

Das Niveau

in neuer und erweiterter Anwendung für astronomische
und geodätische Zwecke.

FESTABHANDLUNG

dem Förderer der physikalischen und astronomischen Wissenschaften

Herrn Director em. Dr. F. Strehlke

zu seinem 50jährigen Jubiläum

als Mitglied der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig

am 12. November 1873

gewidmet

von

E. K a y s e r.

Im 58. Bande der astron. Nachrichten pg. 177 ff. enthält der von mir veröffentlichte Aufsatz unter dem Titel „Beiträge zur geograph. Ortsbestimmung“ die Methode, wie man bei einigermassen genäherter Kenntniss der Zeit durch Meridianbeobachtung zweier Sterne die Polhöhe bestimmen kann, sobald sie der eine im Norden, der andere im Süden dieselbe wenngleich unbekannte Höhe erreichen. Als Apparat zu dieser Bestimmung schlug ich zwei Fernröhre nebst Quecksilberhorizont vor. Es versteht sich, dass das dort angegebene Mittel nur ein Ersatz dem Beobachter sein soll, welchem ein theures Kreisinstrument nicht zur Hand ist. So genau bei Anwendung kräftiger Fernröhre die Resultate sein würden, so setzt doch die Beihülfe eines Horizontes, um die Reflexionsbeobachtung zu machen, der allgemeinen Verwendung bedeutende Schwierigkeiten. Ich habe im Laufe der Zeit darauf Bedacht genommen, das Quecksilberniveau durch die Röhrenlibelle zu ersetzen, theile jedoch erst heute die nothwendigen Modificationen der Methode mit, wie sie mir am zweckmässigsten erscheinen. Das hier Eingangs gesagte dient dazu, der folgenden Abhandlung den Zusammenhang mit dem Früheren im Gedankengange zu wahren, da die nunmehrige Anwendung nur eines einzigen Fernrohres, dem ein Röhrenniveau beigegeben wird, mit Ansschluss aller Reflexionsbeobachtung den Charakter einer neuen Methode erblicken lässt. Ich werde Methoden der Polhöhe und Zeitbestimmung, des Nivellements wie auch andere für die practische Astronomie nicht unwichtige Untersuchungen mittheilen, sie an eigene Beobachtungen zur Bestimmung der **Danziger** Polhöhe anreihend.

I. Verbindung des Niveau mit dem Azimut- und Höheninstrumente zur Bestimmung der Polhöhe.

Das Fernrohr wird am besten nahe zu der Mitte mit einem Ringe versehen, der an einer Aussenseite eine plane und zur Gesichtslinie parallel laufende Fläche hat, woran die Libellenfassung befestigt werden kann. Bei der Construction ist darauf zu rücksichtigen, dass die Libelle mit dem Ringe zusammen um das Fernrohr zu drehen ist und dass die Horizontaleinstellung der Libelle erfolgen kann, wenn das Fernrohr auf eine gewisse Zenithdistanz gerichtet wird. Der so zubereitete Apparat wird in der Weise festgestellt, dass das Rohr bei Drehung um die Horizontalaxe den Meridian beschreibt; die Richtung der Libelle liegt dann ebenfalls im Meridian. Ihre Einstellung in den Horizont hat man vorzunehmen, sobald das Rohr auf einen geeigneten etwa nördlichen Stern im Meridian gerichtet ist. Man beobachtet mit annähernd

richtiger Culminationszeit die Passage am Horizontalfaden oder misst den Abstand von demselben durch das Fadenmicrometer und liest dazu den Stand des Niveau ab. Während nun die gegenseitige Lage des Niveau zum Fernrohr unverändert zu lassen ist, dreht man das Instrument im Azimut um 180° herum. Es erfolgt die Beobachtung des entsprechenden südlichen Sternes, dessen Abstand vom Horizontalfaden ebenfalls gemessen wird, sowie die Ablesung des Niveau. Setzen wir den ideellen Fall voraus, dass die Sterne beide am Horizontalfaden beobachtet sind, während auch das Niveau horizontal einspielte, und bezeichnen wir die Zenithdistanz der beiden Sterne durch z , die Declinationen des südlichen Sternes durch δ , des nördlichen durch δ' , die Polhöhe durch φ , so finden folgende Relationen statt:

