

B e s c h r e i b u n g
der
an der Münchener Sternwarte
zu den Beobachtungen
verwendeten
neuen Instrumente und Apparate.

Von
Dr. Lamont.

Mit 8 Tafeln.

Inhalt.

- I. Registrirende meteorologische Instrumente.
 - II. Registrirende magnetische Instrumente.
 - III. Galvanischer Zeitregistrirungs-Apparat.
 - IV. Registrirungs-Apparat für Declinations-Beobachtungen.
 - V. Das Electrometer.
 - VI. Das galvanische Pendel.
 - VII. Der Höhensector.
 - VIII. Das Differential-Inclinatorium.
 - IX. Die magnetische Waage.
-

Beschreibung
der
an der Münchener Sternwarte zu den Beobach-
tungen verwendeten neuen Instrumente
und Apparate.

Von
Dr. Lamont.

Einleitung.

Im Laufe der letzt verflossenen Jahre sind zur Ausführung der verschiedenen Arbeiten, welche zum Wirkungskreise der Sternwarte gehören, mehrere neue Instrumente und Apparate eingerichtet worden, wovon ich in den folgenden Blättern eine kurze Beschreibung zu geben beabsichtige. Eine solche Beschreibung scheint mir aus zweierlei Gründen zweckmässig und nützlich: einmal gewährt sie die nöthige Grundlage zur Beurtheilung des Werthes der von unserer Anstalt bekannt gemachten Beobachtungsreihen, dann kann sie aber auch, unabhängig von den erzielten Resultaten, als ein Beitrag zur Instrumentenlehre betrachtet werden.

Um von den in dieser Abhandlung vorkommenden Instrumenten eine allgemeine Idee zu geben, will ich hier voraus Einiges über ihren Zweck und ihre Entstehung anführen.

Es ist gegenwärtig wohl allgemein anerkannt, dass registrirende oder selbstschreibende Instrumente zur Förderung der Me-

teorologie und zur Erforschung der Verhältnisse des Erdmagnetismus, unabweisbares Bedürfniss sind. Ohne eine stündliche, Tag und Nacht fortgesetzte Beobachtungsreihe kann man die vorgehenden Aenderungen nicht gehörig verfolgen; eine solche Beobachtungsreihe aber durch Gehülfen ausführen zu lassen, erfordert Geldmittel, wie sie nur ausnahmsweise begünstigte Anstalten hie und da besitzen, ganz abgesehen von der Frage, ob es möglich sei, zuverlässige Gehülfen zu erhalten, die ohne Nachtheil für ihre Gesundheit eine so anstrengende Arbeit ausführen würden. Diese Verhältnisse sind Veranlassung gewesen, dass in neuerer Zeit mehrere Gelehrte sich mit der Construction registrierender Instrumente beschäftigt haben. Lässt man die von mir vor dem Jahre 1840 construirten, aber nur kurze Zeit benützten registrierenden Barometer und Thermometer ausser Betracht, so war *Kreil* in Deutschland der erste, der mit *registrierenden Instrumenten* eigener Erfindung nützliche meteorologische Resultate geliefert hat. Seinem Vorgange bin ich einige Jahre später gefolgt und habe durch ganz verschiedene mechanische Einrichtungen, die in dieser Abhandlung beschrieben sind, ähnliche Zwecke zu erreichen gesucht.

Was die *registrierenden magnetischen Instrumente* betrifft, so sind die an der hiesigen Sternwarte aufgestellten die ersten gewesen, die zum wirklichen Beobachten verwendet worden sind; der von mir befolgte Weg ist von den anderwärts unternommenen Versuchen (die indessen, so viel bisher bekannt, nirgends entsprechende Resultate geliefert haben) gänzlich verschieden.

Ziemlich allgemein scheint sich die Ansicht verbreitet zu haben, dass mit registrierenden Instrumenten überhaupt nur eine *Approximation*, nicht die Genauigkeit unmittelbarer Ablesung erreicht werden könne oder solle. Diese Ansicht kann ich nicht als begründet

anerkennen. Es sind jetzt mehrere Jahre die hier beschriebenen registrirenden Instrumente an der hiesigen Sternwarte in ununterbrochenem Gebrauche gewesen, während zu gleicher Zeit zur Controle täglich zwölfmal die Aufzeichnungen nach den gewöhnlichen Instrumenten gemacht werden, und als Ergebniss der vorgenommenen Vergleichen trage ich kein Bedenken, die Angaben der registrirenden Instrumente für eben so sicher wie die unmittelbare Beobachtung zu erklären.

Der *galvanische Zeitregistrirungs-Apparat* ist eine Nachahmung des von Dr. Locke in Washington erfundenen und von ihm „*automatic clock register*“ benannten Apparates. Da Dr. Locke's Erfindung für die praktische Astronomie die wichtigsten Vortheile verspricht, und voraussichtlich an den europäischen Sternwarten in nächster Zukunft allgemein eingeführt werden wird, so dürfte die Beschreibung der an der hiesigen Anstalt getroffenen, in mehrfacher Beziehung eigenthümlichen, Einrichtung einiges Interesse darbieten, um so mehr, als die amerikanischen Mittheilungen keineswegs die Vollständigkeit haben, welche bei der ersten Ausführung oder Anwendung des Apparates wünschenswerth erscheinen möchte.

Der *Registrirungs-Apparat für Stern-Declinationen* hat den Zweck, die Arbeit der Zonenbeobachtungen zu erleichtern und eine weit grössere Anzahl von Bestimmungen zu liefern, ohne der bei solcher Beobachtungsweise sonst erreichten Genauigkeit Eintrag zu thun.

Das hier beschriebene *Electrometer*, dem Prinzip nach übereinstimmend mit dem von Peltier für die Brüsseler Sternwarte construirten Instrumente, ist seit dem Frühjahre 1850 an der Sternwarte gebraucht worden, um die Spannung der Luftelectricität zu

messen. Die Art und Weise, wie dieser Zweck erreicht wird, namentlich aber die Berechnung der Spannung aus den Angaben des Instrumentes, unterscheidet sich in wesentlicher Beziehung von dem sonst befolgten Wege.

Der galvanische Strom ist häufig in den letzten Jahren zur Bewegung von Uhrwerken angewendet worden, aber nur in der Weise, dass dadurch die Gewichte ersetzt wurden, und es also nicht nothwendig war, die Uhr aufzuziehen. Dem hier beschriebenen *galvanischen Pendel* liegt ein ganz anderer Zweck zu Grunde: ich habe nämlich gesucht, durch *mittelbare Einwirkung* des galvanischen Stromes ein *vollkommen gleichmässiges* Schwingen eines Pendels, mithin eine *genaue Zeitmessung*, wie sie insbesondere in der Astronomie erforderlich ist, zu Stande zu bringen. Dass durch Uhrwerke eine vollkommene Zeitmessung nicht zu erlangen ist, wird wohl, man mag die Theorie oder die Praxis berücksichtigen, nicht in Abrede gestellt werden können.

Der *Höhensector* wurde zunächst erfunden und angewendet, um Berghöhen zu messen, kann aber auch sonst, da er kleine Höhenunterschiede mit weit grösserer Genauigkeit als irgend eines der gewöhnlichen Winkelinstrumente angiebt, mancherlei nützliche Anwendung finden.

Das *Differential-Inclinatorium* ist von mir gebraucht worden, um die Neigung der Magnetnadel an verschiedenen Punkten Bayerns zu ermitteln. Die Einrichtung besteht im Wesentlichen aus zwei weichen Eisenstäben, in welchen durch den Erdmagnetismus ein gewisses magnetisches Moment inducirt wird, und die, auf einen magnetischen Theodoliten aufgesetzt, eine Ablenkung der freien Nadel hervorbringen, woraus man die Inclination berechnen kann.

Die *magnetische Waage* hat die Bestimmung, die Kraft zu messen, welche erfordert wird, um zwei Magnete oder einen Magnet und ein Stück weiches Eisen von einander loszureissen: sie giebt ein Maass der magnetischen Anziehung unter Umständen, wo die gewöhnliche Messungsweise nicht zum Ziele führt, und kann besonders angewendet werden, um die Vertheilung der magnetischen Kraft in magnetisirten Körpern zu ermitteln.

I. *Registrirende meteorologische Instrumente.*

A. Frühere, an der Sternwarte ausgeführte Versuche.

Seit dem Jahre 1837 habe ich mit der Idee registrirender Instrumente zeitweise mich beschäftigt. In dem eben genannten Jahre wurden an der Sternwarte ein registrirendes Barometer und Thermometer aufgestellt, wovon ich hier um so mehr eine kurze Nachricht geben zu müssen glaube, als die damit erhaltenen Beobachtungs-Resultate bereits im Drucke erschienen sind.*)

In einem mit Quecksilber gefüllten eisernen Gefässe standen 12 Barometerröhren, wovon am Ende einer jeden Stunde eines gesperrt wurde. Nach Verlauf von 12 Stunden musste immer abgelesen werden. Das Sperren geschah auf folgende Weise. Jedes Barometerrohr war in einem eisernen Stiefel festgekittet; das Queck-

*) Annalen f. Meteorologie und Erdmagnetismus. Heft I.

silber floss bei der Oeffnung *a* (Fig. 1) ungehindert ein und aus, so lange der eiserne Cylinder *f*, an welchem der stählerne Kegel *b* festgemacht war, oben gehalten wurde. Liess der oben angebrachte Mechanismus den eisernen Cylinder los, so drückte er durch sein Gewicht den stählernen Kegel in die Oeffnung ein und versperrte das Barometer.

In Fig. 2 sieht man den Durchschnitt des Stiefels.

Als diese Vorrichtung aufgestellt wurde, erfüllte sie den Zweck vollkommen; es dauerte indessen kaum 14 Tage, so zeigte sich, dass die Kegel nicht mehr das Quecksilber vollkommen absperren. Alles wurde aufs Neue gereinigt und wieder eingerichtet, aber ungefähr mit demselben Resultate, dass nämlich nach einiger Zeit die Stahlkegel eine vollkommene Absperrung des Quecksilbers nicht mehr bewirkten.

Mehrere Modifikationen wurden eingeführt, jedoch ohne den gewünschten Erfolg. Nach allen von mir gemachten Erfahrungen halte ich es für unmöglich, Kegel oder Wechsel herzustellen, die nicht nach längerem Gebrauche Quecksilber durchlassen. *)

Nach dem Missglücken dieses Versuches ersetzte ich die Barometerröhren, ohne an dem übrigen Mechanismus etwas zu ändern,

*) Ein ähnliches Ergebniss erlangte ich im Jahre 1843, als ich den Versuch machte, ein registrirendes Weingeistthermometer in Gang zu setzen, wobei am Ende einer jeden Stunde ein Rohr mittelst eines sehr sorgfältig eingeschliffenen Wechsels verschlossen wurde. Nach einem ganz kurzen Zeitraume war eine doppelte Kraft nothwendig, um die Wechsel zu drehen, und sie sperrten den Weingeist nicht mehr ab.

durch Röhren von der Form (Fig. 3) und machte an jedem der eisernen Cylinder eine Glaskapsel fest. Die Oberfläche des Quecksilbers *ab* deckte die Oeffnung des Rohres vollkommen zu; um die bestimmte Stunde wurde oben der eiserne Cylinder losgemacht; die Kapsel ging in das Quecksilber hinein (Fig. 4) und schnitt die Verbindung zwischen dem Quecksilber im Gefässe und dem Quecksilber im Rohre ab. Dabei wurde das Quecksilber im Rohre durch die in der Kapsel befindliche Luft mehr oder weniger, etwa bis *c*. hinuntergedrückt. Sollte später abgelesen werden, so musste man langsam die Kapsel heben und so gieng das Quecksilber hinauf, bis es mit der Fläche des Rohr-Endes bei *d* im Niveau stand, dann erst zeigte die Scala den wahren Luftdruck an. Das Caliber des untern Theiles vom Barometerrohre betrug etwas mehr als eine Linie. der obere Theil war um das Dreifache weiter.

Diese Einrichtung hat, wie man sieht, den Vortheil, dass man die Temperatur des Quecksilbers zu der Zeit, wo es abgesperrt wurde, nicht zu kennen braucht; es reicht hin, die Temperatur nur einmal, nämlich da wo die Barometerrohren abgelesen werden, zu notiren.

Dieses Instrument war im Gang vom Jahre 1838—1841 und hat vollkommen entsprochen, obwohl es praktisch minder bequem war als die neueren Vorrichtungen.

Zu gleicher Zeit mit dem Barometer wurde ein registrirendes Thermometer für die Messung der Lufttemperatur eingerichtet. Es bestand aus einem horizontal liegenden starken Messingdrath von 26 Fuss Länge, festgemacht an einem Ende und am andern Ende in *a* (Fig. 5), verbunden mit der auf Frictionsrollen liegenden Schiene *AB*, so dass die Schiene — durch die Einwirkung der Temperatur

auf den Drath — vorwärts und rückwärts gieng. Einer Temperatur-Aenderung von 45° (wie sie im Laufe des Jahres bei uns in der Regel vorkommt) entsprach eine Bewegung der Schiene von ungefähr fünf Linien. Die Schiene trug 12 gleiche Gradtheilungen und hatte in der Mitte einen Schlitz, durch welchen der um die Axe *c* bewegliche Arm *bc* hinaufgieng: dieser Arm trug auf 12 Spitzen die Zeiger von der in Fig. 6 und 6* dargestellten Form. Vermittelst einer Uhr wurde bewirkt, dass am Ende einer jeden Stunde der Arm *bc* um eine Stufe sich senkte und einen Zeiger auf die Schiene hinlegte, der den Temperaturstand zu der betreffenden Stunde angab.

Auch diese Einrichtung zeigte sich vollkommen entsprechend und wurde von 1838—1841 angewendet.

B. Neuere registrirende Instrumente.

Da im Jahre 1840 das magnetische Observatorium eingerichtet wurde und obnehin stündliche Beobachtungen aufgezeichnet werden mussten, so schienen vorerst die registrirenden Instrumente überflüssig. Bis zum Jahre 1846 *) wurde das neue Beobachtungs-

*) Im Jahre 1844 habe ich versuchsweise ein registrirendes Barometer und Thermometer herstellen lassen, wovon ich hier mit ein paar Worten die Construction andeuten will. Das Barometer bestand aus 12 Röhren von der Form *BCD* (Fig. 7), deren offene Enden in das gemeinschaftliche Quecksilber-Reservoir *A* sich eintauchten. Am Ende einer jeden Stunde fiel ein Rohr zurück in die Lage *B'CD'*, der obere Raum bei *D'* füllte sich mit Quecksilber und das untere Ende des Quecksilbers kam etwa nach *b* und zeigte den Barometerstand auf einer von *c* bis *d* getheilten Scala an. Zur Registrirung der Lufttemperatur dienten 12 schief gestellte Weingeistthermometer mit doppelter Röhre (Fig. 8). Die eine Röhre war offen

System in aller Strenge ausgeführt; am Ende aber erkannte ich die Unmöglichkeit, es länger fortzusetzen und verlegte mich wieder auf die Construction registrirender Instrumente. So entstanden die Instrumente zur Aufzeichnung des Luftdruckes, der Temperatur und der Feuchtigkeit, die hier beschrieben werden sollen. Da die Art und Weise, wie der Stand der Instrumente markirt und abgelesen wird, sämmtlichen Instrumenten gemeinschaftlich ist, so werde ich sie hier voraus erklären.

1. Markirung des Standes der Instrumente. -

Die Einrichtung ist in Fig. 9 dargestellt: *ab* ist ein leicht beweglicher Waagbalken oder Hebel, vertical drehbar um die Axe *cc*; ein Stück von einer Uhrfeder *de*, mit einer feinen konischen Spitze *f* versehen, ist daran festgeschraubt. Der Waagbalken ist mit dem Barometer, Thermometer oder Hygrometer so verbunden, dass er sich bewegt, wie der Stand des Instrumentes sich ändert: so wird die Spitze *f* höher oder tiefer stehen, je nach dem Stande des Instrumentes, und wenn neben der Spitze *f* eine Scala sich befände, so würde sie den Stand des Instrumentes anzeigen.

Vor der Spitze *f* steht nun eine Walze *W* von Zinn, mit einer

bei *b*, die andere gieng hinab bis *a*, nahe am Boden der Kugel. In dem untersten Theile der Kugel befand sich eine kleine Quantität Quecksilber. Am Ende einer jeden Stunde stellte sich ein Thermometer senkrecht (Fig. 8*), das Quecksilber nahm den untersten Theil der Kugel ein und verschloss das eine Rohr bei *a*. Die Ablesung der an beiden Röhren befindlichen Scalen zeigte an, wie viel die Temperatur, zur Zeit als die eine Röhre verschlossen wurde, höher oder tiefer war als zur Zeit der Ablesung. Diese Vorrichtungen, obwohl ihrem Zwecke entsprechend, erwiesen sich als nicht hinreichend bequem für den Gebrauch.

ganz dünnen Schichte von Wachs und Russ geschwärzt. Rückwärts von der Spitze befindet sich das Winkelstück *ghi*, beweglich um die Axe *kk*. So wie dieses Winkelstück vorgeht, so drückt es die Spitze *f* gegen die geschwärzte Oberfläche der Walze und macht daselbst einen Punkt, der dem obigen zufolge höher oder tiefer auf der Walze steht, je nach dem Stande des Instrumentes, so dass, wenn man die Entfernung des Punktes von dem Ende der Walze misst, der Stand des Instrumentes dadurch gegeben wird.

Die Bewegung des Winkelstücks *ghi* geschieht auf folgende Weise. Die senkrechte Axe *lm* trägt eine Rolle (Schnurlauf) *m*, wodurch sie herumgedreht wird. Der Sperrhaken *q* hält die Rolle auf. Wird der Sperrhaken durch ein Uhrwerk gehoben, so fängt die Axe *lm* an, sich zu bewegen und macht eine Umdrehung: der Sperrhaken fällt nämlich gleich zurück und hält die Rolle, wenn sie einmal herumgekommen ist, wieder auf.

Die Axe *lm* trägt auch den Daumen *p*, gegen welchen das Winkelstück *ghi* durch die Feder *FF* angedrückt wird. Der Daumen *p* hält das Winkelstück *ghi* in einiger Entfernung von der Feder *de*; geht aber die Axe *lm* um, so wird das Winkelstück frei, die Feder *FF* drückt es vor und die Spitze *f* macht einen Punkt auf der Walze.

Die Axe *lm* hat endlich noch eine kleine Excentrik *r* und ein Stück *s*, welches in ein an der Axe der Walze festgemachtes gezähntes Rad eingreift. Geht die Axe *lm* herum*), so wird der

*) Die Axe wird ausgelost am Ende einer jeden Stunde durch eine gewöhnliche Pendeluhr. Zu diesem Behufe ist an der Axe des Minutenzeigers

Haken t aus dem Zahne u zurückgezogen, fällt in den Zahn v und bewegt diesen vor, wo zuvor der Zahn u war. Auf solche Weise wird bewerkstelligt, dass die Spitze f den zweiten Punkt nicht auf derselben Stelle, sondern neben dem ersten Punkte macht. Eine fortgesetzte Drehung der Axe bringt eine Reihe von Punkten um die Peripherie der Walze zu Stande. Die Axe der Walze ist am untern Ende sorgfältig abgerundet und ruht auf der Glasplatte a .

Der Daumen p muss eine besondere Form haben, so zwar, dass er das Winkelstück ghi nicht eher verlässt, bis die Spitze f die Walze berührt und dass er das Winkelstück wieder hinreichend hebt, um die Spitze frei zu machen, ehe die Excentrik r den Zahn vorwärts bewegt. Wäre letzteres nicht der Fall, so würde auf der Walze ein Strich oder Riss entstehen.

Die Feder FF soll nur die nöthige Kraft haben, um die Spitze f so anzudrücken, dass sie durch die Schwärze geht; in das Metall soll sie nicht hineingedrückt werden.

hinter dem Zifferblatte eine Excentrik fest gemacht, welche die Stunde hindurch einen kleinen Hammer immer höher hebt; am Ende der Stunde fällt der Hammer herunter und macht eine mit einem Schnurlauf versehene Excentrik frei, so dass diese einmal herumgeht. Während des Herumgehens drückt die Excentrik einen Hebel herab, von welchem aus zu den verschiedenen Instrumenten Dräthe hingehen. Man wird vielleicht glauben, dass durch den galvanischen Strom die Auslösung zweckmässiger bewerkstelligt werden könnte, bedenkt man indessen die Kosten und die Arbeit, welche das Einrichten galvanischer Batterien erfordert, dann die vielerlei Umstände, wodurch ihre Wirkung aufgehoben oder unzureichend gemacht werden kann, so wird man ihnen einen weit geringern praktischen Werth beilegen. Wo ich andere Mittel zureichend finde, vermeide ich stets den Gebrauch galvanischer Batterien.

Die Axe des Waagbalkens hat beim Barometer die Form Fig. 9 und eine Vorlage *aa*, damit sie nicht bei dem Markiren seitwärts hinausgeschoben werden kann.

2. Ablesung der Walzen.

Zur Ablesung der Walzen wird ein besonderes Gestell Fig. 10 gebraucht.

FF ist ein kleines Fernrohr von 8 Linien Oeffnung und ganz kurzer Focaldistanz, so gezogen, dass man damit die Scala *aa* und die an der Scala hinkommenden Punkte der Walze deutlich sieht. Das Fernrohr ist verschiebbar in den Lagern *b, c*.

Man könnte die Instrumente so richten, dass an der Scala der absolute Stand abgelesen würde. Bei den hiesigen Instrumenten wird aber anders verfahren: da nämlich bei Tage unmittelbare Beobachtungen aufgezeichnet werden, so stellt man die Scala an der Walze so, dass das registrirende Instrument mit der unmittelbaren Ablesung sehr nahe übereinstimmt; ist dann die ganze Punktenreihe abgelesen, so wird die Correction gesucht, welche hinzugefügt werden muss, damit zwischen den registrirten und unmittelbaren Beobachtungen eine möglichst genaue Uebereinstimmung hergestellt werde.

Die Ablesung der Walzen wird jede Woche einmal vorgenommen: die Räder der Walzen haben 180 Zähne. Damit keine Verwechslung stattfindet, was sonst bei einer so langen Punktenreihe leicht möglich wäre, so werden alle Tage unmittelbar nach 12 Uhr Mittags die sämtlichen Walzen um einen Zahn vorgeschoben, so dass ein immer kenubares Intervall entsteht; ausserdem sind die Zähne der Räder numerirt, und es wird täglich dreimal zu bestimmten Stunden der Stand der Walzen, zugleich auch die Tem-

peratur des Barometers in das „Control-Heft“ eingetragen. Jede im Mechanismus eingetretene Unordnung wird auf solche Weise gleich erkannt und unschädlich gemacht.

3. Das Thermometer und Hygrometer.

Das Thermometer ist ein Metall-Thermometer und besteht aus einem Zinkrohre *aa* Fig. 11 von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und 8 Fuss Länge, am oberen Ende festgemacht und unten mit einer Glasplatte *bb* versehen.*) Eine conische Spitze *c* von dem Hebel *dd* hervorstehend drückt gegen die Glasplatte. Der Hebel bewegt sich um die Axe *gg*. Die Entfernung *cg* ist $\frac{1}{5}$ von der Entfernung *fg*. In Folge der Zusammenziehung und Ausdehnung des Zinkrohres durch die Temperatur der Luft wird die Spitze *f* hinauf und herunter gehen, wie die Temperatur steigt und fällt.

Das Hygrometer ist ein Haarhygrometer, und besteht aus 4 parallelen in Lauge ausgesotteten Menschenhaaren, welche in *l* festgemacht sind und durch den Ring *m* gehen. Vom Ringe *m* geht ein ganz feiner Messingdraht hinab, ist festgemacht bei *n* und wird

*) Es ist bisweilen in Zweifel gezogen worden, ob Metall-Thermometer zur Bestimmung der Luft-Temperatur zweckmässig angewendet werden können. Experimente, wodurch diese Ansicht begründet worden wäre, sind mir nicht bekannt. So weit meine eigene Erfahrung geht, halte ich dafür, dass Metall-Thermometer alle erforderliche Genauigkeit gewähren, zugleich bemerke ich aber, dass ich die Ablesungen des registrirenden Thermometers bloß als Variations-Beobachtungen betrachte und als Grundbestimmungen oder Anhaltspunkte die (bei Tage aufgezeichneten) unmittelbaren Beobachtungen zweier neben den Metallröhren befindlichen Quecksilber-Thermometer gebrauche.

durch das kleine Gewicht p gespannt gehalten. Die Haare sind 4 Fuss lang. Der Hebel nq ist beweglich um die Axe r . Die Entfernungen rn und rq verhalten sich wie 1 : 2.

