IV.

BESCHREIBUNG UND GEBRAUCH
eines Instruments, womit sich die täg-
liche Variation und die Declination der
Magnetnadel mit grofser Genauig-
keit messen lassen,

von

R. P R O N Y,
Mitglied des National - Instituts. *)

Es sind seit einigen Jahren sehr lehrreiche Unter-
suchungen über den Magnet bekannt gemacht wor-
den, die wir vorzüglich Herrn Coulomb ver-
danken. Wir haben von diesem Naturforscher eine
Reihe von Abhandlungen in den Schriften der vor-
mahligen Akademie der Wissenschaften erhalten, in
welchen die experimentale Theorie der Electricität
und des Magnetismus auf eine eben so neue als ge-
nügende Weise entwickelt wird. Er hat seine Ver-
suche mit Instrumenten von seiner Erfindung ange-
stellt, die weit vorzüglicher als alle sind, deren man
sich bis dahin für diese Gegenstände bedient hatte.
Unter ihnen befindet sich die *mikroskopische Bouf-
sole*, mit der er die tägliche Variation der Magnetna-
del misst, und die zu bekannt ist, als dafs ich sie hier

*) Aus dem *Journal de Physique*, Tom. 1, An 2,
(t. 44, Juin 1794,) p. 474 f. d. H.

beschreiben dürfte. *) Sie giebt die täglichen Veränderungen der Abweichung unmittelbar, mit einer bis dahin unerreichten Schärfe. Für die Bestimmung der absoluten Declination ist sie indess nicht so bequem und vielleicht auch nicht so genau, weil sie verlangt, daß man die Nadel wegnehme, und statt ihrer einen Draht oder ein Lineal, die an einem Fernrohre befestigt sind, nehme, und vermittelt ihrer die optische Achse des Fernrohrs in den magnetischen Meridian bringe.

Vor ungefähr einem Jahre hatte ich auf dem Lande einige Einrichtungen gemacht, um verschiedene astronomische Instrumente aufzustellen. Ich hatte die Absicht, vermittelt ihrer die Lage der Mittagslinie auf das genaueste zu bestimmen, und dann eine Reihe von Beobachtungen über die absolute Abweichung der Magnetenadel anzustellen. Es stand mir ein Raum von mehr als 200 Toisen zu Gebot, um eine Mittagslinie mit Fäden einzurichten, und es war meine Absicht, die Beobachtungen mit aller der Genauigkeit anzustellen, welche ein so langer Radius zuließ. Ich ließ zu dem Ende das Instrument verfertigen, dessen Beschreibung ich hier

*) Man findet die Beschreibung in den *Mémoires de l'Acad. des Sciences*, A. 1785, und in dem Werke, welches Cassini 1789 heraus gegeben hat, worin er seine Beobachtungen mit Coulomb's Instrument erzählt, und zugleich eine Geschichte und die Resultate der Beobachtungen mittheilt, welche im 18ten Jahrhundert angestellt sind. Prony.

mittheilen will. Unvorhergesehene Umstände haben mir nur eine sehr kleine Zahl von Versuchen damit verstattet; sie reichten indess hin, mich zu überzeugen, daß das Instrument dem Zweck entspricht, den ich mir vorgesetzt hatte, und ich glaube etwas nützlichcs zu thun, wenn ich es den Physikern bekannt mache, in der Hoffnung, daß einige von ihnen Zeit und Gelegenheit haben werden, damit eine vollständige Reihe von Beobachtungen auszuführen.

Fig 1, Taf. III, zeigt das Profil des Instruments, wie es zur Beobachtung eingerichtet ist. $ABCDEF$ ist das Gehäuse, aus welchem sich eine oder zwei Seitenwände heraus nehmen lassen, um das Instrument hinein zu bringen. GH ist der Magnetstab, der in dem Gehäuse an dem seidenen Faden ST hängt, und an welchem das Fernrohr $LV L'V'$ befestigt ist.

Dieses Fernrohr besteht aus zwei Stücken, der Röhre LV , welche das Ocular, und der Röhre $L'V'$, welche das Objectivglas enthält. Die Figur zeigt deutlich, wie jede dieser beiden Röhren an dem Magnetstabe befestigt ist, vermittelt der Stücke $\chi\lambda$, welche bei χ Ringe für das Fernrohr, und bei λ viereckige Gehäuse für den Magnetstab bilden. Lüftet man die Druckscheiben $\gamma\gamma\gamma\gamma$, so lassen sich die beiden Röhren längs des Magnetstabes verschieben; eine Beweglichkeit, die indess keinen andern Zweck hat, als daß der Stahlstab, wenn man ihn magnetisiren will, sich heraus nehmen lasse, und

daß das Adjustiren dadurch erleichtert werde. Sind die beiden Röhren des Fernrohrs einmal an ihrer Stelle, so muß man die Schrauben γ so fest anziehen, daß während der ganzen Reihe der Beobachtungen der Magnetstab und das Fernrohr eins in Beziehung auf das andere unbeweglich sind.