$$z = \varphi - \delta$$

$$z = \delta' - \varphi \text{ für obere Culmination}$$

$$z = 180^\circ - \delta' - \varphi \text{ für untere Culmination.}$$

Hieraus folgt die Polhöhe:

$$\varphi = \frac{\delta + \delta'}{2} \text{ (o. C.) oder}$$

$$\varphi = 90^\circ - \frac{\delta' - \delta}{2} \text{ (u. C.)}$$

In der Wirklichkeit gelten natürlich diese Gleichungen erst dann, wenn die beobachtete Zenithdistanz durch den Betrag des Horizontalabstandes und der Niveauablesung verbessert ist.

Ein Hauptvorteil der angegebenen Methode besteht darin, dass man die Feststellung der genauen Refraction entbehren kann, und nur ihren mittleren Betrag im Unterschiede der Zenithdistanzen der beiden Sterne zu ermitteln hat. Auch sind die Resultate von denjenigen instrumentellen Fehlern frei, die in Folge von Biegung auftreten, da der Apparat in beiden Lagen die gleiche Stellung zum Horizont behält. Die genaue Kenntniss der Declinationen der Sterne wird allerdings bei diesem Verfahren vorausgesetzt. Die Auswahl geeigneter Sterne kann aber für beliebige Zeiten nach der ungefähren Kenntniss der Polhöhe leicht getroffen werden; es ist dazu nur nöthig, wenn man den einen Stern im Süd mit der Declination δ gewählt hat, den entsprechenden zu suchen, dessen Declination δ' nahe zu $= 2\varphi - \delta$ (o. C.) bei ungefähr gleicher Rectascension, oder $= 180^\circ - 2\varphi + \delta$ (u. C.) bei Rectascension $+ 12$ Stunden ist, wozu die Cataloge und Karten das Hilfsmittel bieten. Die Declinationen der benutzten Sterne müssen, falls sie nicht genau genug bekannt sind, durch den Meridiankreis ermittelt werden. Zieht man den Fall, in welchem $\delta = \delta'$ und also $\varphi = \delta$ ist, in Betracht, so hat man nur einen Stern in den beiden Lagen des Instrumentes zu beobachten, der nahe durch das Zenith geht. Ist die Polhöhe bekannt, so lassen sich die Declinationen von Zenithsternen durch den Apparat bestimmen.

Was nun die Erfordernisse betrifft, damit die Resultate aus den Beobachtungen nicht von Fehlern beeinflusst werden, so ist erstens die Kenntniss der Zeit, wann die Meridianpassage für den betreffenden Stern erfolgt, nothwendig, doch diese in unserem Falle nur annähernd genau, weil es bekannt ist, wie wenig Höhenveränderung die Gestirne in der Nähe des Meridians

zeigen. Uebrigens würde es sich empfehlen, zuerst dem langsamer sich bewegenden Stern den Apparat zuzuwenden, da dadurch der letztere eine genauere Aufstellung in den Meridian bekommt, als umgekehrt; auch wird man hauptsächlich da, wo die beobachteten Sterne näher dem Pole zu liegen, gut thun, durch die Micrometerschraube dem Faden die Maximal- oder Minimalstellung der Höhe nach zu geben, je nachdem der Stern oben oder unten culminirt.