Das Thermometer und Hygrometer sind an dem mittleren Fenster des Beobachtungssaales gegen Norden neben einander an einem Brette (Fig. 12) angebracht und zwar wird sowohl die Temperatur als die Feuchtigkeit doppelt markirt. Auf der einen Seite des Brettes AB befindet sich nämlich das Zinkrohr $aaaa$ und die Haare $bbbb$; auf der andern Seite des Brettes ist ein ganz gleiches Zinkrohr, welches den Hebel e in Bewegung setzt, und Haare, die mit dem Hebel q in Verbindung stehen. Dieselbe Axe gh trägt vier Daumen und zwei Excentriken, welche den Zweck der Kurbel r Fig. 5 erfüllen und die gezahnten Räder nach jeder Markirung um einen Zahn vorschieben. Die sämmtlichen zur Befestigung oder als Unterlage verwendeten Eisenstücke A, B, C, D gehen durch das Brett und leisten auf beiden Seiten denselben Dienst. Auf solche Weise wird bewerkstelliget, dass, wenn durch eine Aenderung des Holzes eines dieser Eisenstücke eine schiefe Stellung annimmt, der Einfluss dieser Aenderung in dem arithmetischen Mittel der beiden Markirungen wegfällt. Es ist nämlich leicht einzusehen, dass wenn das eine Ende eines Eisenstückes hinaufgeht, das andere um eben so viel herabgehen muss.

4. Das registrirende Barometer.

Das Barometer hat die Form Fig. 13. Die Art und Weise, wie die Bewegung des Waaghalkens durch das Steigen und Fallen des Quecksilbers hervorgebracht wird, zeigt Fig. 14.

Der Schwimmer a ist eine (in natürlicher Grösse Fig. 13* ge-

zeichneter) Glaskapsel mit einem Stiel, der bei *b* Fig. 13 festgekittet ist: die Glaskapsel ist mit Quecksilber gefüllt und ausgekocht. Man kann sie umstürzen, ohne dass das Quecksilber heraussfällt. Wenn man sie in das Barometerrohr bringt, so adhärirt das Quecksilber der Kapsel an das Quecksilber des Barometers so, dass ein Gewicht erfordert wird, um sie zu trennen. Man kann deshalb auch der Hälfte *B* des um die Axe *C* beweglichen Waagbalkens, wie es wirklich hier der Fall ist, einiges Uebergewicht geben, ohne dass die Kapsel sich losreisst; das Uebergewicht hebt aber das Quecksilber des Barometers um eine bestimmte Grösse und bewirkt, dass die Kapsel an dem höchsten Theile der Wölbung des Quecksilbers sich stellt.

Mit der Zu- oder Abnahme des Luftdruckes wird die markierende Spitze (bei *f*) höher oder tiefer zu stehen kommen, aber die Markirung wäre dennoch ungenau, weil das Quecksilber an den Wänden des Barometers adhärirt, daher zu hoch steht beim Fallen und zu tief beim Steigen. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, sind an der Hälfte *B* des Waagbalkens zwei Gewichte angebracht, ein festes Gewicht *D* (Fig. 15) und ein frei an einem Coconfaden hängendes ρ . Unter dem Gewichte ρ findet sich ein Hebel mit einer Kapsel *h*. Der Hebel ist beweglich um die Axe *n* und hat am Ende *m* einen Haken *r*. Der Haken *r* wird gehalten von der Scheibe *S*, welche an der Markirungs-Axe befestiget ist. Die Scheibe *S*, welche man in vergrössertem Maasstabe in Fig. 15* sieht, hat einen Einschnitt *tt*; wenn nun die Markirungs-Axe herumgeht, so fällt der Haken durch den Einschnitt herunter und die Theile nehmen die Stellung Fig. 16 an. Die Kapsel *h* hebt das Gewicht ρ : das Uebergewicht ist dann auf der Seite *A* und der Schwimmer drückt das Quecksilber des Barometers etwa um eine Linie herunter. Diese Lage bleibt, bis das Uhrwerk wieder anslöst, alsdann zieht das Uhrwerk die

Schnur *rr* hinauf, der Haken hängt sich auf der Scheibe wieder ein und man hat von neuem die Stellung Fig. 15. Das kleine mit Siegellak befestigte Scheibchen *k* hat die Bestimmung, zu verhindern, dass der Schwimmer, wenn er herabgedrückt wird, sich nicht an die innere Wand des Rohres anlegen kann. Es hat sich nämlich gezeigt, dass die Kapsel gerne an das Rohr adhärirt.

Einen wesentlichen Punkt müssen wir aber noch erwähnen: das Uhrwerk löst nicht unmittelbar die Axe aus, dass sie herumgehen könnte, sondern macht das Haupttrad eines Laufwerkes *L* (Fig. 17) frei; dieses Rad geht nun einmal herum und braucht dazu ungefähr eine Minute, erst wenn dieses Rad herumgekommen ist, löst es die Axe aus und dann erfolgt die Markirung. Diese Einrichtung hat den Zweck, zu bewirken, dass die Schwankungen des Quecksilbers, welche durch das Freiwerden des Gewichtes *p* entstehen, vorüber gehen können und der Schwimmer einen ruhigen Stand annimmt.

Wie ich zwei Thermometer und zwei Hygrometer brauche, so habe ich auch zwei Barometer eingerichtet, wie in Fig. 17 zu ersehen.

Wenn die Temperatur des Barometers in Rechnung gebracht wird, so braucht man blos auf die Ausdehnung des im kurzen Schenkel *EE* (Fig. 14) enthaltenen Quecksilbers und der Metalltheile Rücksicht zu nehmen. Der Einfluss der Temperatur wird hiernach sehr gering seyn und es wäre ein Leichtes eine Compensation an dem Hebel *AB* anzubringen. Bei den von mir gebrauchten Instrumenten ist dies indessen nicht versucht worden, sondern es wird die Temperatur Morgens, Mittags und Abends durch unmittelbare Ablesung aufgezeichnet und daraus durch Interpolation die Verbesserung des registrirten Barometerstandes für die einzelnen Stunden des Tages und der Nacht bestimmt.

II. Die registrirenden magnetischen Instrumente.

Man hat früher sehr allgemein die Ansicht gehabt, dass eine richtige Markirung durch einen Magnet nicht bewerkstelliget werden könnte, weil immer eine *Kraft* zum Markiren gehöre, welche ein Magnet nicht im Stande sei, auszuüben. Desshalb haben auch alle diejenigen, welche in neuerer Zeit Registrirungs-Apparate zu construiren bemüht waren, zur Photographie ihre Zuflucht genommen. Die Idee, durch Photographie zu registriren, ist gleich, nachdem Daguerre seine Erfindung bekannt gemacht hatte, der Pariser Akademie von Breguet mitgetheilt worden und ich war auch vom Anfange Willens, sie in Anwendung zu bringen. Bei näherer Erörterung gelangte ich indessen zu der Ueberzeugung, dass dieses Mittel, wenn man Platten anwendet, zu kostspielig, wenn man photographisches Papier gebraucht, zu wenig präcis, im einen wie im andern Falle aber zu umständlich und unpraktisch ist. Ich suchte deshalb andere Wege, um zum Ziele zu gelangen.

Meine erste Idee ging dahin, mehrere Spiegel von einem Magnet tragen zu lassen und am Ende einer jeden Stunde einen Spiegel in *unveränderter* Stellung abzuheben.

Im Jahre 1846 liess ich auch wirklich einen Apparat nach dieser Idee ausführen. Ein Magnet trug 12 Spiegel, unter jedem Spiegel befand sich eine Messingfeder, welche durch eine kleine Excentrik ungefähr um $\frac{1}{2}$ Pariser Linie hinabgedrückt wurde. Am Ende einer jeden Stunde wurde mittelst eines Uhrwerkes eine Excentrik gedreht, die Feder ging dadurch etwas hinauf und hob den Spiegel vom Magnet ab.

Beim Einrichten des Instrumentes wurden die Spiegel abgelesen

mittelst eines Fernrohres mit verticaler Bewegung; wenn die 12 Spiegel abgehoben waren, so wurde wieder abgelesen: die Unterschiede gaben die stündlichen Aenderungen des Magnets zu erkennen.

Diese Einrichtung gab ich wieder auf, weil sie für den täglichen Gebrauch viel zu complicirt war, und verfiel dann auf folgende Idee.

Ich hieng einen Magnet mm' (Fig. 18) von ungefähr 15 Zoll Länge an einem feinen Drath auf, dessen oberes Ende an einer Messingfeder ff befestiget war. Die Feder war an einem Balken angeschraubt bei H , über der Feder befand sich eine Excentrik e , an einem eigenen Gestelle unabhängig von der Feder fest gemacht. Wurde die Excentrik gleichmässig umgedreht, so drückte sie die Feder allmählig ungefähr um eine Pariser Linie herab und liess sie wieder am Ende der Umdrehung auf die frühere Stelle zurückkommen.

Der Magnet mm hatte zwei abwärts gehende Spitzen c, c' und unter den Spitzen befanden sich zwei horizontale Zink-Cylinder C, C' in der oben S. 391 (11) angegebenen Weise, mit Wachs und Russ geschwärzt und mit gezähnten Rädern versehen.

Die Entfernung der Spitzen von der Oberfläche der Cylinder betrug etwas weniger als eine Pariser Linie, so dass wenn die Feder durch die Excentrik herabgedrückt wurde, die Spitzen mit den Cylinder-Oberflächen in Berührung kamen und einen feinen Punkt hinterliessen.

Wenn die Spitzen von den Cylindern sich wieder erhoben, so wurde durch die Excentrik bewirkt, dass die gezähnten Räder um einen Zahn vorgeschoben wurden.

Die Excentrik wurde durch ein Laufwerk gedreht; eine Umdrehung dauerte ungefähr 2 Secunden. Eine Uhr befand sich in der Nähe und löste alle Stunden das Laufwerk aus.

Das Vorbergehende gibt eine allgemeine Vorstellung von der Einrichtung der registrirenden magnetischen Instrumente; ich will nun die verschiedenen Versuche, die damit angestellt wurden, und die definitiv angenommenen Einrichtungen einzeln entwickeln.

1. Prüfung der Genauigkeit, womit die Richtung eines Magnets markirt wird.

Um zu untersuchen, in wie ferne der Stand eines magnetischen Instrumentes durch die obige Vorrichtung genau markirt wird, versah ich den Magnet mit einem Spiegel, brachte in beträchtlicher Distanz ein Fernrohr und eine Scala an, womit der Stand nach der gewöhnlichen Weise abgelesen werden konnte. Nun wurde ein Magnetstab in der Nähe in verschiedener Lage hingelegt, so dass der freie Magnet jedes Mal einen verschiedenen Stand annahm; der freie Magnet wurde beruhigt und wenn er zur Ruhe kam, der Stand nach der Scala aufgezeichnet und in demselben Augenblicke das Laufwerk mittelst einer Schnur ausgelöst, so dass der Magnet seinen Stand markirte.

Auf solche Weise erhielt ich eine Reihe von Beobachtungen nebst der correspondirenden Markirung auf den Walzen; die Walzen wurden herausgenommen und abgelesen, dann die Vergleichung gemacht. Das Resultat war immer dasselbe, nämlich dass eine völlige Uebereinstimmung (natürlich innerhalb der Grenzen der Ableungsfehler) stattfand.

Ich halte es für unnöthig, Zahlen hier beizubringen, weil die
Abhandl. d. H. Cl. d. k. Ak. d. Wiss. VI. Bd. II. Abth. 51

registrirenden Instrumente bereits über 3 Jahre im Gebrauche sind und durch mehrfache Prüfung sich erwiesen hat, dass die Markirung eben so genau ist als die unmittelbare Ablesung.

2. *Ablesung der Walzen, Berechnung der Ablesungen.*

Zum Ablesen der Walzen braucht man den Apparat Fig. 19. *AA* ist ein grosses Micrometer von der gewöhnlichen Construction; der Schieber *BB* trägt ein Lager, worin die Walze liegt, das Ende der Axe wird von einer Feder, welche in der Zeichnung durch das Rad *RR* verdeckt ist, gegen die Glasplatte *aa* gedrückt. Das Microscop *mm* ist festgemacht und gegen die Axe der Walze gerichtet.

Es sei *k k* die Reihe von Punkten, welche der Magnet auf die Walze gemacht hat, so bringt man den ersten Punkt in das Microscop und bewegt den Schieber, bis der Faden den Punkt central bedeckt. Alsdann liest man die Schraubenumgänge und die Trommel der Schraube (d. h. die Hundertel-Umgänge) ab. Dreht man hiernach die Walze ein wenig vorwärts, so kommt der zweite Punkt in das Feld des Microscops; man bringt ihn wieder unter den Faden und liest ab wie zuvor. So wird ein Punkt nach dem andern vorgenommen und seine Lage aufgezeichnet.

Das Micrometer ist so gestellt, dass die Ablesungen von Osten nach Westen zunehmen, d. h. man erhält die Grössen *ab*, *cd* (Fig. 20), wenn der Nullpunkt des Micrometers mit dem Kreise *gh*, *ik* zusammenfällt; ist demnach die Ablesung der nördlichen Walze = *N*, die Ablesung der südlichen Walze = *S* und der Angulär-Werth eines Umganges der Micrometerschraube = *a*, so

ist der Winkel, welchen der Magnet mit dem Meridian macht (von Norden über Westen gezählt)

$$= A + \frac{1}{2} a (N - S).$$

Die Walzen haben Räder mit 60 Zähnen, und werden jeden vierten Tag abgelesen. Um Verwechslung zu vermeiden, sind ganz ähnliche Einrichtungen getroffen wie bei den meteorologischen registrirenden Instrumenten; die Aufzeichnung in das Controll-Heft geschieht aber nur einmal des Tages, nämlich zu Mittag. Die Instrumente können so leicht gestört werden, dass es nicht rathsam schien, sich denselben öfters, als es unbedingt nothwendig ist, zu nähern.

3. Beruhigung der Magnete.

Anfangs habe ich zur Beruhigung dicke Kupferplatten $K K$, $K' K'$ (Fig. 18) gebraucht, welche über den Enden des Magnets sich befanden; zugleich waren die Magnete in engen Holzkästen eingeschlossen. Die Oscillationen hörten gänzlich auf und ich glaubte, dass die Einrichtung vollkommen entsprechend sei; unterdessen zeigte sich bald ein Uebelstand, den man nach den allgemein angenommenen Ansichten und Lehrsätzen nicht hätte erwarten sollen.

Das erste Instrument, welches versuchsweise aufgestellt wurde, war ein Declinations-Instrument und die Ablesungen wurden täglich mit den an einem gewöhnlichen Declinations-Instrument gemachten unmittelbaren Ablesungen verglichen.

In den ersten Tagen nach der Aufstellung war die Uebereinstimmung sehr befriedigend; nach und nach zeigte sich aber eine regelmässige Abweichung, bestehend darin, dass die Excursionen

des registrirenden Magnets vom Mittelstande kleiner waren, als die des gewöhnlichen Instruments. Ich vermuthete irgend etwas störendes im Innern des registrirenden Instrumentes, und nahm alle Theile auseinander, ohne irgend etwas zu finden, was auf die Bewegung Einfluss hätte ausüben können; ich stellte das Instrument wieder auf und es entsprach vom Anfange vollkommen, aber nach einigen Tagen zeigte sich wieder der vorige Uebelstand.

Nachdem eine neue Untersuchung wieder dasselbe Resultat geliefert hatte, so vermuthete ich zuletzt, es möchte das zur Beruhigung gebrauchte Kupfer nicht eisenfrei seyn: ich liess nun eine der Kupferplatten verschieben, während ich die Bewegung des für Spiegelablesung eingerichteten Magnets beobachtete; es zeigte sich, dass der Magnet der Kupferplatte folgte und jedesmal einen verschiedenen Stand annahm, so oft die Kupferplatte in eine verschiedene Lage gebracht wurde.

Es schien mir nun ausser Zweifel, dass Eisen im Kupfer enthalten seyn müsse, und ich ersetzte die bisher gebrauchten Kupferplatten durch vollkommen eisenfreie, die durch galvanischen Niederschlag gewonnen waren, in der sichern Erwartung, auf solche Weise den Uebelstand wirksam zu beseitigen. Allein zu meinem grossen Erstaunen fand ich denselben Erfolg wie zuvor; wenn das Kupfer einige Tage über dem Magnet sich befand, so erfolgte eine Aenderung in der Richtung des Magnets, so oft die Lage der Kupferplatte verändert wurde.

Fernere Versuche zeigten, dass das Kupfer in Beziehung zur magnetischen Kraft ganz dieselben Eigenthümlichkeiten hat wie das Eisen, nur in geringerem Grade; ein Magnet ruft in einem Stück Kupfer eine gewisse Quantität inducirten Magnetismus hervor und

von dem auf solche Weise hervorgerufenen Magnetismus bleibt ein Theil permanent zurück, auch wenn der Magnetstab entfernt wird.

Ans diesem Grunde sind denn auch alle Beobachtungen mit Magnetometern, wo Kupfer zur Beruhigung gebraucht wird, mehr oder weniger fehlerhaft und geben weder für den Mittelstand noch für die tägliche Bewegung richtige Werthe an *).

Nachdem ich mich genöthigt gesehen hatte, das Kupfer zu entfernen, so versuchte ich verschiedene Mittel, um eine entsprechende Beruhigung zu Stande zu bringen; zuletzt ersann ich die Fig. 18 dargestellte Einrichtung, die sich nun durch mehrjährigen Gebrauch als vollkommen zweckmässig erwiesen hat. Ein Drath *m* von ungefähr 1 Linie Durchmesser, mit einem dünnen Messing-Streifen *p q* versehen, wird unten in den Magnetstab eingeschraubt und taucht in ein längliches mit Wasser gefülltes Glasgefäss *AB*. Zu dem Wasser wird im Winter ein wenig Weingeist hinzugegossen, damit es nicht gefriere.

Das Glasgefäss soll nur so gross seyn, dass der Streifen *p q* sich frei darin bewegen kann. Würde man ein grösseres Wassergefäss anwenden, so wäre zu befürchten, dass im Wasser bei Zu- oder Abnahme der Temperatur Strömungen entstehen könnten, die auf den Stand des Magnets Einfluss ausüben würden.

4. Unterlage der Instrumente, Lager der Walzen.

Die registrirenden magnetischen Instrumente befinden sich unter dem Beobachtungssaale der Sternwarte; zur Suspension dient das

*) Zu demselben Resultate ist in neuerer Zeit auch Hr. Staatsrath Kupffer gelangt (Observations magnétiques et météorol. 1845).

isolirte Mauerwerk, worauf die Pfeiler der Meridian-Instrumente stehen. Als Unterlagen habe ich neben diesem Mauerwerk isolirte Steinpfeiler mit einer festgekitteten Platte von Kellheimer Marmor (Fig. 21) herstellen lassen. Die Einrichtung der Lager ersieht man aus Fig. 22 a. Eine starke Messingplatte mit einem senkrecht stehenden Messingstück *AA* ist auf dem Stein festgemacht. Auf der Messingplatte läst sich der Schieber *aa*, der die Walze trägt, hin und her bewegen. Will man die Walze einrichten, so zieht man den Schieber heraus, wie Fig. 22 a, legt die Walze hinein und bewegt den Schieber wieder vor, bis das Ende der Walzenaxe an der Glasplatte *b* anliegt. In Fig. 22 b ist diese Stellung des Schiebers gezeichnet. Das Gewicht *p* drückt das Ende der Walzenaxe gegen die Glasplatte *b*.

5. Drehung der Walzen.

Sobald auf der Walze ein Punkt gemacht ist, so muss sie um einen Zahn vorgeschoben werden. Dies habe ich anfangs durch eine Excentrik bewerkstelliget, ungefähr wie bei den registirenden meteorologischen Instrumenten, später habe ich aber die Fig. 23 dargestellte Einrichtung, die weit zweckmässiger ist, eingeführt. *a b* ist ein Messingrohr mit ein paar Schraubenumgängen bei *e* und *d* und einem Schnurlaufe *A* versehen.

Die Schraubenumgänge greifen in die Räder der Walzen ein. Das Laufwerk, welches die Excentrik umdreht, zieht, sobald die Spitzen von den Walzen abgehoben sind, die Hemmung *f* mittelst der Schnnr *g* hinauf, dass sie gegen den Stiften *k* ansteht und der rechtwinklig gebogene Stiften *r* gelangt auf die Fläche *h*. Die Hemmung fällt aber sogleich wieder zurück, dann wird der Stiften *r* frei und das Rohr dreht sich herum, bis der Stiften wieder

an der Fläche f anschlägt; dabei werden die Räder um einen Zahn vorwärts bewegt.

Die Fläche h hat den Zweck, zu verhindern, dass der Stiften r nicht herungehen kann, ehe die Hemmung zurückfällt, um ihn aufzuhalten. Liesse man jenes Stück weg, so würde der Stiften r mehrere Umdrehungen machen können, ehe er aufgehalten würde.

6. Registrirendes Declinations-Instrument.

Für das Declinations-Instrument schien es unnöthig, eine eigene Zeichnung herzustellen, da alle Theile bereits erklärt worden sind. Man kann übrigens die Einrichtung auch aus dem Intensitäts-Instrument Fig. 24 entnehmen. Dieselbe Figur stellt das Declinations-Instrument vor, sobald man die Ablenkungsmagnete weglässt.

Es bleibt uns nur noch übrig, die Reduction der Beobachtungen anzugeben.

Die Ablesung der Walzen giebt nach S. 23 den Winkel, den der Magnet (oder vielmehr die beiden Spitzen) mit dem Meridian macht

$$= A + \frac{1}{2} a (N - S).$$

Dazu muss man noch die Torsion des Suspensionsdrathes hinzufügen, welche wir durch

$$T + \frac{1}{2} \vartheta (N - S)$$

vorstellen können. Setzt man demnach

$$A + T = C$$

$$\frac{1}{2} (a + \vartheta) = q$$

so hat man die wahre Declination

$$= C + q (N - S).$$

7. Registrirendes Intensitäts-Instrument.

Das registrirende Intensitäts-Instrument stellt Fig. 24 vor. Die Einrichtung ist ganz dieselbe wie bei dem Declinations-Instrumente, mit dem Unterschiede, dass zwei Ablenkungsmagnete *ns* und *n's'* angebracht sind, welche den freihängenden Magnet um 40° vom Meridian ablenken.

Da die magnetische Compensation, die ich bei den gewöhnlichen Instrumenten gebrauchte, bei grössern Magnetstäben nicht angewendet werden kann, so habe ich die Fig. 25 dargestellte Einrichtung getroffen.

Die Magnete sind fest gemacht an den messingnen Cylindern *cb*, *c'b'*. Diese Cylinder werden getragen von der hölzernen Unterlage *AB* und sind beweglich um die Axen *a*, *a'*. Unterhalb der Axen befindet sich das Zinkrohr *ff''*, gegen welches die Cylinder angedrückt werden durch die Messingfedern *h*, *h'*. Wenn die Temperatur zunimmt, so vermindert sich das magnetische Moment der Stäbe *M*, *M'*, zugleich aber dehnt sich das Zinkrohr aus und bringt die Stäbe dem freien Magnet näher.

Die Verminderung des magnetischen Moments ist $M(1 - \alpha't)$ und $M'(1 - \alpha''t)$, wo α' und α'' die Temperatur-Coefficienten der Stäbe bedeuten. Die Stäbe werden, (wenn β den Expansions-Coefficienten des Zinks bezeichnet) um

$$\frac{1}{2} ff' \beta \frac{\alpha c}{\alpha f} \text{ und } \frac{1}{2} ff \beta \frac{\alpha c}{\alpha f}$$

dem freien Magnet näher gebracht.

Setzt man $cc = 2e$, $ff = 2e$, $\frac{ac}{af} = \frac{a'c'}{a'f'} = k$ und den Ablenkungswinkel des freien Magnets $= \varphi$, so hat man

$$xe^3 (1 - \beta kt)^3 \sin. \varphi = M (1 - \alpha' t) + M' (1 - \alpha'' t).$$

Bezeichnet man $M + M'$ mit μ , $\frac{M\alpha}{M+M'} + \frac{M'\alpha''}{M+M'}$ mit α , so wird der Einfluss der Temperatur verschwinden, wenn man hat

$$(1 - \beta kt)^3 = (1 - \alpha t)$$

oder

$$3\beta k = \alpha.$$

Für einpfündige Magnetstäbe darf man setzen $\alpha = 0,0008$, und da $\beta = 0,000039$, so ergibt sich $k = 6,84$.

Hiernach wurde das hiesige Intensitäts-Instrument construirt; eine genauere Bestimmung schien nicht nöthig, weil die Temperatur in dem Lokal, wo das Instrument sich befindet, sehr constant ist und die tägliche Periode kaum über $\frac{1}{2}$ Grad beträgt.