Beide, der Magnetstab und das Fernrohr, lassen sich mit einander um eine Achse drehen, welche mit der optischen Achse des Fernrohrs parallel ist. Der Mechanismus hierzu ist folgender: Fig. 2 zeigt das Stück SP , von vorne gesehen. Es befinden sich darin drei Kreislöcher $\omega\omega$, QQ , $\omega'\omega'$, und im mittelften eine messingene Hülse gh , welche in eine runde Scheibe eingelöthet ist, die an beiden durch Seiten ringförmige Platten zz in ihrer Lage so erhalten wird, daß sie sich in dem Loche QQ umdrehen läßt, ohne zu weichen oder zu wanken. Die Oeffnung des Gehäuses ist sehr genau calibrirt, so daß der Magnetstab sich mit sanfter Reibung darin verschieben läßt, und ohne zu wanken darin erhalten wird. Ist er in diesem Gehäuse in die gehörige Lage gebracht, so läßt er sich vermittelt desselben in dem Loche QQ umdrehen. Zugleich mit dem Magnetstabe drehn sich die beiden an ihm befestigten Röhren des Fernrohrs, und lassen sich vor das eine Loch $\omega\omega$ oder vor das andre $\omega'\omega'$ bringen.

Man wird hieraus abnehmen, *erstens*, warum das Fernrohr aus zwei von einander getrennten Röhren besteht; nämlich, damit die Platte SP kein

Hinderniß beim Umdrehen des Fernrohrs um den Magnetstab werde; *zweitens*, warum in diese Platte die Kreislöcher $\omega\omega$, $\omega'\omega'$ ausgeschliffen sind; nämlich, um oberhalb und unterhalb des Magnetstabes eine freie Durchsicht zu verstatten; wenn gleich die Platte SP oben an dem Faden ST , der das Instrument trägt, und unten an dem hölzernen Stabe ab befestigt ist, von dem ich sogleich reden werde.

Nachdem der bloße Stahlstab magnetisirt worden, schiebt man ihn in die Hülse gh . Hat er in ihr die rechte Lage, so schiebt man die Hülfen λ auf die beiden Arme desselben, und zwar, je nachdem es die Localität mit sich bringt, die mit der Objectivröhre unter dem nördlichen oder unter dem südlichen Pole, welches gleichgültig ist.

Das hölzerne Stäbchen ab , das vermöge der Schraube β unten an der Platte SP befestigt ist, trägt zwei Schwimmer aus Kork, f, f , vermittelt zweier Schrauben, deren Köpfe kleine viereckige Hülfen bilden, welche sich längs des Stäbchens verschieben lassen. Beide Schwimmer sind in das Wasser der darunter stehenden Gefäße K, K eingetaucht. Sie haben einen dreifachen Nutzen: Ein Mahl, die Schwingungen des Magnetstabes, wenn er sich außerhalb des magnetischen Meridians befindet, abzukürzen; zweitens, das *Moment* des Widerstandes der Flüssigkeit in Beziehung auf die Achse der Aufhängung nach Willkühr durch Verschiebung der Hülfen zu verändern; und drittens, die Gesichtslinie des Fernrohrs etwas zu erhöhen oder zu erniedrigen, um sie in eine

gegebene Horizontallinie zu bringen. Dieses letztere wird am besten dadurch bewerkstelligt, daß man die Korken weiter auf- oder abschraubt, so daß sie mehr oder weniger in das Wasser eintauchen, wodurch die Höhe des Endes des Fernrohrs, an welchem sie sich befinden, verändert wird. Dasselbe ließe sich zwar auch dadurch erreichen, daß man das Wasser in den Gefäßen *K* vermehrte oder verminderte, oder daß man den Abstand der Hüllen vom Punkte *P* veränderte, oder daß man zu diesem Zwecke ein verschiebbares Gewicht anbrächte; es ist aber vortheilhafter, bloß die Korken zu drehen, da sich dann der Hebelarm des Widerstandes der Flüssigkeit, und die Höhe des Wassers in beiden Gefäßen, als constant betrachten lassen.