Zweitens muss das Instrument die zweckliche und genaue Einrichtung erhalten, um die richtig 180° betragende Umwendung im Azimut machen zu können. Dafür erscheint es am einfachsten, wenn die Verticalsäule des Instrumentes mit einem kleinen hervorragenden Stück versehen ist, welches eine dieselbe umgebende Ringscheibe an einem Ansatz vor sich herschiebt, während man das Instrument zur Einstellung des Sternes auf den Meridian azimuthal richtet. Ist die Einstellung erfolgt, so wird die Ringscheibe mittelst einer Klemmschraube an den Fuss des Instrumentes befestigt, die Säule mit dem Fernrohr aber nunmehr bis zu einem zweiten auf der Ringscheibe sitzenden und genau um 180° entfernten Ansatzstück zurückgedreht. Da dieses von der Hand des Künstlers wohl nicht genau genug berichtigt ist, auch im Verlaufe der Zeit eine Aenderung nöthig wird, so erhält es zur bessern Regulirung eine Schraube. Zur Probe, dass die Entfernung genau 180° ist, wird man sich zweier mit ihren Fadenkreuzen auf einander gerichteter Hilfsfernrohre, die etwa horizontal stehen, bedienen, zwischen welche der Apparat gebracht wird. Die wiederholentliche Einstellung des letzteren auf jedes der Hilfsröhren innerhalb der Grenzen der Ansatzstücke wird erkennen lassen, in welchem Sinne eine Aenderung der Schraube nöthig werden sollte. Beiläufig bemerkt können die Hilfsröhre in der angegebenen Stellung zugleich zur Untersuchung des Collimationsfehlers benutzt werden, wenn man das Fernrohr bei ungeändertem Azimut auf jedes derselben einstellt.

Wir kommen endlich drittens zu dem Erforderniss, dass das Niveau in einer Einstellungsebene sich befindet, welche immer der vom Fernrohre beschriebenen Verticalebene parallel ist. Hier werden sich folgende Fehlerquellen finden. a) Die Fläche des das Fernrohr umgebenden Ringes, woran die Libellenfassung gedreht und festgestellt werden kann, ist nicht parallel der Gesichtslinie. — Correctur der Fläche. b) Sie steht zwar parallel der Gesichtslinie aber nicht senkrecht auf der Horizontalaxe des Rohres. — Correctur durch Drehung des Ringes. — c) Das angebrachte Niveau ist nicht parallel der ideellen Fläche am Ringe. — Correctur an der Libelle. — Wir sehen von dem Collimationsfehler und der Abweichung der Horizontalaxe des Fernrohres vom Horizonte ab, da diese Fehler gewöhnlich klein sind. Will man aber letztere Abweichung bestimmen, so wird das Niveau in einer beliebigen Lage des Rohres horizontal gestellt, und bei Drehung im Azimut zugesehen, ob es seine Stellung behauptet, andererseits zum Theil an den Fusschrauben, zum Theil an der Neigung des Niveau so weit geändert, dass der Apparat richtig steht, welches die Constanz der Libelle anzeigt. Alsdann wird man durch Nadirbeobachtung mittelst eines Quecksilberhorizontes aus der hierbei gefundenen Abweichung mit Abzug des Collimationsfehlers die Neigung finden können, welche die

Horizontalaxe zum Horizonte macht. Im allgemeinen dürfte nun wohl der Künstler die oben erwähnte ebene Fläche, an welcher die Niveaufassung anliegend gedreht wird, hinsichts des Parallelismus mit der Absehlenslinie schon abgestimmt haben, was derselbe mit blossen Visiren an der Fläche und durch das Fernrohr nach einem weiteren Object im Horizont, oder besser noch durch ein Niveau erreicht. Wird nun die Fläche als berichtigt, also der Fehler *ad a* als beseitigt angesehen, so dreht man das Fernrohr nahe zu in die Verticale und den Ring aus der scheinbar richtigen Stellung um 90° , und sucht sich hier durch Verschiebung des Ringes diejenige Stelle heraus, in welcher die Libelle, wenn sie horizontal gestellt ist, diese Horizontallage bewahrt, während man das Rohr um seine Horizontalaxe etwas hin und her schwenkt. Stände nun der Ring und die Libellenfassung zum Ringe richtig, so würde jener Vorgang der Unbeweglichkeit der Libelle auch stattfinden, wenn man das Rohr mit dem Niveau um 180° dreht. Zeigt sich hierbei aber eine Abweichung, so muss man nach dem Sinne und der Grösse des Ausschlags der Libelle theils an dem Ringe etwas drehen, theils die Niveaufassung in ihrer Neigung zur Ringfläche ändern, und diese Aenderung so lange allmählig immer mit Umdrehung des Rohres in die beiden Verticallagen wiederholen, bis das Niveau die constante Haltung annimmt. Dann hat man den Ring aus der ausgemittelten Stellung nur um 90° zu drehen, um die richtige Lage zu erhalten, zu welchem Zwecke bereits die genaue mit der Theilmaschine hergestellten vier Marken am Ringe für die Quadranten vorhanden sein müssen. Hierdurch sind die Fehler *ad b* und *c* beseitigt.