Die Reduction der Beobachtungen geschieht wie folgt:

Sind die Ablesungen der Walze N' und S' , so hat man analog mit dem für die Declination gegebenen Ausdrücke den Winkel, den der Magnet mit dem Meridian macht

$$= A' + T' + \frac{1}{2} a' (N' - S') + \frac{1}{2} \frac{\vartheta'}{\cos \varphi} (N' - S')$$

und zieht man davon die Declination ab, so ergibt sich

$$A' + T' - A - T + \frac{1}{2} \left(a' + \frac{\vartheta'}{\cos \varphi} \right) (N' - S') - \frac{1}{2} (a + \vartheta) (N - S)$$

oder da $A' + T' - A - T = \varphi$ ist

$$\frac{\delta N}{N} = \frac{1}{2} \frac{\left(a' + \frac{\vartheta'}{\cos \varphi} \right) (N' - S') - (a + \vartheta) (N - S)}{\tan \varphi}.$$

Man kann zwar die Grössen a' , a , ϑ' , ϑ , φ bestimmen und so

den numerischen Werth der Coefficienten von $N' - S'$, $N - S$ finden. Bei den hiesigen Instrumenten ist dies nicht geschehen, sondern es werden die Beobachtungen des registrirenden Instruments bloß auf das gewöhnliche Variations-Instrument reducirt. Bezeichnet man demnach die Intensität nach dem gewöhnlichen Variations-Instrument mit n , so wird man haben

$$n = b [N' - S' - (N - S) (1 + k)],$$

wo die Constanten b und k aus den Beobachtungen selbst abgeleitet werden müssen.

8. *Registrirendes Inclinations-Instrument.*

Das registrirende Inclinations-Instrument besteht aus einem freien Magnet, welcher durch senkrechte Eisenstäbe von dem magnetischen Meridian abgelenkt wird. Die Einrichtung ist aus Fig. 26 zu ersehen. An einem oberhalb des Instruments befindlichen Querholz AB werden die Ablenkungsstäbe von weichen Eisen mittelst der Kupferdräthe ab , cd aufgehängt. Zur Ablenkung werden nicht einfache, sondern Doppel-Stäbe gebraucht von der Form (Fig. 27); die Verbindung geschieht durch Messingschienen. Das Querholz AB läßt sich nach der Richtung seiner Länge, d. h. senkrecht gegen den Magnet verschieben; der Zweck dieser Verschiebung ist, die Stellung zu finden, wo die beiderseits befindlichen Stäbe gleiche Kraft auf den freien Magnet ausüben.

Was die Reduction betrifft, so hat man die Ablenkung analog mit den obigen Formeln, und unter Berücksichtigung der von mir (Handbuch des Erdmagn. S. 215) entwickelten Bedingungen

$$n'' = c [N'' - S'' - (N - S) (1 + k'')] + c' n'$$

wo c , k'' , c' Constanten sind, welche aus den Beobachtungen abge-

leitet werden müssen, und n' und n'' die Intensität und Inclination nach den Ablesungen der gewöhnlichen Instrumente bedeuten.

9. *Erläuterung der Aufzeichnungsweise durch ein Beispiel.*

Um die Aufzeichnungsweise der registrierenden magnetischen Instrumente zu erläutern, und die Uebereinstimmung mit den unmittelbaren Beobachtungen nachzuweisen, lasse ich hier einen Auszug aus dem Beobachtungs-Journal der Sternwarte folgen:

Bei den eben angegebenen Formeln haben wir vorausgesetzt, dass das Intensitäts-Instrument sowohl als das Inclinations-Instrument nach Westen abgelenkt sei, dass ferner die Ablesung in der Richtung von Ost nach West zunehme. Zu der Zeit, in welche die obigen Beobachtungen fallen, war die Richtung der Ablenkung und die Richtung der Ablesung bei unseren Instrumenten zum Theil die entgegengesetzte, wesshalb auch die Zeichen der Reductionsformeln in entsprechender Weise geändert werden müssen. Werden vorläufig die kleinen Grössen k , k' , c' vernachlässigt, so erhalten wir folgende Reductionsformeln:

$$n = 36,61 - 3,00 (N - S)$$

$$n' = - 10,23 + 3,25 [N - S - (N' - S')]]$$

$$n'' = 18,08 + 6,95 [N - S - (N'' - S'')].$$

Reducirt man mittelst dieser Formeln die registrirten Ablesungen, so ergeben sich folgende Abweichungen der registrirenden Instrumente:

		<i>Declination</i>		<i>Intensität</i>		<i>Inclination</i>
Morgens	7 ^h	... - 0,4	...	+ 1,2	...	- 0,6
	8	... 0,0	...	- 0,3	...	- 0,7
	9	... - 0,2	...	- 1,5	...	- 0,9
	10	... 0,0	...	- 1,1	...	- 0,5
	11	... + 0,2	...	- 1,2	...	+ 0,4
	12	... 0,0	...	+ 0,9	...	- 0,2
	1	... + 0,2	...	- 0,7	...	+ 0,6
	2	... 0,0	...	+ 0,3	...	+ 0,4
	3	... + 0,3	...	+ 0,7	...	+ 0,7
	4	... 0,0	...	+ 0,1	...	0,0
	5	... 0,0	...	+ 0,6	...	+ 0,6
	6	... - 0,1	...	+ 0,7	...	0,0

Bekanntlich lässt sich eine *vollständige* Uebereinstimmung zwischen verschiedenen magnetischen Instrumenten nicht erzielen; es bestehen hier ähnliche Verhältnisse wie bei Waagen und Barometern, wo die Ablesung auf Grössen sich erstreckt, welche das Instrument nicht mehr mit Sicherheit angiebt. Dass bei der Intensität die Abweichungen so gross ausfallen, hat (wie aus einer noch nicht beendigten Untersuchung sich ergibt) seinen Grund darin, dass die Temperatur-Compensation unzureichend ist. Wahrscheinlich bedarf auch die Inclination einer Verbesserung wegen der vorkommenden Temperatur-Aenderungen; eine nähere Bestimmung des Betrags ist bis jetzt nicht vorgenommen worden.

III. Galvanischer Zeitregistrirungs-Apparat.

Um die Mitte des Jahres 1849 erhielt ich durch gefällige Vermittelung des nordamerikanischen Consuls in Leipzig, Hrn. Dr. Flögel, einen Bericht von Walker in Washington über einen Apparat, welchen Dr. Locke erfunden hatte, um Zeitbeobachtungen zu registriren und den er *automatic clock register* nennt. Auf einen durch ein Laufwerk mit gleichmässiger Bewegung fortgezogenen Papierstreifen werden die Schwingungen eines Secundenpendels mittelst einer galvanischen Batterie und eines Electromagnets registrirt, ungefähr nach derselben Methode, die bei Telegraphen angewendet worden ist. Neben den auf solche Weise registrirten Zeitsecunden kann ein Beobachter durch einen zweiten Electromagneten und zwar durch Unterbrechung des Stromes, den Augenblick, wo irgend ein Ereigniss eintritt, mit der grössten Präcision bezeichnen.

Walker hat umständlich die Vortheile nachgewiesen, welche

diese Idee für astronomische Beobachtungen und insbesondere für die Beobachtung der Meridian-Durchgänge gewährt. Die Sache schien mir so wichtig, dass ich sogleich anfieng, einen Apparat herzustellen, der bei Beobachtung von Meridian-Durchgängen gebraucht werden sollte.

Ich werde hier in Kürze die Einrichtungen angeben, welche ich zur Realisirung der obigen Idee getroffen und jetzt durch längere Erfahrung als praktisch brauchbar erkannt habe. Voraus muss ich bemerken, dass ein Zeitmoment durch den galvanischen Strom auf doppelte Weise markirt werden kann, nämlich durch *Herstellung der Leitung* und durch *Unterbrechung der Leitung*; im ersten Falle zieht der Electromagnet den Anker an, im zweiten Falle lässt er den Anker los.

Die amerikanischen Gelehrten scheinen nun durchgängig ein grosses Gewicht darauf gelegt zu haben, die Markirung durch *Unterbrechung der Leitung* zu bewerkstelligen, in der Voraussetzung, dass bei der Unterbrechung des Stromes der Anker *augenblicklich* zurückfällt, oder wenn eine Zwischenzeit vorhanden ist, sie immer *gleich bleibt*, während bei der Herstellung der Leitung immer eine gewisse von der Stärke des Stromes und anderen Ursachen abhängige, also nach Umständen verschiedene, Zeit vergeht, bis der Anker angezogen wird. Diese Voraussetzung kann ich nicht als begründet betrachten, da es eine durch viele Thatsachen erwiesene und allgemein anerkannte Lehre ist, dass jede Induction zum Entstehen wie zum Aufhören eine gewisse Zeit braucht und diese Zeit immer von der Stärke der Induction abhängig ist. Hat man einen *constanten* Strom, so wird zwischen dem Schliessen der Kette und dem Anziehen des Ankers immer ein gleiches Zeitintervall vergehen und ist der Strom nicht constant, so wird nach der Unterbrechung

der Leitung mehr oder weniger Zeit vergehen, bis der Anker zurückfällt. Ich habe deshalb mich bemüht, einen möglichst constanten Strom zu Stande zu bringen und durchgängig die Schliessung der Kette zum Markiren angewendet, weil hiebei ein geringerer Aufwand von galvanischer Kraft erfordert wird. Es würde übrigens der von mir angewendete Mechanismus nur einer kleinen Modification bedürfen, um durch Unterbrechung der Leitung dieselben Bewegungen hervorzubringen, die ich durch Schliessung hervorgebracht habe.

1. Markirung der Uhrzeit oder Secunden-Punkte.

Zum galvanischen Registrirungs-Apparat gehört zunächst eine geschwärzte Walze *W* (wie oben bereits beschrieben wurde), welche durch ein Laufwerk *LL* (Fig. 28) mit gleichmässiger Geschwindigkeit umgedreht wird. Eine Spitze *a* fällt (durch Vermittlung des galvanischen Stromes) jede Secunde auf die Walze hin und macht einen Punkt; wenn der Punkt gemacht ist, so geht die Spitze augenblicklich wieder zurück. Nur bei der 60. Secunde bleibt die Spitze etwas länger auf der Walze liegen und macht einen kleinen Strich.

Die Walze ruht auf den Lagern *A*, *B*; die Axe ist glatt von *b* bis *c* und hat einen Schraubengang von *d* bis *e*. Vermöge dieses Schraubenganges rückt die Walze beständig in ihren Lagern vorwärts und die Secundenpunkte bilden eine spiralförmige Reihe um die Peripherie der Walze.

Wie die Punkte gemacht werden, müssen wir noch näher erklären. *MM* ist ein Electromagnet, *mn* der Anker mit einem Arm *kk* verbunden und beweglich um die Axe *f*. Der Spitzenträger *pp'p''*

hat eine Axe q . Das Gewicht P sucht die Spitze a der Walze zu nähern; diese Bewegung des Spitzenträgers wird aber verhindert durch den Haken sr , der bei r den Spitzenträger niederdrückt. Der zugespitzte Stahldrath ah (grösser gezeichnet in Fig. 29) wird in der Axe x festgehalten durch die Schraube y . Der Vordertheil, bei a , hat das Uebergewicht und ruht auf der Stütze l .

Jede Secunde geht der Strom durch den Electromagnet MM , dieser zieht den Anker (der durch die Spirale SS emporgelassen wird) an und hebt dadurch den Arm fk (Fig. 28 u. 30). Das Gewicht P bewirkt, dass die Spitze auf die Walze hinfällt und einen Punkt macht. Dabei verlässt die Spitze den Stützpunkt l und folgt der Bewegung der Walze. Dies dauert indessen nur einen Augenblick, denn kaum ist der Punkt gemacht, so wird der Strom wieder unterbrochen; der Arm fk fällt auf den Spitzenträger bei r und die Spitze a wird von der Walze zurückgezogen. Nur bei der 60. Secunde dauert die Stromverbindung etwas länger; der Drath ah wird bei h von dem Stück n verhindert, der Walze weiter zu folgen und macht einen Strich auf der Walze.

Nun haben wir zu erklären, wie die Uhr die Stromverbindung herstellt. Zu diesem Behufe wird ein Stückchen Kupferdrath (gekrümmt, wie in Fig. 31 zu ersehen und in ein oben offenes Glasrohr mit Siegelack festgemacht) in das untere Ende der Pendelstange eingeschraubt (Fig. 32); man bringt ein paar Tropfen Quecksilber in das Rohr, so dass das Quecksilber eine gewölbte Oberfläche bildet. Vor dem Pendel befindet sich das Brettchen AB (Fig. 33) und darauf ein Lager von Messing $abcd$, angeschraubt mit der Schraube k . In dem Lager liegt die Axe ae , vorn mit einer kleinen runden Scheibe fy versehen *). Ueber der Axe geht

*) Ich habe Scheibchen von Kupfer, Messing, Silber, Platin gebraucht; sie
Abhandl. d. II. Cl. d. k. Ak. d. Wiss. VI. Bd. II. Abth.

das Ende des Winkelstückes *E* herein. Die Axe wird hinaufgedrückt durch die Feder *FF* und kann abwärts bewegt werden durch die Schraube *H*.

Das eine Ende des vom Electromagnet ausgehenden Drathes ist bei *D* angeschraubt, das andere Ende ist bei *K* an dem messingenen Gestelle der Uhr festgemacht. Die Batterie ist zwischen *D* und dem Electromagnet eingeschaltet. So oft nun das Pendel in die Verticallinie kommt, so berührt die gewölbte Quecksilberfläche *h* die Scheibe bei *g*; der Strom geht an dem Pendel hinauf und gelangt durch das Uhrgestell zum andern Ende des Drathes bei *K*. Auf solche Weise wird eine leitende Verbindung hergestellt und der Electromagnet zieht den Anker an. Die Berührung wird regulirt durch die Schraube *H*.

Um die Minutenstriche hervorzubringen, geht eine Drathverbindung von *l* nach *n*, wo sich wieder eine Quecksilberfläche bei *o* befindet. Wenn der Secundenzeiger auf die 60. Secunde kommt, so berührt das untere Ende desselben die Quecksilberfläche, der Strom geht durch den Secundenzeiger und das Uhrgestell und der Anker des Electromagnets wird so lange festgehalten, bis der Secundenzeiger vorwärts geht, d. h. bis die Hälfte der Secunde vorüber ist.

leisten alle ungefähr gleich gute Dienste. Die Scheibchen von Messing, Kupfer oder Silber müssen mit Quecksilber amalgamirt, dann über die Weingeistlampe gehalten werden, bis das Quecksilber zum größten Theile sich wieder verflüchtigt. Reibt man dann die Kante mit einem Lumpen oder gegen Holz, so wird sie blank und der Strom geht bei Berührung des Quecksilbers leicht durch, ohne dass sich (was sonst der Fall seyn würde) das Quecksilber anhängt.

3. *Der Electromagnet und die galvanische Batterie, Hindernisse der Stromverbindung und Mittel zu ihrer Beseitigung.*

Der anfänglich von mir gebrauchte Electromagnet wog ungefähr 2 Pfund und war mit 25 Fuss Kupferdrath von $\frac{1}{2}$ Linie im Durchmesser umwunden. Später ersetzte ich ihn durch einen Electromagneten von $1\frac{1}{2}$ Pfund, über dessen beide Schenkel Kupferdrath-Rollen gesteckt waren. Jede Drathrolle hatte $3\frac{1}{3}$ Zoll in der Länge und war mit 40 Fuss Drath umwickelt. Diese Einrichtung habe ich desshalb getroffen, damit der Eisenkern von Zeit zu Zeit herausgenommen und ausgeglüht werden kann; ich vermurthe nämlich, dass der Eisenkern mit der Zeit beträchtlich an Inductions-Fähigkeit*) verliere, wie ich dies bei den Stäben des Differential-Inclinatoriums gefunden habe.

Dem Anker habe ich zuerst die Stellung Fig. 34, später die weit vortheilhaftere Stellung Fig. 35 gegeben. In neuester Zeit gebrauche ich einen unwickelten Anker, d. h. einen zweiten, kleinern Electromagnet als Anker, wie aus Fig. 30 zu ersehen ist; die Wirkung wird auf solche Weise sehr verstärkt. Die grösste Wirkung würde man erhalten, wenn der Electromagnet und der Anker ganz gleich wären.

Zur Erzeugung des galvanischen Stromes wende ich ein einziges Kupfer-Zink-Element**) von ungefähr $\frac{1}{3}$ Quadratfuss Ober-

*) Der permanente Magnetismus, der im Eisenkerne zurückbleibt, übt keinen störenden Einfluss aus, wenn man die Vorsicht gebraucht, den Strom immer nach derselben Richtung durchgehen zu lassen. Geschieht dieses nicht, so dauert es vom Anfange einige Zeit, bis der Electromagnet gehörig anzieht.

**) Vom Anfange hatte ich unterlassen, das Zink zu amalgamiren und mit

fläche an. Das Diaphragma ist von Porcellanerde und wird jedesmal nach dem Gebrauche einen halben Tag in eine schwache Säure (Wasser mit ein wenig Salpetersäure) gestellt. Bei solcher Behandlung bleiben die Diaphragmen lange Zeit brauchbar.

Die grösste Schwierigkeit bei dem galvanischen Registrirungs-Apparat bietet die Stromverbindung dar. Wo die Berührung der Scheibe *fy* (Fig. 33) mit der Quecksilberfläche stattfindet und zwar am Ende der Berührung, entstehen Funken, wobei eine kleine Quantität Quecksilber verbrennt und theils an der Oberfläche des Quecksilbers bleibt, theils fest an das Scheibchen adhärirt. Sind einmal die Oberflächen auf solche Weise verunreinigt, so geht der Strom nicht mehr durch. Man kann allerdings bewirken, dass der Strom ungeachtet dieses Hindernisses dennoch sicher durchgeht, wenn man die Scheibe tiefer in das Quecksilber eindringen lässt, allein dadurch wird der Ausschlag des Pendels beträchtlich vermindert und der Gang der Uhr gestört.

Will man, was ich als wesentliches Erforderniss ansehe, die Berührung möglichst fein machen, so ist es unbedingt nothwendig, die Scheibe rein zu erhalten. Ich habe dies bisher dadurch bewerkstelligt, dass ich von Zeit zu Zeit die Scheibe herumgedreht habe, während ich den Finger an die Peripherie hielt *); zweck-

gehöriger Sorgfalt zu reinigen; die Folge war, dass bald 2, dann 3 und zuletzt 6 Elemente angewendet werden mussten. Eine starke und immer gleiche Wirkung kam erst zu Stande, als ich neue Zinkblöcke giessen und amalgamiren liess.

*) Zur Markirung der Secunden wird an der hiesigen Sternwarte nicht die Hauptuhr (von Mahler verfertigt), sondern eine ältere Pendeluhr von Berthoud gebraucht; von Zeit zu Zeit wird eine Vergleichung der beiden

mässiger wäre es aber, ein Laufwerk anzubringen, wodurch die Scheibe beständig gedreht würde und sich an einem darüber befindlichen Stückchen Holz reinigte. Die Drehung der Scheibe könnte auch durch einen Electromagnet bewirkt werden, wie man es weiter unten bei dem galvanischen Pendel beschrieben finden wird.

Versuchsweise habe ich zur Stromverbindung auch die Fig. 36 dargestellte Vorrichtung gebraucht. Auf einem festgemachten Querstück von Holz befindet sich ein messingnes Lager, worauf die Axé des Magnets *ns* ruht. Dieser Magnet ist aus einer Uhrfeder gemacht, 1 Zoll lang und $\frac{1}{2}$ Zoll breit, mit dem Nordpol in *n* und dem Südpol in *s*. Die Südhälfte *s* hat das Uebergewicht, der Haken *c* verhindert aber das Umschlagen und hält den Magnet in horizontaler Lage.

An dem Pendel befindet sich ein kleiner Magnetstab *NS* von ungefähr 4 Zoll Länge, mit dem Nordpol in *N* und dem Südpol in *S*.

Das eine Ende *f* des Verbindungsdrathes der galvanischen Batterie ist an das Lager des Magnets *ns* fest geklemmt, das andere Ende *e* geht unter den Magnet *ns* herauf und ist von *n* ungefähr $\frac{1}{4}$ Linie entfernt. So oft nun das Pendel durch die Verticallinie schwingt, wird durch den Nordpol *N* der Südpol *s* gehoben und der Nordpol *n* niedergedrückt; so kommt der Nordpol *n* mit dem Drathende *e* in Berührung und der Strom geht durch.

Uhren vorgenommen. Wenn man den Registrirungs - Apparat in Gang setzt, so fängt eine allmähliche Abnahme des Schwingungsbogens an; der Schwingungsbogen wird erst constant, wenn er ungefähr um $\frac{1}{5}$ abgenommen hat.

Da der Pol *N* nur eine *Drehung* des Magnets *ns* zu bewirken sucht und die Abstosung eben so stark ist wie die Anziehung, so hat diese Einrichtung auf den Gang der Uhr *gar keinen Einfluss*.

Dies ist allerdings ein grosser Vorzug; auf der andern Seite hat man indessen wieder den Nachtheil, dass eine stärkere Batterie erfordert wird, denn wenn man auch das Drathende *c* hineinbiegt, so dass es nur in kleiner Entfernung von der Axe des Magnets *ns* steht, so ist der Druck noch sehr gering.

Bei einem spätern Versuche habe ich an das Drathende *e* eine kleine kupferne Kapsel angeschraubt und mit schwach gesäuertem Wasser angefüllt. Von dem Magnetende *n* gieng ein Stückchen Kupferdrath in die Kapsel und berührte den Boden, so oft der Magnet *NS* vorübergieng. Dadurch wurde die Entstehung eines Funkens verhindert und die in Berührung kommenden Metalltheile blieben beständig blank. Aber auch so gelang es mir nicht, eine sichere Stromverbindung ohne eine stärkere Batterie zu Stande zu bringen.

Bei den amerikanischen Registrirungs-Apparaten sind stärkere Batterien im Gebrauche und es wird die Stromverbindung vermittelt durch einen kleinen Hammer, welchen das Steigrad jede Secunde von einer Platte abhebt und wieder fallen lässt.

Die oben beschriebene Einrichtung könnte, wie mir scheint, den Hammer vortheilhaft ersetzen, und würde auch sonst ganz dieselben Dienste leisten, wenn das Drathende *e* unter dem Südpol *s* stünde und mit diesem in Berührung wäre. Das Vorübergehen des Magnetstabes *NS* würde dann eine Stromunterbrechung hervorbringen.

4. *Markirung der Beobachtung oder Beobachtungspunkte.*

Wir kommen nun zur Markirung der Beobachtung. Zu diesem Zwecke befindet sich ober dem Drathe *ab* (Fig. 37), welcher die Secundenpunkte macht, ein zweiter Drath *ed*, auf ganz ähnliche Weise zum Punktmachen eingerichtet. Anfänglich hatte ich in *A* einen Electromagnet festgemacht, zu dem eine eigene Batterie gehörte; die Strom-Verbindung konnte durch das Anschlagen einer Taste hergestellt werden. So oft die Taste angeschlagen wurde, so zog der Electromagnet den Anker *B* an; dadurch wurde das Winkelstück *r* gehoben und die Spitze *d* machte einen Punkt, den man von den Secundenpunkten leicht unterscheiden konnte, weil er merklich stärker war und ein wenig seitwärts von der Reihe der Secundenpunkte stand. Dass die zwei Spitzen, welche *neben* einander stehen sollten, *über* einander sich befinden und desshalb der Beobachtungspunkt nicht auf die entsprechende Zeit, sondern um einen *constanten* Betrag früher fällt, hat auf den Erfolg der Beobachtung keinen Einfluss.

Später beseitigte ich den zweiten Electromagnet und brachte eine Schnur *ef* an, so dass der Beobachter, anstatt die Stromverbindung herzustellen, durch einen Zug den Arm *CC* hob, wodurch das Stück *EE* frei wurde und die Spitze *d* auf die Walze hinfiel. Endlich ersetzte ich den Arm *CC* durch eine Feder. Die Art und Weise, wie ich die Schnurverbindung angebracht habe, kann man aus Fig. 38 ersehen; *ff* ist eine Feder, welche mittelst des Hakens *r* das Stück, welches die Beobachtungspunkte macht, niederdrückt; von der Feder geht die Schnur *eh* bis zu dem einen Ende *c* des Hebels *ab*, welcher an der Decke des Beobachtungs-Saales sich befindet und seine Axe in *c* hat; von dem andern Ende *b* geht die

Schnur *bl* herab, die der Beobachter in der Hand hält. Die Schnur *bl* kann man nördlich oder südlich vom Meridiankreise gleich gut gebrauchen.

