

Theodolith für magnetische Landesaufnahmen.

Von

Heinrich Wild.

Da wir den allgemeinen Verlauf der Isogonen, Isoklinen und Isodynamen über Europa Dank der erdmagnetischen Messungen einer Reihe von Forschern in früherer Zeit bereits ziemlich genau kennen, so können die magnetischen Landesaufnahmen, wie sie in der letzten Zeit in einer Reihe von Staaten Europas ausgeführt worden sind oder noch im Gange sich befinden, nur den Zweck haben, die grössern oder geringern lokalen Abweichungen der magnetischen Elemente von diesem allgemeinen Verlauf im Detail möglichst genau festzustellen. Dadurch werden die nötigen Daten für die Erforschung der Ursachen dieser Abweichungen gewonnen und kann zugleich dem vielseitigen praktischen Bedürfnis einer genauern Kenntnis der erdmagnetischen Elemente genügt werden. Es ist selbstverständlich, dass zu dem Ende an möglichst vielen Punkten eines Landes erdmagnetische Beobachtungen ausgeführt werden müssen, also die wenigen festen magnetischen Observatorien hiefür nicht genügen, sondern die grössere Zahl derselben im Freien mit Reise-Instrumenten anzustellen ist. Wenn man auch hiebei zum Schutz der Instrumente vor Sonne und Wind ein grösseres Zelt oder gar, wie Herr Liznar es bei seiner neuesten magnetischen Aufnahme Oesterreich's¹⁾ in empfehlenswerter Weise gethan hat, eine transportable hölzerne Hütte verwendet, so können solche Reisebeobachtungen doch nie auf die Genauigkeit Anspruch machen, welche in festen Observatorien erzielt werden kann. Schon die mangelhafte Temperatur-Konstanz im Freien oder in kleinen Hütten

¹⁾ J. Liznar, Erdmagnetische Messungen in Oesterreich. Denkschriften der Wiener Akademie. Bd. LXII. Wien 1895.

wirkt beeinträchtigt auf die Sicherheit der Messungen ein und ebenso ist auch in den letztern der Schutz vor heftigem Wind ein beschränkter. Die Elimination der Variationen des Erdmagnetismus aus den Resultaten an der Hand der Beobachtungen oder Registrirungen derselben in nicht ganz nahen magnetischen Observatorien ist stets eine ungenügende. Endlich erheischt durchweg die Rücksicht auf die leichtere Transportfähigkeit der Instrumente bei der Konstruktion derselben gewisse Konzessionen betreffend der höchsten Leistungsfähigkeit.

Was die Genauigkeit der erdmagnetischen Beobachtungen in festen Observatorien betrifft, so habe ich in meiner Beschreibung des magnetischen Observatoriums in Pawlowsk ¹⁾ S. 112 gezeigt, dass daselbst in den letzten Jahren bei den einzelnen absoluten Messungen eine Sicherheit von $\delta d = \delta i = \pm 3,7$ für die Deklination d und die Inklination i und eine solche von $\delta H = \pm 0,0000036$ C. G. S. für die Horizontal-Intensität H ²⁾ erzielt worden ist und dass aus einzelnen Ablesungen der bezüglichen Variationsinstrumente (S. 111) die relativen Werte der Deklination mit einer Sicherheit von $\pm 3,1$, die der Horizontal-Intensität mit einer solchen von $\pm 0,0000042$ und die der Vertikal-Intensität mit $\pm 0,0000089$ abzuleiten waren. Aus den beiden letztern Grössen aber folgt nach der Formel S. 105 der erwähnten Schrift als Fehler der aus den Ablesungen an den beiden letztern Variationsinstrumenten zu berechnenden Inklination: $\pm 2,0$. Es sind also die Fehler der Variationsbeobachtungen von derselben Ordnung wie die der absoluten Messungen. Nun dürfen jedenfalls sowohl die absoluten Messungen als die Variationsbeobachtungen in Pawlowsk gemäss der Qualität und Aufstellung der Instrumente, ihrer Behandlung bei der Beobachtung und der Zweckmässigkeit der Lokalitäten mit zu den besten erdmagnetischen Beobachtungen gezählt werden und wir können daher die vorstehenden Grössen als obere, zur Zeit in festen Observatorien erreichbare Genauigkeitsgrenzen derselben hinstellen.

¹⁾ H. Wild, Das Konstantinow'sche meteorologische und magnetische Observatorium in Pawlowsk (bei St. Petersburg). Besondere Ausgabe der Kaiserl. Akad. der Wissenschaften zu St. Petersburg. 1895.

²⁾ Da die Horizontal-Intensität zur Zeit in Pawlowsk 1,645 war, so repräsentiert der letztere Fehler: 0,000021 der Horizontal-Intensität.

Hiernach ist nun kaum zu erwarten, dass man bei den Beobachtungen auf Reisen für die Deklination und Inklination eine grössere Genauigkeit als $\pm 20''$ (d. h. eine fünf Male kleinere als die in festen Observatorien) und für die Horizontal-Intensität eine grössere als $\pm 0,0002$ ihres Betrags (d. h. eine 10 Male kleinere als in festen Observatorien) erreichen werde. Es sind dies die Genauigkeitsgrenzen, welche ich bei der Konstruktion meines magnetischen Reisetheodolithen ¹⁾ zu erreichen anstrebte und die auch nach den Verifikationen desselben im Observatorium zu Pawlowsk vollständig erreicht worden sind. Auf der Reise selbst wurde zwar für die Horizontal-Intensität ebenfalls obige Sicherheit erzielt, dagegen war der Fehler der Deklinations- und Inklinationsmessungen, zum Teil wegen Mangel eines Zelts, grösser, nämlich $\pm 30''$, ²⁾. Obiges sind denn auch die durchschnittlichen Genauigkeiten, welche in neuerer Zeit bei magnetischen Landesaufnahmen erreicht worden sind, wie folgende Zusammenstellung nach den betreffenden Publikationen ergibt.

Land	Beobachter	Fehler der		
		Dekl.	Inkl.	Horiz. Intens.
Italien	Chistoni	$\pm 18''$	$\pm 30''$	$\pm 0,00050$
Grossbritannien	Rücker und Thorpe	± 49	± 12	$\pm 0,00020$
Nordwest-Deutschland	Eschenhagen	± 30	± 90	$\pm 0,00077$
Holland	Rijckevörsel	± 100	± 31	$\pm 0,00026$
Oesterreich	Liznar	$\pm 12^3$	± 72	$\pm 0,00020$
Frankreich	Moureaux ⁴⁾	± 24	± 36	$\pm 0,00020$

Die Fehler der Bestimmungen der Horizontal-Intensität sind wie oben in Bruchteilen des ganzen Werts derselben angegeben.

¹⁾ H. Wild, Instrument für erdmagnetische Messungen und astronomische Ortsbestimmungen auf Reisen. Repert. für Meteorologie, Bd. XVI. N. 2. 1892.

²⁾ W. Dubinsky, Magnetische Messungen, ausgeführt in den Ostseeprovinzen und im Weichselgebiet im Sommer 1893. Repert. für Meteorologie. Bd. XVII. N. 13. 1894.

³⁾ In diesem Fehler für die Deklinationsmessung ist derjenige der Azimutbestimmung nicht inbegriffen.

⁴⁾ Die Fehler der Messungen von Herrn Moureaux habe ich nur mittelbar und ungefähr ableiten können, indem ich als solche die Differenzen der Reduktionen seiner Reise-Beobachtungen nach Perpignan einerseits und dem Parc St. Maur andererseits annahm, welche er als zu vernachlässigende Grössen bezeichnet. (Déterminations magnétiques faites en France pendant 1888 p. 44).

