Theilungsfehler des Limbus u. dgl. gerechnet werden muß, und auf bekannte Arten sich ausmitteln läßt.

Die Absicht, warum man nun aber bei Inclinations-Compassen äquilibrirte Nadeln verlangt, ist, daß solche an dem eingetheilten Vertikalkreise die magnetische Neigung *unmittelbar* angeben; und man sieht leicht, daß, wenn man von dieser

Forderung abgeht, man der Aequilibrirung und also der damit verbundenen Mühe ganz überhoben seyn kann, wenn man nur ein Mittel hat, aus der *beobachteten* Inclination die *wahre* auf irgend eine bequeme Art bestimmen zu können. Hierzu ist erforderlich, daß man den Winkel kenne, den eine nicht äquilibrirte Nadel vor ihrer Magnetisirung mit der Horizontallinie macht. Man denke sich eine Nadel, die nicht genau in ihrem Schwerpunkte unterstützt ist, der man also *absichtlich* ein so großes Drehungs-Moment verleiht, daß dieses hinlänglich ist, die Reibung zu überwäligen, und zu bewirken, daß die Nadel, ehe sie magnetisirt worden, immer an einem bestimmten Punkte des Randes zur Ruhe kömmt, und also nicht, wie äquilibrirte Nadeln, sich in jeder Lage indifferent verhalten soll. Die Nadel wird eine Lage annehmen, welche von dem Winkel abhängt, den eine Linie, von dem Schwerpunkte der Nadel nach ihrem Drehpunkte gezogen, mit der Mittellinie der Nadel machen würde, und man kann daher diesen Winkel an dem eingetheilten Vertikalkreise des Inclinations-Compasses messen. Gleichet man die Nadel so ab, daß sie sich vor dem Magnetisiren genau horizontal stellt, und also jener Winkel $= 0$ ist, so stellt sie gleichsam einen höchst empfindlichen Wagebalken vor, der dadurch, daß man seinen Schwerpunkt etwas unter den Drehpunkt fallen läßt, auf die bekannte Weise so lange hin und her oscillirt, bis der Schwerpunkt genau in eine Vertikallinie

unter den Unterstützungspunct fällt. Nur erwarte man aber nicht, daß ein solcher Wagebalken, nachdem er magnetisirt worden ist, sich im magnetischen Meridiane genau in die Richtung der magnetischen Kraft stellen werde. Aber man hat den Vortheil, daß er sich nach Vollendung seiner Schwingungen richtiger an einen bestimmten Punct des eingetheilten Limbus stellt, als gewöhnliche so genannte äquilibrirte Nadeln, welche der Ungleichheit der Reibung in ihren unterschiedenen Lagen mehr unterworfen sind, weil sie nicht, wie jener Wagebalken, schon eigenthümliches Moment genug haben, die aus der Reibung entstehenden Ungleichheiten zu überwältigen. Der andere Vortheil bei meiner Einrichtung ist, daß, wenn man der Nadel mit Fleiß ein gewisses Moment der Drehung läßt, damit sie sich stets in ein und dieselbe Lage vor dem Magnetisiren zur Ruhe setze, man der unfäglichen Mühe überhoben ist, welche die gewöhnliche Aequilibrirung der Nadeln erfordert, indess es wenig Mühe macht, eine Nadel nach meiner Einrichtung mit einem Schleiffsteine so abzugleichen, daß sie vor dem Magnetisiren in der Horizontal-lage ruht.

5.

Ich komme nun zu der *Methode*, mit einer Nadel meiner Einrichtung, und überhaupt mit jeder lebhaft schwingenden und bei wiederholten Versuchen immer an demselben Puncte der Theilung zur Ruhe kommenden Inclinations-Nadel, die

wahre Neigung der Magnetnadel an einem gegebenen Beobachtungsorte aufzufinden, oder, was auf dasselbe hinauskömmt, die wahre Neigung der magnetischen Kraft des Erdkörpers an diesem Orte zu bestimmen.

Es sey in Fig. 7 Taf. III μv die *Magnetnadel*, m ihr *Drehpunct*, mr eine *Vertikale* durch diesen Punct, und folglich μmr die *Vertikalebne*, in welcher die Nadel auf und nieder schwingt, und zur Ruhe kömmt, wenn der Limbus des Inclinations-Compass'es vertical gestellt ist; denn eine gehörig eingerichtete und auf ihren Unterlagen aufgelegte Nadel ist in der Ebene des Limbus zu schwingen genöthigt. Befände sich diese verticale Ebene in dem magnetischen Meridian, so würde eine vollkommen äquilibrirte Nadel mit ihrem Nordpol unter der Horizontallinie ca (Fig. 7 Taf. IV) ganz genau in die Richtung der magnetischen Kraft herablinken, und also würde der Winkel μmr genau das Complement der wahren magnetischen Neigung zu 90° seyn. Wir wollen aber der Allgemeinheit wegen annehmen, die Nadel sey weder vollkommen äquilibrirt, noch sey der Vertikalkreis, in welchem sie schwingt, in dem magnetischen Meridiane.