Das Gehäuse *AB C D E F* ist mit zwei Fenstern *xy* versehen, welche sich vor den beiden Enden des Fernrohrs befinden, damit man durch das Fernrohr sehen könne, wenn das Ganze aufgestellt ist. Wenigstens eins dieser Fenster, das vor dem Ocular, muß mit einem dünnen und recht durchsichtigen Glase versehen seyn, damit man das Auge daran legen könne, ohne dem Magnetstabe die mindeste Erschütterung zu geben. Fig. 4 ist der Aufriss des Fachs, worin dieses Glas eingesetzt ist.

Ich habe das Instrument in diesem Zustande untersucht. Das Fernrohr behielt mehrentheils seine Lage unverrückt. Nur bei starkem Winde kam die Luft im Gehäuse, und manchemahl das Gehäuse selbst, in eine kleine Bewegung, welche das Fern-

rohr verhinderten, einen festen Stand anzunehmen. Diefem habe ich gänzlich durch ein zweites Gehäuse abgeholfen, welches das erste umschloß, ohne es irgendwo zu berühren, und zwei mit Glas versehene Fenster hatte, die sich gerade vor den Fenstern xy befanden, welche beide ohne Glas blieben. Das vordere Glas war so gestellt, daß sich das Auge dem Ocularglase bis auf die zum Sehen nöthige Entfernung nähern liefs.

Diese neue Vorrichtung erfüllte ihre Absicht so gut, und erhielt die Luft im innern Gehäuse in einer so vollständigen Ruhe, daß ich die Schwimmer und die Gefäße mit Wasser wegnehmen konnte, wodurch das Ganze viel einfacher und genauer wird; daher dieses in jeder Hinsicht den Vorzug zu verdienen scheint. Die Glascheibe vor dem Objectivglase verminderte zwar ein wenig die Helligkeit, hinderte aber auf keine merkliche Weise die Schätzung der Collimation auf den Eintheilungen, die in einem Abstände von 200 Toisen aufgetragen waren. Das Objectiv hatte ungefähr 20 Zoll Brennweite und 7 bis 8 Linien Oeffnung. Gegen die Irrthümer, welche aus der Brechung des Glases entstehen konnten, hatte ich mich durch die gleich zu erwähnenden Mittel gesichert.

Will man das Gehäuse forttragen, ohne der Aufhängung zu schaden, so muß das Fernrohr unbeweglich gemacht werden; und dazu dienen die Stücke t, t . Man sieht eins derselben in Fig. 4 von vorne. Es hat unten einen viereckigen Einschnitt

und zwei Pressschrauben, die an den Seiten angebracht sind. Man bringt die Enden des Magnetstabes in diese Einschnitte, und zieht die Pressschrauben an. Sie halten dann den Stab und das Fernrohr unverrückt, so daß sie im Gehäuse nicht mehr hin und her schwanken können, und nun läßt sich das Ganze ohne Schaden forttragen.

Ich komme nun zu der Art, wie man mit diesem Instrumente beobachtet.

An einem von Gebäuden so weit entfernten Orte, daß das Eisenwerk derselben den Magnetstab nicht aus seiner Lage bringen kann, stellt man das Instrument auf einen hölzernen Pfosten oder auf ein Postament von Mauerwerk, die so hoch sind, daß der Beobachter sein Auge mit Bequemlichkeit vor das Fenster xy bringen kann. Und zwar befestigt man auf das Postament ein kreisförmiges gut gearbeitetes und gerichtetes Brett, dessen Halbmesser so groß ist, als die halbe Länge EX des Gehäuses, und in dessen Mittelpunkte sich ein rundes Loch befindet, in welches die Röhre X genau und gedrängt paßt. Man muß seine Veranstaltung so treffen, daß dieses Brett sich jedes Mal wieder in dieselbe Lage bringen lasse, und das Ganze muß so adjustirt seyn, daß, wenn dieses Brett genau horizontal liegt, der Aufhängungsfaden verlängert durch die Achse der Röhre X geht. Dann läßt sich vermittelt eines Bleiloths, dessen Faden in die Achse der Röhre X gebracht wird, auf die obere Fläche des Postaments genau der Punkt projiciren, der in die-

fer Achse und in der Verlängerung des Aufhängungsfadens liegt, und das Gehäuse läßt sich um diese Linien drehen, ohne daß die Spitze der beobachteten Winkel die Stelle ändert.