Wie schon erwähnt, hat der im Jahr 1891 nach meinen Angaben konstruierte magnetische Reise-Theodolith mit dem zugehörigen Induktions-Inklinatorium den Genauigkeits-Bedingungen für Deklination und Inklination:

$$\delta d = \delta i = \pm 20''$$

und für die Horizontal-Intensität:

$$\frac{\delta H}{H} = \pm 0,0002$$

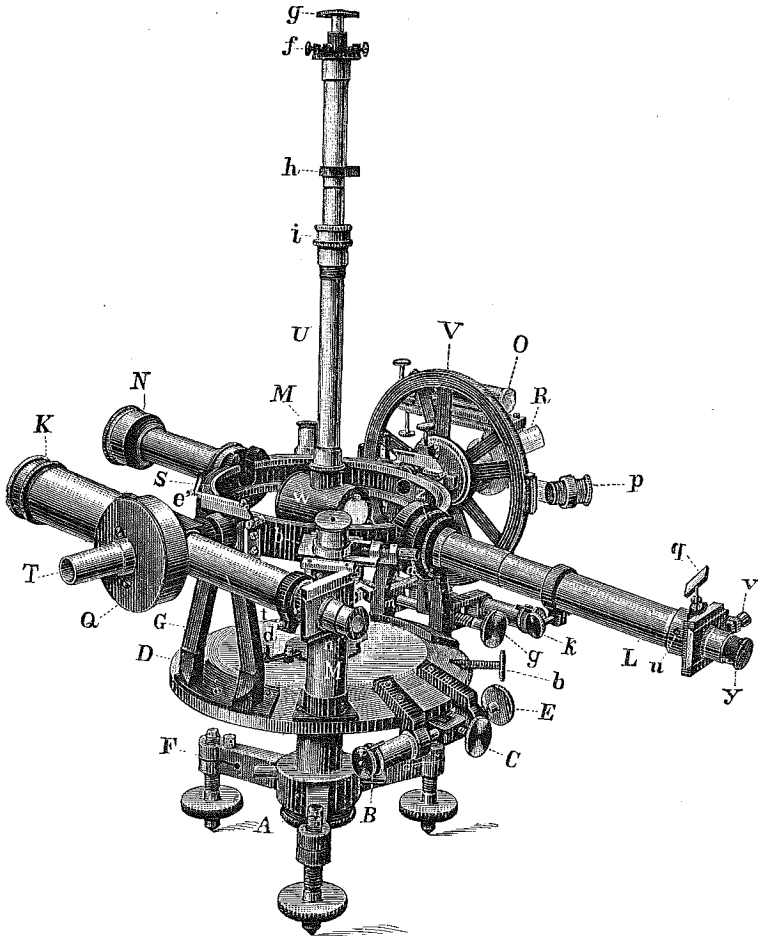
genügt. Es schien mir indessen möglich, dem Theodolith für den praktischen Gebrauch noch eine vorteilhaftere Einrichtung zu verleihen, und ich habe daher bereits im Dezember 1893 den Plan eines verbesserten Instrumentes dieser Art publiziert ¹⁾, dessen Ausführung Herr Dr. Edelmann in seiner Werkstätte übernommen hat.

Nachdem bereits drei solche Instrumente, nämlich für die Universitäten in Moskau und Tomsk und für das magnetische Observatorium in Bucharest im Observatorium zu Pawlowsk verifiziert worden sind, habe ich im Sommer 1895 ein viertes, in einigen Punkten noch etwas verbessertes Instrument für das physikalische Central-Observatorium von Herrn Edelmann bezogen und selbst in Pawlowsk geprüft. Da Herr Edelmann auch anderswohin bereits mehrere solche Instrumente geliefert hat, so dürfte es jetzt geboten sein, den neuen Theodolithen so, wie er ausgeführt worden ist, zu beschreiben und eine kurze Anleitung zu seinem Gebrauch zu geben.

Der nebenstehende Holzschnitt gibt eine Ansicht des Instruments in der speciellen Zusammensetzung, wie es bei den Ablenkungsbeobachtungen gebraucht wird. Ein Dreifuss mit Stellschrauben *F* trägt den Horizontalkreis mit seiner Deckplatte *D*, deren Vertikalachse durch die Mutter *A* mit eingelegter Feder passend zu entlasten ist. Vermittelst der Klemme *C* sind Kreis und Deckplatte zu verbinden und dann durch die Schraube *E* und das gegenüberstehende Federgehäuse *B* mikrometrisch gegeneinander verstellbar. Auf der Deckplatte sind am Rande die beiden Träger *G* der Horizontalachse, sowie über Oeffnungen in ihr die beiden Mikroskope *M* befestigt, die zur Ablesung des Horizontalkreises dienen. Der letztere hat 150 mm Durchmesser, ist von 10 zu 10' geteilt,

¹⁾ H. Wild, Beiträge zur Entwicklung der magnet. Beobachtungsinstrumente. § 4. Repert. für Meteorologie. Bd. XVII. Nr. 6.

und die zur Teilfläche um ungefähr 15° nach aussen geneigten Ablese-Mikroskope erzeugen durch ihre Objektive ein schwach vergrössertes Bild der Teilung auf den als Verniere geteilten Glasplatten bei *b*, über denen sich schiebbare Lupen befinden. Diese



durchsichtigen Glas-Verniere gestatten $20''$ direkt abzulesen und bei guter Beleuchtung auch wohl noch $10''$ zu schätzen. Zur genauen Justierung sind die Mikroskope in den auf der Deckplatte aufsitzenden Hülsen verschiebbar und ebenso die Objektive durch Ein- und Herausschrauben gegenüber der Glasplatten-Teilung ver-

stellbar. Oeffnungen auf der dem Centrum des Instrumentes zugewendeten Seite der Hülsen, welche durch matte Celluloidlamellen verschlossen sind, lassen hinlänglich Licht zur Beleuchtung der Teilung einfallen.

Die Horizontal-Achse des Theodoliths besteht in durchbrochenen cylindrischen Zapfen T und R , die in y förmigen Lagern der Träger G ruhen, dort durch federnde Lamellen e angepresst werden und selbst diametral gegenüber am Ringe S befestigt sind. Am Zapfen R sitzt ausserhalb des Lagers der Vertikalkreis V und die Klemme für die Horizontalachse, die mit ihrem Fortsatz unten zwischen den Federhausstift m und die Schraube g zu liegen kommt und so mikrometrisch zu verstellen ist. Derselbe, am Träger G befestigte Bügel trägt das Federhaus k und ihm gegenüber eine Schraube zur mikrometrischen Justierung der zwischen beiden liegenden Nase des Halters des Niveaus O und der beiden Verniere samt Deckring des Vertikalkreises, welche mit den Lupen p durch Glasfenster im Deckring abgelesen werden. Der Vertikalkreis ist ebenfalls von 10 zu 10' geteilt und die Verniere lassen direkt 20'' ablesen.

Am zweiten Zapfen T ist das excentrische Fernrohr K für astronomische Beobachtungen und ein Gegengewicht Q zum Vertikalkreis auf der andern Seite befestigt. Der Okular-Auszug wird durch die Klemme t nach erfolgter Justierung auf die Unendlichkeit fixiert, die Fadenplatte ist zur Annulierung der Kollimation durch seitliche Schrauben zu korrigieren und am Okular u lässt sich ein Sonnenglas und ein rechtwinklichtes Prisma für Beobachtungen in der Nähe des Zeniths befestigen. Zur Erleuchtung des Gesichtsfeldes bei Nachtbeobachtungen lässt sich in die durchbohrte Achse T eine Röhre einschieben, welche am innern Ende in der Nähe der Fernrohrwand ein kleines rechtwinklichtes Prisma trägt.

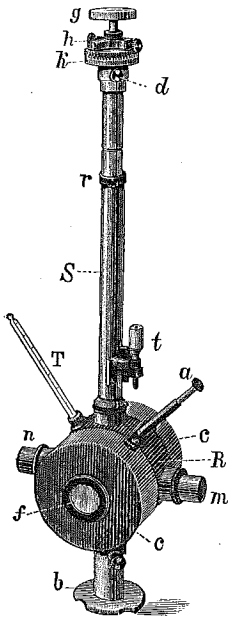
In der Senkrechten auf der Horizontalachse sind am Ringe S auf durchbohrte Zapfen einerseits das excentrische Fernrohr L mit Ueberfangschraube z und anderseits eine Röhre mit Verdickung N aufgeschraubt, welche letztere als Gegengewicht zum erstern dient. Der Okularkopf des Fernrohr's ist wieder durch seitliche Schrauben u justierbar, trägt im Brennpunkt des Objektivs eine Glasplatte mit durchgehendem Vertikalstrich, einer beiderseits desselben horizontal verlaufenden Teilung und oberhalb der letzteren ein kleines

rechtwinklichtes Glasprisma, das durch eine Bohrung von drehbarem Spiegel q darüber Himmelslicht empfängt und so den obern Teil des Vertikalstriches beleuchtet. Das Okular y ist auf einem Schlitten befestigt, so dass es durch die Schraube v rasch über die Teilung hin bewegt werden kann. Der Wert eines Teils der linearen Teilung beträgt rund $2'$, so dass $0,2$ oder $12''$ leicht zu schätzen sind.