A. Es sey also g der *Schwerpunct* der Nadel, und man setze den Abstand des Schwerpuncts vom Drehpuncte $mg = g$, und den Winkel $\mu mg = \gamma$. Immer aber muß, vermöge der Construction der Nadel, ihr Schwerpunct in derjenigen Ebne liegen, in welcher

sie schwingt, und muß also auch der Winkel μmg sich in dieser Ebene befinden.

B. Nun sey μk die Richtung der magnetischen Kraft des Erdkörpers. Zieht man daher $\mu \rho$ vertical, so ist die Ebene des Winkels $k\mu\rho$ die *Vertikalebene* durch den *magnetischen Meridian*, und mit dieser macht die Vertikalebene durch die Nadel (nämlich μmr oder $\sigma\mu\rho$, wenn $m\mu$ bis σ verlängert wird) einen Winkel, den ich $=\gamma$ setze. Der Durchschnitt der Vertikalebenen durch die Nadel und durch den magnet. Meridian ist die Vertikale $\mu\rho$, und zieht man daher von einem Punkte τ derselben senkrechte Linien, τk , $\tau \zeta$, auf diese Durchschnittslinie in den beiden Ebenen, so ist der Winkel dieser beiden Linien, $k\tau\zeta$, der Neigungswinkel der beiden Vertikalebenen, der durch die Nadel und der durch den magnetischen Meridian. Setzen wir überdem die *wahre magnetische Neigung* $=i$ und den Winkel $k\mu\rho = \alpha$, so ist $i = 90^\circ - \alpha$.

C. Es sey endlich $\nu\mu$ die Lage der *Ruhe der Nadel*, und der Winkel $\sigma\mu\rho = \mu mr = \varphi$. Wenn man folglich von allen Kräften, welche die Nadel sollicitiren, die Momente in sofern nimmt, als sie in der Ebene $\sigma\mu\rho$ und senkrecht auf $\mu\nu$ wirken, so muß die Summe aller dieser Momente $=0$ seyn, da nach den Grundgesetzen der Mechanik die Nadel nur unter dieser Bedingung in der Lage $\mu\nu$ ruhen kann. Die *Kräfte* aber, welche die Nadel sollicitiren, sind: *erstens* die magnetische Kraft $=M$, in der Richtung μk wirkend, und *zweitens* das Ge-

wicht der Nadel $= P$, welches wir uns als in dem Schwerpunkte g der Nadel vereint und in der Vertikale gw wirkend zu denken haben.

D. Wir wollen zuerst, die nach μk wirkende magnetische Kraft $= M$ betrachten, welche mit der Vertikale den Winkel $k\mu\rho = \alpha$ macht, und in der Ebene dieses Winkels wirkt. Der Winkel dieser Ebene mit der Vertikalebene durch die Nadel, μmr oder $\sigma\mu\rho$, ist, wie wir unter B. gesehen haben, $k\tau\zeta = \gamma$; zieht man in der Ebene dieses Winkels $k\delta$ senkrecht auf $\tau\zeta$, so steht $k\delta$ auf die ganze Ebene $\sigma\mu\rho$ senkrecht. Nun ist $k\tau = k\mu \cdot \sin. k\mu\tau$, und $k\mu\tau = k\mu \cdot \cos. k\mu\tau$. Folglich ist der Theil der magnetischen Kraft, welcher wirkt

nach $k\tau = M \cdot \sin. \alpha$, und nach $\mu\tau = M \cdot \cos. \alpha$.

Und da ferner $k\delta = k\tau \cdot \sin. k\tau\delta$, und $\tau\delta = k\tau \cdot \cos. k\tau\delta$ ist, so ist der Theil der magnetischen Kraft, welcher wirkt

nach $k\delta = M \cdot \sin. \alpha \cdot \sin. \gamma$, u. nach $\tau\delta = M \cdot \sin. \alpha \cdot \cos. \gamma$.

Die Kraft nach $k\delta$ wirkt senkrecht auf die Vertikalebene durch die Nadel, ist also ohne Einfluß auf die Bewegung der Nadel in dieser Ebene, daher bei dieser nur die beiden Theile der magnetischen Kraft in Anschlag kommen, welche wirken

nach $\mu\tau = M \cdot \cos. \alpha$, und nach $\tau\delta = M \cdot \sin. \alpha \cdot \cos. \gamma$.