Auch ohne die Drehung um 90° kann die Stellung des Niveau berichtigt werden, und soll durch diese zweite Methode zugleich dargethan werden, wie man die Abweichung der Ringansatzfläche vom Parallelismus der Gesichtslinie, wenn sie vorhanden sein sollte, corrigirt. (Fehler *ad a*). Man verstelle das Fernrohr im Azimut nahe parallel zweien Fusschrauben und sehe zu, ob durch Erhöhen und Senken der dritten Fusschraube ein im Horizonte gesehener weiterer Gegenstand am Fadenkreuz bleibt. Durch einige Verschiebung des Azimutes und durch Höhenänderung an den Schrauben kann man diejenige Lage des Fernrohres genau ermitteln, für welche die Gesichtslinie durch Aenderung der dritten Fusschraube wirklich eine Cylinderfläche um die Aufsatze der beiden anderen Schrauben beschreibt. Hätte man die Bürgschaft, dass die Ringansatzfläche richtig ist, und erfüllt auch das Niveau die Bedingung, dass seine Blase in der bezeichneten Aenderung der Fusschraube denselben Stand behält, so braucht man an der Niveaufassung nicht mehr zu ändern, und man hat nur nöthig, das Fernrohr in die nahe Verticale zu stellen und hier denselben Act der Fussänderung hinsichts des Einflusses auf die Constanz des Niveau vorzunehmen, um aus der hier auftretenden Abweichung entsprechend die richtige Drehung des Ringes beurtheilen und ausführen zu können. Erfüllt das Niveau jene Bedingung nicht, als das Fernrohr horizontal gerichtet war, so muss man an der Niveaufassung vorher die nothwendige Aenderung ausführen. Hat man aber auch die Ringansatzfläche in falscher Neigung zur Gesichtslinie, so führt man die beschriebene Manipulation der Höhenänderung durch den dritten Fuss in beiden horizontalen Lagen des Fernrohres aus und

corrigirt zum Theil an der Fläche, zum Theil an der Niveaufassung durch öftere Umlegung des Fernrohres den Sinn und die Grösse des Fehlers beurtheilend, so lange, bis beide Fehlerquellen (a und c) beseitigt sind. Alsdann ist, wie schon beschrieben, die schliessliche Berichtigung der Drehung des Ringes allein noch in der Verticallage des Rohres vorzunehmen, womit der Fehler ad b erledigt wird.

Das bei dieser Methode zu verwendende Fadenmicrometer erhält eine Schraube, die nur ein paar Windungen zu haben braucht, wenn man dem durch sie fortzubewegenden Schlitten mehrere, als es gewöhnlich der Fall ist, etwa in gleichen Abständen angebrachten Parallelfäden giebt. Denn so braucht man nicht in zeitraubender Weise den Abstand des zweiten einzustellenden Sternes, wenn er, wie es vorkommen dürfte, mehr am Rande des Gesichtsfeldes erscheint, von der Mitte aus zu verfolgen, sondern nur so viel zu drehen, bis der nächste Faden den Stern trifft. Die betreffenden Fadenintervalle lassen sich durch Polarsternpassagen bestimmen. Uebrigens wird es sich empfehlen, diese Passagen in westlichster oder östlichster Elongation des Sternes vorzunehmen, da man hierbei durch das Niveau berücksichtigen kann, ob das Fernrohr die nothwendig stabile Lage während der Beobachtung bewahrt hat. Dass das Micrometer zur Einstellung in die richtige Position drehbar sein muss, versteht sich von selbst.