Auf dem ebenen mittleren Teil der konischen Deckplatte D des Horizontalkreises ist in einer centriscch wenig ausgedrehten Vertiefung die Fussplatte des Gehäuses W für den abzulenkenden Hilfsmagnet eingesetzt, wo sie durch Anschläge und übergreifende Riegel d in richtiger Stellung festgehalten wird. Das Gehäuse besteht aus einem massiven, durchbohrten und sehr sorgfältig auf Eisenfreiheit untersuchten Kupfercylinder, dessen Höhlung gegen das Fernrohr L hin durch eine plan-parallele Glasplatte, hinten durch eine gewöhnliche Glasplatte und einen über diese zu schiebende Messingplatte verschlossen ist. Im Fuss bewegt sich ein durchbohrter Cylinder, der oben einen Kupfertrog trägt, beim Hinaufschieben den Magnetcylinder mit diesem an die obere Wand des Gehäuses zur Arretierung anpresst und dann durch eine seitliche Schraube geklemmt werden kann. Der Cylinder aber wird, durch einen mit Zahnung versehenen, in der Mitte der Deckplatte sitzenden Stift gestossen, der selbst vermittelst des Triebes b bewegt wird. Der massive, cylindrische, am einen Ende als Planspiegel angeschliffene Hilfsmagnet steckt in einer leichten Messingfassung mit Klemm-Stift unten und Oese oben, und ist mit dieser am Suspensionsfaden, der vom Kopf g der Suspensionsröhre herabhängt, befestigt. Diese Röhre besteht aus 2 ineinanderverschiebenden Teilen, die bei h zusammengeklummt werden und wovon der untere Teil durch die Schraube i überdies mikrometriscch verkürzt oder verlängert werden kann, um den Magnet genau in der Mitte des Kupfercylinders W schweben zu lassen, wenn seine Arretierung gelöst ist. Die Torsion des Suspensionsfadens wird in der Art aufgehoben, dass man nach Arretierung des Magnets das Gehäuse in umgekehrter Stellung vertikal befestigt und die aus 2 Hälften bestehende Klemme f des Suspensionscylinders g , der gleiches Gewicht wie der Magnet hat, zurückschlägt, worauf dieser frei wird und den Faden detordieren kann.

Für die Ablenkungsbeobachtungen wird das gleich näher zu beschreibende Gehäuse mit dem darin fixierten Hauptmagnet auf eine der Röhren *T* oder *R* aufgeschoben und geklemmt, während ein gleich grosses Gegengewicht je auf der anderen Seite angebracht wird.

Nach Entfernen des Gehäuses *W* mit dem Hilfsmagnet lässt sich an seine Stelle in ganz gleicher Weise mit seiner Grundplatte



b das nebenstehend abgebildete Gehäuse für den Hauptmagnet aufsetzen. Dasselbe besteht aus dem starken Messingring *R*, in dem unten der Fuss und oben die Suspensionsröhre *S* eingesetzt sind und der ausserdem beiderseits die Röhren-Ansätze *n* und *m* mit Glasplattenabschluss im Innern trägt. In die offenen Seiten des Rings *R* sind beiderseits Rothholzdeckel *c c* einzuschieben und mit Bajonettverschluss zu befestigen. Der dem Fernrohr *L* zugekehrte hat eine durch ein planparalleles Glas verschlossene kleine Oeffnung *f*, der andere ein grosses Glasfenster, das durch einen Messingschieber zu bedecken ist. Schief in den Ring eingesetzt sind das Thermometer *T* einerseits, dessen Gefäss in die Höhe des Magnets im Innern zu liegen kommt und das Stäbchen *a* mit seiner Führungshülse, das, wie wir

weiterhin sehen werden, zur Umkehr des Magnets in seiner Fassung um 180° dient. Die Suspensionsröhre ist ähnlich wie die beim vorigen Gehäuse eingerichtet, d. h. auch aus zwei ineinander zu schiebenden und bei *r* zu klemmenden Teilen zusammengesetzt und bei *h* ebenfalls mit einer aufzuklappenden Klemme für den Suspensionscylinder *g* von gleichem Gewicht wie der Magnet versehen behufs Aufhebung der Fadentorsion in der umgekehrten Lage des Gehäuses. Nur ist hier noch unterhalb *h* ein Torsionskreis *k* mit Klemmschraube *d* angebracht und sodann ist im untern Teil der Röhre *S* eine zweite Röhre schiebbar, von welcher durch einen Schlitz in ersterer eine Nase heraustritt. Eine an dieser sitzende Schraube *t* greift mit ihrem Gewinde in einen am äussern Rohr befestigten Bügel ein, so dass die innere Röhre

durch Drehen von t zu heben und zu senken ist, wobei der Schlitz die Bewegung nach oben und eine justierbare weitere Schraube diejenige nach unten limitiert. Am untern Ende dieser innern Röhre ist nun das obere Lager für den Hauptmagnet befestigt, gegen welches derselbe durch ein unteres Lager angepresst wird, wenn er in der transversalen, der Achse der seitlichen Röhren n und m parallelen Lage fixiert werden soll. Zu dem Ende besteht dieses obere Lager aus einer in der Mitte verbreiterten und durchbohrten Messing-Lamelle, die parallel zur Achse von n und m am unteren Ende jener Röhre fest angeschraubt ist und in der Nähe ihrer Enden halbkreisförmige oder y-förmige, dem Querschnitt des Magnets angepasste Lager besitzt. Es wird nun die Schraube, welche die Bewegung der Röhre mit dem Lager nach unten limitiert, so justiert, dass der Magnet mit seiner Achse genau in die Achse der Röhren $n m$ fällt, wenn er an das Lager von unten angepresst wird; damit dabei der Magnet auch der Länge nach in seine richtige Lage komme, d. h. sein Centrum in das des Ringes R falle, sind an beiden Enden der obern Lagerlamelle noch schief gestellte Achat-Nasen so angebracht, dass sie den Magnet beim Anliegen an den Lagern genau zwischen sich fassen und ihm vorstehende centrische Stellung geben ¹⁾. Das untere Arretierlager von ganz entsprechender Gestalt wie das obere, nur ohne Achat-Nasen, sitzt auf einem Cylinder, der sich in einer Bohrung des Fusses klemmbar auf- und abschiebt und um seine Achse etwas mehr als 90° drehbar ist. Zu dem Ende tritt durch einen seitlichen horizontalen Schlitz der Hülse ein am Cylinder befestigter Stift nach aussen vor, den der Beobachter zur Drehung anfasst. Es kann so das Lager aus der erwähnten Transversal-Lage auch in eine zur Achse des Ringes R parallele Lage gebracht werden. Zur Hebung des Lagers mit seinem Cylinder dient wie beim andern Gehäuse derselbe, in der Deckplatte D sitzende Stift, der mittelst des Triebes b bewegt wird.