[Und zwar auch diese beiden Theile der magnetischen Kraft nicht ganz, sondern von jedem derselben trägt zum Drehen der Nadel nur derjenige Theil etwas bei, welcher senkrecht auf die Nadel $m\mu$ gerichtet ist. Zieht man daher von τ senkrecht

auf $m\mu\sigma$ die gerade Linie $\tau\mu$ (Fig. 8), und zieht ferner δs parallel $\tau\mu$, und μs parallel $\tau\delta$, und endlich $s\beta$ senkrecht auf die Nadel $m\mu\sigma$, so wirkt zum Drehen der Nadel.

von der nach $\mu\tau$ gerichteten Kraft, nur der Theil, welcher nach der Richtung $\omega\tau$ wirkt, und sich (da $\sigma\mu\tau = \varphi$ ist) zur Kraft nach $\mu\tau$ wie $\sin. \varphi : 1$ verhält, also $= M. \cos. \alpha. \sin. \varphi$ ist;

und von der nach $\tau\delta$ ($= \mu\epsilon$) gerichteten Kraft nur der Theil, welcher in der Richtung βs wirkt, und sich zur Kraft nach $\tau\delta$ ($= \mu\epsilon$) wie $\sin. \sigma\mu s$ ($= \cos. \varphi$) : 1 verhält, also $= M. \sin. \alpha. \cos. \gamma. \cos. \varphi$ ist.

Und da diese beiden Kräfte die Nadel, (weil ihre nördliche Hälfte unter der Horizontallinie liegt,) nach entgegengesetzter Richtung zu drehen streben, so ist ihre Größe zusammengenommen

$$= M. \cos. \alpha. \sin. \varphi - M. \sin. \alpha. \cos. \varphi. \cos. \gamma \text{ *),]}$$

Diese Kraft ist es, welche im Punkte μ senkrecht auf die Mittellinie der Nadel $m\mu$ wirkt. Setzen wir daher die *halbe Länge der Nadel* oder $m\mu = k$, so ist das *Moment der magnetischen Kraft*. so fern sie die Nadel in ihrer Ebne um den Punct m zu drehen strebt,

$$= Mk (\cos. \alpha. \sin. \varphi - \sin. \alpha. \cos. \varphi. \cos. \gamma \text{ **}).$$

*) Ich bin hier, in dem Eingeklammerten, von dem Vortrage des Originals abgewichen, indem dieses Resultat dort auf einem andern Wege, mittelst mehrerer Formeln, und vielleicht minder lichtvoll abgeleitet wird. *Gilbert.*

**) Da die Nadel nicht blos in ihren Endpunkten, sondern in der ganzen Länge bis zu dem Indifferenzpuncte magne-

E. Wir kommen nun zu der *Kraft der Schwere*. Das ganze Gewicht der Nadel $\equiv P$ läßt sich in dem Schwerpunkte derselben g vereint denken, und wirkt in der Richtung der Vertikale $g\omega$. Der Theil desselben, der in der verlängerten Richtung der Linie mg , das ist nach gl wirkt, trägt zu dem Drehen der Nadel um den Drehpunkt m nichts bei; es wirkt dazu blos der Theil, welcher nach $g\lambda$, senkrecht auf mg gerichtet ist, und sich zur Kraft nach $g\omega$ wie $\sin. g\omega\lambda : 1$ verhält. Nun aber ist $g\omega\lambda = \tan = \mu r - \mu mg = \phi - \eta$ (C und A). Also ist die Kraft nach $g\lambda = P. \sin. (\phi - \eta)$, und da wir $mg = g$ gesetzt haben (A), so ist das Mo-

tisch ist, so wirkt die nördliche magnetische Kraft, welche durch ihre Anziehung die Nordhälfte in den magnetischen Meridian dreht und in ihm neigt; nicht blos auf den Endpunkt μ , sondern auf alle Punkte der Nordhälfte der Nadel mit stark abnehmender Intensität nach dem Indifferenzpunkte zu; überdem wird die Südhälfte der Nadel durch ganz gleiche Kräfte nach Süden des magnetischen Meridians hingezogen, und in ihm aufwärts geneigt. Es könnte daher scheinen, die Berechnung, wie sie hier geführt wird, sey sehr mangelhaft. Für alle magnetische Kräfte, welche anziehend auf die Nordhälfte der Nadel wirken, muß es aber eben so einen Mittelpunkt der magnetischen Wirkung, wie für die sollicitirenden Wirkungen der Schwere einen Mittelpunkt der Schwere geben, und ein ähnlicher Mittelpunkt der magnetischen Anziehung nach Süden findet sich in der Südhälfte der Nadel; beide liegen auf eine ähnliche Art, und werden von gleich starken Kräften sollicitirt. Man denke sich daher unter μ den Mittelpunkt der Wirkung aller nördlichen magnetischen Anziehungen auf die Nadel, und nicht den äußersten Punkt der Nadel, und unter M die Summe der ganzen magnetischen Nord- und Süd-Kraft, welche die Nadel sollicitirt, so bleibt bei der hier geführten Berechnung kein Bedenken. *Gilbert.*

ment der Schwerkraft, beim Drehen der Nadel um den Punct m, $= Pg. \sin.(\varphi - \eta)$.