Die beschriebenen Einrichtungen werden, wie ich Eingangs erwähnt habe, nicht ganz mit den Ansichten der nordamerikanischen Gelehrten übereinstimmen, welche auf die Schnelligkeit der Markirung grosses Gewicht gelegt haben und es als wesentliche Bedingung ansehen, dass die Markirung augenblicklich geschieht. Bei dem von mir angewendeten Mechanismus habe ich diese Bedingung nicht zu erreichen gesucht. Wenn der Spitzenträger frei wird, so vergeht eine gewisse Zeit, bis die Spitze die Walze erreicht, aber immer *dieselbe* Zeit. Man darf nicht etwa annehmen, dass der Arm $p'p''$ des Spitzenträgers (Fig. 30), während der Punkt gemacht wird, an der Arretirung *r* anliegt; wenn man bedenkt, dass den Spitzenträger die Kraft der Schwere in Bewegung setzt, während der Anker, wenn er sich dem Electromagnet nähert, mit schnell zunehmender Kraft angezogen wird, lässt sich leicht ermessen, dass jener Theil des Spitzenträgers während der Bewegung mit der Arretirung gar nicht im Contact stehen kann. Dasselbe wird der Fall seyn bei der Bewegung des Spitzenträgers, der die Beobachtungspunkte macht.

5. *Einrichtung des Fadennetzes für den Gebrauch des Registrirungs-Appurats.*

Will man einen galvanischen Registrirungs-Apparat vortheilhaft gebrauchen, so muss man das Fadennetz des Meridian-Instruments in anderer Weise einrichten, als es für die gewöhnliche Beobachtungsmethode eingerichtet wird. Falls man, wie es an der hiesigen Sternwarte geschieht, theils einzelne Sterne mit grosser Prä-

cision beobachten, theils Zonen nehmen will, wo die Beobachtung schneller geschehen soll und ein minder Grad von Präcision ausreicht, so sind zwei Bedingungen zu berücksichtigen

- 1) muss eine grössere Anzahl von Fäden eingezogen werden,
- 2) müssen die Fadenintervalle so ausgetheilt seyn, dass man, wenn nicht alle Fäden beobachtet werden, aus der Beobachtung selbst weiss, welche Fäden genommen worden sind.

Mit Rücksicht hierauf habe ich die Fäden nach der Fig. 39 dargestellten Weise eingerichtet. Wie man sonst fünf Fäden aufspannt, so hat man hier fünf Parthien. Die Meridian-Parthie hat durchaus gleiche Intervalle; bei den übrigen Parthien kommt überall *ein* grösseres Intervall vor und zwar bei jeder Parthie an einer andern Stelle. Bei den Sternen, die mit grösster Genauigkeit beobachtet werden sollten, nimmt man die sämmtlichen Fäden, bei den Zonen jedesmal nur *eine* Parthie.

6. *Ablesung der Walzen.*

Zur Ablesung der Walzen gebraucht man das Gestell Fig. 40. Das Fernrohr ist dem S. 394 beschriebenen vollkommen gleich; die Kante *ab* dient als Index. Indem man die Walze langsam hermdreht, geht nach und nach die ganze Punktenspirale an dieser Kante vorüber, dabei erkennt man sogleich die Beobachtungspunkte, deren Stelle unter den Secundenpunkten abgelesen wird und zwar so, dass man die Entfernung von der nächstvorhergehenden Secunde nach dem Augenmaasse schätzt.

Die Länge einer Secunde beträgt 2 Pariser Linien, und das Fernrohr vergrössert 13 Mal, so dass also jede Secunde eine schein-

bare Grösse von 26 Pariser Linien hat. Bei der Ablesung werden die Zehntel-Secunden geschätzt, bisweilen auch die halben Zehntel, in der Weise nämlich, dass wenn z. B. 0,5 zu klein und 0,6 zu gross scheint, man als Ablesung 0,55 einschreibt. Wollte man an das Ablesungs-Fernrohr ein Microscop oder im Focus eine Scala, oder an der Walze selbst eine Micrometer-Bewegung anbringen, so hätte es gar keine Schwierigkeit, die Hundertel- oder, wenn man will, auch die Tausendel-Secunden abzulesen. Durch so genaue Ablesung ist indessen nur dann ein wirklicher Vortheil zu erzielen, wenn die Beobachtung eine entsprechende Präcision hat, wie es z. B. der Fall ist bei Pendelbeobachtungen und andern physikalischen Versuchen. Zugleich muss aber bemerkt werden, dass es alsdann nöthig seyn würde, Laufwerke mit gleichmässigerem Gange als die jetzt gebräuchlichen zu construiren. *)

*) Ein Räderwerk giebt nie eine gleichmässige Bewegung. Das beste Mittel, eine gleichmässige Bewegung hervorzubringen, besteht, wie ich glaube, darin, dass man eine ziemlich schwere Metallscheibe durch ein Räderwerk in Rotation erhält, und an der Axe der Scheibe eine Schraube ohne Ende anbringt, welche die beabsichtigte Bewegung (im obigen Falle die Drehung der Walze) unmittelbar bewerkstelligt. Die Bewegung der Scheibe müsste ferner von einer Pendeluhr in der Weise regulirt seyn, dass jede Secunde das Pendel einen galvanischen Strom durchgehen lässt, der die Bewegung der Scheibe etwas verzögert, wenn sie zu schnell geht, und etwas beschleunigt, wenn sie zu langsam geht. Eine solche Einrichtung wird gegenwärtig bei dem neuen Aequatorial der Sternwarte getroffen. — In Amerika hat man, wenn ich nicht irre, Laufwerke, wie sie von Fraunhofer zur Bewegung von Refractoren construirt wurden, angewendet, um den Papierstreifen bei dem „automatic clock register“ fortzuziehen. Einen solchen Papierstreifen mit Secundenpunkten habe ich von dem Direktor der National-Sternwarte in Washington, Herrn Maury, erhalten; die Länge einer Secunde beträgt 5 Linien.

Damit man den Grad der Genauigkeit ungefähr beurtheilen könne, füge ich hier die *sämmtlichen* (d. h. bei ungünstiger wie bei günstiger Luft angestellten) Beobachtungen von α Serpentis im Jahre 1851 bei.

Die Distanzen der einzelnen Fäden vom Mittelfaden sind für α Serpentis wie folgt:

I. Parthie	II. Parthie	III. Parthie	IV. Parthie	V. Parthie.
"	"	"	"	"
+ 40,62	+ 22,50	+ 3,79	— 12,96	— 31,37
+ 38,89	+ 20,30	+ 1,78	— 14,81	— 35,11
+ 36,97	+ 18,55	0,00	— 14,44	— 37,00
+ 35,15	+ 14,73	— 1,85	— 20,31	— 38,81
+ 31,32	+ 12,89	— 3,83	— 22,28	— 40,74.

In folgender Tabelle findet man nun die Beobachtung der einzelnen Fäden für jeden Tag, dann die Abweichung vom Mittel der 25 Fäden, welche sich ergibt, wenn man mittelst der obigen Fä-
dendistanzen auf den Mittelfaden reducirt.

Faden	Juni 6.		Juni 12.		Juni 20.		Juni 28.		Juni 30.	
	Beobachtung	Abweichung vom Mittel								
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1	0.95	-0,07	1.90	-0,02	24.20	-0,13	0.05	-0,19	41.25	-0,02
2	2.60	+0,01	3.50	+0,11	25.90	-0,10	1.55	+0,04	44.65	+0,01
3	4.60	-0,07	5.50	+0,03	27.80	-0,08	3.50	+0,01	46.60	-0,02
4	6.30	+0,05	7.45	-0,10	29.50	+0,04	5.40	-0,07	48.40	0,00
5	10.10	+0,08	11.15	+0,03	33.45	-0,08	9.20	-0,04	52.30	-0,07
6	19.00	0,00	20.00	0,00	42.15	+0,04	18.00	-0,02	1.00	+0,05
7	21.00	+0,20	22.15	+0,05	44.45	-0,06	20.20	-0,02	3.25	0,00
8	22.90	+0,05	24.00	-0,05	46.15	-0,01	21.80	+0,13	4.95	+0,05
9	26.60	+0,17	27.90	-0,13	50.00	-0,04	25.80	-0,05	8.85	-0,03
10	28.55	+0,06	29.70	-0,09	51.80	0,00	27.65	-0,06	10.70	-0,04
11	37.70	+0,01	38.70	+0,01	0.95	-0,05	36.60	+0,09	19.70	+0,06
12	39.75	-0,03	40.85	-0,13	3.00	-0,09	38.50	+0,20	21.80	-0,03
13	41.55	-0,05	42.60	-0,10	4.60	+0,09	40.50	-0,02	23.55	0,00
14	43.40	-0,05	44.45	-0,10	6.50	+0,04	42.40	-0,07	25.40	0,00
15	45.45	-0,12	46.30	+0,03	8.40	+0,12	44.40	-0,09	27.35	+0,03
16	54.50	-0,04	55.55	-0,09	17.60	+0,05	53.45	-0,01	36.50	+0,01
17	56.40	-0,09	57.45	-0,14	19.50	0,00	55.25	+0,04	38.40	-0,04
18	59.95	-0,01	1.00	-0,06	23.05	+0,08	58.95	-0,03	42.00	-0,01
19	1.90	-0,09	2.80	+0,01	25.00	0,00	0.70	+0,09	43.95	-0,09
20	3.90	-0,12	4.80	-0,02	26.90	+0,07	2.65	+0,11	45.80	+0,03
21	12.85	+0,02	13.75	+0,12	36.10	-0,04	12.00	-0,15	54.80	+0,12
22	16.55	+0,06	17.50	+0,11	39.70	+0,10	15.50	+0,09	58.55	+0,11
23	18.45	+0,05	19.30	+0,20	41.65	+0,04	17.45	+0,03	0.50	+0,05
24	20.30	+0,01	21.05	+0,26	43.50	0,00	19.30	-0,01	2.45	-0,09
25	22.20	+0,04	23.10	+0,14	45.50	-0,07	21.20	+0,02	4.30	-0,01

51.

Juli 1.		Juli 7.		Aug. 20.		Aug. 22.		Aug. 23.		Aug. 26.	
Beobachtung	Abweichung vom Mittel										
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
41.25	-0,06	43.80	-0,04	44.15	-0,05	7.00	+0,02	3.15	-0,07	16.80	0,00
42.85	+0,07	45.50	-0,01	15.90	-0,07	8.65	+0,10	4.85	-0,04	18.55	-0,02
45.00	-0,16	47.45	-0,04	17.80	-0,05	10.60	+0,07	6.80	-0,07	20.50	-0,05
46.65	+0,01	49.30	-0,07	19.60	-0,03	12.55	-0,06	8.60	-0,05	22.45	-0,18
50.45	+0,04	53.05	+0,01	23.45	-0,05	16.40	-0,08	12.45	-0,07	26.05	+0,05
59.25	+0,06	1.90	-0,02	32.40	-0,18	25.15	-0,01	21.25	-0,05	35.00	-0,08
1.45	+0,06	4.20	-0,12	34.45	-0,03	27.40	-0,06	23.45	-0,05	37.15	-0,03
3.40	-0,14	5.95	-0,12	36.20	-0,03	29.10	-0,01	25.15	0,00	38.95	-0,08
7.05	+0,03	9.60	+0,05	40.00	-0,01	33.00	-0,09	29.00	-0,03	42.65	+0,04
8.90	+0,02	11.50	-0,01	41.85	-0,02	34.65	+0,10	30.85	-0,04	44.50	+0,03
18.00	+0,02	20.55	+0,04	51.00	-0,07	43.85	0,00	39.90	+0,01	53.55	+0,08
20.00	+0,03	22.50	+0,10	53.00	-0,06	45.80	+0,06	41.90	+0,02	55.55	+0,09
21.80	+0,01	24.45	-0,07	54.60	+0,12	47.55	+0,09	43.60	+0,10	57.45	-0,03
23.65	+0,01	26.30	-0,07	56.50	+0,07	49.45	+0,04	45.50	+0,05	59.25	+0,02
25.55	+0,09	28.20	+0,01	58.50	+0,05	51.45	+0,02	47.50	+0,03	1.20	+0,05
34.60	+0,17	37.25	+0,09	7.55	+0,13	0.50	+0,10	56.55	+0,11	10.40	-0,02
36.65	-0,03	39.30	-0,11	9.50	+0,03	2.50	-0,05	58.50	+0,01	12.35	-0,12
40.40	-0,15	42.80	+0,02	13.10	+0,06	6.05	+0,03	2.10	+0,04	15.80	+0,06
42.20	-0,08	44.65	+0,04	15.00	+0,03	7.85	+0,10	4.00	+0,01	17.60	+0,13
44.10	-0,01	46.60	+0,06	16.90	+0,10	9.95	-0,03	6.00	-0,02	19.65	+0,05
53.15	+0,03	55.65	+0,10	26.05	+0,04	19.10	-0,09	15.05	+0,02	28.70	+0,09
56.95	-0,03	59.50	-0,01	29.90	-0,07	22.80	-0,05	18.85	-0,04	32.50	+0,03
58.85	-0,04	1.40	-0,02	31.60	+0,12	24.60	+0,04	20.60	+0,10	34.45	-0,03
0.60	+0,02	3.05	+0,14	33.50	+0,03	26.55	-0,10	22.45	+0,06	36.25	-0,02
2.45	+0,10	5.00	+0,12	35.50	-0,04	28.45	-0,07	24.45	-0,01	38.25	-0,09

Da in Folge der Unruhe der Atmosphäre die Bilder der Sterne nicht selten um 2 bis 3 Secunden (im Raume) schwanken, so darf man wohl diesem Umstande allein die hier vorkommenden grösseren Abweichungen beimessen. Uebrigens ist es auch nicht in Abrede zu stellen, dass zum richtigen Gebrauche des galvanischen Registrirungs-Apparates *Uebung* erfordert wird, besonders bei denjenigen, die durch vieljährige Praxis an die alte Beobachtungsmethode gewohnt waren.

IV. Registrirungs-Apparat für Declinations-Beobachtungen.

Die grosse Genauigkeit, womit auf einer geschwärzten Zinnwalze Punkte gemacht und abgelesen werden können, hat mich zu dem Versuche veranlasst, ob nicht durch dieses Mittel bei Zonenbeobachtungen die Declination markirt werden könnte *). Der

*) Ich habe kürzlich in „Dr. Gould's Astronomical Journal“ gelesen, dass Prof. Mitchel in Cincinnati ebenfalls mit dem Probleme sich beschäftigt, die Declinationen zu registriren. Auf welche Weise er den Zweck erreicht oder zu erreichen beabsichtigt, darüber hat er noch nichts veröffentlicht, wenigstens ist mir noch keine Kunde davon zugekommen. Ich bemerke hier, dass mein Apparat im Sommer 1849 angefangen wurde, zugleich mit dem galvanischen Registrirungsapparate.

Einige Astronomen haben, wie ich glaube, versucht, Sonnenbeobachtungen anzustellen mit einem Fadennetze, bestehend aus mehrfachen Fadensystemen, die sich unter spitzigem Winkel durchkreuzen; das Fernrohr bleibt unverändert und sowohl gerade Aufsteigung als Declination werden aus den Fadendurchgängen abgeleitet. Dies ist die Methode, welche

Apparat, den ich deshalb construiert habe, ist in Fig. 41 dargestellt.

An der Axe des Passage-Instruments ist ein Messingrohr *aa* (Fig. 41) von 6 Fuss Länge mittelst der Klemmen *A*, *B* befestiget; wenn man eine Zone beobachten will, so löst man die Klemmen, richtet das Fernrohr auf die Mitte der Zone, dreht das Rohr *aa* bis es senkrecht steht, und zieht die Klemmen wieder an. Am untern Ende des Rohres ist eine Feder *cc* mit einer feinen Spitze *f*, die in Fig. 42 dargestellt ist, angebracht. Vor der Spitze und in ganz kleiner Entfernung davon befindet sich die Walze, rückwärts, ebenfalls in ganz geringer Entfernung von der Feder, das Stück *bb* mit einer Axe *d*. Am untern Ende befindet sich die Excentrik *g* an einer Axe, welche durch den Schnurlauf *m* gedreht wird. Geht die Excentrik herum, so wird das Stück *dn* herausgedrückt durch die Feder *qq*; der Theil *bb* geht gegen die Walze vor und die Spitze macht einen feinen Punkt auf der geschwärtzten Oberfläche der Walze, ganz so wie es bereits oben bei dem registrirenden Thermometer erklärt worden ist.

La Caille bei seinen Zonenbeobachtungen in einfachster Form angewendet hat. Nimmt man ein kleineres Fernrohr mit grossem Sehfelde und geringer Vergrösserung, so ist die Methode vorzüglich, will man aber eine grössere Genauigkeit erreichen und folglich auch eine stärkere Vergrösserung anwenden, so wird die Breite der Zone zu klein und man muss zu lange warten, bis ein Stern kommt. Ich habe bei meinem frühern Zonenapparat (Observ. Astronomicae Vol. XII. Einleitung) vom Anfang Zonen von $1\frac{1}{2}$ Grad genommen, fand aber, dass der Beobachter in den meisten Gegenden des Himmels damit nicht Beschäftigung genug hat. Später vergrösserte ich den Zonenbogen auf 2 Grade; beim Gebrauch eines Registrirungs-Apparates für die Durchgänge ist auch diese Breitenausdehnung viel zu klein.

Ist der Beobachtungspunkt gemacht, so schiebt der Haken *hh* das Rad *R* der Walze *u* um einen Zahn vor. Vor der Walze sieht man eine zweite Spitze *r* (Fig. 42) an einer Feder und rückwärts ein Stück *ss* (Fig. 41), wodurch beim Umdrehen der Excentrik *k* (welche an derselben Axe wie die Excentrik *g* und der Schnurlauf *m* festgemacht ist) die Spitze gegen die Walze gedrückt wird. Diese Spitze hat den Zweck, die Grösse des beobachteten Sterns zu markiren. Die vier Tasten *T* (10), *T* (9), *T* (8), *T* (7), welche man in Fig. 41 sieht, lösen sämmtlich die Axe, woran der Schnurlauf *m* angebracht ist, mittelst der Stücke *uu*, *vv* aus, so dass sie einmal herumgeht und die beiden Spitzen gegen die Walze gedrückt werden. Die Tasten stehen aber ausserdem noch in Verbindung mit der Feder *F* (Fig. 42), so dass, wenn man die unterste Taste anschlägt, die Feder um $1\frac{1}{2}$ Linie hineingeschoben wird und der Punkt, den die Spitze macht, 2 Linien von der Kante *z* entfernt ist. Ein Punkt in dieser Entfernung von der Kante bezeichnet einen Stern 7. Grösse oder darüber. Wird die zweite Taste angeschlagen, so kommt der Punkt $1\frac{1}{2}$ Linie von der Kante zu stehen und bezeichnet einen Stern 8. Grösse; die dritte Taste entspricht der Entfernung 1 Linie und bedeutet die neunte Grösse und die oberste Taste der Entfernung $\frac{1}{2}$ Linie, wodurch die 10. Grösse angezeigt wird. Das Brettchen, woran die Tasten sich befinden, lässt sich höher oder tiefer stellen, damit der Beobachter bei verschiedener Lage des Fernrohres, d. h. bei Beobachtung verschiedener Zonen, die Tasten erreichen könne.

Alle Theile sind an einer hölzernen Rahm, welche die Säule des Passage-Instruments umgiebt, angebracht und demnach kleinen Aenderungen unterworfen, nur das Widerlager *W* (ein starkes Eisenstück), gegen welches das Ende der Axenwalze angeedrückt wird, ist in der Säule eingekittet und vollkommen fest.

Die Ablesung der Declinationen an der Walze geschieht mit der Vorrichtung Fig. 43. Die Walze *W* liegt in einem Lager, ganz ähnlich dem Lager, worin sie beim Gebrauche sich befand (Fig. 41). Die Feder *f* drückt das Ende der Walzenaxe gegen eine Glasplatte. Das Stück *AB* bewegt sich an einer Axe, wovon das Ende bei *a* zu sehen ist; die Walze steht genau so weit von der Axe *a* ab, als sie bei der Beobachtung von der Axe des Passage-Instruments entfernt war. Unter der Walze befindet sich der Kreisbogen *ce* in Minuten getheilt. In dem Microscop *M* sieht man die Punkte der Walze, in dem Microscop *M'* die Theilung des eben erwähnten Kreisbogens.

Um eine Ablesung vorzunehmen, bewegt man mit der Schraube *mm* das Brett *AB*, bis ein Punkt der Walze unter den Faden des Microscop *M* kommt; alsdann sieht man in das Microscop *M'*, notirt die nächst vorhergehende Minute und bestimmt durch das Micrometer dieses Microscops wie viele Secunden noch dazu kommen.

V. Das Electrometer.

1. Beschreibung des Instruments.

Das Electrometer ist in Fig. 44 im Durchschnitte dargestellt; es besteht aus einem Rohr *RR* mit einem viereckigen Bügel *AABB* (letzterer aus Kupferdrath von $\frac{3}{4}$ Linie im Durchmesser gemacht), dann einer frei hängenden Nadel *ab* von versilbertem Kupferdrath.

Nach der von mir gewöhnlich gebrauchten Einrichtung sind

die beiden Nadelhälften *ac*, *bc* nur die Enden eines Drathstückes, wovon die Mitte in *e* ist; der Drath wird zusammengedreht bis *f*, so dass bei *e* eine Oehre zum Aufhängen bleibt, dann gehen die beiden Draththeile auseinander und bilden einen viereckigen Bügel zwischen *f* und *g*, dann sind sie wieder zusammengedreht bis *c*. Der Drath hat $\frac{1}{5}$ Linie im Durchmesser. Ein kleiner Magnet *mm* (ein Stückchen von einer Nähnadel etwa 3 Linien in der Länge) wird ungefähr in der Mitte zwischen *g* und *c* durchgesteckt und mit etwas Siegelak befestigt. Das Ganze wird getragen von dem einfachen Coconfaden *ss*, der oben an dem Stiften *k* befestigt ist. Der Stiften wird geklemmt durch die Schraube *q*, und das ganze Stück *CC* kann im Rohre *RR* gedreht werden, um die Torsion des Fadens aufzuheben. Durch das Rohr *RR* und durch den Bügel *fg* wird ein Stiften gesteckt, so dass die Nadel *ab* sich nicht über 90° herumdrehen kann. Die Platte *PP* ist an dem Rohre angelöthet, die Platte *QQ* fest aufgeschraubt, dazwischen befinden sich zwei Parthien Gutta-Percha-Scheiben, die eine ausserhalb, die andere innerhalb der Glasglocke. Die Wand der Glasglocke *GG* bleibt etwas mehr als einen halben Zoll vom Rohre entfernt. Auf solche Weise wird das Rohr und die Theile, die damit zusammenhängen, von der Glocke und dem Gestelle *isolirt*.

In Fig. 45 ist das Electrometer perspectivisch gezeichnet. Zum Aufstellen des Instruments gebraucht man das Kästchen *KK*, dessen Gestalt aus Fig. 46 zu ersehen ist. Den Boden des Kästchens bildet das Brett *HH*; darunter befindet sich die feste Unterlage *PP* (am besten eine in der Mauer befestigte Diele). Zwischen dem Brett *HH* und der Unterlage *PP* liegt eine starke Messingfeder, welche das Kästchen hinaufdrückt. Die drei Stellschrauben *R*, *S*, *T* gehen in die feste Unterlage *PP* und wirken der Feder entgegen.

Mittelst dieser Stellschrauben giebt man dem Electrometer die erforderliche horizontale Lage *).