Den Werth der Ablesungstheile des Niveau kann man, falls dasselbe nicht schon auf eine andere Weise in dieser Hinsicht untersucht ist, an dem Apparat selbst folgender Art bestimmen. Wenn der Apparat im Meridian so gestellt ist, dass die durch zwei Fusschrauben gelegte Linie diesen ungefähr senkrecht trifft, so beobachte man einen von zwei Sternen, die bald hinter einander culminiren und deren Declinationsabstand genau bekannt und etwa 10° gross ist, mache die Niveauablesung und markire die Stellung am dritten Fusse; nun richte man das Fernrohr ohne das Niveau zu ändern auf den folgenden Stern, stelle ihn auf einen Faden und drehe an der markirten Fusschraube so viel, bis die Blase des Niveau wieder in der Theilung erscheint und lese ihre Stellung ab. Den jetzt ermittelten Stand am dritten Fusse merke man sich ebenfalls. Corrigirt man den bekannten Declinationsabstand um die durch das Fadenmicrometer und die Niveauablesungen erhaltenen Beträge, so erhält man einen bestimmten Winkel, der dem Quantum von Umdrehungen der dritten Schraube innerhalb der gemerkten Grenzen entspricht. Geht man nun mit der Fusschraube auf die erste Marke zurück, stellt die Libellenblase nach dem äussersten Ende der Theilung ein, dreht die Schraube der zweiten Marke zu so lange, bis die Blase nach dem entgegengesetzten Ende der Theilung rückt, notirt den Unterschied der Ablesungen an der Libellenscala, schafft die Libellenblase durch Neigung wieder auf die vorhergehende Elongation, wiederholt nun die Drehung der Fusschraube in demselben Sinne mit ähnlicher Wirkung auf die Libelle, und fährt mit der Operation so lange fort, bis die zweite Marke wieder erreicht ist, so erhält man durch Addition der einzelnen Ablesungen die Summe der Niveauntheile, welche jenem Winkel entspricht, woraus die Grösse eines Theiles leicht hervorgeht.

Es sind in dem Vorhergehenden die Verfahren, den Apparat zu recti-

ficiren, ausführlich mitgetheilt worden. Die Berichtigung hinsichtlich des Niveau, welches sich mit dem Fernrohr parallel bewegen soll, braucht allerdings nicht so minutiös ausgeführt zu werden, da man erst bei bedeutender Abweichung einen merkbaren Fehler begeht. Wird das Rohr um seine Horizontalaxe bewegt, so beschreibt das Niveau, wenn es eine solche Abweichung hat, statt des grössten Kreises, den das Rohr macht, einen Parallelkreis; nehmen wir an, dass die Abweichung vom Parallelismus b ist, und bezeichnen wir den Werth eines Niveautheiles in Secunden durch d'' ohne Abweichung, so wird er für eine solche $d'' \cos b$. Man sieht leicht ein, dass selbst eine Abweichung von 5° für b und zwar bei Stellungen der Blase an den äussersten Enden der Theilung, wofür die Annahme von $60''$ etwa der Grösse d entsprechen mag, einen Fehler von erst $0''.2$ hervorruft. Daher könnte selbst bei genauester Discussion der nach der beschriebenen Methode gemachten Beobachtungen ganz von diesem Fehler des Niveau abgesehen werden. Hinsichts der anderen Correctionen wird aber das gelten, was in jedem Lehrbuche der Astronomie bei Gelegenheit der Meridiankreisbeobachtungen gesagt wird, und daher hier näher auszuführen übrig ist.