F. Wenn also die Nadel in der Lage $\mu\nu$ ruht, so muß nothwendig seyn (C)

$$Mk (\sin.\varphi . \cos.\alpha - \sin.\alpha . \cos.\varphi . \cos.\eta) + Pg. \sin.(\varphi - \eta) = 0. \quad (I)$$

Oder, wenn wir der Kürze halber $\frac{Pg}{Mk} = e$ setzen,

$$\sin.\varphi . \cos.\alpha - \sin.\alpha . \cos.\varphi . \cos.\eta + e. \sin.(\varphi - \eta) = 0$$

Und setzt man in dieser Gleichung für $\sin.(\varphi - \eta)$ den entwickelten Werth $\sin.\varphi \cos.\eta - \cos.\varphi \sin.\eta$, so findet sich daraus

$$\text{tang. } \varphi = \frac{\sin.\alpha . \cos.\eta + e. \sin.\eta}{\cos.\alpha + e \cos.\eta} \quad (II)$$

Wüßte man bei einer Beobachtung genau die Größen γ , η und e , so ließe sich mittelst dieser Formel der Winkel $\varphi = \mu\rho$ berechnen, unter welchem die Nadel mit der Horizontallinie zur Ruhe kommen müßte, wenn die magnetische Neigung $i = 90^\circ - \alpha$ wäre. Und umgekehrt ließe sich dann aus der Formel I, wenn man den Winkel φ mässe, α und die wahre Neigung der magnetischen Kraft, i , ableiten.

G) Bei einer vollkommen äquilibrirten Nadel ist $g = 0$, folglich auch $e = \frac{Pg}{Mk} = 0$, und also

$$\text{tang. } \varphi = \frac{\sin.\alpha . \cos.\eta}{\cos.\alpha} = \text{tang. } \alpha . \cos.\eta.$$

Befindet sich die Nadel in dem Vertikalkreise durch die magnetische Mittagslinie, so ist überdem $\eta = 0$, folglich $\text{tang. } \varphi = \text{tang. } \alpha$, und $\varphi = \alpha$; der

Winkel, den die Nadel mit der Horizontallinie macht, ist also in diesem Falle gleich der wahren magnetischen Neigung.

Durchschneidet dagegen die Vertikalebene durch die Nadel den magnetischen Meridian rechtwinklich, so daß $\gamma = 90^\circ$ ist, so wird $\cos. \gamma$, also auch $\tan g. \phi$, also auch $\phi = 0$; die Nadel kömmt also in diesem Fall in der Verticallinie zur Ruhe.

H. *Nicht-äquilibrirte Nadeln* kommen in der Verticalebene durch die magnetische Mittagslinie, für welche $\gamma = 0$ und also $\cos. \gamma = 1$ ist, unter einem andern Winkel als dem der wahren magnetischen Neigung zur Ruhe, da für sie ist

$$\tan g. \phi = \frac{\sin. \alpha + e \sin. \eta}{\cos. \alpha + e \cos. \eta} \quad (\text{III})$$

Wollte man aus dieser Gleichung die wahre Neigung der magnetischen Kraft, $i = 90^\circ - \alpha$ herleiten, so müßten die Größen ϕ , e , η genau bekannt seyn. Der Winkel ϕ , unter welchem die Nadel sich zur Ruhe setzt, läßt sich an dem eingetheilten Kreise des Inclinations - Compasses beobachten. Hat man eine nicht-äquilibrirte Nadel so justirt, daß sie vor dem Magnetisiren vollkommen horizontal schwebt, so ist $\eta = 90^\circ$. Allein die Größe $e = \frac{P g}{M k}$ bleibt immer unbekannt, da g und M schwer zu bestimmen sind. Ich will hier indeß auch nicht einmal den Winkel η als bekannt annehmen, indem Nadeln vorkommen können, welche nicht vollkommen justirt sind, und nun zeigen, wie

man durch Beobachtung einiger Lagen (Φ) der Nadel (in dem magnetischen Meridiane, Gleichungen genug erhalten kann, um diese unbekannten Größen heraus zu schaffen.