Sollen an dem Hauptmagnet Schwingungsbeobachtungen gemacht werden, so dreht man den obern Teil des Instruments mit dem excentrischen Fernrohr L , bis dasselbe angenähert im

¹⁾ Siehe auch die betreffenden Zeichnungen zu § 3 und 4 der oben erwähnten Beiträge zur Entwicklung der magnet. Beobachtungsinstrumente.

magnetischen Meridian liegt, schraubt sodann zuerst das obere Lager des arretierten Magnets zurück, dreht das untere um 90° , so dass der Magnet in die achsiale Lage zum Gehäuse kommt und lässt darauf langsam das untere Lager herab, wodurch der Magnet ganz frei wird ohne in erhebliche Schwankungen zu geraten. Dabei soll der mit Planspiegel versehene Südpol des Magnets dem Fernrohr L zugewandt sein und seine Achse sich wenig unterhalb der Achse durch die Oeffnungen m und n befinden. Zur Fixierung des Magnets in der transversalen Lage für die Ablenkungsbeobachtungen oder zur Verpackung beim Transport verfährt man umgekehrt. Das untere Lager wird nicht ganz, sondern nur soweit gehoben, bis es eben den Magnet fasst, dann um 90° zurückgedreht ohne Klemmung des Cylinders, darauf das obere Lager bis zum Anschlag heruntergelassen und nun erst das untere wieder ganz gehoben wird, bis es den Magnet fest an's obere anpresst, wobei sich jenes wegen seiner Drehbarkeit dem obern ganz anpasst. Jetzt erst wird der Cylinder geklemmt und damit das untere Lager auch fixiert. Man kann sodann das Gehäuse abheben und zur Ausführung der Ablenkungsbeobachtungen nach Belieben mit der einen oder andern Seitenröhre m oder n auf die Zapfen-Enden T oder R der Horizontalachse aufschieben, nachdem man das kleine Gehäuse mit dem Hilfsmagnet im Centrum des Instrumentes aufgesetzt hat. Zur Limitierung der Entfernung wird das grosse Gehäuse einfach so weit auf die Röhren T und R aufgeschoben, bis die Spiegelplatten im Innern von m resp. n an die Ränder dieser Röhren anstossen. Ein m resp. n einerseits und T resp. R anderseits umfassender Doppelring mit Klemmschraube dient nach erfolgtem Anschlag zur Fixierung des Gehäuses auf dem Zapfen.

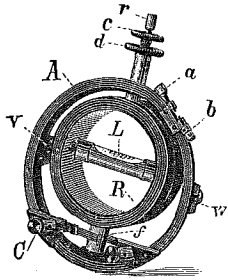
Hiebei ist noch Folgendes zu bemerken: Da bei der Aufhebung der Torsion des Suspensionsfadens in der umgekehrten Stellung des Gehäuses der Magnet in der transversalen Lage fixiert ist, so ist die Torsion nur für diese Stellung aufgehoben und man muss daher für die Schwingungsbeobachtungen resp. auch Deklinationsbeobachtungen, wo er eine achsiale Stellung zum Cylinder-Gehäuse einnimmt, am Torsionskreis oben in gleicher Richtung um 90° drehen, damit der Faden wieder torsionslos sei.

Für die Deklinationsbeobachtungen ist es aber nicht bloss notwendig, dass der Suspensionsfaden torsionslos sei, sondern es

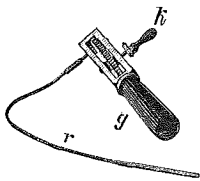
soll auch der Magnet mit Spiegel um seine Längsachse resp. um die Normale des letztern um 180° umgedreht werden können behufs Elimination des Winkels zwischen Spiegelnormale und magnetischer Achse aus dem Resultat. Zu dem Ende ist bei unserm Instrument folgende Vorrichtung angebracht. Die Fassung, mit welcher der Magnet am Suspensionsfaden befestigt ist, besteht aus zwei konzentrischen Ringen, von welchen der innere am Magnet festgeklemmt ist, während am äussern der Faden befestigt ist. Man kann somit den Magnet in dem äussern Ring drehen, wobei ein Stift mit zwei Anschlägen diese Drehung genau auf 180° limitiert. Um aber hiebei die Drehung selbst ohne Oeffnen des Gehäuses und Berühren des Magnets vornehmen zu können, ist das oben erwähnte Stäbchen *a* gegenüber dem Thermometer im Ringe *B* angebracht. Stösst man nämlich dasselbe in seiner Hülse bis zum ränderierten Kopfe hinein, so greift sein unteres, triebförmig gestaltetes Ende beim arretierten Magnet durch eine seitliche Oeffnung im äussern Fassungsring in eine konische Zahnung am innern Ringe ein, und man kann jetzt den mit diesem fest verbundenen Magnet mittelst des ränderierten Kopfes am Stäbchen in der äussern Fassung bis zu den Anschlägen um 180° hin- und herdrehen. Die einzige Komplikation besteht hiebei darin, dass man den Magnet zum Zweck dieser Drehung jedesmal aus der achsialen Stellung in die transversale bringen und in dieser fixieren muss. Doch dürfte diese Operation kaum umständlicher sein, als das Oeffnen des Gehäuses und das Umdrehen des Magnets mit der Hand oder einer Zange oder gar ein Umhängen desselben, wobei der Suspensionshaken zu fixieren ist. Der Vorteil unserer Einrichtung, das Gehäuse nicht öffnen und den Magnet nicht mit den Händen anfassen zu müssen, dürfte dagegen für die Genauigkeit der Messungen sehr zu schätzen sein.

Zur Suspension des Hülfsmagnets ist ein Coconfaden, zu der des Hauptmagnets ein 0,045 mm dicker Neusilberdraht verwendet worden. Der letztere Magnet ist 50 mm lang und 10 mm dick, der erstere 40,2 mm lang und 8,2 mm dick und beide sind aus Böhler'schem Wolfram-Stahl angefertigt, möglichst stark gehärtet und dann nach dem Magnetisieren zuerst 24 Stunden lang und nach neuer Magnetisierung nochmals 12 Stunden lang den Dämpfen siedenden Wassers ausgesetzt worden.

Die Bestimmung der Inklination erfolgt bei diesem Instrument wie beim frühern mittelst des Induktionsinklinatoriums; statt aber wie dort das Galvanometer auf dem Theodolith und das Induktorium mit besonderem Untersatz auf einem besonderen Stativ anzubringen, ist hier die umgekehrte Anordnung getroffen.



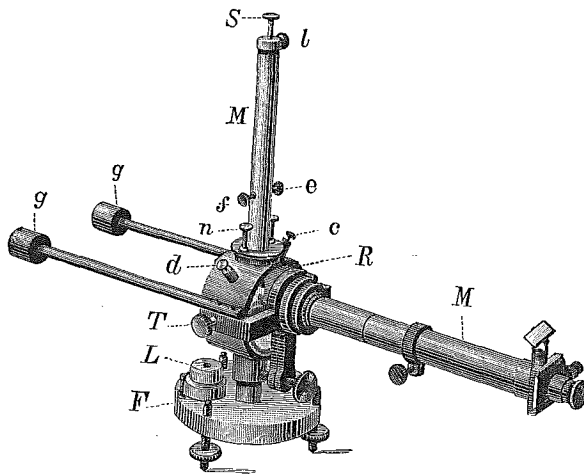
Das Induktorium, wie es die nebenstehende Figur darstellt, besteht aus einem äussern Ringe *A*, der sich nach Entfernung des kleinen Gehäuses *W* und nach Abschrauben des Fernrohrs *L* und der Gegengewichtsröhre *N* vom Ringe *S* in diesen fest einsetzen lässt und durch 2 Klemmen *v* und *w* mit seinem Ansatz an die obere Ringfläche fest angepresst wird. Seine Lage wird dabei dadurch fixiert, dass eine Nase am Ringe *S* zwischen die Schrauben *b* und *a* am Ringe *A* zu liegen kommt und dann durch Drehen von *a* gegen die Spitze von *b* angepresst wird. Der Ringe *A* trägt die Zapfen der mit dünnem isoliertem Kupferdraht bewickelten Rolle *R*, um welche dieselbe rasch gedreht werden kann, entweder indem man mit der Hand am ränderierten Kopfe *r* eines Stiftes dreht, welcher den durchbohrten Zapfen *d* durchsetzt und an der Rolle festgeschraubt ist, oder indem man statt *r* das massive Ende einer Drahtspirale *r*



(siehe nebenstehende Figur) von etwa 1 m Länge an der Rolle befestigt, deren anderes Ende am schnell-laufenden Rad eines Getriebes sitzt, das mit der Kurbel *k* gedreht und mit dem Holzgriff *g* von der andern Hand des Beobachters gefasst wird. Der obere Zapfen der Rolle *R* ist zur Aufnahme des Drehstiftes durchbohrt, endet konisch und wird durch ein konisches, mittelst der Schraube *c* innerhalb *d* justierbares Lager gehalten und mit dem untern, konisch ausgehöhlten Zapfen der Rolle gegen eine im Ringe *A* sitzende Schraubenspitze leicht angepresst. An diesem längern untern Zapfen ist ein Kommutator angebracht, dessen beide isolierten Hälften mit den Enden des aufgewickelten Drahts verbunden sind und auf denen die den Strom fortleitenden beiden Federn *f* schleifen. Diese Federn sind samt ihren respektiven Klemmschrauben *C* isoliert auf dem Ringe *A* befestigt.