*) Ich habe sehr viele Versuche angestellt, bis ich zu der hier beschriebenen Construction des Electrometers gelangte. Bei den ersten Versuchen gebrauchte ich eine flache Nadel anstatt des feinen Draths, und messingene Röhren von ungefähr 1 Zoll Durchmesser anstatt des Bügels; ich hoffte nämlich, durch grössere Oberflächen eine grössere Abstossung zu Stande zu bringen, also das Instrument empfindlicher zu machen. Ich erkannte indessen bald, dass es mit der Vertheilung der Electricität ganz andere Bewandniss habe, als man gewöhnlich annimmt, und dass dünne Dräthe eine verhältnissmässig sehr grosse Abstossung geben. Ferner hatte ich bei meinen ersten Instrumenten alle Theile abgerundet, in der Voraussetzung, dass die Electricität durch scharfe Kanten leichter ausströme. Auch diese Voraussetzung habe ich später unbegründet gefunden. Die vorgenommenen Experimente zeigten, dass wenn man an dem Electrometer einen ganzen Kranz von Nähnadeln anbringt, die Ausströmung nicht schneller erfolgt, als wenn die Nadeln entfernt werden. Die meisten Schwierigkeiten ergaben sich mit der Isolirung. Kleine Electricitätsmengen, (die überhaupt sich ganz anders verhalten als grosse) werden durch Glas gar nicht isolirt, ebenso wenig durch Siegellak. Klebwachs isolirt sehr gut, so lange die Temperatur nicht über 16° geht, es ist aber, wenn die Temperatur der eben erwähnten Grenze sich nähert, viel zu weich, um zur Construction von Electrometern vortheilhaft sich verwenden zu lassen. Mit Schellak habe ich wenige Versuche angestellt; die Bearbeitung desselben erfordert besondere Vortheile, die nicht allgemein bekannt sind. Die Substanz, die unter allen vorkommenden Temperaturen am Besten isolirt, ist, so weit meine Versuche gehen, Gutta-Percha. Ich habe anfangs rohe Gutta-Percha genommen und sie an der Weingeist-Flamme erhitzt oder geschmolzen, um sie in die gewünschte Form zu bringen; später gebrauchte ich Platten von Gutta-Percha, wie sie im Handel vorkommen. Die Isolirung war in beiden Fällen ungefähr gleich gut. Nur ein grosser Uebelstand bietet sich dabei dar, dass nämlich die Gutta-Percha hygroskopisch ist, und, an einen feuchten Ort hingestellt, in ganz kurzer

2. Ablesung des Electrometers.

Stellt man das Instrument auf, so dass die Fläche des Bügels *AABB* mit dem magnetischen Meridian zusammenfällt, so wird der kleine Magnet in dieser Fläche zur Ruhe kommen und die Nadel *ab* wird parallel seyn mit *BB*; so wie man aber Electricität in das Rohr bringt und die Electricität in den Bügel und in die Nadel zugleich kommt*), so wird die Nadel *ab* vom Bügel abgestossen und weicht seitwärts ab, während der kleine Magnet sie in die frühere Lage zurückzubringen sucht. Nach einigen Oscillationen nimmt die Nadel eine bestimmte Richtung an und macht mit dem Bügel den Winkel *acB* (Fig. 45), welcher von der Stärke der Electricität abhängt und als Maassbestimmung dieser Stärke angewendet werden kann.

Zunächst kommt es darauf an, diesen Winkel abzulesen. Zu diesem Zwecke befindet sich unter dem Bügel eine Glasplatte, welche zugleich zum Verschliessen der Glocke dient. Auf der Glasplatte ist eine Kreiseintheilung *EE* angebracht und unterhalb derselben in dem Kästchen *K* liegt ein Spiegel, unter 45° gegen den Horizont geneigt (in Fig. 46 zu sehen und mit *S* bezeichnet); endlich ist *G* eine Linse von solcher Brennweite, dass wenn man das Auge daran hinbringt, man im Spiegel *S* ein deutliches Bild

Zeit die Isolirungsfähigkeit verliert. Ein Electrometer, welches auf solche Weise unbrauchbar geworden ist, wird erst wieder brauchbar, wenn man es längere Zeit in einem trockenen Orte aufbewahrt.

*) Beim Gebrauche des Instruments macht die Nadel *ab* vom Anfange immer grosse Schwingungen oder wird in Schwingungen gebracht, dass der Bügel *fg* mit dem durchgesteckten Stiften in Berührung kommt.

der Kreis-Theilung *EE* erhält, und auf der Kreis-Theilung den untern Theil des Bügels *BB* sowohl als die Nadel *ab* (die beide in geringem Abstände von der Glasplatte sich befinden müssen) projecirt sieht.

Die von mir angewendete Kreis-Theilung stellt Fig. 47 dar. Die Projection des Bügels *BB* geht durch die beiden Nullpunkte. Da die Excentricität der Nadel *ab* veränderlich ist, so muss man die beiden Bogen *ad* und *bc* ablesen; das arithmetische Mittel daraus giebt den Winkel, den die Nadel mit dem Bügel macht. Es wird hierbei vorausgesetzt, dass man die Nadel zur Ruhe gebracht habe. Dieser Bedingung wird jedoch gewöhnlich nicht Genüge geleistet, sondern man vermindert den Schwingungsbogen, bis er einen mässigen Betrag etwa $\alpha\alpha'$, $\beta\beta'$, erlangt und liest dann auf der einen Seite die grösste, auf der andern die kleinste Abweichung, d. h. αd und $\beta'e$ oder $\alpha'd$ und βe , ab.

3. Anwendung des Electrometers zur Messung der atmosphärischen Electricität.

Will man mit dem Electrometer die Spannung der atmosphärischen Electricität messen, so hebt man das Instrument von dem Kasten *KK* ab, geht damit auf einen erhöhten Punkt unter freiem Himmel (die an der hiesigen Sternwarte bestehende Einrichtung stellt Fig. 48 dar) und berührt mit dem Finger das Rohr gerade oberhalb der Platte. Trägt man dann das Instrument wieder herab und stellt es auf den Kasten hin, so zeigt sich, wenn eine Spannung vorhanden ist, sogleich eine entsprechende Abweichung der Nadel, die man in der oben beschriebenen Weise abliest. Beim Herabtragen des Instruments muss man dafür sorgen, dass das Rohr mit keinem Gegenstande in Berührung kommt.

Bisher haben wir vorausgesetzt, dass der Bogen und die beiden Nullpunkte der Kreis-Theilung genau im magnetischen Meridian sich befinden, dass die Torsion des Fadens vollständig gehoben sei, und dass eine Entweichung oder Verminderung des electricischen Fluidums während der Beobachtung nicht eintreten könne. In der Praxis lässt sich aber dem Instrumente niemals die richtige Lage geben; und was die Isolirung betrifft, so ist sie nie so vollkommen, dass nicht beständig einige Electricität entkommt oder abfließt, was durch eine allmählig verminderte Abweichung der Nadel sich offenbart. Um diese verschiedenen Umstände bei der Beobachtung unschädlich zu machen, verfährt man auf folgende Weise.

Fürs erste notirt man die Zeit T , wo man mit dem Instrumente herunterkommt und wo in dem Instrumente die electricische Spannung eintritt, mithin auch der Electricitäts-Verlust anfängt. Wenn die Nadel beruhigt ist und sich in der Lage ab (Fig. 47) befindet, so liest man die Bögen $ad = n_0$ und $be = n'_0$ ab*), notirt die Zeit T_0 dazu und berechnet $x_0 = \frac{1}{2} (n_0 + n'_0)$. Dann hält man einen Magnetstab an die Glasglocke**), der ein hinreichendes Drehungsmoment auf den kleinen Magnet mm ausübt, um die Nadel ab auf die entgegengesetzte Seite des Bogenes zu bringen, wo sie nach einigen Oscillationen in der Richtung $a'b'$ zur Ruhe kommt. Nun liest man die Bögen $a'd = n_1$ und $be' = n'_1$ ab, notirt die Zeit T_1

*) Wie man verfährt, wenn die Nadel nicht vollkommen beruhigt ist, habe ich oben bereits erklärt.

**) Wer ein Electrometer gebrauchen will, muss mit Magneten gehörig umzugehen wissen und sich in dieser Hinsicht die nöthige Uebung erwerben. Dies gilt vom Bewegen sowohl als vom Beruhigen. Anleitung dazu findet man in meinem „Handbuch des Erdmagnetismus, Berlin 1849“ (Verlag von Veit u. Comp.).

und berechnet das arithmetische Mittel $x_1 = \frac{1}{2} (u_1 + u'_1)$. Endlich bringt man die Nadel wieder in die ursprüngliche Lage zurück; sie wird aber nicht mehr genau die Richtung *ab* annehmen, sondern eine etwas geringere Abweichung zeigen. Die Ablesungen seien u_2 und u'_2 , die Zeit der Ablesungen T_2 und das arithmetische Mittel $x_2 = \frac{1}{2} (u_2 + u'_2)$. Aus der ersten und dritten Beobachtung ergibt sich der Kraftverlust für die Zeiteinheit

$$= \frac{x_0 - x_2}{T_2 - T_0}.$$

Reducirt man hiemit die erste und zweite Beobachtung auf die Zeit T' , so hat man

$$x_0 + \frac{x_0 - x_2}{T_2 - T_0} (T_0 - T')$$

$$x_1 + \frac{x_0 - x_2}{T_2 - T_0} (T_1 - T).$$

Nimmt man aus diesen zwei Bestimmungen das arithmetische Mittel, so erhält man die wahre Ablenkung, unabhängig von sämtlichen oben bezeichneten Fehlerquellen.

Die wahre Ablenkung, die wir mit n bezeichnen wollen, ist also

$$n = \frac{1}{2} (x_0 + x_1) + \frac{1}{2} (x_0 - x_2) \frac{T_0 + T_1 - 2T}{T_2 - T_0}.$$

Die hiesigen Beobachtungen werden so eingerichtet, dass die sämtlichen Intervalle $T_0 - T$, $T_1 - T_0$, $T_2 - T_1$ so nahe als möglich gleich und = 1 Minute sind. Hiernach verwandelt sich das obige Resultat in folgendes

$$n = \frac{1}{2} (x_0 + x_1) + \frac{3}{4} (x_0 - x_2).$$

Die Aufzeichnung und Berechnung geschieht an der hiesigen Sternwarte nach folgendem Schema:

1851.

Zeit	Beobachtung	$\frac{1}{2}(I+III)$ = A	$\frac{1}{2}(II+A)$ = M	$I-III$ = J	wahre Spannung M + J	Bemerkungen
Juni 1.	Mittel					
	I. 4,1 3,9 4,00					
10 ^a	II. 3,8 3,1 3,45	3,67	3,56	0,65	4,21	positiv
	III. 37, 3,0 3,35					
	I. 3,8 3,0 3,40					
11 ^a	II. 3,0 2,3 3,65	3,02	3,33	0,75	4,08	positiv
	III. 3,0 2,3 2,65					
	I. 3,2 3,0 3,10					
12 ^a	II. 3,0 2,3 2,65	2,82	2,73	0,55	3,28	positiv
	III. 2,9 2,2 2,55					

Ob die Luft-Electricität positiv oder negativ sei, wird dadurch gefunden, dass man eine Siegelackstange mit einem wollenen Lumpen reibt und sie in die Nähe der Kugel des Electrometers bringt, wie in Fig. 45 zu ersehen ist. Enthält das Electrometer *positive* Electricität, so *nähert* sich die Nadel dem Bügel und die Ablenkung wird kleiner; ist die im Instrument befindliche Electricität *negativ*, so *entfernt* sich die Nadel vom Bügel und die Ablenkung wird grösser. Dem eingeführten Sprachgebrauche zufolge sagt man im ersten Falle, die „Luftelectricität sei negativ,“ im zweiten Falle, die „Luftelectricität sei positiv.“ *)

*) Obwohl der Gebrauch des Electrometers ganz unabhängig ist von dem

4. *Berechnung der gegenseitigen Abstossung des Bügels und der Nadel, unter der Voraussetzung, dass die Electricität in beiden gleichmässig vertheilt sei.*

Wir müssen nun, um aus der Ablenkung n die electricische Spannung abzuleiten, vor Allem die Kraft bestimmen, womit sich der

theoretischen Ansichten, die man sich über das Bestehen der Luftplectricität bildet, so glaube ich doch, dass es nicht unzweckmässig seyn wird, wenn ich bei der grossen Verschiedenheit und schwankenden Beschaffenheit der bestehenden Meinungen die Hypothese, die ich nach meinen bisherigen Beobachtungen für die annehmbarste halte, mit wenigen Worten erwähne. Ich nehme an, dass die *Erdkugel* eine gewisse Menge *negativer* Electricität besitze; die *Menge* bleibt sich stets gleich, die Vertheilung kann aber zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden seyn. Die *Atmosphäre*, d. h. die Luftmasse, welche die Erde umgiebt, hat *gar keine* Electricität; sie ist unfähig, die Electricität zu behalten oder zu leiten. Die Electricität der Erde sucht immer die höchsten Punkte der Oberfläche zu gewinnen, oder wird vielmehr gegen die höchsten Punkte hinausgedrängt und häuft sich daselbst an, übereinstimmend mit den Lehren der Physik, denen zufolge gleichnamige Electricität sich abstösst. Die Anhäufung der Electricität ist der Höhe proportional.

Wenn man demnach das Electrometer wie in Fig. 48 auf einen hohen Punkt bringt und die Verbindung mit der Erde herstellt, so häuft sich die negative Electricität der Erde in dem Instrumente an, und offenbart sich, sobald das Instrument in einen verschlossenen, also von electricischer Spannung freien Raum kommt. So geschieht es, dass das Electrometer bei heiterer Luft stets negative Electricität enthält. Da es gebräuchlich ist, der Luft die entgegengesetzte Electricität zuzuschreiben, so sagt man in solchem Falle, die Luft sei *positiv* electricisch.

Ist ein Landstrich mit dicken Wolken überzogen und enthält die Luft so viele Wasserbläschen, dass zwischen dem Erdboden und den Wolken

Bügel und die Nadel in den verschiedenen Lagen gegenseitig ab- stossen.

eine Leitung hergestellt wird, so begiebt sich die ganze sonst auf der Bodenoberfläche vorhandene Electricität — übereinstimmend mit den oben bereits erwähnten Lehren — in die Wolken und man befindet sich wie in einem verschlossenen Raume.

Das Electrometer zeigt unter solchen Verhältnissen eben so wenig eine electriche Spannung an, als wenn man damit in einem Zimmer beobachten wollte.

Rückt von einer Seite eine schwere Gewitterwolke heran, die — etwa durch den Regen, der davon herabfällt — mit der Erde in leitender Verbindung steht, mithin eine starke negative Electricität haben muss, so wirkt sie auf das Electrometer wie eine geriebene Siegellackstange, in die Nähe gebracht, wirken würde und das Instrument wird *positive* Electricität enthalten.

Eine Wolkendecke, die nicht mit der Erde in leitender Verbindung steht, besitzt immer eine gewisse Menge negativer Electricität, die ihr durch Vermittelung der aufsteigenden Dunstbläschen zugeführt wird; deshalb zeigt das Electrometer an der Erdoberfläche bei bedecktem Himmel weniger Electricität an, als es bei reiner Luft der Fall ist.

Es ist sehr zu bedauern, dass bisher keine Versuche — ähnlich den magnetischen Terminbeobachtungen — unternommen worden sind, um die *gleichzeitigen Bewegungen* oder Variationen der Luftelectricität an verschiedenen Orten zu bestimmen. Von einem solchen Unternehmen wären höchst lehrreiche Resultate zu erwarten. Dass bei ganz heiterm Wetter und trockener Luft eine Gleichzeitigkeit und eine Aehnlichkeit, wenigstens in demselben Maasse wie bei den erdmagnetischen Variationen, vorhanden seyn wird, lässt sich mit Bestimmtheit schon im Voraus annehmen, da die Erde ein guter Leiter ist. Was die electriche Aenderungen betrifft, die durch das Vorhandensein von Wolken zu Stande kommen, so sind sie als

1) Es sei (fig. 49) *ab* der untere Theil des Bügels *ed* die Nadel und man bezeichne *cp* mit x' , *cq* mit x , *pcq* mit φ , *ab* mit 2λ , *pq* mit ϱ : ferner nehme man an, dass in p und q die Electricitätsmengen $\eta dx'$, ηdx sich befinden; endlich setze man

$$P = \iint \frac{xx' dx' dx}{2\lambda \varrho^3};$$

so wird der untere horizontale Theil des Bügels auf die Nadel *ed* ein Drehungs-Moment

$$= 2\eta^2 \lambda \sin \varphi P$$

ausüben.

Der eben angenommenen Bezeichnung zufolge bedeutet η die Quantität elektrischen Fluidums, welche in der Längeneinheit sich befindet und kann also als gleichbedeutend mit der electricischen Spannung, die wir suchen, betrachtet werden.

Vernachlässigt man die ganz kleine Entfernung zwischen der Nadel und dem untern Theile des Bügels, so hat man

$$\varrho^2 = x^2 + x'^2 - 2xx' \cos \varphi$$

folglich

$$P = -\frac{1}{2\lambda \sin^2 \varphi} \sqrt{x^2 + x'^2 - 2xx' \cos \varphi}.$$

Setzt man $ac = cb = \lambda$, $cd = ce = \alpha\lambda$ so sind die Grenzen dieses Integrals

$$\begin{array}{l} \text{für } x' \quad \quad \quad + \lambda \text{ und } - \lambda \\ \text{und für } x \quad \quad \quad + \alpha\lambda \text{ und } - \alpha\lambda \end{array}$$

lokal zu betrachten, weil es gleichgiltig ist für die allgemeine Vertheilung, ob die einem bestimmten Landstriche zukommende Electricitätsmenge auf der Bodenoberfläche oder in den Wolken sich befindet, oder zwischen Boden und Wolken getheilt ist.

Zwischen diesen Grenzen erhält man nun

$$P = \frac{1}{\sin^2 \varphi} \left[\sqrt{1 + \alpha^2 + 2 \alpha \cos \varphi} - \sqrt{1 + \alpha^2 - 2 \alpha \cos \varphi} \right]$$

oder auch wenn $\frac{1 + \alpha^2}{2\alpha} = a$ gesetzt wird

$$P = \frac{\sqrt{2\alpha}}{\sin^2 \varphi} \left[\sqrt{a + \cos \varphi} - \sqrt{a - \cos \varphi} \right].$$

2) Setzt man, um die Abstossung der Seitentheile des Bügels zu berechnen (fig. 50) $ap' = u$, $cq = x$, $p'q = \varrho'$ und bezeichnet das Integral $\iint \frac{x \, dx \, du}{2\varrho'^3}$ mit Q_0 so erhält man das von dem verticalen Theile des Bügels af ausgeübte Drehungsmoment

$$= 2\eta^2 \lambda \sin \varphi Q_0.$$

Hier ist $\varrho'^2 = x^2 + \lambda^2 - 2 \lambda x \cos \varphi + u^2$ und die Integration giebt

$$Q_0 = \frac{1}{4} \log \frac{\varrho' - u}{\varrho' + u} + \frac{1}{2} \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi} \operatorname{arc} \left(\operatorname{tg} = \frac{u(x - \lambda \cos \varphi)}{\lambda \sin \varphi \varrho'} \right).$$

Um das von dem verticalen Theile gb ausgeübte Drehungsmoment zu finden braucht man nur in dem vorhergehenden Ausdrucke — λ statt λ zu substituiren. Wenn man also

$$\varrho''^2 = x^2 + \lambda^2 + 2 \lambda x \cos \varphi + u^2$$

setzt, so kann man das ganze Drehungsmoment der verticalen Theile durch

$$2\eta^2 \lambda \sin \varphi (Q + Q')$$

ausdrücken, so dass

$$Q = \frac{1}{4} \log \frac{(\varrho' - u)(\varrho'' + u)}{(\varrho' + u)(\varrho'' - u)}$$

und

$$Q' = \frac{1}{2} \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi} \operatorname{arc} \left(\operatorname{tg} = \frac{u(x - \lambda \cos \varphi)}{\lambda \sin \varphi \varrho'} \right) - \frac{1}{2} \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi} \left(\operatorname{tg} = -\frac{u(x + \lambda \cos \varphi)}{\lambda \sin \varphi \varrho''} \right)$$

angenommen wird.

Setzt man $af = bg = \beta\lambda$ und werden diese Integrale zwischen den Grenzen

$$u = 0 \text{ und } u = \beta\lambda$$

$$x = \alpha\lambda \text{ und } x = -\alpha\lambda$$

genommen, so ergibt sich

$$Q = \frac{1}{2} \log. \frac{r-\beta}{r+\beta} \frac{r'+\beta}{r'-\beta}$$

$$Q' = \frac{1}{\operatorname{tg}\varphi} \operatorname{arc} \left(\operatorname{tg} = \frac{\beta(\alpha-\cos\varphi)}{r \sin\varphi} \right) + \frac{1}{\operatorname{tg}\varphi} \operatorname{arc} \left(\operatorname{tg} = \frac{\beta(\alpha+\cos\varphi)}{r' \sin\varphi} \right)$$

wo der Kürze wegen

$$\sqrt{1 + \alpha^2 - 2\alpha \cos\varphi + \beta^2} = r$$

$$\sqrt{1 + \alpha^2 + 2\alpha \cos\varphi + \beta^2} = r'$$

gesetzt ist.

Um eine für numerische Rechnung bequemere Form zu finden, setze man

$$\frac{1 + \alpha^2 + \beta^2}{2\alpha} = b$$

$$\frac{\beta}{\sqrt{2\alpha}} = c$$

so hat man

$$Q = \frac{1}{2} \log. \frac{\sqrt{b-\cos\varphi} - c}{\sqrt{b+\cos\varphi} - c} \cdot \frac{\sqrt{b+\cos\varphi} + c}{\sqrt{-b\cos\varphi} + c} = \log. \frac{\sqrt{a-\cos\varphi}}{\sqrt{a+\cos\varphi}} \cdot \frac{c + \sqrt{b+\cos\varphi}}{c + \sqrt{b-\cos\varphi}}$$

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{c}{\sin\varphi} \frac{\alpha - \cos\varphi}{\sqrt{b - \cos\varphi}}$$

$$\operatorname{tg}\psi' = \frac{c}{\sin\varphi} \frac{\alpha + \cos\varphi}{\sqrt{b + \cos\varphi}}$$

$$Q' = \frac{\psi + \psi'}{\operatorname{tg}\varphi}.$$

Berechnung der electrischen Spannung aus der beobachteten Ablenkung.

Mit Hilfe der obigen Formeln können wir nun das Verhältniss zwischen der electrischen Spannung und der Ablenkung φ finden.

Setzt man das magnetische Moment der kleinen Nadel = μ , die absolute horizontale Intensität des Erdmagnetismus = X und die Torsionskraft des Fadens = t so hat man

$$\eta^2 \lambda \sin \varphi U_{\varphi} = \mu X \sin \varphi + t \varphi,$$

wo nach dem Obigen $U_{\varphi} = P + Q + Q'$ ist.

Wenn man das obere Ende des Fadens um 180° dreht und dadurch die Nadel um m Theilstriche aus ihrer Lage entfernt wird, so hat man

$$\mu X \sin \gamma m = t (180^{\circ} - \gamma m)$$

wenn γ den Werth eines Theilstriches bedeutet. Hieraus folgt

$$t = \frac{\mu X \sin \gamma m}{180^{\circ} - \gamma m}$$

und man hat, wenn γn für φ substituirt und die Function

$$1 + \frac{\sin \gamma m}{\sin \gamma n} \cdot \frac{\gamma n}{180^{\circ} - \gamma m}$$

mit T_n bezeichnet wird,

$$\eta^2 \lambda U_n = \mu X T_n.$$

Die Function T_n weicht unter den gewöhnlich vorkommenden Verhältnissen nie viel von der Einheit ab und kann, wo nicht besondere Genauigkeit gefordert wird, als eine Constante betrachtet werden, weil die Aenderungen, die durch Substitution verschiedener Werthe für n entstehen, nur sehr gering sind.

Die letzte Gleichung giebt für die electriche Spannung η folgenden Werth

$$\eta = \sqrt{\frac{\mu X}{\lambda}} \cdot \sqrt{\frac{T_n}{U_n}}.$$

Wir wollen die Functionen U_n und T_n beispielsweise für das an der Sternwarte gebrauchte Instrument bestimmen.

Für dieses Instrument hat man:

$$\begin{aligned}\lambda &= 50,12 \text{ millim.} \\ \alpha &= 0,9572 \\ \beta &= 1,6757 \\ a &= 1,00095 \\ b &= 2,46761 \\ c &= 1,21106 \\ \gamma &= 7^{\circ},2 \\ m &= 3,095\end{aligned}$$

Hieraus folgt:

n	P	Q	Q'	U_n	T_n
1 . . .	116,062 . . .	2,155 . . .	9,512 . . .	127,729 . . .	1,133
2 . . .	28,131 . . .	1,515 . . .	5,167 . . .	34,813 . . .	1,138
3 . . .	11,463 . . .	1,133 . . .	3,421 . . .	16,017 . . .	1,139
4 . . .	6,063 . . .	0,870 . . .	2,461 . . .	9,394 . . .	1,141
5 . . .	3,633 . . .	0,675 . . .	1,847 . . .	6,155 . . .	1,144
6 . . .	2,344 . . .	0,523 . . .	1,413 . . .	4,280 . . .	1,147
7 . . .	1,578 . . .	0,403 . . .	1,087 . . .	3,068 . . .	1,152
8 . . .	1,082 . . .	0,304 . . .	0,825 . . .	2,201 . . .	1,157
9 . . .	0,737 . . .	0,217 . . .	0,607 . . .	1,561 . . .	1,164
10 . . .	0,478 . . .	0,151 . . .	0,416 . . .	1,045 . . .	1,172

Berechnet man hieraus die Werthe der electricischen Spannung η so findet man, dass sie sehr nahe den Theilstrichen proportional sind, so dass man, wenn nur Verhältnisszahlen gesucht werden, die dem Theilstriche n entsprechende electricische Spannung

$$= n + \alpha_n$$

annehmen kann. Für α_n erhält man folgende Werthe:

n	α_n
0	0,00
1	+ 0,06
2	+ 0,03
3	0,00
4	— 0,08
5	— 0,16
6	— 0,17
7	— 0,10
8	+ 0,17
9	+ 0,73

5. *Bestimmung der Funktion U_φ unabhängig von dem Gesetze der Vertheilung des electrischen Fluidums.*

Zu diesem Zwecke braucht man das Gestell fig. 51: G ist die Linse, S der Spiegel zum Ablesen, AB, CD sind zwei Arme, die aufgeschraubt werden und auf welche der Magnetstab NS (in gleicher Höhe wie die Nadel ns) zum Ablenken hingelegt werden kann. Fig. 52 stellt die horizontale Projection des Magnetstabs und der Nadel dar.