Man beobachte in dem Vertikalkreise durch den magnetischen Meridian, wenn also $\gamma = 0$ ist, zuerst die Nadel, wenn sie wie gewöhnlich liegt; in diesem Falle wollen wir $\Phi = F$ setzen, und dieses giebt uns die *erste* Gleichung

$$\text{tang. } F = \frac{\sin. \alpha + e \sin. \eta}{\cos. \alpha + e \cos. \eta} \quad (\text{IV})$$

Man lege dann die Nadel um, so daß die untere Seite die obere werde, und also der Winkel $\mu mg = \eta$ jetzt oberhalb der Nadel liege, wie in Fig. 9. Sie muß nun unter einem andern Winkel $\Phi = \mathfrak{F}$ als zuvor zur Ruhe kommen, da der Winkel η in diesem Falle negativ ist, und dieses giebt uns die *zweite* Gleichung

$$\text{tang. } \mathfrak{F} = \frac{\sin. \alpha - e \sin. \eta}{\cos. \alpha + e \cos. \eta} \quad (\text{V})$$

Könnten wir sicher seyn, daß die Nadel vor dem Magnetisiren ganz vollkommen justirt, und also η genau 90° sey, so reichten diese beiden Gleichungen hin, uns die wahre Neigung zu geben. Denn

$$\text{dann ist } \text{tang. } F = \frac{\sin. \alpha + e}{\cos. \alpha} \text{ und } \text{tg. } \mathfrak{F} = \frac{\sin. \alpha - e}{\cos. \alpha},$$

$$\text{also } \frac{\text{tg. } F + \text{tg. } \mathfrak{F}}{2} = \text{tg. } \alpha \text{ und } i = 90^\circ - \alpha.$$

Ist die Nadel nicht vollkommen justirt, und ist also η unbekannt, so müssen wir noch eine dritte

Gleichung haben. Diese können wir erhalten, wenn wir Beobachtungen in der Vertikalebene, welche senkrecht auf den magnetischen Meridian steht, zu Hülfe nehmen. In ihr ist $\gamma = 90^\circ$, also $\text{col. } \gamma = 0$, und setzen wir die den vorigen Werthen von φ in diesem Falle entsprechenden Werthe F' und $\mathfrak{F}'$, so haben wir aus II

$$\text{tang. } F' = \frac{e. \sin. \eta}{\text{col. } \alpha + e. \text{col. } \eta} \quad (\text{VI})$$

$$\text{tang. } \mathfrak{F}' = \frac{-e. \sin. \eta}{\text{col. } \alpha + e. \text{col. } \eta} \quad (\text{VII})$$

Aus einer dieser beiden Gleichungen und den beiden vorigen wäre es leicht, die Werthe von e , η , α abzuleiten.

Es scheint aber rathlämmer zu seyn, sich bloß auf Beobachtungen in dem magnetischen Meridiane zu beschränken. Diese lassen sich auf folgende Weise erhalten. Man kehre die Pole der Nadel um, durch Streichen mit den entgegengesetzten Polen der Magnetstäbe, als durch die sie zuvor magnetisirt worden sind. Wenige Striche pflegen dazu hinzureichen, und man kömmt damit in weniger als einer Minute zu Stande; wobei ich bemerkt habe, daß es desto leichter von Statten geht, je öfter man die Pole der Nadel schon umgekehrt hat. Da nun die Spitze ν unter der Horizontalinie herabsinkt, und die Nadel die Lage annimmt, welche Fig. 10 zeigt, so wird in diesem Fall $\eta = \nu mg$, und müssen wir also in der vorigen Formel für φ (III), statt η , das Complement $180 - \eta$

setzen. Und da $\sin.(180 - \eta) = \sin.\eta$ ist, und $\cos.(180 - \eta) = -\cos.\eta$, erhalten wir für diesen Fall

$$\text{tang. } \varphi = \frac{\sin.\alpha + s.\sin.\eta}{\cos.\alpha - s.\cos.\eta} \quad (\text{VIII})$$

worin s statt e gesetzt ist, weil es möglich wäre, daß die Nadel beim Verkehren der Pole nicht ganz so viel Magnetismus annähme, als sie zuvor gehabt hatte. Bezeichnen wir die Werthe von φ , welche die Beobachtung für diesen Fall giebt, mit G und beim Umlegen der Nadel mit $\mathfrak{G}$, so erhalten wir noch folgende Gleichungen:

$$\text{tang. } G = \frac{\sin.\alpha + s.\sin.\eta}{\cos.\alpha - s.\cos.\eta} \quad (\text{IX})$$

$$\text{tang. } \mathfrak{G} = \frac{\sin.\alpha - s.\sin.\eta}{\cos.\alpha + s.\cos.\eta} \quad (\text{X})$$

Nimmt man dazu die vorigen

$$\text{tang. } F = \frac{\sin.\alpha + e.\sin.\eta}{\cos.\alpha + e.\cos.\eta} \quad (\text{IV})$$

$$\text{tang. } \mathfrak{F} = \frac{\sin.\alpha - e.\sin.\eta}{\cos.\alpha + e.\cos.\eta} \quad (\text{V})$$

so lassen sich mittelst ihrer aus den beobachteten Werthen $F, G, \mathfrak{F}, \mathfrak{G}$ die unbekannten Größen e, s, η, α bestimmen.