Alsdann bestimmt man die Lage der Mittagslinie, die durch den eben erwähnten Punkt geht, und an einer Mauer, in der größten Entfernung, welche das Local zuläßt, einen zweiten Punkt, der sich ungefähr in der nämlichen Horizontallinie befindet. Durch diesen letzten Punkt läßt man auf der Mauer eine Horizontallinie ziehen, und trägt auf sie gleiche Theile auf, deren Angularwerth, (durch die Lage der Mauer und ihren Abstand bestimmt,) zum Maasse der jedesmahligen Abweichung der Magnetnadel dient. Ist der Bewurf der Mauer zu schlecht, als daß sich die Eintheilungen nett darauf ziehen lassen, so bewirft man einen 5 bis 6 Zoll hohen Streifen derselben mit einer Lage von Gyps, und zwar muß er sich so weit westlich von dem Meridiane erstrecken, daß man auch bei der größten Abweichung der Magnetnadel immer noch Eintheilungen im Gesichtsfelde des Fernrohrs behält. — Ueber die Art, die Mittagslinie und den Angularwerth der Eintheilungen zu finden, sage ich hier nichts, da es allgemein bekannt ist, wie man sich zu benehmen hat, um beides mit aller Genauigkeit zu thun.

Ist die Lage der Mittagslinie gefunden, so überbaut man das Postament mit einer dicht verschlossenen Hütte, um das Instrument und den Beobachter

gegen die Witterung zu schützen. In dieser Hütte werden außer der Thür nur zwei kleine Oeffnungen, eine nach Norden, die andere nach Süden, angebracht, und beide mit Läden, die in Fugen gehn, verschlossen, damit man nicht mehr öffne, als unentbehrlich ist, um das Feld des Fernrohrs frei zu machen.

Sind diese vorläufigen Anstalten getroffen, so ist nur noch übrig, das Instrument zu reguliren. Dazu gehört zweierlei. *Erstens* muß man dem Aufhängungsfaden alle Windung benehmen. *Zweitens* muß die Achse des Fernrohrs dem magnetischen Meridian genau parallel gemacht, oder es muß wenigstens der Winkel bestimmt werden, den beide mit einander machen, um ihn in Rechnung zu bringen.

Erste Vorbereitung: Aufhebung der Windung des Fadens. Der Faden wird, wie man in Fig. 1 sieht, oben auf dem Gehäuse durch eine Pressschraube π fest gehalten, nachdem er durch einen engen Kanal gegangen ist, der sich in dem Stücke N befindet, auf welches π eingeschraubt ist. Dieses Stück N verschließt das Loch T in der Deckplatte AB des Gehäuses, und läßt sich nach Willkühr herausziehen. Man giebt zuerst dem Faden ST eine solche Länge, daß er, wenn der Magnetstab sich in den Einschnitten der Stücke z befindet, so schlaff ist, daß man das Stück N ganz aus dem Loche T herausziehen kann. Alsdann befestigt man ihn ein für alle Mal in S und in T , und bringt den Magnetstab in die

Einschnitte, wo man ihn durch die Seitenschrauben fest stellt. Darauf kehrt man das Gehäuse um und stellt es auf zwei Böcke, wie in Fig. 5, zieht den Stöpsel *N* heraus, hängt an das Ende des Fadens ein Gewicht *R*, welches so schwer ist, daß *N* und *R* zusammen genommen, so viel wiegen, als der Magnetstab und das Fernrohr, und richtet das Gehäuse so, daß der Faden frei durch das Loch *T* herab hängt, ohne an die Wände desselben anzu stoßen. In dieser Lage werden sich die Gewichte *R* und *N* drehend um den Faden hin und her schwingen, bis die Kraft der Windung des Fadens, wenigstens in Rücksicht der Masse, die sie zu bewegen hat, ganz verschwunden ist. In dieser Lage schiebt man das Stück *N* unverrückt in das Loch *T*, in welchem die Reibung es fest hält, wenn das Gewicht *R* abgenommen wird. Nun stellt man das Gehäuse auf die Fußplatte auf dem Postamente, indem man die Röhre *X* in das Loch in der Mitte derselben bringt, und dreht es so lange, bis die Länge des Gehäuses der Lage des Fernrohrs parallel ist.

Das Stück *N* ist mit einem Zeiger versehen, der sich über einem eingetheilten Kreis dreht, welcher auf einer horizontalen Messingplatte eingerissen ist, die auf *AB* aufgeschraubt ist. Fig. 3 zeigt das Ganze von oben herab gesehen. Diese Vorrichtung dient, den Beobachter in den Stand zu setzen, die Wirkung wahrzunehmen, welche eine gegebene Windung des Fadens auf die Richtung des Magnetstabes äußert. Coulomb hat über diese Materie

eine Reihe von Beobachtungen und Rechnungen gegeben, welche, wie es scheint, nichts zu wünschen übrig läßt. Es wäre indess der Mühe werth, sie zu wiederholen.