II. Verbindung des Niveau mit dem Azimut- und Höheninstrumente zur Zeitbestimmung.

Derselbe Apparat kann ferner zugerechnet zur Zeitbestimmung dienen, wenn man voraussetzen darf, dass das Stativ hinsichtlich der Axen stabil genug ist. Alsdann hat man das Niveau in die um 90° gewendete Lage, also parallel der Horizontalaxe festzusetzen, wenn man es nicht vorzieht, ein zweites Niveau zur Zeitbestimmung anzubringen. Da es immerhin für den Beobachter von Wesenheit ist, den Gebrauch seines Apparates zu erweitern, so muss bei Anschaffung eines Apparates oder bei Veränderung eines schon vorhandenen unter allen Umständen auf den soliden Gang der Horizontalaxe hingestrebt werden. Dies vorausgesetzt gehe ich sofort auf die Benutzung und fernere Einrichtung ein. Man operirt, um die Zeit zu bestimmen, ganz wie mit einem Passage-Instrument, hat dabei aber nicht nöthig, durch Ausheben aus dem Lager die Axe von Ost nach West und umgekehrt zu verlegen, und vermeidet auch das wiederholentliche Aufstellen des Niveau auf die Axe, da bei unserem Apparate dasselbe am Fernrohr befestigt ist. Da an Stelle des durch Umsetzen erzielten Mittelwerthes der Niveauablesungen hier die Combination der Beobachtungen des festen Niveau bei den Fernrohrlagen mit Objectiv im Zenith und Nadir tritt, so muss natürlich die Libelle eine doppelt aufgetragene Scala erhalten, eine der anderen entgegengesetzt, weil das Instrument auf beiden Seiten ablesbar sein muss. Wir machen die Voraussetzung, dass die Libelle in der Art richtig geschliffen und graduirt ist, dass die Mitte der Skalen auf beiden Seiten den höchsten Punkt des Bogens im Libellen-Innern einnimmt. Wenn bei Herstellung dieser neuen Art von Niveau dem Künstler ungeachtet besonderer Sorgfalt dennoch ein vollkommener Apparat nicht gelingt, so wird der Fehler, den ich **Congruenzfehler** nennen will und der natürlich in der Grenze der Scala liegen muss, auf folgende Weise bestimmt. In ungeänderter

Stellung des Apparates macht man zwei Ablesungen des Niveau bei Objectiv oben und Objectiv unten (Operation A), und zwei Ablesungen in denselben Stellungen des Rohres, nachdem das Niveau in seiner Fassung um 180° gedreht ist. (Operation B.) Das Mittel dieser vier Ablesungen ist alsdann die wirkliche Neigung der Fernrohrhorizontalaxe. Die Abweichung dieser Bestimmung von dem Mittel der zwei aus der Operation A. resultirenden Ablesungen ist der Congruenzfehler der Libelle. Derselbe Fehler erscheint beim Vergleich mit der Operation B. Hat man also gewöhnlich nur die beiden Niveauablesungen bei Objectiv im Zenith und bei Objectiv im Nadir gemacht, so ergibt das Mittel dieser Ablesungen die Lage der Horizontalaxe mit Abrechnung des etwa vorhandenen Congruenzfehlers. Dieser Fehler wird ähnlich wie die bei den gewöhnlichen Passagebeobachtungen vorkommende Ungleichheit der Zapfendurchmesser constant sein, höchstens durch Temperaturunterschiede eine Abweichung zeigen können, daher seine Bestimmung nur selten wiederholt zu werden braucht. Die Herstellung eines Niveau, welches ringsherum ablesbar bleibt, wird sich folgendermassen ermöglichen lassen. Es erhält statt der Striche auf der Drehbank um den Cylinder gezogene Kreise und kann zur Sicherung gegen äussere Einflüsse noch in ein anderes Glasrohr geschoben werden etc. Ein etwa vorhandener Congruenzfehler wird hier continuirlich erscheinen. Hinsichts des Collimationsfehlers mag bei dieser Methode noch bemerkt werden, dass die Verwendung zweier Hilfsfernrohre, wie oben bei der Polhöhenbestimmung angedeutet, überflüssig ist, indem die Nadirbeobachtung mit Zuhülfenahme des Quecksilberhorizontes dem vorliegenden Zwecke entspricht.