Ich beschränke mich hier ein auf die Bestimmung von α , aus welcher sich unmittelbar die wahre Neigung der Magnetnadel $i = 90^\circ - \alpha$ ergibt. — Aus Gleichung IV folgt

$$\frac{\text{tg. } F \cdot \cos.\alpha - \sin.\alpha}{\sin.\eta - \text{tg. } F \cos.\eta} = e$$

und eben so aus Gleichung V

$$\frac{\operatorname{tg.} \mathfrak{F} \cdot \operatorname{col.} \alpha - \sin. \alpha}{\sin. \eta + \operatorname{tg.} \mathfrak{F} \cdot \operatorname{col.} \eta} = - a$$

und aus beiden ergibt sich

$$\begin{aligned} (\operatorname{tg.} F \cdot \operatorname{col.} \alpha - \sin. \alpha) \cdot (\operatorname{tg.} \eta + \operatorname{tg.} \mathfrak{F}) = \\ (\sin. \alpha - \operatorname{tg.} \mathfrak{F} \cdot \operatorname{col.} \alpha) \cdot (\operatorname{tg.} \eta - \operatorname{tg.} F) \end{aligned}$$

$$\text{oder } \operatorname{tg.} \eta = \frac{(\operatorname{tg.} F - \operatorname{tg.} \mathfrak{F}) \sin. \alpha}{2 \sin. \alpha - (\operatorname{tg.} F + \operatorname{tg.} \mathfrak{F}) \operatorname{col.} \alpha}$$

Auf ganz gleiche Weise ergibt sich aus Gleichung IX und X

$$\operatorname{tg.} \eta = \frac{(\operatorname{tg.} G - \operatorname{tg.} \mathfrak{G}) \sin. \alpha}{(\operatorname{tg.} G + \operatorname{tg.} \mathfrak{G}) \operatorname{col.} \alpha - 2 \sin. \alpha}$$

Und setzen wir der Kürze halber

$$\operatorname{tg.} F + \operatorname{tg.} \mathfrak{F} = A \quad ; \quad \operatorname{tg.} F - \operatorname{tg.} \mathfrak{F} = B \quad ;$$

$$\operatorname{tg.} G + \operatorname{tg.} \mathfrak{G} = C \quad ; \quad \operatorname{tg.} G - \operatorname{tg.} \mathfrak{G} = D \quad ;$$

so folgt aus diesen beiden Werthen von $\operatorname{tg.} \eta$

$$\frac{B \operatorname{tg.} \alpha}{2 \operatorname{tg.} \alpha - A} = \frac{D \cdot \operatorname{tg.} \alpha}{C - 2 \operatorname{tg.} \alpha}$$

und daraus

$$2 \operatorname{tang.} \alpha = \frac{A \cdot D}{B + D} + \frac{B \cdot C}{B + D} \quad (\text{XI})$$

in welchem Ausdrücke alle Theile durch Logarithmen zu berechnen sind.

I. Da an der Inclinations-Nadel kein Vernier angebracht werden darf, mittelst dessen die Winkel $F, \mathfrak{F}, G, \mathfrak{G}$ bis auf Minuten genau beobachtet werden könnten, so kann man die kleineren Theile der Grade nur nach dem Augenmaße schätzen *).

*) So wie an der Quecksilberfäule eines Barometer sich kein Vernier unmittelbar anbringen, das Instrument aber doch mit einem Hundertel von Linien angehenden Ver-