Im Innern endlich der Rolle *R* ist die justierbare Libelle *L* angebracht.

Das Galvanometer, mit welchem der beim Drehen der Draht-Rolle durch den Erdmagnetismus in ihren Windungen inducierte Strom beobachtet resp. die Stellung ihrer Drehungsachse aufgesucht wird, wo dieser Strom eben verschwindet, ist entweder ein Rosenthal'sches Mikro-Galvanometer mit Luftdämpfung oder besser ein modifiziertes Weiss'sches Galvanometer ¹⁾ mit astatischem Magnetpaar und Kupferdämpfung. Die nachstehende Figur stellt das Rosenthal'sche Galvanometer dar. Im Innern der Messing-



büchse *R* ist an dem vom Stift *S* der Suspensionsröhre herabhängenden Coconfaden ein kleiner Hufeisen-Stahlmagnet aufgehängt, dessen Pole, der eine nach vorn, der andere nach hinten, umgebogen sind und so in die Höhlungen zweier Draht-Spulen hineinragen, von denen auch die eine vor, die andere hinter dem Magnet an der Büchse *R* befestigt sind. Die Drahtenden dieser Spulen sind mit den isolierten Klemmschrauben *c* und *d* verbunden. Am Magnet ist ein leichter Spiegel und zwei zwischen den Spulen sich befindende Glimmerflügel zur Dämpfung befestigt. Den oberen Teil des Hufeisens durchsetzt ein Messingstäbchen, das quer in einer

¹⁾ Compt. rend. T. CXX p. 728. Avril 1895.

in M schiebbaren Röhre befestigt ist. Zieht man mittelst der Schrauben f und e , die die äussere Röhre in Schlitzten durchsetzen, das innere Rohr empor, so hebt das Stäbchen den Magnet empor und arretiert ihn für den Transport durch Andrücken der seitlichen Polfortsätze an die Wandungen der Spulen-Höhlungen, worauf zur Klemmung f und e angezogen werden. Das hinten und vorn durch Glasplatten verschlossene Gehäuse R ruht mit einem konischen Hohlzapfen auf dem Konus des Dreifusses F mit Dosenlibelle L , die so justiert sein soll, dass der Magnet frei zwischen den Spulen hängt, wenn deren Blase nach Drehen der Fusschrauben in der Mitte einsteht. Alsdann hat man R um seinen Zapfen nur so weit zu drehen, bis die Magnetpole frei im Centrum der Spulen-Höhlungen schweben, und das Galvanometer ist orientiert. Zur Beobachtung der kleinen Bewegungen des Magnets an seinem Spiegel, bei Durchleiten eines sehr schwachen Stroms durch die Drahtspulen, wird ein den Ring R umfassender Bügel mit zwei Schrauben T , deren Spitzen in konische Vertiefungen an den Seiten des erstern eingreifen, aufgesetzt, in den das excentrische Fernrohr M (d. i. das Fernrohr L am Ringe S des Theodoliths) eingeschraubt ist und der als Gegengewicht zu diesem auf der andern Seite der Achsen T die Gewichte g trägt. Die Fernrohrseite hat etwas Uebergewicht, so dass sich die Schraube am untern Fortsatze des Bügels an den Fuss des Gehäuses anlegt und so die Fernrohrlage durch Drehen dieser Schraube leicht zu justieren ist. In der Verschlussplatte des Gehäuses R ist vor dem Fernrohr-Objektiv zur Beobachtung des Magnetspiegels eine planparallele Glasplatte eingesetzt.

Das modifizierte Weiss'sche Galvanometer, wie ich es in der Werkstätte des physikal. Central-Observatorium durch Herrn Freiberg zu obigem Instrument habe anfertigen lassen und das auch Herr Edelmann in Zukunft nach Wunsch dem Theodolithen begeben wird, unterscheidet sich vom Weiss'schen Instrument dadurch, dass das astatische Magnetpaar — zwei vertikalstehende Magnetnadeln — etwas grösser als bei jenem und in einem engen Kanal eines Kupferblockes aufgehängt ist, in dem seitlich die 4 Drahtspulen eingelassen sind. Der Spiegel ist oberhalb und die Aufhängung eine bifilare (1 mm Fadendistanz auf 150 mm Länge der Faden). Der Fuss und die Anbringung des Fernrohrs zur Ab-

lesung des Spiegelstandes ist ganz entsprechend wie beim Rosenthal'schen Galvanometer. Es hat sich dies Instrument bei unsern Versuchen als leicht zu handhaben und als äusserst empfindlich erwiesen. Es ist kaum nötig, hinzuzufügen, dass die Galvanometerspulen und der Induktor gleiche Widerstände haben sollen und dass die Anwendung eines dünnern Drahts mit mehr Windungen günstiger ist.

Der Theodolith wird auf einem festen hölzernen Dreifuss mit zusammenzuschiebenden Beinen aufgestellt und in der üblichen Weise durch eine Federklemme an diesem befestigt. Für das Galvanometer ist dem Apparat ein ähnlicher, nur leichterer Dreifuss beigegeben, der neben dem erstern in ungefähr 1 m Abstand so aufgestellt wird, dass beim Hereinsehen in das Galvanometerfernrohr der Beobachter mit dem Getriebe und der Drahtspirale noch bequem den Induktor auf dem Theodolith drehen und zugleich die Mikrometerschraube am Vertikalkreis zur Justierung der Neigung der Induktorachse erreichen kann. Durch zwei etwas über 1 m lange Drähte werden die Klemmschrauben *C* am Induktor mit *c* und *d* am Galvanometer verbunden.

Zum Nivellieren des Theodoliths auf seinem Dreifuss ist demselben ein auf die Zapfen des Ringes *S* aufzusetzendes Niveau beigegeben.

Alle 3 Niveaus haben sehr nahe einen Pars-Wert von 20'', so dass 5'' noch leicht zu schätzen sind.

Bei der Untersuchung erwies sich das Instrument ganz eisenfrei bis auf die Objektiv-Fassungen der Fernröhren, welche geändert werden mussten.

Das ganze Instrument ausser den beiden Stativen ist in einem Kasten von 31 auf 33 auf 73 Centimeter verpackt und wiegt mit diesem 26 Kilogramm.

Justierung des Instruments. Die Justierung des Instruments ist eine sehr einfache.

Durch Hinrichten der Fernröhren auf einen sehr fernen Punkt nach erfolgter Nivellierung des Theodoliths, Ablesung des Horizontal- und Vertikalkreises, Durchschlagen der Fernrohre (unter Abschrauben des Gegengewichtrohrs *N* und Wiederbefestigung), Umdrehen um die Vertikalachse um nahe 180° bis zu neuer Einstellung auf denselben fernen Punkt und neues Ablesen von Horizon-

tal- und Vertikalkreis wird der Zenith am letzteren und die Kollimation der optischen Achsen der Fernröhren ermittelt, worauf dieselben durch Korrektion der Fadenkreuze am besten annulliert werden.

Man untersucht hierauf, nachdem die optische Achse des Fernrohrs L nach dem Vertikalkreis zufolge vorstehender Bestimmung horizontal orientiert worden ist, ob die Spiegelnormalen der Magnete in den beiden Gehäusen bei freiem Schweben genügend horizontal liegen und korrigiert eventuelle zu grosse Abweichungen durch Verschieben derselben in ihren Hülsen. Drehung derselben in den Hülsen um 90° , 180° und 270° gestatten leicht, die Abweichung der magnetischen Achse von der Spiegelnormale in diesen Hauptlagen zu ermitteln und so zu konstatieren, ob dieselben nicht einen solchen Betrag erreichen, dass derselbe erhebliche Fehler im Messungsergebnis zur Folge haben könnte.

Dreht man das kleine Gehäuse aus der Stellung in der Figur um 90° , so kann man durch die Bohrung in den Zapfen der Horizontalachse und durch dieses Gehäuse hindurchsehend leicht und genau genug erkennen resp. durch Justierung an der Schraube i erzielen, dass der Hilfsmagnet mit seinem Centrum in die Achse dieser Röhren fällt.