1) Es sei ac der magnetische Meridian, ns die zum Elektrometer gehörige Nadel, NS ein Magnetstab, der in derselben Horizontalebene wie die Nadel sich befindet, und man setze

$$ab = x, cb' = x', ac = e \quad bb' = \varrho,$$

endlich bezeichne man das Integral

$$\iint \frac{x' (e \sin \psi + x \cos \psi) \, d\alpha \, d\alpha'}{\varrho^3}$$

mit F , so hat man

$$\mu X T_\psi \sin \psi = \mu F \cos \psi.$$

Nach der gewöhnlichen Methode hätten wir statt q seinen Werth

$$\sqrt{e^2 + x'^2} - 2x' (e \cos \psi - x \sin \psi)$$

zu substituiren und nach den negativen Potenzen von e den Ausdruck zu entwickeln: dabei kann man indessen, da x' eine sehr kleine Grösse ist, die höheren Potenzen von x' vernachlässigen, alsdann hat man, wenn μ anstatt $\int x' dm'$ gesetzt wird,

$$F \cos \psi = \int \frac{e \, dm \sin \psi}{(e^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} + \int \frac{x \, dm \cos \psi}{(e^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

Da $\int x^2 \, dm = \int x^4 \, dm = \int x^{2n} \, dm = 0$ so bleibt zuletzt

$$F = \int \frac{x \, dm}{(e^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

Man muss hier eine Hypothese über die Vertheilung des Magnetismus im Stabe einführen und kann zu diesem Behufe $dm = Ax \, dx$ annehmen, da die Resultate jedenfalls hinreichend genau seyn werden. Unter dieser Voraussetzung hat man

$$F = A \left[\log (x + \sqrt{e^2 + x^2}) - \frac{x}{\sqrt{e^2 + x^2}} \right]$$

Setzt man die Länge des Magnetstabes $= 2l$ und nimmt das eben gefundene Integral zwischen den Grenzen $x = l$ und $x = -l$ so ergibt sich

$$F = A \left[\log \frac{\sqrt{e^2 + l^2} + l}{\sqrt{e^2 + l^2} - l} - \frac{2l}{\sqrt{e^2 + l^2}} \right]$$

folglich

$$(1) \dots X T_{\psi} t g \psi = A \left[\log \frac{\sqrt{e^2 + l^2} + l}{\sqrt{e^2 + l^2} - l} - \frac{2l}{\sqrt{e^2 + l^2}} \right]$$

2) Es sei nun das Instrument electricirt, mit der Intensität η

und man drehe in Fig. 52 den Magnetstab NS horizontal um 90° , dass er die Stellung $N'S'$ (Fig. 53) erhält, so hat man, wenn das Integral

$$\int \frac{(e+x) dm}{q^3}$$

mit F' bezeichnet wird

$$\eta^2 \lambda \sin \varphi U_{\varphi} = \mu X \sin \varphi T_{\varphi} - \mu \sin \varphi F'$$

wobei

$$q^2 = (e+x - x' \cos \varphi)^2 + x'^2 \sin^2 \varphi.$$

Vernachlässigt man die höheren Potenzen von x' , wie oben, so hat man

$$F' = A \int \frac{x dx}{(e+x)^2} = A \left[\log(e+x) + \frac{e}{e+x} \right].$$

Nimmt man das Integral zwischen den Grenzen $x = l$ und $x = -l$ so hat man

$$F' = -A \left[\log \frac{e-l}{e+l} + \frac{2el}{e^2-l^2} \right].$$

Man erhält also

$$\eta^2 \lambda U_{\varphi} = \mu X T_{\varphi} + \mu A \left[\log \frac{e-l}{e+l} + \frac{2el}{e^2-l^2} \right]$$

oder wenn man vermittelst der obigen Gleichung (1) A eliminiert und die Funktion

$$\log \frac{e-l}{e+l} + \frac{2el}{e^2-l^2} = \log \frac{\sqrt{e^2+l^2}+l}{\sqrt{e^2+l^2}-l} - \frac{2l}{\sqrt{e^2+l^2}}$$

mit H bezeichnet:

$$\eta^2 \lambda U_{\varphi} = \mu X T_{\varphi} + \mu X T_{\psi} \operatorname{tg} \psi H.$$

Dreht man den Magnetstab in der Horizontalebene um 180° , so erhält man eine analoge Gleichung

$$\eta^2 \lambda U_{\varphi'} = \mu X T_{\varphi'} - \mu X T_{\psi} \operatorname{tg} \psi H.$$

Aus den beiden letzten Gleichungen erhält man durch Division

$$\frac{U_{\varphi'}}{U_{\varphi}} = \frac{T_{\varphi'} - T_{\psi} \operatorname{tg} \psi H}{T_{\varphi} + T_{\psi} \operatorname{tg} \psi H}$$

oder wenn man n und n' für φ und φ' substituirt und

$$A_n = \frac{T_{\psi}}{T_{\varphi}} \operatorname{tg} \psi H$$

setzt

$$\eta_n = \eta_n \frac{\sqrt{1+A_n}}{\sqrt{1-A_n}}$$

Es ist zweckmässig für e immer ein Vielfaches von l zu nehmen; unter dieser Voraussetzung erhält man die Werthe von H aus folgender Tabelle:

e	H
2 l	3,452
3 l	2,535
4 l	2,286.

Mit dem oben bereits erwähnten Electrometer der hiesigen Sternwarte wurden folgende Versuche angestellt:

<i>Magnetstab nördlich.</i>		<i>Magnetstab südlich.</i>			
n'	n	n'	n		
8,77	4,55	9,20	5,02		
6,35	3,05	$\psi = 1,995$	7,07	3,45	$\psi = 2,115$
4,25	1,92	5,25	2,20		
2,75	1,00	3,55	1,35		
8,37	4,42	8,47	4,45		
5,90	2,65	$\psi = 2,120$	5,70	2,75	$\psi = 2,105$
3,57	1,45	3,95	1,47		
1,92	0,62	2,55	0,75		

Hiernach habe ich mit Zuziehung einiger anderen Bestimmungen derselben Art für die Werthe von a_n folgende Tafel construiert:

n	a_n
0	0,0
1	+ 0,2
2	— 0,1
3	0,0
4	+ 0,1
5	+ 0,2
6	+ 0,4
7	+ 0,7
8	+ 1,2
9	+ 1,8

Die nur mässige Abweichung dieser Werthe von den oben durch Rechnung gefundenen beweist, dass jedenfalls die der Rechnung zu Grunde gelegten Hypothesen wenig von der Wahrheit abweichen.

6. Unvollkommenheiten des Electrometers und Andeutungen über die Mittel sie zu beseitigen.

Wenn gleich das Electrometer über die an der Erdoberfläche vorhandene electriche Spannung richtige Bestimmungen liefert, so wird dennoch weder den Anforderungen der Theorie noch den praktischen Bedürfnissen vollständig dadurch Genüge geleistet.

Eine wesentliche Unvollkommenheit besteht darin, dass die Angaben des Electrometers nicht absolut sind, daher die Beobachtungen verschiedener Orte mit einander nicht verglichen werden

können. Nach dem gegenwärtigen Staude gewähren unsere electrischen Beobachtungen ungefähr eine eben so gute Grundlage für theoretische Untersuchung, wie die Temperaturbeobachtungen um die Mitte des 17. Jahrhunderts, wo die Grade des Thermometers eine willkürliche Grösse hatten und die Zählung von einem willkürlichen Punkte aufeng.

Diesen Uebelstand könnte man dadurch beseitigen, wenn sämtliche Beobachter übereinkommen würden, Electrometer von *bestimmten Dimensionen* und Magnete von *bestimmtem Momente**) zu gebrauchen. Es ist keine Hoffnung, dass ein solches Uebereinkommen je zu Staude gebracht werden kann.

Eine zweite wesentliche Unvollkommenheit des Electrometers besteht darin, dass es die electrische Spannung nur dann mit Sicherheit angiebt, wenn diese innerhalb bestimmter und zwar ziemlich enger Grenzen sich befindet. Hiefür kann man auf eine freilich ziemlich umständliche Weise dadurch helfen, dass man auf ein Gestelle *PQ* (Fig. 45) in gleicher Höhe mit dem Magnet *ns* einen Magnetstab *NS* hinlegt, der die Ablenkung vermehrt oder vermindert,

*) Es ist kaum nöthig zu erwähnen, dass die Angaben eines Electrometers von der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus an dem Punkte, wo beobachtet wird, abhängen. In so ferne man die Beobachtungen desselben Ortes vergleichen will, kann man diese Intensität immerhin als constant betrachten, weil die täglichen und jährlichen magnetischen Variationen unter der Beobachtungsgrenze des Electrometers bleiben. Will man aber dasselbe Instrument an verschiedenen von einander entfernten Orten anwenden, so ist es erforderlich, den Erdmagnetismus zu berücksichtigen.

Hat man, wie es meistens der Fall ist, keine Gelegenheit das Electrometer in einem eisenfreien Lokal aufzustellen, so muss auch der Einfluss des vorhandenen Eisens in Rechnung gebracht werden.

ersteres, wenn die electricische Spannung für das Instrument zu klein letzteres, wenn sie zu gross ist. Den Einfluss des Magnetstabes *NS* bringt man nach der oben S. 450 dargelegten Methode in Rechnung.

Eine dritte wesentliche Unvollkommenheit des Electrometers besteht darin, dass der kleine Magnet, der die Directionskraft giebt, nach und nach an Stärke verliert. Zwar ist es möglich, das Moment des Magnets zu jeder Zeit durch Ablenkungen absolut zu bestimmen, indessen gehören dazu eigene Vorrichtungen, wie man sie nur an ganz wenigen magnetischen Observatorien gegenwärtig besitzt.

Endlich haben die Elektrometer auch den Nachtheil, dass sie für den Transport unbequem und ungeeignet, dann auch so complicirt in ihrer Construction sind, dass ein nicht unbedeutlicher Grad von technischer Fertigkeit zu ihrem Gebrauche erforderlich ist.

In Anbetracht aller dieser Umstände halte ich es für sehr wünschenswerth, dass das Electrometer einfacher und praktischer gemacht werde. Eine Hauptsache dabei ist, die atmosphärische Electricität in hinreichender Menge in einem Körper anzusammeln, bei welchem die Form, dann die Vertheilung des electricischen Fluidums für die Berechnung keine Schwierigkeit darbietet. Für diejenigen, welche etwa mit der obigen Aufgabe sich beschäftigen wollen, kann ich ein Mittel angeben, der letztern Anforderung Genüge zu leisten.

Man mache eine hohle Messingkugel (Fig. 54), die eine mit einem Deckel verschliessbare Oeffnung *aaa* hat, auf der Spitze eines Kegels von Gutta-Percha fest. In der Kugel befinde sich eine feine Messingkette, wovon das eine Ende unten bei *b*, inwendig, das andere Ende an dem Deckel oben bei *c*, ebenfalls inwendig, ange-

löthet ist. Mit dieser Kugel gehe man auf einen erhöhten Punkt, halte den Deckel mit einer Gabel von Gutta Percha (Fig. 55), so dass die Kette gespannt wird, und berühre die Kugel mit dem Finger; man lasse dann die Gabel herab, so dass die Kette in die Kugel kommt, und bringe den Deckel auf die Oeffnung, so vertheilt sich die ganze früher in der Kette befindliche Electricität gleichmässig auf der Kugeloberfläche und sämtliche vorkommenden Verhältnisse können leicht der Rechnung unterworfen werden. Die so erhaltene Electricitätsmenge lässt sich mittelst einer Torsionswaage messen.

Ich habe Versuche mit einer solchen Kugel angestellt: sie hatte einen Durchmesser von etwas weniger als 1 Pariser Zoll und enthielt eine Kette von 6 Fuss. Auf demselben Punkte, wo die sonstigen Electricitätsbeobachtungen gemacht werden (Fig. 48), erhielt ich damit eine sehr beträchtliche Electricitätsmenge.

VI. Das galvanische Pendel.

Zu den wesentlichen Bedingungen, wovon die Fortschritte der Astronomie abhängen, gehört insbesondere die Herstellung genauer astronomischer Uhren. Die gegenwärtig angewendeten Uhrwerke leiden an zwei Hauptgebrächen: für's erste ist es unmöglich ein so vollkommenes Uhrwerk herzustellen, dass das Pendel bei jeder Schwingung gleichen Impuls erhalte, für's zweite hängt die Grösse des Impulses von dem Zustande des Oels ab und ändert sich mit der Temperatur sowohl als mit dem längern Gebrauche.

Einen Theil der vorhandenen Uebelstände glaube ich durch das galvanische Pendel beseitigt zu haben.

Das galvanische Pendel stellt Fig. 56 vor. Die Pendelstange ist von Holz*) und hat oben ein flaches Querstück von Messing AB , woran die Messerschneide angeschraubt ist und welches zugleich als Unterlage dient für die zwei kleinen Electromagnete M, M' . Von den entfernten (oder rückwärts befindlichen) Schenkeln der Electromagnete M, M' gehen die Enden des Umwickelungsdrathes in das Querstück AB hinein und sind daselbst festgeklemmt, die zwei andern Enden bc, ad gehen an der Pendelstange herab, kreuzen sich in e , ohne sich zu berühren, und endigen sich in den mit Quecksilber gefüllten Glasröhren h, k ganz unter den oben in der Beschreibung des Zeitregistrirungs-Apparats erklärten Verhältnissen.

Vor dem Pendel befindet sich ein Querstück UU von Holz an dem Uhrkasten festgemacht; dieses Querstück trägt eine Axe mit einem Platina-Scheibchen p , wohin der Strom von dem Kupferelement einer Daniel'schen Batterie mittelst der Drathverbindung KK gelangen kann. Von dem Zinkelement geht ein Drath Zq hinauf bis zum eisernen Gestelle der Uhr. Der Strom kann von diesem Drathe aus durch das Uhrgestell, die Messerschneide und das Querstück ab zu dem Umwickelungs-Drathe der Electromagnete M, M' gelangen.

*) Eine Compensation habe ich nicht angebracht, da es sich vorläufig nur darum handelte, zu zeigen, dass man einem Pendel mittelst des galvanischen Stromes immer gleichen Impuls geben und auf solche Weise eine genaue Zeitmessung erhalten könne. Hinsichtlich des Lagers, worauf die Messerschneide ruht, bemerke ich, dass es vollkommen eben ist, und keine Vertiefung hat, wie es gewöhnlich der Fall ist: das Abgleiten der Messerschneide verhindere ich durch zwei, mit einem kleinen Einschnitte versehene Stahlfedern, die sich an beiden Enden des Lagers befinden.

Zwischen den zwei Electromagneten M und M' befindet sich ein Anker K von weichem Eisen, dessen Form aus Fig. 57 zu entnehmen ist. Der Anker hat eine Axe tt (Fig. 57), wovon in Fig. 56 das Ende bei t zu sehen ist und das senkrechte Stück xx kann sich bewegen von u bis v .

Setzt man das Pendel in Bewegung, so dass die Quecksilberfläche h mit dem Platina-Scheibchen in Berührung kommt, so geht der Strom durch den Electromagnet M , der Anker wird angezogen und das Stück x kommt nach u hinüber.

Der Schwerpunkt des Ankers befindet sich nun links von der Verticallinie und das Gewicht desselben giebt dem Pendel einen Impuls der gerade ausreicht um die Friction zu überwinden, so dass das Pendel bei der nächsten Schwingung eine gleich grosse Elongation auf der andern Seite erreicht. Dabei kommt aber die Quecksilberfläche k mit dem Platina-Scheibchen in Berührung; der Strom geht durch den Electromagnet M' , das Stück x wird nach v zurückgezogen und der Schwerpunkt des Ankers befindet sich nun wieder auf der rechten Seite der Verticallinie.

So wiederholt sich immerfort ein *vollkommen gleicher Impuls* und verhindert eine Abnahme der Schwingungsweite.

Unter solchen Bedingungen würde das Pendel wohl lange Zeit fortgehen, aber zuletzt müsste eine Störung eintreten dadurch, dass bei der Trennung des Platinascheibchens von dem Quecksilber jedesmal ein Funke entsteht, und in Folge dessen nach und nach an dem Scheibchen wie an dem Quecksilber Schmutz sich ansetzt. Der Strom dringt alsdann nicht mehr durch. Um dieses zu verhindern,

habe ich mit dem Platina-Scheibchen die weitem Vorrichtungen verbunden, die in Fig. 58 dargestellt werden. Mittelst dieser Vorrichtungen wird ein doppelter Zweck erlangt. Fürs Erste dreht sich das Platina-Scheibchen und reinigt sich selbst durch die Reibung gegen das Stück *q*, für's Zweite wird der Strom unterbrochen, während noch das Scheibchen mit dem Quecksilber in Berührung steht.

Die Drehung des Platina-Scheibchens wird bewerkstelligt durch den Electromagnet *M''*, welcher zwischen dem Zinkelement und dem Uhrgestelle so eingeschaltet ist, dass der Strom auf dem Wege *s'sil* zu dem Umwickelungsdrath des Electromagneten und von da über *m* zum Uhrgestelle gelangt. Bei jeder Schliessung der Kette wird der Anker *E* angezogen und das Rad *H* mittelst des Hakens *f* um einen Zahn vorgeschoben. Der mit dem Anker *E* verbundene Hebel *FF* wird durch die Spiralfeder *L* hinabgezogen und ruht auf der Stellschraube *Q*.

Die Unterbrechung des Stromes geschieht durch den Balancier *PP*; dieser trägt eine Platina-Spitze *s*, welche in das Quecksilberschälchen *d* eintaucht. Wenn der Anker *E* angezogen wird, so erhält der Balancier einen Impuls durch das Schraubenende *o* und schwingt aus bis zur Linie *uw*; dabei wird die Spitze *s* aus dem Quecksilber gehoben und fällt erst wieder zurück, wenn das Platina-Scheibchen *p* sich von den Quecksilber-Flächen *h*, *k* getrennt hat.

Durch den eben erklärten Mechanismus wird endlich noch der Zweck erreicht, dass das Pendel die Secunden auch zeigt. Das Rad *H* hat 60 Zähne und die Axe trägt den Zeiger *y*, hinter welchem ein kleines Zifferblatt *GG* sich befindet.

Es würde sehr leicht seyn, die Einrichtung zu treffen, dass

auch die Stunden und Minuten gezeigt würden; es schien aber dies unnöthig, weil das galvanische Pendel nicht als selbstständige Uhr, sondern bloß zur Controlle der astronomischen Uhr dienen soll.

VII. Der Höhensector.

In den letzt verfloßenen Jahren bin ich veranlaßt gewesen, einige trigonometrische Höhenbestimmungen vorzunehmen, wobei ich einen eigenthümlichen Weg verfolgt habe.

Die von mir ausgeführten Höhenbestimmungen unterschieden sich von den bisherigen Operationen dieser Art sowohl hinsichtlich der Methode als auch hinsichtlich der angewendeten Hülfsmittel.

Was die Methode betrifft, so bestimme ich durchgängig Höhenunterschiede von je zwei Punkten *A* und *B*, beobachte aber nicht etwa an dem einen Punkte die Zenithdistanz des andern, sondern suche einen dritten Punkt *C*, der von beiden gleich weit entfernt ist und bestimme von *C* aus die Zenithdistanzen von *A* und *B*; aus der Entfernung und dem Unterschiede der Zenithdistanzen berechne ich dann den Höhenunterschied.

Auf diese Weise erreiche ich den wesentlichen Vortheil, die Refraction gänzlich zu umgehen; denn, da die Refraction eine Function der Entfernung ist, so wird sie für *A* und *B* gleich seyn, wesshalb der Unterschied der Zenithdistanzen von der Refraction gänzlich unabhängig ist.

Hinsichtlich der Hülfsmittel schien mir die Anwendung der ge-

wöhnlichen Höhenkreise nicht zweckmässig, theils weil sie die nöthige Genauigkeit nicht geben, theils weil der Gebrauch derselben im Verhältnisse zum Erfolg zu viel Zeit und Mühe erfordert. Ich habe deshalb einen Höhensector construirt, der in Fig. 59 dargestellt ist. Das Fernrohr *FF* hat eine verticale Bewegung um die Axe *a*; mit der Schraube *b* wird diese Bewegung hervorgebracht. Mit der Schraube *A* wird der Höhensector auf ein geeignetes Gestelle aufgeschraubt. Auf dem Fernrohr ruht die mit dem Niveau *NN* versehene hölzerne Schiene *EE*, welche einer gewöhnlichen Niveaumaschine ähnlich ist. Sie hat nämlich eine verticale Bewegung um die Axe *h* mittelst der Micrometerschraube *K*. Wenn die Schraube *k* gedreht wird, so zeigt der Index *z* an der Scala *s* die Umgänge an; die Unterabtheilungen werden an dem Schraubenkopfe abgelesen.

Wenn das Fernrohr horizontal gerichtet ist, so steht der Index *z* auf 0 und die Blase des Niveau befindet sich in der Mitte. Soll nun der Höhenwinkel eines über dem Horizont befindlichen Gegenstandes gemessen werden, so richtet man das Fernrohr auf den Gegenstand, und schraubt dann die Micrometerschraube *K* so weit hinein bis die Niveaublase wieder in der Mitte steht: die Länge, um welche man die Schraube bewegt hat, ist die Tangente des Höhenwinkels, wenn die Entfernung der Axe *h* von der Schraube als Radius angenommen wird.

Es versteht sich wohl von selbst, dass Alles, was bisher über die Construction des Höhensectors wie über die Beobachtungsweise gesagt wurde, nur zur Erklärung dienen soll; bei wirklicher Anfertigung und Anwendung des Instruments würde es jedenfalls unpraktisch seyn, den im Vorhergehenden angegebenen oder vorausgesetzten Bedingungen genügen zu wollen. So würde man dem Fernrohre kaum eine so feste Aufstellung zu geben im Stande seyn, dass nicht durch das Bewegen der

Micrometerschraube eine Aenderung zu befürchten wäre. Man muss also *approximativ* das Fernrohr einstellen und die Libelle in die Mitte bringen; hierauf wird die genaue Einstellung des Fernrohres vorgenommen und die Libelle sowohl als die Micrometerschraube abgelesen. Auf solche Weise wird es wohl niemals geschehen, dass die Libelle *genau in die Mitte* zu stehen kommt; man muss vielmehr die Abweichung der Libelle in Rechnung bringen. Die Libelle ist, wie Fig. 59 zeigt, gegen das Objectiv mit + und gegen das Ocular mit - bezeichnet; mit Berücksichtigung dieser Zeichen schreibt man die Entfernung der beiden Enden der Blase von der Mitte auf; ist dann die Summe davon = l und die Ablesung der Micrometerschraube = n , so wird die corrigirte Ablesung der Micrometerschraube

$$= n + kl$$

seyn, wo der Coefficient k (halbe Werth eines Theilstriches der Libelle in Schraubenmängungen) auf die gewöhnliche Weise mittelst des Instrumentes selbst bestimmt wird.

Ferner wird die Bedingung, dass eine Senkrechte auf die Richtung der Micrometerschraube, von der Bewegungsaxe a aus gezogen, durch die Spitze der Schraube geht, wenn die Ablesung = 0 ist, gewöhnlich nicht erfüllt, sondern es trifft jenes Verhältniss ein, wenn die Ablesung eine andere, etwa g , ist.

Endlich wird die optische Axe des Fernrohres nicht horizontal seyn, wenn die Ablesung = 0 ist, sondern einen Winkel f (in Minuten) mit dem Horizont machen.