Da sich aber dabei Irrungen von vielen Minuten nicht vermeiden lassen, so muß man für jeden dieser Winkel das arithmetische Mittel aus vielen Beobachtungen nehmen. Vor jeder einzelnen Beobachtung hebe ich die Nadel auf und lege sie aufs neue auf die Achat-Unterlagen, damit in dem arithmetischen Mittel die Irrthümer, wo möglich, sich aufheben mögen, welche bei diesem Auflegen dadurch entstehen können, daß die Spitzen der Axen, so gut man sie auch gemacht hat, immer noch eine unmerkbare Rauigkeit behalten, und daß es unmöglich ist, sie genau auf die vorigen Punkte der Unterlage zu bringen; welches nicht einmal rathsam seyn würde, weil dadurch ein *constanter Fehler* begründet werden könnte. Bei diesem Auflegen der Nadel ist Vorsicht nöthig, damit sie lebhaft schwinde, ehe sie zur Ruhe kömmt. Der Bequemlichkeit halber pflege ich die Theile eines Grades nach Zehntel zu schätzen; für jeden Winkel mache ich gewöhnlich 10 Beobachtungen. Bogen, welche

nier sich verfehn lust, so kann unstreitig auch der Limbus des Inclinations-Compasses mit einem concentrischen, verschiebbaren, und nach Art der Vernier eingetheilten Kreisbogen verfehn werden, dessen Mittelpunkt in die auf der Nadel aufgesessene Linie des Ablehens $\mu\nu$ zu bringen, wegen der ausnehmenden Beweglichkeit der Nadel zwar viel Schwierigkeit haben, aber doch wohl möglich seyn möchte. Hr. Hofr. Mayer scheint einen solchen Vernier aus dem für Viele sehr zu beachtenden Grunde weggelassen zu haben, weil er das Inclinatorium bedeutend vertheuern würde, und es doch noch die Frage ware, ob der Inclinations-Compass dadurch in eben dem Grade an Genauigkeit zunehmen dürfte. *Gilberts.*

links von dem untersten Punkte d (Taf. IV Fig. 1) liegen, wie td , rechne ich für positiv; solche, die rechts von diesem Punkte liegen, wie dq , für negativ. Man kann auch zugleich die Bogen bn , bm beobachten, welche den Bogen dt und dq gleich seyn müssen, wenn keine Fehler der Theilung und der Excentricität Statt finden.

Mein Inclinations-Compass ist übrigens so eingerichtet, daß sich der Limbus und die Nadel in einen Kasten mit gläsernen Wänden einschließen lassen, der auf dem Fußbrette TV steht, und die Nadel gegen Luftzug schützt, der besonders bei Beobachtungen in freier Luft schädlich einwirken würde.

6.

Es ist noch übrig, daß ich die hier entwickelte Methode, die magnetische Neigung zu beobachten, durch *Beispiele* erläutere.

Erstes Beispiel. Am 2. März 1814, nachdem ich den Limbus des Inclinations-Compasses mit aller möglichen Sorgfalt in den magnetischen Meridian von Göttingen gebracht hatte, stellte ich mit einer nach meiner Art justirten und magnetisirten Nadel folgende Beobachtungen an: Die Nadel wurde auf die Achatunterlagen gehörig aufgelegt, und setzte sich in die Lage nt (Fig. 2), in welcher der Nordpol t links von der senkrechten bd , um den Bogen td von dem untersten Punkte d abliand, welcher genau in das Bleiloth fiel. Diesen Bogen fand

ich in 10 wiederholten Beobachtungen von folgender Größe:

$$\begin{array}{rcl} \text{ed} = 56^{\circ}.4 & ; & 57.3 \\ 56.1 & ; & 57.0 \\ 57.0 & ; & 57.2 \\ 56.2 & ; & 56.1 \\ 57.0 & ; & 57.3 \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{das Mittel ist} \\ 56^{\circ}.76\frac{1}{2} \text{ also} \\ F = 56^{\circ} 45' \end{array}$$

Darauf wurde die Nadel umgekehrt, so daß die untere Seite die obere wurde; sie kam in der Lage $m\eta$ zur Ruhe, so daß der Nordpol der Nadel sich in η , rechts vom Perpendikel bd befand, und von dem untersten Punkte um den Bogen $d\eta$ abstand. Ein Mittel aus 10 Beobachtungen gab diesen Bogen $= 32^{\circ} 13'$. Folglich war $\S = -32^{\circ} 13'$. Nun wurden die Pole der Nadel durch Streichen umgekehrt, und Mittel aus 10 Beobachtungen für jeden Winkel gaben folgende Werthe

$$G = 50^{\circ} 12', \text{ und } \S = -28^{\circ} 10'.$$

Diesem zu Folge ist:

$$\begin{array}{rcl} \text{tang. } F = 1.5252 & & \text{tang. } G = 1.2002 \\ \text{tang. } \S = -0.6301 & & \text{tang. } \S = -0.5354 \\ \text{Also } A = 0.8951 & & C = 0.6648 \\ B = 2.1553 & & D = 1.7356 \\ \text{und } B + D = 3.8909. \end{array}$$

$$\text{Nun aber ist } 2 \text{ tang. } \alpha = \frac{A \cdot D}{B + C} + \frac{E \cdot C}{B + C}$$

$$\begin{array}{rcl} \log. A = 9.95187 & ; & \log. B = 0.33350 \\ \log. D = 0.23944 & & \log. C = 9.82269 \\ \hline & & 0.19151 \\ \log. (B + C) = 0.58994 & & 0.58994 \\ \hline & & 9.60137 \end{array}$$