Indem man ferner das grosse Gehäuse nach Entfernung des kleinen auf die eine oder andere Röhre T oder R auf schiebt, kann man ebenso genau die richtige Höhe des darin fixierten Magnets beim Hindurchsehen durch die Röhren konstatieren (er muss auch centrisch zu denselben sein) resp. durch Korrektion des obern Lagers in der früher erörterten Weise erzielen. Wenn dabei das Spiegelende des Magnets nach dem Centrum des Instruments hingerrichtet ist, so wird derselbe für den von der andern Röhre hineinsehenden Beobachter ein centrisches Spiegelbild der Röhrenöffnung vor dem Auge zeigen müssen, wenn der fixierte Magnet in seinem Gehäuse richtig orientiert ist, d. h. seine Achse parallel zur Horizontalachse ist.

Die richtige Stellung des Induktor-Halters A im Ringe S des Theodoliths ist diejenige, wobei die Rotationsachse der Drahtrolle R senkrecht auf der Horizontalachse jenes Ringes steht. Um diese Stellung zu finden, wird nach genauer Nivellierung des Theodolithen, insbesondere der Horizontalachse durch Drehen um diese der Ring S resp. die Rotationsachse des Induktors in eine Vertikalebene durch jene gebracht, was daran zu erkennen ist, dass das Niveau L bei

senkrechter Stellung der Rollenebene zur Horizontalachse nach Umdrehung um 180° unverändert einsteht. Ist diese Stellung gefunden, so muss jetzt dasselbe Niveau auch unverändert einstehen, wenn man R parallel zu A stellt. Sollte dies nicht der Fall sein, so ist in der fraglichen Vertikalebene die Induktor-Achse nicht senkrecht auf dem Horizont und man hat dann nach Lösen der Klemmen v und w sowie der Schraube a am Ring A mit dem Schraubenzieher die Kontakt-Schraube b so lange zu drehen, bis jenes Einstehen des Niveaus eintritt, wenn die Nase durch a wieder an Schraube b angepresst wird.

Schliesslich hat man sich zu überzeugen, ob die Glasvernieri in den Mikroskopen M noch richtig justiert seien, so dass genau 30 Teile dieser Glasteilung auf 29 Striche der Teilung des Horizontalkreises fallen. Wenn nicht, so ist dies durch die erwähnten beiden Verstellungen der ganzen Mikroskope und des Objektivs gegenüber der Glasteilung zu erzielen¹⁾.

Gebrauch des Instruments. Zur Ausführung der astronomischen Beobachtungen, wie Zeit-, Breite- und Azimut-Bestimmungen (von Miren) wird nach Abschrauben des excentrischen Fernrohrs L und seines Gegengewichts N vom Ringe S das Instrument wie ein gewöhnlicher Theodolith mit excentrischem Fernrohr benutzt, so dass hier darüber nichts Weiteres zu sagen ist.

Zur Deklinationsbestimmung werden L und N wieder am Ring S befestigt und nachdem man sich überzeugt hat, dass die Collimation von L noch annulliert oder wenigstens sehr klein ist und der Vertikalfaden im Fernrohr wirklich vertikal sei, stellt man den Vertikalfaden des Fernrohrs auf die Mire ein, liest den Horizontalkreis ab, befestigt dann das grosse Gehäuse auf der Mitte des Instruments — die Fadentorsion soll kurz vorher aufgehoben worden sein —, löst die Arretierung des Magnets, bringt ihn in die achsiale Stellung zum Gehäuse, richtet das Fernrohr auf seinen Spiegel, so dass das von oben beleuchtete Prisma mit

¹⁾ Diese Operation ist eine ziemlich langwierige und da durch Erschütterungen auf Reisen diese Justierung erfahrungsgemäss gestört werden kann, so dürfte es vielleicht besser sein, in Zukunft in üblicher Weise die Verniere an der eingedrehten Alhidade anzubringen und zur Ablesung derselben statt einfacher Lupen zusammengesetzte Mikroskope anzuwenden, die dann ebenfalls ein unbequemes Annähern des Beobachter-Kopfes an den Horizontalkreis vermeiden lassen.

seiner Basis als helles vom Vertikalfaden halbiertes Quadrat nach der Spiegelung auf die Mitte der linearen Teilung sich projiziert; nach vollständiger Lösung der untern Arretierung wird die Alhidade so lange gedreht, bis das reflektierte Bild des Vertikalfadens den direkt gesehenen untern Teil desselben deckt und dann die Zeit notiert und der Horizontalkreis abgelesen. Der Magnet wird hierauf, wie oben angedeutet, wieder transversal im Gehäuse fixiert, um 180° mittelst des Getriebes a umgedreht, sodann die Arretierung gelöst und wieder, wie oben beschrieben verfahren. Man macht dann noch eine zweite Einstellung des Fernrohrs in dieser Magnetlage auf seine Spiegelnormale mit Ablesung des Horizontalkreises, worauf zum Schluss der Magnet durch Zurückdrehen um 180° wieder in seine alte Lage gebracht wird und eine 4. Kreisablesung mit Notierung der Zeit erfolgt. Nach Entfernung des Gehäuses stellt man endlich nochmals auf die Mire ein und liest den Horizontalkreis ab. Es bedarf hier keiner weitem Erörterung, wie aus diesen Beobachtungen die absolute Deklination zu berechnen ist.

Zur Bestimmung der Horizontal-Intensität kann hierauf bei derselben Aufstellung gleich die Schwingungsdauer T des Hauptmagnets gemessen werden, wobei man in der üblichen Weise je 10 Werte der Zeit von 100 geraden und 100 ungeraden Schwingungen — je von 5 zu 5 Schwingungen fortgehend — beobachtet und die Anfangs- und End-Amplituden der 300 Schwingungen an der linearen Skale im Gesichtsfeld des Fernrohrs abliest und notiert und ebenso auch zu Anfang und Ende die Temperaturen des Magnets. Nach Beruhigung des Magnets und Herstellung der Koincidenz von Vertikalfaden und Bild desselben liest man zur Ermittlung der Torsionsgrösse des Suspensionsfadens den Horizontalkreis ab, dreht darauf am Torsionskopf oben einmal um 360° nach rechts, sodann nach links von der ursprünglichen Stellung aus und schliesslich wieder zu dieser zurück, wobei jedesmal die Faden wieder durch Drehung der Alhidade zur Koincidenz gebracht und der Horizontalkreis abgelesen wird. Das Mittel der Differenzen der beiden ersten und beiden letzten Ablesungen gibt die Grösse der Ablenkung des Magnets aus dem magnetischen Meridian durch eine Drehung des obern Fadenendes um 360° .

Nunmehr wird der Magnet in seinem Gehäuse wieder in transversaler Lage fixiert, dasselbe abgehoben und im Osten mit

Nordpol des Magnets nach Ost gewendet auf die Röhre T bis zum Anschlag aufgeschoben und geklemmt, ebenso auf der andern Seite das Gegengewicht, das kleine Gehäuse mit dem Hülsmagnet in der Mitte des Instruments aufgestellt, die Arretierung des erstern gelöst und die Alhidade so lange gedreht, bis der Vertikalfaden im Fernrohr mit seinem Bild im Magnetspiegel koincidiert, worauf die Zeit notiert, die Temperatur im grossen Gehäuse und der Horizontalkreis abgelesen werden. Dieselben Beobachtungen werden wiederholt, nachdem das grosse Gehäuse um 180° umgedreht resp. der Nordpol nach West gewendet worden ist, dann bei gleicher Pol-Lage das Gehäuse mit seinem Gegengewicht vertauscht worden resp. bei R aufgeschoben worden ist und endlich durch seine Umkehr dort der Nordpol wieder nach Ost gewendet worden ist. Diese Einstellungen werden durch die starke Dämpfung, die der Hülsmagnet erfährt, sehr erleichtert.

Man kann nach der so ermittelten Grösse der Ablenkung des Hülsmagnets durch den Hauptmagnet entweder, wenn es nicht an Zeit gebricht, nochmals die Schwingungsdauer des letztern bestimmen oder dann gleich zur Bestimmung der Inklination übergehen.