Diese Umstände erfordern, dass man aus der corrigirten Ablesung der Micrometerschraube, welche wir mit n bezeichnen wollen, zunächst den wahren Höhenwinkel abzuleiten suchen muss.

Nennt man den Werth eines Umganges der Micrometerschraube γ (in Minuten), so kann man den wahren Höhenwinkel in Minuten

$$= f + (n + \delta n) \gamma$$

setzen; dabei hat man ferner

$$\text{arc} \left(\text{tg} = \frac{g}{r} \right) + \text{arc} \left(\text{tg} = \frac{n-g}{r} \right) = (n + \delta n) \gamma$$

oder

$$\text{tg} (n + \delta n) \gamma = \frac{n}{r \left(1 - \frac{g(n-g)}{r^2} \right)}$$

wo r die Entfernung der Axe von der Schraube in Schraubengängen bedeutet.

Aus letzterer Gleichung erhält man

$$(n + \delta n) \gamma = \frac{n}{r \sin 1' \left(1 - \frac{g(n-g)}{r^2} \right)} - \frac{1}{3} \frac{n^3}{r^3 \sin 1' \left(1 - \frac{g(n-g)}{r^2} \right)^3} + \frac{1}{5} \frac{n^5}{r^5 \sin 1' \left(1 - \frac{g(n-g)}{r^2} \right)^5} - \dots$$

oder, da $r \gamma \sin 1' = 1$ ist

$$\delta n = [ng(n-g) - \frac{1}{3}n^3] \gamma^2 \sin^2 1' + [ng^2(n-g)^2 - n^3(n-g) + \frac{1}{5}n^5] \gamma^4 \sin^4 1' + \dots$$

In Beziehung auf den Gebrauch des Höhensectors bemerke ich, dass es im Freien nothwendig und auch in geschlossenen Räumen zweckmässig ist, einen Metall-Schirm *SS* über der Libelle anzubringen, um den Einfluss vorübergehender Temperatur-Ungleichheiten zu beseitigen.

Der Höhensector ist bisher nur zu trigonometrischen Höhenbestimmungen verwendet worden, würde aber auch für manchen andern Zweck in nützlicher Weise gebraucht werden können, na-

mentlich zur Messung der Anziehung des Lothes durch Berge und zur Messung von Lokal-Anziehungen überhaupt, wie ich in dem Bulletin der Akademie 1850 Nr. 21 näher dargelegt habe.

VIII. Differential-Inclinatorium.

Als mir im Jahre 1849 ein Theil der naturwissenschaftlichen Erforschung des Königreichs, namentlich die Herstellung einer magnetischen Karte von Bayern übertragen wurde und ich zu diesem Behufe Messungen an verschiedenen Punkten des Königreichs vorzunehmen hatte, stand mir ein entsprechendes Inclinatorium nicht zu Gebote und ich war in die Nothwendigkeit versetzt, ein geeignetes Instrument zu construiren. Ich nahm desshalb die Versuche wieder auf, die ich im Jahre 1843 angefangen hatte, und denen die bereits von Brugmann ausgesprochene und in neuerer Zeit mehrfach in Betracht gezogene Idee zu Grunde lag, die Neigung der Magnetnadel durch die Induction weicher Eisenstäbe zu messen.

Der Erfolg war in so ferne günstig, als es mir wenigstens gelungen ist, ein Instrument herzustellen, welches, wenn nicht die absolute Inclination selbst, doch Differenzen der Inclination mit weit grösserer Sicherheit, als es durch die bisher angewendeten Hülfsmittel geschehen konnte, angiebt.

1. Beobachtungsmethode.

Die Messung geschieht auf folgende Weise:

Von dem Ring *RR* (Fig. 60) mit eben geschliffenen Flächen

und überall möglichst gleicher Dicke, gehen zwei Arme aus, der eine aufwärts *ab*, der andere abwärts *cd*.

An diese zwei Arme werden zwei runde Stäbe von weichem Eisen angeklemt, mittelst der Schrauben *e*, *f*.

Auf das Magnetgehäuse eines magnetischen Theodoliten wird dann der Ringträger Fig. 61 aufgesetzt und durch die Klemmschraube *k* festgemacht, wie aus Fig. 62 zu ersehen.

Nun legt man den Ring mit den Stäben auf die drei Schraubenspitzen *n*, *n'*, *n''*, dabei müssen die Arme *ag*, *ch* gegen die Stützen *l*, *m* und die innere Fläche des Ringes gegen den Stütz *p* anliegen.

In dieser Lage wird von der Erde Magnetismus in den Stäben inducirt; dadurch wird die freie Nadel im Magnetgehäuse von der Richtung des magnetischen Meridians abgelenkt werden. Man dreht nun die Alhidade des Theodoliten, bis im Fernrohre der Faden und das Fadenbild coincidiren, wie es bei den sonstigen Beobachtungen mit dem magnetischen Theodoliten geschieht, und nimmt dann die Kreisablesung vor.

Die Induction hängt bekanntlich nicht blos von der Grösse und Lage des weichen Eisens, sondern auch von der Zeit ab. Da es bei dem Zwecke, der hier beabsichtigt wird, nur um eine *Vergleichung* der Inductions-kraft an verschiedenen Punkten sich handelt, so ist es ganz gleichgültig, ob man das Eisen eine längere oder kürzere Zeit der inducirenden Kraft der Erde aussetzt, wenn nur die Zeit überall *dieselbe* ist. Ich habe deshalb dasjenige Zeitintervall gewählt, welches zu einer bequemen Beobachtung erfordert

wird und lasse durchgängig den Erdmagnetismus vier Minuten auf die Stäbe einwirken, ehe ich die Einstellung und Ablesung vornehme.

Wäre die Richtung des magnetischen Meridians bekannt und hätte man vollkommen weiche Eisenstäbe, die keinen permanenten Magnetismus enthielten, so würde eine einzige Einstellung zur Bestimmung der Inclination hinreichend seyn.

Die eine wie die andere Bedingung findet aber in der Praxis gewöhnlich nicht statt und desshalb ist es nöthig, mehrere Einstellungen vorzunehmen, wobei der Ring jedesmal in anderer Lage aufgesetzt wird. Streng genommen braucht man vier Einstellungen; unterdessen ist es von wesentlichem Vortheile, die etwa vorhandenen Unregelmässigkeiten der Stäbe selbst möglichst zu eliminiren, wesshalb man die Stäbe umzukehren und die Messung zu wiederholen pflegt. Zu solchem Behufe wird der eine Stab mit *A*, der andere mit *B* bezeichnet (Fig. 60) und zwar kommt die Bezeichnung auf das eine Ende des Stabes; dieses Ende wird das *markirte Ende* genannt. Hiernach hat man für eine vollständige Inclinations-Messung folgendes Schema:

Markirte Enden der Stäbe geklemmt.	}	<i>A</i> oben westlich v_1
		<i>A</i> unten östlich v_2
		<i>A</i> oben östlich v_3
		<i>A</i> unten westlich v_4
Nicht markirte Enden der Stäbe geklemmt.	}	<i>A</i> unten westlich v_5
		<i>A</i> oben östlich v_6
		<i>A</i> unten östlich v_7
		<i>A</i> oben westlich v_8

Ausser den Winkelablesungen ist es noch nöthig, die Temperatur nach dem Thermometer T (Fig. 61 und 62) beizusetzen und bei östlicher wie bei westlicher Ablenkung die Neigung der Ringebene — und zwar nach zwei Richtungen, so nämlich, dass das Niveau einmal parallel mit der Nadel, einmal senkrecht gegen die Nadel steht — zu bestimmen.

2. *Entwicklung des Verhältnisses zwischen der Inclination und der Ablenkung.*

Der Berechnung der Inclination aus den Ablenkungen liegen folgende Betrachtungen und Lehrsätze zu Grunde:

Es sei der horizontale Erdmagnetismus $= X$, der verticale $= Y$, man setze ferner das Drehungsmoment, welches die Stäbe vermöge des inducirten Magnetismus auf die Nadel ausüben $= aY$ und $a'Y$, und es sei das Drehungsmoment, in so ferne es von permanentem Magnetismus der Stäbe herrührt $= \mu$ und μ' , so hat man, wenn die Ablesung der Mittelrichtung mit v bezeichnet wird

$$X \sin (v - v_1) = (a + a') Y + \mu + \mu'$$

$$X \sin (v - v_2) = (a + a') Y - \mu - \mu'$$

$$X \sin (v_3 - v) = (a + a') Y - \mu - \mu'$$

$$X \sin (v_4 - v) = (a + a') Y + \mu + \mu'.$$

Diese Gleichungen setzen einen ganz symmetrischen Bau des Instruments und symmetrische Beschaffenheit der Stäbe voraus, was strenge nicht stattfindet. Wir wollen desshalb, um alle Umstände zu berücksichtigen, die Gleichungen so schreiben:

$$X \sin (v - v_1) = AY + \mu + \mu'$$

$$X \sin (v - v_2) = BY - \mu - \mu'$$

$$X \sin (v_3 - v) = CY - \mu - \mu'$$

$$X \sin (v_4 - v) = DY + \mu + \mu'.$$

Hieraus ergibt sich:

$$X \sin \left(v - \frac{v_1 + v_3}{2} \right) \cos \frac{1}{2} (v_2 - v_1) = \frac{1}{2} (A + B) Y$$

$$X \sin \left(\frac{v_3 + v_4}{2} - v \right) \cos \frac{1}{2} (v_4 - v_3) = \frac{1}{2} (C + D) Y$$

und mit Weglassung der Factoren $\cos \frac{1}{2} (v_2 - v_1)$ und $\cos \frac{1}{2} (v_4 - v_3)$, die der Einheit gleich gesetzt werden dürfen,

$$X \sin \left(\frac{v_3 + v_4 - v_2 - v_1}{4} \right) \cos \left(v - \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4}{4} \right) = \frac{1}{4} (A + B + C + D) Y$$

oder hinreichend genau

$$X \sin \psi_0 = K_0 Y,$$

wenn $\psi_0 = \frac{1}{4} (v_3 + v_4 - v_2 - v_1)$ und $K_0 = \frac{1}{4} (A + B + C + D)$ gesetzt wird.

Nach Umkehrung der Stäbe erhält man die analoge Gleichung:

$$X \sin \psi_1 = K_1 Y.$$

Als Mittel der beiden Resultate ergibt sich endlich eine Gleichung, die wir so schreiben wollen:

$$X \sin \psi = KY.$$

Setzt man die Inclination = i und substituirt $X \operatorname{tg} i$ anstatt Y , so hat man endlich

$$\operatorname{tg} i = \frac{1}{K} \sin \psi.$$

3. Einfluss der Temperatur.

Die Grösse K hängt von der Temperatur ab, theils weil diese die Dimensionen des Messingringes ändert, theils weil sie auf den Magnetismus der Stäbe Einfluss hat.

Die Aenderung, welche aus der Expansion des Ringes hervor-

geht, lässt sich direct messen. Zuerst wird der Ring mit dem Stab *A* allein in der gewöhnlichen Weise aufgelegt und die Ablenkung *u* gemessen, dann verschiebt man den Ring um die Grösse *x* von dem Stüften *p* hinaus (Fig. 61. 62) und beobachtet wieder die Ablenkung *u* + δu . Dieselbe Operation wird dann mit dem Stabe *B* vorgenommen, und in der gewöhnlichen Lage die Ablenkung *u'* beobachtet, nach einer Verschiebung von gleicher Grösse wie oben, *u'* + $\delta u'$.

Setzt man den Ausdehnungs-Coefficienten des Messings = β , die Entfernung der Stäbe von der Mitte des Ringes = *e*, so hat man die Verminderung des Winkels ψ , die einem Grade Temperatur-Zunahme entspricht:

$$\frac{e\beta}{x} \left(\frac{\delta u}{tgu} + \frac{\delta u'}{tgu'} \right) tg \psi.$$

Was den Einfluss der Wärme auf den Magnetismus der Stäbe betrifft, so hatte ich denselben im Jahre 1849, als ich die ersten Beobachtungen ausführte, nach den allgemein angenommenen Ansichten für so gering gehalten, dass ich füglich von einer Wärme-Correction Umgang nehmen zu können glaubte. Desshalb ist auch besonders vom Anfange die Temperatur gar nicht aufgezeichnet worden. Erst als die sämtlichen Messungen vollendet waren und eine allgemeine Zusammenstellung gemacht wurde, gaben die vorkommenden Differenzen zu der Vermuthung Anlass, dass dennoch ein nicht unbedeutlicher Temperatur-Einfluss stattfindet. Am 10. Novbr. 1849 wurden directe Versuche in folgender Weise veranstaltet:

Der Theodolit wurde im Freien aufgestellt, in einer Temperatur, die nur wenig über den Gefrierpunkt ging; die Stäbe nebst den Theilen des Ringes, die nicht entblösst seyn mussten, wurden dick mit Baumwolle umwickelt, damit Temperatur-Änderungen nur

langsam stattfinden sollten, und ein Thermometer, in Berührung mit einem der Stäbe, zeigte die Temperatur an.

Nun wurde der Ring mit den Stäben in einem Zimmer bis zu einer höhern Temperatur erwärmt, dann die zwei ersten zu einer Inclinations - Bestimmung gehörigen Messung in der gewöhnlichen Weise gemacht; alsdann wurde der Ring eine halbe Stunde in der Luft gelassen, bis seine Temperatur der Lufttemperatur nahe gleich kam und damit wieder zwei Messungen in derselben Weise vorgenommen. Hierauf wurde der Ring mit den Stäben wieder erwärmt und so wiederholt Ablenkungen abwechselnd bei höherer und tieferer Temperatur beobachtet. In der Zwischenzeit, während des Erwärmens und Erkaltens, waren die Stäbe stets in derselben Lage, nämlich von Ost nach West gerichtet. Die Ergebnisse der Messung waren, wie folgt *):

Temperatur der Stäbe. Ablenkung.

1. Versuch	...	+	19,3	...	23.	25,5
2. „	...		5,5	...	23.	4,1
3. „	...		32,2	...	23.	32,1
4. „	...		10,1	...	23.	12,3
5. „	...		20,3	...	23.	23,5
6. „	...	+	6,6	...	23.	10,0.

Combinirt man, um etwaige allmählig vor sich gehende Aende-

*) Als Temperatur der Stäbe ist hier das Mittel aus der Ablesung am Anfang und Ende des Versuches angegeben. Um die eigentlichen Ablenkungs-Winkel, wie sie hier gegeben sind, zu finden, wurde die Mittelrichtung oder die Richtung der freien Nadel von jeder Beobachtung abgezogen. Die Mittelrichtung ist unmittelbar nach jedem einzelnen Versuche aufgezeichnet worden.

rungen zu eliminiren, jede Beobachtung mit dem arithmetischen Mittel der vorhergehenden und folgenden, so findet man die Temperaturänderungen und die correspondirenden Aenderungen der Ablenkung wie folgt:

<i>Temperatur- Aenderung.</i>	<i>Correspondirende Aenderung des Winkels.</i>
20,2	24,5 [']
24,4	23,9
16,2	15,5
12,2	12,3.

Hieraus ergibt sich, dass bei einer Ablenkung von $23^{\circ} 18'$ der Winkel um $1',048$ für jeden Reaumur'schen Grad Temperatur-Erhöhung zunehme. Der Temperatur-Coefficient ist also

$$= 0,0007070$$

und die Vermehrung des Winkels ψ für einen Grad Wärmezunahme
 $= 2',433 \text{ tang } \psi.$

Es ist demnach nöthig, sämmtliche an Theodoliten gemessenen Inclinations-Ablenkungen auf eine Normal-Temperatur — (als Normaltemperatur habe ich durchgängig $+10^{\circ}$ angenommen) — zu reduciren. Die Reductionsformel ist:

$$\text{reducirtes } \psi = \text{beobachtetes } \psi - 1',053 [1 + 0,00067 (\psi - 23^{\circ}.30')] (t - 10^{\circ}).$$

Die Temperatur ist hier mit t bezeichnet; der Factor $\psi - 23^{\circ}.30'$ muss in Minuten ausgedrückt seyn.

Im Jahre 1850 liess ich einen neuen Ring und neue Stäbe herstellen.

Die Bestimmung der Temperatur-Correction, in obiger Weise ausgeführt, gab folgende Resultate:

	<i>Temperatur.</i>	<i>Ablenkung ψ.</i>
I.	+ 22°,25	20° 33',48
	+ 8,50	20 20,77
II.	+ 24,35	20 39,81
	+ 4,30	20 23,07.

Im Mittel kann man hiernach den Temperatur-Coefficienten $= 0,0006779$ und die Vermehrung des Winkels ψ für 1° Temperaturzunahme $= 2',330 \text{ tg } \psi$ setzen und daraus ergibt sich folgende Reductionsformel:

reducirte Ablenkung $\psi =$ beobachtete Ablenkung $- 0',8713(1 + 0,000891 (\psi - 20^\circ 30')) (\psi - 20^\circ)$.

Ich halte es für wahrscheinlich, dass der Temperatur-Coefficient des weichen Eisens von den Dimensionen und sonstiger specieller Beschaffenheit der Stäbe unabhängig ist und $= 0,000693$ angenommen werden kann.

4. Berechnung der Inclination aus der Ablenkung.

Sind die Winkel auf solche Weise corrigirt, so erhält man die Inclination durch die bereits oben angegebene Formel:

$$\text{tg } i = \frac{1}{K} \sin \psi.$$

Die Constante $\frac{1}{K}$ muss aus den Beobachtungen eines Ortes, für welchen die Inclination bereits bekannt ist, abgeleitet werden. Ist an diesem Ort die Inclination i_0 und die Ablenkung ψ_0 , so ergibt sich $K = \frac{\sin \psi_0}{\text{tg } i_0}$ und man findet dann für irgend einen andern Beobachtungsort die Inclination durch folgende Formel

$$\text{tg } i = \frac{\sin \psi}{\sin \psi_0} \text{tg } i_0.$$

Am zweckmässigsten ist es die Grösse und Entfernung der Stäbe so zu richten, dass die Aenderungen von ψ sehr nahe denen der Inclination gleich sind, was der Fall seyn wird, wenn man hat

$$tg \psi = \sin i \cos i$$

Unter dieser Voraussetzung darf man annehmen

$$i = i_0 + \psi - \psi_0 + u.$$

Folgende Tabelle giebt den Werth von u für das von mir im Jahre 1850 gebrauchte Differential-Inclinorium.

ψ	$\psi_0 = 20^\circ 0'$	$\psi_0 = 20^\circ 10'$	$\psi_0 = 20^\circ 20'$	$\psi_0 = 20^\circ 30'$
20° 0	0,0	— 0,5	— 1,0	— 1,4
10	+ 0,5	0,0	— 0,4	— 0,8
20	+ 0,8	+ 0,4	0,0	— 0,3
30	+ 1,0	+ 0,6	+ 0,3	0,0
40	+ 1,0	+ 0,7	+ 0,4	+ 0,2
50	+ 0,8	+ 0,6	+ 0,4	+ 0,2
21 0	+ 0,6	+ 0,4	+ 0,3	+ 0,1
10	+ 0,3	+ 0,1	0,0	— 0,1
20	— 0,3	— 0,4	— 0,4	— 0,5
30	— 0,9	— 0,9	— 0,9	— 0,9
40	— 1,7	— 1,7	— 1,6	— 1,6
50	— 2,6	— 2,6	— 2,4	— 2,3
22 0	— 3,5	— 3,5	— 3,3	— 3,1

5. *Allmälige Abnahme der Inductionsfähigkeit des weichen Eisens.*

Es ist eine merkwürdige Eigenthümlichkeit des weichen Eisens, dass dieselbe Kraft darin unmittelbar nach dem Ausglühen weit mehr Magnetismus inducirt, als in späterer Zeit*); die allmälige Abnahme der Inductionsfähigkeit ist ganz und gar analog mit dem allmäligen Kraftverlust der Magnete. Folgende Beobachtungsreihe zeigt den Gang und die Grösse der vorkommenden Aenderungen. Bei Berechnung der vorletzten Columne habe ich voransgesetzt, dass die wahre Ablenkung am 11. Juni 20⁰ 34',4 betrug, und dass die Abnahme der Zeit proportional und = 0',2 täglich war. Bei der Beobachtung vom 30. August ist offenbar ein Versehen vorgefallen: auch bei der zweiten Beobachtung vom 13. Juli und der ersten vom 5. Oct. übersteigen die Fehler die zulässigen Grenzen.

*) Man wird vielleicht geneigt seyn zu vermuthen, dass mit der Zeit der permanente Magnetismus beim Eisen immer zunehmen und die Induction in demselben Verhältnisse abnehmen werde. Diess ist jedoch nicht der Fall, die von mir gebrauchten Stäbe haben im Verlaufe der Zeit eine grössere Quantität permanenten Magnetismus nicht erlangt.

Datum.	Stunde.	beobachtete Ablenkung,	Temperatur.	Ablenkung auf 10°reducirt. = ψ	Ablenkung berechnet = ψ'	Diff. $\psi' - \psi$
1850. Juni 11 ^A	4, 31' Ab.	20° 41,75	+ 20,10	20° 32,87	20° 34,4	+ 1,5
„ 12	2 20,,	20 43,61	19,15	20 35,56	20 34,2	- 1,3
Juli 1	4 3 „	20 34,90	18,15	20 27,79	20 30,4	+ 2,6
„ 2	7 26 Mg.	20 30,87	12,60	20 28,61	20 30,2	+ 1,6
„ 13	9 15 „	20 31,12	10,50	20 30,69	20 28,0	- 2,7
„ 13	10 26 „	20 33,85	10,55	20 33,37	20 28,0	*
„ 19	9 28 „	20 34,38	15,20	20 29,83	20 26,8	- 3,0
„ 22	8 55 „	20 30,85	16,20	20 25,45	20 26,2	+ 0,8
„ 22	9 48 „	20 30,97	17,35	20 24,57	20 26,2	+ 1,6
Aug. 9	4 40 Ab.	20 31,47	18,90	20 23,72	20 22,6	- 1,1
„ 13	7 43 Mg	20 26,73	14,65	20 22,69	20 21,8	- 0,9
„ 13	8 51 „	20 25,33	14,35	20 21,56	20 21,8	+ 0,2
„ 17	7 11 „	20 24,06	16,15	20 18,73	20 21,0	+ 2,3
„ 30	2 57 Ab.	20 14,10	13,80	20 8,83	20 18,4	*
Sept. 9	3 33 „	20 14,87	8,10	20 16,50	20 16,4	- 0,1
„ 12	3 35 „	20 14,04	10,30	20 13,78	20 15,8	+ 2,0
Okt. 5	1 54 „	20 6,41	11,90	20 4,79	20 11,2	*
„ 5	2 38 „	20 9,92	11,30	20 8,81	20 11,2	+ 2,4
„ 7	3 1 „	20 11,24	10,40	20 10,90	20 10,8	- 0,1
„ 17	4 16 „	20 6,66	11,00	20 5,81	20 8,8	+ 3,0
„ 19	1 29 „	20 5,79	+ 11,30	20 4,63	20 8,4	+ 3,7

Wir haben bei Berechnung der Abnahme des Winkels ψ , diese Abnahme der Zeit direct proportional angenommen: es ist indessen nicht zu zweifeln, dass die wahre Form der Funktion

$$Ca^{-\vartheta}$$

seyu wird, wo C und a Constanten sind und ϑ die Zeit bedeutet. Ich vermüthe, dass auch die Temperatur auf die Schnelligkeit der Abnahme der Inductionsfähigkeit Einfluss ausübt.

Im Jahre 1849 habe ich zwei flache Eisenstäbe gebraucht und hinsichtlich der Inductionsfähigkeit ein ähnliches Verhalten beobachtet: die Abnahme betrug anfangs 1 Minute später $\frac{1}{4}$ Minute täglich.

6. Correction der Inclination wegen der Libelle.

Die Libelle stellt Fig. 63 dar: sie besteht aus einer hinreichend starken Unterlage mit drei Füßen a, b, c , welche auf der Ringfläche zu stehen kommen, dann einem Messingstücke dfe , worauf die Libelle angeheftet ist, und welches abwärts bewegt werden kann durch die Micrometer-Schraube S , während eine darunter befindliche Feder einen Gegendruck leistet. Die Bewegungsaxe ist bei eg . Mittelst der Micrometer-Schraube bringt man die Luftblase in die Mitte und liest die Umgänge der Schraube ab.

Bei östlicher Ablenkung v_1, v_2 wollen wir mit ω und σ die Grössen bezeichnen, um welche der Ring in Osten und Süden zu hoch steht: bei der westlichen Ablenkung v_3, v_4 seien die analogen Grössen ω' und σ' . Wir nehmen ferner an, dass diese Grössen in Schraubenumgängen ausgedrückt seien, und dass man sie mit k multipliciren müsse, um sie in Minuten zu verwandeln.