Zu diesen beiden Logarithmen gehören die Zahlen 0.39931 und 0.30835, deren Summe 0.70766 beträgt. Folglich ist

$$\text{tang. } \alpha = 0.38585, \text{ und } \alpha = 21^{\circ} 0'$$

und daher die wahre magnetische Neigung

$$i = 90^\circ - \alpha = 69^\circ 0'.$$

Zweites Beispiel. Mit einer andern Nadel fand ich ganz auf dieselbe Weise

$$\begin{array}{ll} F = 54^\circ 22' & ; \quad \mathfrak{F} = - 52^\circ 0' \\ G = 55^\circ 0' & ; \quad \mathfrak{G} = - 33^\circ 20' \end{array}$$

Diese Nadel war besser justificirt als die erste, da die Werthe F und G jetzt sich weniger verschieden fanden als zuvor; eben so die Werthe $\mathfrak{F}$ und $\mathfrak{G}$. Ist eine Nadel vollkommen nach meiner Einrichtung abgeglichen, und ganz genau $\eta = 90^\circ$, so würden F und G ganz gleich seyn müssen, und eben so $\mathfrak{F}$ und $\mathfrak{G}$, vorausgesetzt, daß die von dem Magnetismus der Nadel abhängenden Werthe e und s genau dieselben sind, wovon wir indess nicht ganz gewiß seyn können. Berechnen wir diese Beobachtungen auf dieselbe Art, wie die vorigen, so findet sich

$$\alpha = 21^\circ 3', \text{ also } i = 68^\circ 57',$$

nur um 3' von dem vorigen Resultate abweichend.

Drittes Beispiel. Am 28. März fand ich mit einer dritten Nadel folgende Werthe:

$$\begin{array}{ll} F = 33^\circ 52' & ; \quad \mathfrak{F} = 3^\circ 54' \\ G = 34^\circ 7' & ; \quad \mathfrak{G} = 4^\circ 32' \end{array}$$

Aus diesen sämtlich positiven Werthen ergibt sich an diesem Tage

$$\alpha = 20^\circ 31' \text{ und also } i = 69^\circ 29'.$$

Also können wir annehmen, daß die *mittlere Neigung der Magnetnadel, im Monate März*

1814, in dem magnetischen Meridiane von Göttingen betragen habe $69^{\circ} 14'$.

7.

Auf diese Weise läßt sich, nach meiner Methode, mit jeder Inclinations-Nadel, welche uns in der Ausübung vorkömmt, die wahre Neigung der magnetischen Kraft auffinden, wofern nur die Nadel mit Lebhaftigkeit schwingt, und erst nach vielen Schwingungen zur Ruhe kömmt. Fehlt ihr diese Vollkommenheit nicht, so brauchen wir uns nicht darum zu bekümmern, ob sie vor dem Magnetisiren vollkommen äquilibrirt, oder nach meiner Methode vollkommen justirt worden sey, oder nicht; welches jedem Beobachter, wie ich hoffe, angenehm seyn wird. Es ist indeß aus andern Gründen nicht rathsam, Nadeln zu nehmen, welche gar nicht äquilibrirt oder justirt sind; nur gewährt meine Methode den Vortheil, daß man bei dem Aequilibriren oder Justiren nicht sehr ängstlich zu seyn braucht, und auch mit einer Nadel, der man nicht die höchste Vollkommenheit zu geben vermag, doch die wahre Neigung der magnetischen Kraft genau bestimmen kann.

Eine vollkommen äquilibrirte Nadel würde in dem magnetischen Meridiane, statt der Winkel F, G, H, I, sogleich den Winkel α , und durch ihn die wahre Neigung der magnetischen Kraft geben. In den hier angegebenen Beispielen

weichen die Winkel F und G sehr weit von α ab, weil der Schwerpunkt der Inclinations-Nadeln, deren ich mich bedient habe, bedeutend weit von dem Drehpunkte abstand. In einer Nadel, wie sie in Fig. 6 abgebildet ist, läßt sich der Schwerpunkt dem Drehpunkte, mittelst Verschiebung der kleinen Kügelchen x und y , beliebig näher bringen, und dadurch werden auch die Werthe von F und G dem von α genähert, wie das nöthig ist, wenn sich finden sollte, daß das Drehungsmoment, welches von dieser Excentricität abhängt, im Vergleich mit dem von der magnetischen Kraft abhängenden, zu groß wäre.