Zweite Vorbereitung: Die Achse des Fernrohrs dem magnetischen Meridian parallel zu machen. Es sey in Fig. 6 SN die Richtung des magnetischen Meridians, und LU die Lage der Achse des Fernrohrs, wenn es mit dem Magnetstabe verbunden an dem Seidenfaden so hängt, wie Fig. 6 es zeigt. Nun lasse man den Ring, welcher den Magnetstab trägt, im Loche QQ eine halbe Umdrehung machen, so daß das Fernrohr über dem Magnetstabe zu stehen komme, wie in Fig. 7. Dadurch muß die vorige Richtung LU des Fernrohrs (Fig. 6) in die Richtung $L'U'$ (Fig. 7) verändert werden, und der Winkel UMU' ist das Doppelte des Winkels, den die optische Achse des Fernrohrs mit dem magnetischen Meridiane macht. — Hat man daher in beiden Lagen die Punkte bemerkt, welche sich in der Achse des Fernrohrs befanden, so wird der Punkt, der in der Mitte zwischen beiden liegt, der seyn, welcher sich im magnetischen Meridiane SN befindet, und man muß das Fernrohr so adjustiren, entweder vermittelt der Stellschraube im Focus, oder vermittelt der kleinen Excentricität, welche fast alle Objectivgläser haben, daß dieser Punkt genau unter den Faden im Fernrohre fällt.

Ich setze hier voraus, daß diese Operation nur eine sehr kurze Zeit dauert, welches der Fall ist, wenn

man sich der Schwimmer bedient. Doch ist es möglich und besser, diese fortzulassen, und dann dauern die Schwingungen des Fernrohrs so lange, daß die täglichen Variationen Einfluß auf die Genauigkeit des Resultates haben können. In diesem Falle, und so in allen, wenn man sich vornimmt, eine lange Reihe von Beobachtungen zu machen, muß man die Fäden des Fernrohrs nicht berühren, und abwechselnd, den einen Tag mit dem Fernrohre unterhalb, den andern oberhalb des Magnetstabes beobachten, und beide Reihen von Beobachtungen sorgfältig unterscheiden. Zeichnet man dann für denselben Ursprung der Coordinaten drei Curven, wovon die erste die Beobachtungen an den ungeraden, die zweite die Beobachtungen an den geraden Tagen, und die dritte das Mittel zwischen beiden darstellt; so wird die letzte, welche die Differenzen der Ordinaten der beiden erstern halbirt, von den Anomalieen befreit seyn, welche von dem Fehler des Parallelismus herrühren. Man braucht sich dieser Methode nur zur Messung der mittlern absoluten Declination jedes Tages zu bedienen. Die Beobachtung der täglichen relativen Variation ist von dem Winkel unabhängig, welchen die Achse des Fernrohrs mit dem magnetischen Meridiane macht.

Man muß sich sehr in Acht nehmen, wenn man den Magnetstab in seinem Ringe umdreht, gegen das Fernrohr irgend eine Gewalt auszuüben, oder es nur einmahl zu berühren, damit die Gesichtslinie nicht verändert werde.

Ich muß zuletzt noch die Art angeben, wie man sich *wegen der Refraction der Glasplatten sichert*, wenn die beiden Fenster des Gehäuses damit versehen sind. Die Vorsicht ist nur für das Glas, welches sich vor dem Objective befindet, von Nutzen. Man nehme eine runde Glascheibe, und befestige an den vordern Rahmen des Gehäuses drei kleine Hölzer mit Einschnitten, um das Glas fest zu halten, ohne es doch zu verhindern, sich in seiner Ebene zu drehen. Man befestige den Magnetstab in den Einschnitten t, t , so daß das Fernrohr völlig unbeweglich sey, oder, was noch besser ist, man lege es auf kleine Böcke, die es in der Höhe erhalten, in welcher es sich gewöhnlich befindet. Darauf nehme man das Glas des Fensters xy fort, und merke sich die Gegenstände, welche sich im Fernrohr zeigen; setze das Glas wieder davor, ohne das Fernrohr oder das Gehäuse zu verrücken, und sehe wieder durch das Fernrohr. Sind die beiden Ebenen des Glases nicht parallel, so wird derselbe Gegenstand sich nun nicht mehr unter dem Faden zeigen. Man dreht dann das Glas umher, bis der vorige Gegenstand unter dem senkrechten Faden zu stehen kommt, und in dieser Lage läßt man es. Ob er unter dem horizontalen Faden liegt oder nicht, darauf kommt es nicht an, da die Refraction in senkrechter Ebene, der Genauigkeit der Beobachtungen nicht schadet.