Wenn die Stäbe mit der Richtung der magnetischen Kraft den

Winkel z machen, so ist die Induction dem Cosinus von z proportional und da der Sinus der Ablenkung mit der Induction in geradem Verhältnisse steht, so wird man haben

$$\sin \psi = A \cos z$$

und

$$\frac{\delta \psi}{\tan \psi} = - \delta z \tan z.$$

Drückt man z und δz durch i , ψ , σ und ω aus, so ergibt sich, dass die östliche Ablenkung zu klein seyn wird um

$$\frac{\tan \psi}{\tan i} (\sigma \cos \psi + \omega \sin \psi);$$

die westliche Ablenkung wird ebenfalls zu klein um

$$\frac{\tan \psi}{\tan i} (\sigma' \cos \psi - \omega' \sin \psi)$$

und man erhält die corrigirten Ablesungen

$$\frac{1}{2} (v_1 + v_2 - \frac{\tan \psi}{\tan i} (\sigma \cos \psi + \omega \sin \psi))$$

$$\frac{1}{2} (v_4 + v_3 - \frac{\tan \psi}{\tan i} (\sigma' \cos \psi - \omega' \sin \psi)).$$

Daraus folgt die Correction des Ablenkungswinkels ψ

$$+ \frac{\tan \psi}{\tan i} (\frac{1}{2} (\sigma + \sigma') \cos \psi + \frac{1}{2} (\omega - \omega') \sin \psi).$$

Hiebei ist aber der Umstand nicht berücksichtigt, dass bei veränderter Stellung der Stäbe die Kraft, womit sie die Nadel ablenken, ebenfalls etwas verschieden ist.

Da es schwer ist, diesen Einfluss mit Sicherheit theoretisch zu bestimmen, so hielt ich es für das Zweckmässigste, eine Bestimmung auf praktischem Wege herzustellen. Ich nahm desshalb folgende zwei Reihen von Ablenkungen vor; die erste Reihe enthält v_1 und v_2 , die zweite v_3 und v_4 , bei veränderter Neigung. Die veränderte Neigung wurde dadurch zu Stande gebracht, dass die südliche oder westliche Schranke n' oder n'' um eine bestimmte Grösse erhöht wurde.

r_3	r_4	N e i g u n g.		$\frac{1}{2} (r_3 + r_4)$
		σ'	ω'	
260° 54,4	260° 16,4	— 0,47	— 0,25	260° 35,4
52,7	12,4	— 0,42	— 1,68	32,5
58,1	20,3	— 0,47	— 0,25	39,0
55,8	14,3	— 0,42	— 1,68	35,1
58,8	17,2	— 0,47	— 0,25	38,0
55,4	13,7	+ 0,35	+ 0,56	34,6
56,6	15,6	— 0,47	— 0,25	36,1
54,5	14,5	+ 0,35	+ 0,56	34,5
$r =$	241°			

r_1	r_2	N e i g u n g.		$\frac{1}{2} (r_1 + r_2)$
		σ	ω	
313° 6,1	313° 44,6	— 0,55	— 0,13	313° 25,4
15,6	50,3	+ 0,44	+ 0,50	33,0
10,2	45,3	— 0,55	— 0,13	27,8
15,1	50,5	+ 0,44	+ 0,50	32,8
11,7	45,2	— 0,55	— 0,13	28,5
8,0	38,5	— 0,54	— 1,64	23,2
11,8	43,5	— 0,55	— 0,13	27,6
8,2	39,1	— 0,54	— 1,64	23,7
$r =$	331°,5			

Aus den obigen Zahlen ergibt sich nun:

$$\begin{aligned} \text{corrigirte Ablesung östlich} & \quad \frac{1}{2} (v_1 + v_2) - 3',64 \sigma - 3',07 \omega \\ \text{corrigirte Ablesung westlich} & \quad \frac{1}{2} (v_3 + v_4) + 3',89 \sigma' - 3',32 \omega'. \end{aligned}$$

Dass hier die Coefficienten in dem ersten und zweiten Ausdrucke verschieden sind, ist ohne Zweifel den Beobachtungsfehlern beizumessen und wir wollen daher 3',77 für σ und σ' , dann 3',20 für ω und ω' gelten lassen. Nithin muss im Endresultate die Ablenkung ψ vermehrt werden um

$$3',77 \frac{1}{2} (\sigma + \sigma') + 3',20 \frac{1}{2} (\omega - \omega').$$

Ein Schranbenumgang bei der Libelle beträgt 21'; demnach hätte die oben entwickelte theoretische Formel den Betrag der Correction

$$= 3',35 \frac{1}{2} (\sigma + \sigma') + 1',22 \frac{1}{2} (\omega - \omega')$$

gegeben.

7. Erläuterung der Inclinations-Messung durch ein Beispiel.

Am 24. Aug. 1850 beobachtete ich auf dem Mönchsberg bei Salzburg mit einem Differential-Inclinatorium folgende Ablenkungen:

$$\begin{array}{ll} v_1 = 216^{\circ} 31,85 & v_8 = 257^{\circ} 50,00 \\ v_2 = 217^{\circ} 33,25 & v_7 = 256^{\circ} 47,50 \quad t = 21,3^{\circ} \\ v_3 = 257^{\circ} 54,25 & v_6 = 216^{\circ} 21,90 \quad t = 20,8^{\circ} \\ v_4 = 256^{\circ} 44,90 & v_5 = 217^{\circ} 43,10 \end{array}$$

bei Einstellung 217° $\sigma = -0,40$ $\omega = -0,36$
 257° $\sigma' = -0,37$ $\omega' = -0,42.$

Daraus ergibt sich die Ablenkung

$$= 20^{\circ} 8',31.$$

Die Reduction auf $+ 10^{\circ}$ R. beträgt $- 9',44$ und die Correction wegen der Neigung des Ringes $- 1',33$; man erhält demnach

$$\psi = 19^{\circ} 57',54.$$

Die Ablenkung in München betrug $20^{\circ} 18',4 = \psi_0$; der Werth von u ist (S. 92) $= - 1',0$; wir haben also

$$i = i_0 - 21',9.$$

Die Inclination ist also in Salzburg kleiner als in München um $21',9$. — Im Jahre 1849 hatte ich ähnliche Messungen, aber mit einem andern Instrumente (und zwar ohne Berücksichtigung der Neigung des Ringes) vorgenommen und am 8., 9. und 10. October an drei verschiedenen Stellen gefunden

$$- 19',0 \quad - 18',5 \quad - 23',6.$$

IX. Die magnetische Waage.

Die magnetische Waage hat den Zweck, das Gewicht zu bestimmen, welches erfordert wird um zwei magnetische Körper von einander zu trennen. Dadurch soll eine Maasangabe der magnetischen Anziehung erlangt werden.

Die Einrichtung der magnetischen Waage stellt Fig. 64 dar. *ABC* ist eine dreieckige Holzrahm mit den messingnen Platten *u*, *v* versehen und getragen von den Axen *k*, *k'*, welche auf der Unterlage *DE* festgemacht sind. Die Form der Messingplatten und die Art und Weise, wie sie auf die Axen aufgelegt sind, ist aus Fig. 65 zu ersehen.

Eine Schraube mit dreifachem Gewinde S (Fig. 64) geht durch die Rahm und steht an gegen das feste Querstück FG . Durch Umdrehen der Schraube entfernt man die Rahm aus der senkrechten Lage: damit die Rahm nicht vorfällt, wird sie gegen das Querholz FG gezogen durch das Gewicht P . Rückwärts an der Rahm ist nämlich eine Schnur angebracht, die über eine Rolle R geht und das Gewicht P trägt.

ab, cd sind zwei parallele seidene Bänder, die das Stück K mit dem Gewicht p tragen. Oben gehen sie durch die Messingplatte LM und sind an dem Querholz Q befestiget. Das Querholz ist beweglich um die Axe q und läst sich höher oder tiefer stellen mittelst der Schraube O ; durch diese Bewegung wird das Stück K in die erforderliche Lage gebracht.

Das Stück K (in grösserm Maasstabe in Fig. 66 dargestellt), bestehend aus zwei aneinander geschraubten Messingplatten, hat oben einen Bügel; unter diesem wird der eiserne Cylinder, oder der cylindrische Magnet lm durchgesteckt und mit der Schraube A geklemmt.

Von dem Stücke K geht der Faden hi neben der horizontalen Scala ss hinab und trägt das Gewicht p . Sind die Körper, deren Anziehung gemessen werden soll, in Contact, so trifft der Faden hi mit dem Nullpunkte der Scala zusammen; dreht man die Schraube S , bis das Losreissen erfolgt, so wird der Faden hi auf einen gewissen Theilstrich x der Scala treffen. Man sieht leicht ein, dass die Grösse x der Sinus des Winkels ist, den die Bänder ab, cd mit der Vertical-Linie machen, wenn die Entfernung $ab, cd = r$ als Radius angenommen wird. Hieraus ergiebt sich für die zum Losreissen erforderliche Kraft V folgende Gleichung

$$V = (p + q) \frac{x}{r},$$

wenn q das Gewicht des Stückes K bezeichnet.

Welchen Grad von Genauigkeit man mit der magnetischen Waage unter gewöhnlichen Umständen erlangen kann, zeigen folgende Versuche, wobei ein kleiner eiserner Cylinder von einem runden Magnetstabe losgerissen wurde.

Versuche.	Scalatheil x , bei welchem das Losreißen erfolgte.			
1. Versuch	80,3	80,0	77,4	79,1
2. „	83,8	81,2	75,1	77,7
3. „	83,3	78,7	76,1	76,7
4. „	85,5	79,4	74,7	79,1
5. „	84,7	77,7	75,6	80,0
6. „	85,7	79,1	74,4	81,2
$p + q =$	50 gramm.	100 gramm.	200 gramm.	300 gramm.
$r =$	1310	1310	1310	1310

Berichtigungen

zu der vorhergehenden Abhandlung.

Seite	394	Zeile	1	von oben	statt	Fig. 9	lese	Fig. 9*.
„	396	„	12	„	„	Kurbel	lese	Excentrik.
„	—	„	13	„	„	Fig. 5	lese	Fig. 9.
„	409	„	1	„	„	<i>ff</i>	lese	<i>ff'</i> .
„	—	„	3	„	„	xe^3 . . .	lese	Xe^3
„	431	„	12	„	„	Ende	lese	Ende dieses Stücks.
„	432	„	2	„	„	Walze <i>u</i>	lese	Walze.
„	451	„	6	„	„	$\eta_n =$	lese	$\eta_n' =$
„	460	„	11	„	„	Schraube <i>k</i>	lese	Schraube <i>K</i> .
„	463	„	1	von unten	„	Fächen	lese	Flächen.
„	476	„	13	von oben	„	$\frac{1}{2} (v_1 + v_2)$	lese	$\frac{1}{2} (v_1 + v_2)$.
„	—	„	14	„	„	$\frac{1}{2} (v_3 + v_4)$	lese	$\frac{1}{2} (v_3 + v_4)$.





Fig. 13.



Fig. 13*

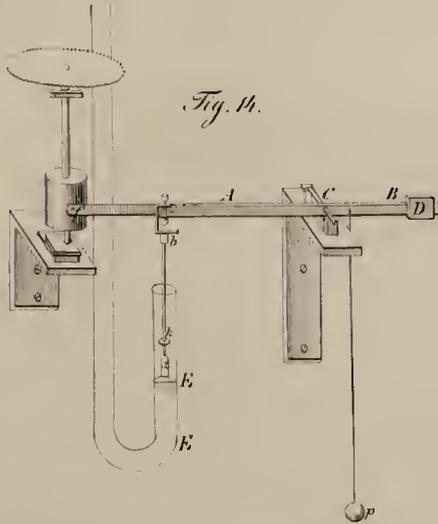


Fig. 14.



Fig. 15*

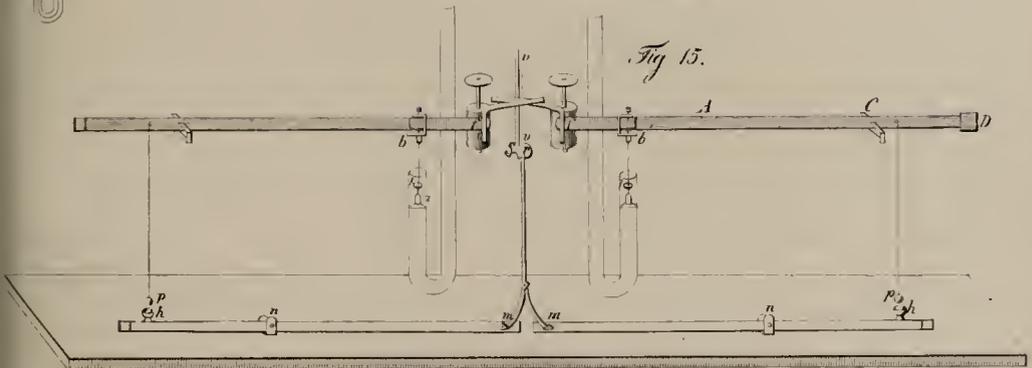


Fig. 15.

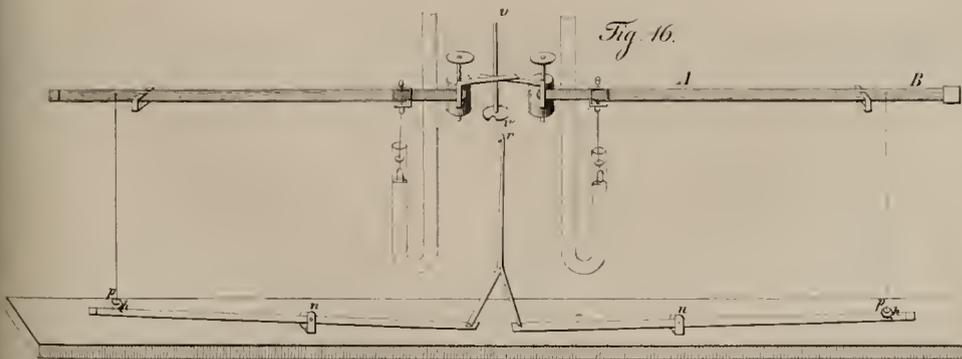


Fig. 16.



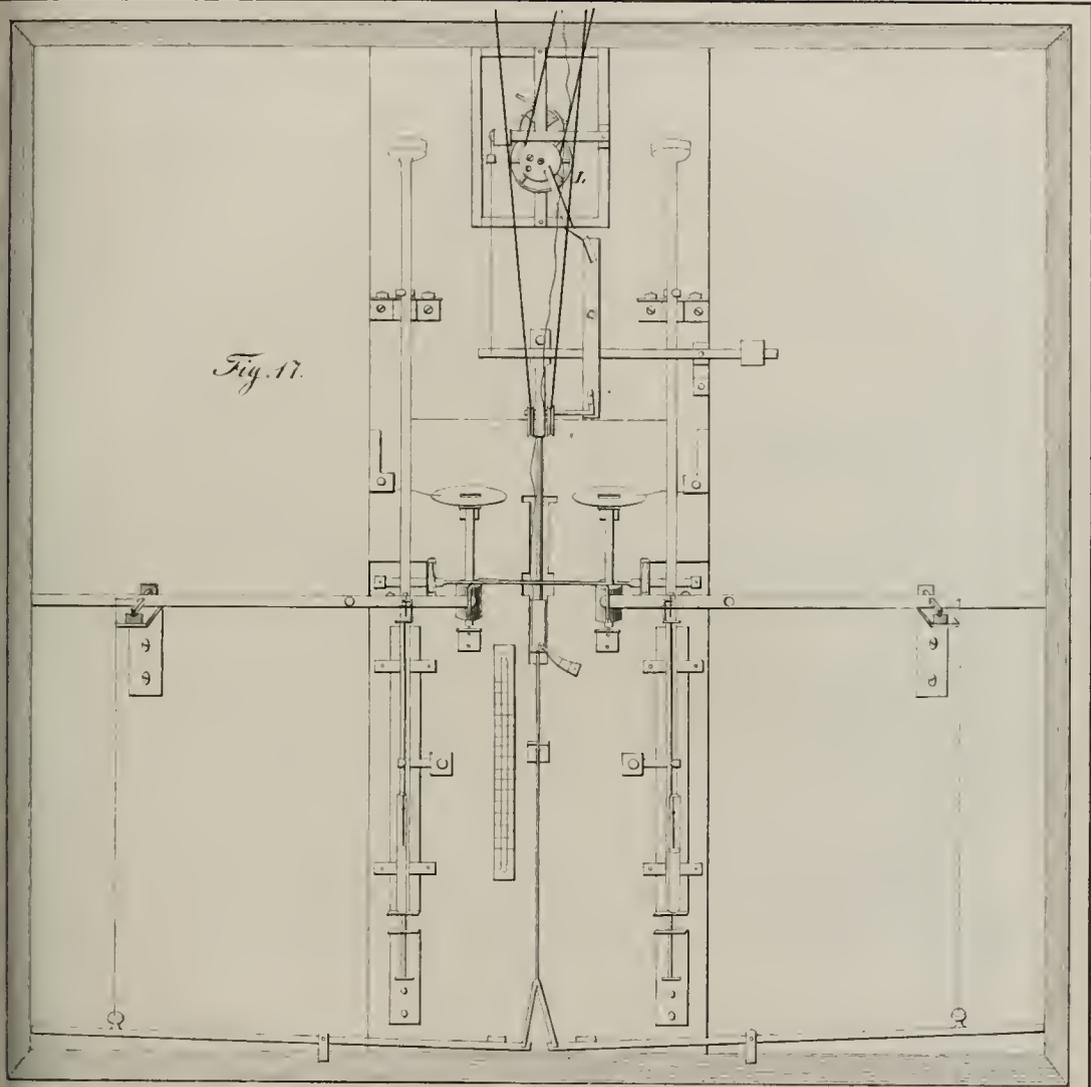


Fig. 20.

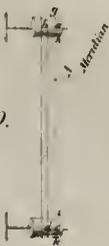
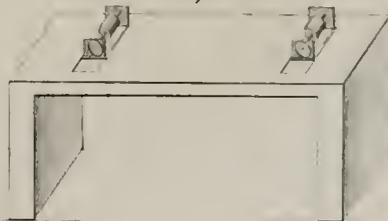


Fig. 21





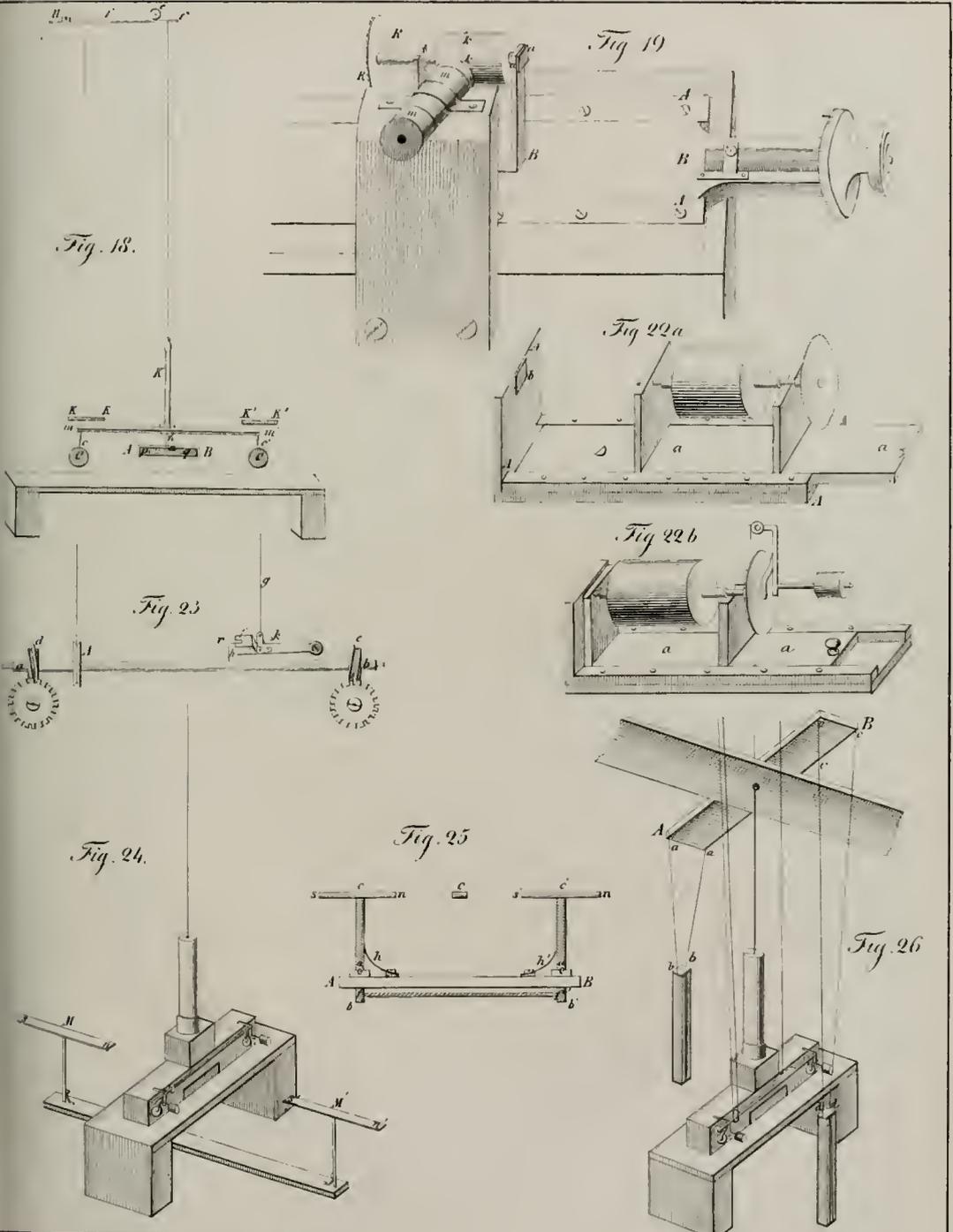




Fig. 27.



Fig. 29.



Fig. 31.



Fig. 32.



Fig. 34.

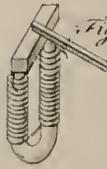


Fig. 35.

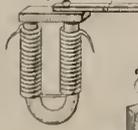


Fig. 28.

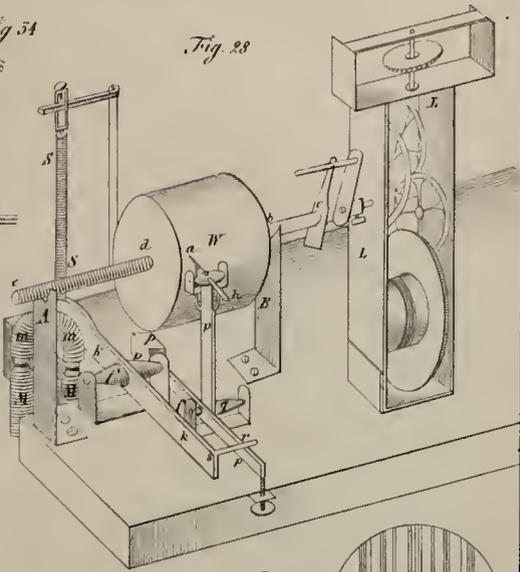


Fig. 30.

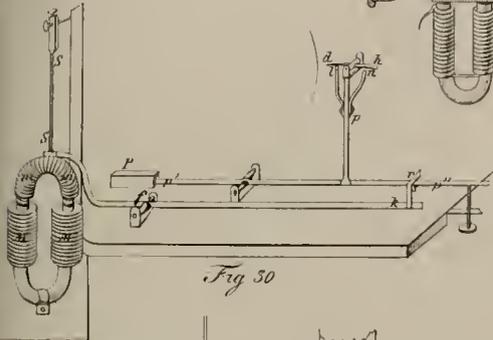


Fig. 36.

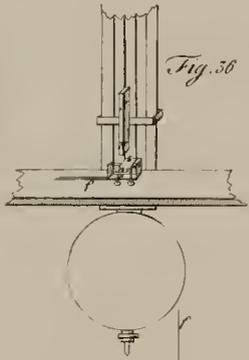


Fig. 37.

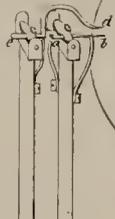


Fig. 39.

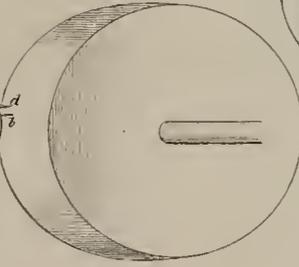
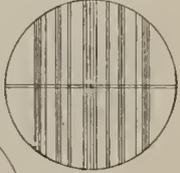


Fig. 33.



Fig. 40.