Die Ableitung der Horizontal-Intensität H aus den eben bestimmten Grössen nach der Gauss-Lamont'schen Methode geschieht mittelst der Formel:

$$H = \frac{B}{T \sqrt{\sin v}} \left[1 + (\mu + 2\sigma) \frac{t}{2} - (\mu + 3m) \frac{\tau}{2} - \nu(1 + \sin v) \frac{H}{2} - A \right],$$

wo abkürzend gesetzt wurde:

$$B = \sqrt{\frac{2\pi N_o}{E_o^3} \left(1 + \frac{p+r}{E^2} + \frac{q}{E^4} + \dots \right)},$$

$$A = 0,0000463 \frac{\mathcal{A}}{2} + 0,0000231 \frac{s}{2} - 0,0000381 \frac{\alpha^2}{2}$$

und T die unmittelbar beobachtete Schwingungsdauer des Hauptmagnets, t seine Mitteltemperatur in Celsius während der Schwingungen, α das Mittel der Anfangs- und Endamplitude dabei, in Graden ausgedrückt, s der tägliche Gang des benutzten Chronometers in Sekunden (positiv bei dadurch beschleunigtem Zurückgehen des Chronometers), \mathcal{A} die erwähnte Torsionsgrösse in Minuten ausgedrückt, μ der Temperaturkoeffizient des Hauptmagnets und σ der lineare Ausdehnungskoeffizient desselben (Stahl), m den linearen Ausdehnungskoeffizient des Messings — Verbindung

der beiden Magnete — τ die Mitteltemperatur im grossen Gehäuse bei den Ablenkungsbeobachtungen, die den mittleren Ablenkungswinkel ν ergeben haben und ν den Induktionskoeffizienten des Hauptmagnets darstellen.

Von allen diesen Grössen ist uns jetzt nur noch μ und ν unbekannt, sowie die in B steckenden Bestimmungselemente, nämlich das Trägheitsmoment N_0 des Haupt-Magnets mit seiner Suspension, die Entfernung E_0 der Mittelpunkte beider Magnete bei den Ablenkungen und die sogen. Ablenkungskonstanten p , r und q , welche bloss von den Dimensionen beider Magnete und der Verteilung des Magnetismus in ihnen abhängen.

Das Instrument, wie wir es oben beschrieben haben, lässt nun unmittelbar bloss die Bestimmung der Grösse μ oder eigentlich von $\mu + 2\sigma$ und von $\mu + 3m$ zu. Wenn wir nämlich zwei vollständige Intensitätsmessungen kurze Zeit nacheinander bei mindestens um 10° verschiedenen Temperaturen anstellen, so kann man unter der Voraussetzung, dass das magnetische Moment des Hauptmagnets bei 0° in der Zwischenzeit sich nicht geändert habe und auch H unverändert geblieben sei, aus den beiden Schwingungsdauer-Beobachtungen den Wert von $\mu + 2\sigma$ und aus den beiden Ablenkungs-Beobachtungen für sich den Wert von $\mu + 3m$ ableiten.

Zur Bestimmung des Induktionskoeffizienten ν nach der Lamont'schen Methode liesse sich wünschenden Falls leicht eine einfache Vorrichtung am Instrumente anbringen, dagegen sind die in B steckenden Grössen in keiner Weise an oder mit unserm Instrumente zu messen. Da indessen schon die Bestimmung der Temperaturkoeffizienten mit unserm Instrument nur in einem eisenfreien magnetischen Observatorium denkbar ist, wo man über hinlänglich lange, auf verschiedenen konstanten Temperaturen zu erhaltende Räume verfügt und wo man vermöge vorhandener Variationsapparate von der im Allgemeinen nicht erfüllten Bedingung der Konstanz der Horizontal-Intensität bei den beiderlei Beobachtungen unabhängig wird, so wird man auch in einem solchen Observatorium die Mittel finden, um den Induktionskoeffizienten ν des Hauptmagnets zu bestimmen; die Grösse B aber wird in ihrer Gesamtheit einfach dadurch zu ermitteln sein, dass man von den normalen Beobachtungen her im betreffenden Observatorium H als gegeben betrachten kann und somit aus Messungen

mit dem Reise-Theodolith daselbst mittelst der Gleichung von S. 19 statt des gegebenen H jetzt die Unbekannte B zu berechnen im Stande ist. So lange als B wirklich eine Konstante bleibt, wird man den so ermittelten Wert desselben bei den Reise-Beobachtungen mit dem Theodolith benutzen können.

Die Erfahrung hat nun in der That gezeigt, dass das Trägheitsmoment eines Magnets N_0 auch während längerer Reisen konstant bleibt, wenn nicht geradezu ein Unfall mit dem Magnet erfolgt ist. Auch für die Entfernung E_0 der beiden Magnete dürften bei der Konstruktion der dieselbe bestimmenden Teile des Instruments kaum erhebliche Aenderungen während der Reise zu befürchten sein. Dagegen liegen einige Indizien vor, dass vielleicht die Konstanten p , q und r , insofern sie von der Verteilung des Magnetismus in den beiden Magneten abhängen, mit der Zeit¹⁾ und vielleicht rascher auf Reisen kleine Veränderungen erfahren können. Deshalb habe ich gemäss den Erörterungen auf S. 8 der oben erwähnten Beschreibung des ersten Reiseinstruments die Dimensionen der beiden Magnete so gewählt, dass sehr nahe:

$$\frac{p+r}{E^2} + \frac{q}{E^4} = 0$$

ist. Zu dem Ende muss nämlich, wenn l die Länge und d der Durchmesser des Hilfsmagnets und L die Länge und D den Durchmesser des Hauptmagnets darstellen, sein:

$$d = 0,817 D \text{ und } l = 0,805 L,$$

wobei vorausgesetzt ist, dass:

$$\frac{L}{E_0} = \frac{1}{4} \text{ und } c = C = 0,90,$$

wenn C das Verhältnis der Distanz der Pole im Hauptmagnet zu seiner ganzen Länge L und c dieselbe Grösse beim Hilfsmagnet repräsentieren. Da bei unserm Instrument $L = 50$ mm und $E_0 = 200$ mm ist, so ist der ersteren Bedingung genügt; sollte die zweite in Wirklichkeit gleich zu Anfang oder erst späterhin nicht genau erfüllt sein, so wird im erstern Fall die Grösse $\frac{p+r}{E^2} + \frac{q}{E^4}$ nicht genau gleich Null sein, ihr Betrag aber mit in

¹⁾ Siehe Beschreibung des Observatoriums in Pawlowsk S. 115, 117 und 118.

der empirisch bestimmten Konstante B drin stecken¹⁾; Veränderungen während einer kurzen Reise werden dann keinen solchen Betrag erreichen, dass er störend auf das Resultat einwirken könnte.

Zum Schluss wird es gut sein, an die Genauigkeit zu erinnern, mit welcher die einzelnen Beobachtungs- und Berechnungselemente in der Formel S. 19 bestimmt werden sollen, damit das Resultat nicht die gewünschte Fehlergrenze von $\frac{\delta H}{H} = \pm 0,0002$ übersteige. Um trotz des eventuellen Zusammenwirkens mehrerer Fehler dem Resultat noch diese Genauigkeit zu sichern, wollen wir, wie ich es S. 6 und 7 der erwähnten Beschreibung des ersten Reiseinstruments gethan habe, diese zu tolerierenden Fehlergrenzen unter der Voraussetzung von $\frac{\delta H}{H} = \pm 0,0001$ berechnen. Bei unserm Instrument ist angenähert:

$$T = 3,5 \text{ s}, \quad v = 28^\circ, \quad E = 200 \text{ mm}, \quad N_0 = 11\,000\,000 \text{ mm. mg.}$$

d. h. mit Ausnahme von v sehr nahe dieselben Werte wie beim frühern Theodolithen und wenn man auch wie dort: $t = 21^\circ$, $\tau = 20^\circ$, $\alpha = 1,^\circ 3$. $\mu = 0,0005$, $\nu = 0,0008$, $\sigma = 0,0000124$, $m = 0,0000180$ setzt, so ergeben sich folgende Werte für die Fehlergrenzen:

$\delta T = \pm 0,00035 \text{ s.}$	$\delta v = \pm 22''$
$\delta E_0 = \pm 0,013 \text{ mm}$	$\delta N_0 = \pm 208$
$\delta \sigma = \pm 0,000005$	$\delta \mu = \pm 0,0002$
$\delta m = \pm 0,000003$	$\delta \nu = \pm 0,00008$
$\delta \mathcal{A} = \pm 4,3$	$\delta \alpha = \pm 2,^\circ 3$
$\delta s = \pm 8,6 \text{ s.}$	$\delta(t-\tau) = \pm 0,^\circ 4$
$\delta t = \pm 7,^\circ 0$	$\delta \tau = \pm 3,^\circ 7$
$\delta p = \delta r = \pm 8$	$\delta q = \pm 320000.$

Die jedesmaligen Beobachtungsgrößen T , v , s , \mathcal{A} , α , t und τ sind also unschwer mit der erforderlichen Sicherheit zu erhalten, und ebenso hat es keine Schwierigkeit in einem magnetischen Observatorium die mit der Zeit wenig veränderlichen Größen: μ , ν , σ , m genau genug ein für alle Male zu bestimmen; dagegen

¹⁾ In derselben empirisch bestimmten Konstante B werden auch geringe konstante Einflüsse mit berücksichtigt sein, welche von einem übrig gebliebenen ganz schwachen Eisengehalt einzelner Teile herkommen mögen.

wird es aus den angegebenen Gründen rätlich sein, die Konstante B , welche N_0 , E_0 , p , r und q in sich schliesst, mindestens vor und nach jeder Reise im Observatorium zu ermitteln resp. auf ihre unveränderte Erhaltung zu prüfen.

Für die Bestimmung der Inklination werden beide Magnetgehäuse vom Instrument entfernt, Fernrohr und Gegengewicht vom Ring S abgeschraubt, der Induktor in der angegebenen Weise in denselben eingesetzt und nach den bei der Deklinationsbestimmung gemachten Ablesungen am Horizontalkreis die optische Achse jenes Fernrohrs parallel und damit also die Horizontal-Achse des Ringes S senkrecht zum magnetischen Meridian orientiert. Alsdann bewegt sich gemäss der angegebenen Justierung der Anschlagschraube b auf S die Induktor-Achse beim Drehen des letztern um die Horizontal-Achse im magnetischen Meridian. (Da hiefür eine Genauigkeit von höchstens $1/2^\circ$ im Horizont erforderlich ist, so haben inzwischen eventuell eingetretene Deklinationsänderungen keinen störenden Einfluss.) Mittelst des Niveaus L im Induktor-Ring wird dessen Rotations-Achse jetzt genau vertikal gestellt und darauf der Vertikalkreis abgelesen, wobei selbstverständlich auf Einstehen des Niveaus an seiner Alhidade zu achten ist. Da der ungefähre Wert der Inklination am Beobachtungsort nach einer magnetischen Karte bekannt ist, so wird nunmehr nach dem Vertikalkreis die Rotations-Achse des Induktors angenähert in die Richtung der Inklination gebracht und die Horizontalachse geklemmt. Dreht man sodann nach Einsetzung der Drahtspirale und ihrer Verbindung mit dem Getriebe den Induktor etwa in der Richtung der Bewegung eines Uhrzeigers rasch um, während man in das Galvanometer-Fernrohr sieht, so wird im Allgemeinen das letztere noch einen mehr oder minder starken Strom anzeigen. Verstellt man hierauf durch Bewegen der Mikrometer-Schraube an der Achsen-Klemme um etwa $1/2^\circ$ die Induktor-Achse nach der einen oder andern Seite, so wird man daraus, dass der Strom beim Drehen des Induktors in derselben Richtung jetzt stärker oder schwächer resp. entgegengesetzt geworden ist, gleich ersehen, ob man die Rotations-Achse richtig justiert hat, um sich der wahren Inklinations-Richtung anzunähern, bei deren Erreichung der Strom verschwinden resp. der Galvanometer-Magnet ruhig bleiben wird, wenn wir den Induktor auch

noch so rasch drehen. Nach einigen Versuchen wird man diese Stellung bald gefunden haben, worauf man die Zeit notiert und den Vertikalkreis abliest, nachdem man sich vorher überzeugt hat, dass sein Niveau noch unverändert einsteht, eventuell die nötige Korrektion an der Alhidade zu dem Ende angebracht hat. Die Differenz der jetzigen Ablesung am Vertikalkreis und der frühern bei der Vertikalstellung der Rotationsachse gibt offenbar das Komplement der Inklination zu 90° .

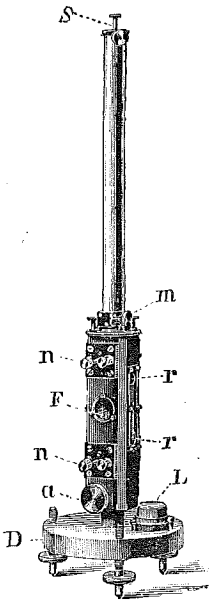
Für eine magnetische Landesaufnahme, von der wir einleitend gesprochen, ist aber nicht bloss die Anstellung möglichst genauer erdmagnetischer Beobachtungen (soweit dies eben im Feld möglich ist) an möglichst vielen Punkten erforderlich, sondern es muss auch wegen der steten Variationen des Erdmagnetismus die Möglichkeit geboten sein, dieselben zur Vergleichung auf eine bestimmte Epoche oder einen bestimmten mittleren Zustand zu reducieren. Als solche Epoche einen bestimmten Tag, z. B., wie es in Frankreich geschieht, den 1. Januar eines Jahres, zu wählen, halte ich für weniger gut als die Wahl eines Jahresmittels, weil die Daten eines bestimmten Tages eher von zufälligen oder individuellen Fehlern beeinflusst sein können als diejenigen eines Jahresmittels, wo bezügliche Ausgleichs stattgefunden haben. Für den einen oder andern Fall aber ist es für jene Reduktion notwendig, dass bei den einzelnen Beobachtungen jeweilen, wie oben angegeben, die Beobachtungszeit genau notiert werde und dass in nicht zu grosser Entfernung vom Beobachtungsort ein magnetisches Observatorium mit guten Variationsapparaten existiere, welche letztere mindestens allstündlich abgelesen werden oder noch besser selbstregistrierende sind und häufig genug durch absolute Messungen kontrolliert werden. Herr Moureaux hat die Beobachtungen in ganz Frankreich nach den Registrierungen im Observatorium des Parc St. Maur bei Paris reduziert, da er zwischen gleichzeitigen Beobachtungen da und in Perpignan nur die oben citierten geringen Unterschiede fand. Nun liegt aber Perpignan fast auf dem gleichen Meridian mit Paris und da die Unterschiede der unregelmässigen Variationen nach der Länge grösser zu sein pflegen als nach der Breite, so dürfte der Abstand von Paris und Perpignan nicht ganz massgebend sein. In der That habe ich aus dem Vergleich der Registrierungen im Parc St. Maur (Paris) und in Potsdam

(Berlin) von Mittag dem 11. bis Mittag dem 13. Februar 1891 folgende mittlere Schwankungen der Differenzen beider Orte, die nicht viel weiter entfernt sind als Paris und Perpignan, gefunden: für Deklination $\delta d = \pm 81''$ für Horiz.-Intens. $\frac{\delta H}{H} = \pm 0,0004$.

Damit zu dem Beobachtungsfehler nicht noch erhebliche Reduktionsfehler hinzukommen, wäre es also wünschenswert, im mittleren Europa sich nicht über $2\frac{1}{2}^\circ$ in Breite und Länge von einem magnetischen Observatorium entfernen zu müssen.

Zürich, 20. Januar 1896.

Nachtrag. Das seither von Herrn Dr. Edelmann hergestellte modifizierte Weiss'sche Galvanometer, welches in Zukunft statt des Rosenthal'schen auf Wunsch dem Instrument beigegeben werden wird, ist durch den nebenstehenden Holzschnitt dargestellt. Der Spiegel ist hier an den beiden Magneten in deren Mitte hinter dem Fenster F im Kupferklotz befestigt; n repräsentieren die Klemmschrauben der beiden vorderen Drahtspulen, zwischen denen sich weitere Schrauben zur Arretierung des Magnetsystems befinden, r sind mit Glasplättchen verschlossene Oeffnungen zur Kontrolle der richtigen Stellung der Magnete im Innern, und bei m sitzt die Schraube zu mikrometrischer Drehung der Suspensionsröhre mit dem höher und niedriger zu stellenden Suspensionsstift S der bifilaren Aufhängung. Mit der Schraube a wird das Galvanometer auf dem Konus des Fusses D festgeklemmt, der bei L eine Dosen-Libelle trägt.



Zürich, 15. Februar 1896.