III. Verbindung des Niveau mit dem Azimut- und Höheninstrumente zum Nivellement.

Unser Apparat mit der Niveaustellung, welche in Abschnitt I. bei der Polhöhenbestimmung beschrieben ist, und mit der doppelten Niveauableseneinrichtung des Abschnitts II. ersetzt auch ein Nivellirinstrument. Man stellt Fernrohr und Niveau horizontal, richtet das Rohr auf das Object und macht die Ablesung, dreht dann das Instrument im Azimut um 180° , das Fernrohr sammt dem daran befestigten Niveau ebenfalls um 180° und liest wieder ab. Das Mittel beider Ablesungen ist die Höhe des Objectes, wenn man den Congruenzfehler in Rechnung bringt. Die Bestimmung des letzteren wird hier, wie in dem vorhin gesagten, durch Wiederholung der Beobachtungen bei Umsetzung des Niveau gewonnen.

IV. Ermittlung der Fehler des parallactischen Apparates durch Benutzung des Niveau.

Der Verfasser ist in Ermangelung des beschriebenen Instruments heute noch nicht in der Lage, die kurz besprochenen Methoden durch Selbstbeobachtungen zu illustriren. Er hat jedoch ein ähnliches Verfahren zur Polhöhenbestimmung mittelst des ihm zu Gebote stehenden parallactischen Instrumentes

für die **Danziger** Polhöhe wirklich durchgeführt, worüber späterhin die Beobachtungen und Resultate mitgetheilt werden sollen. Zunächst mag eine Besprechung der Anwendung des Niveau beim parallactischen Apparate zur Bestimmung der Fehler der Axen und Aufstellung hier Platz finden.

Gewöhnlich dienen derartige Instrumente zur Anstellung relativer Beobachtungen, von den Correctionen wird meist nur angenäherte Kenntniss gewünscht. Man bestimmt, wie bekannt, den Collimationsfehler c des Fernrohres und die Abweichung i vom rechten Winkel, den Stunden und Declinationsaxe mit einander bilden sollen, durch die Beobachtung zweier Sterne, von denen der eine ein Polarstern, der andere ein Aequatorealstern ist, wobei jeder von diesen in den beiden Lagen des Declinationskreises untersucht wird. Sind die Grössen c und i bestimmt, so ergibt die Beobachtung eines bekannten Sternes die Fehler der Aufstellung des Instruments, nämlich λ den Abstand der beiden Pole des richtigen und falschen von einander, und h den Stundenwinkel des Poles. Cf. Brünnow, Lehrbuch der sphärischen Astronomie. Eine sehr ausführliche Abhandlung über die Fehlerbestimmung findet sich in den astronomischen Nachrichten Bd. 58, No. 1386—90 von Peters mitgetheilt bei Gelegenheit der Beschreibung des Repsold'schen Aequatoreals. Da dieses Instrument zu absoluten Beobachtungen benutzt wird, so sind hier ganz genau die Correctionen der vorgeschriebenen Art, und auch andere Fehler wie Biegung ermittelt. Die Declinationsaxe kann, wenn sie nahe zu horizontal gestellt ist, durch ein Niveau, welches auf die Zapfen der Axe ähnlich wie beim Meridiankreis gestellt wird, nivellirt werden. Folgende Definitionen aus der Peters'schen Arbeit liegen meiner Untersuchung zu Grunde.

Die Neigung der Stundenaxe des Instrumentes gegen den Horizont wird durch $\varphi - s$ dargestellt, wo φ die Polhöhe des Beobachtungsortes bezeichnet, der Winkel, dessen Schenkel vom Durchschnitt der Stunden und Declinationsaxe aus nach dem unten sitzenden Stundenkreise und nach dem Fernrohre gehen, durch $90 + i$, und das Azimut des Instrumentes, wenn die durch die Stundenaxe und die Declinationsaxe gelegte Ebene die Stundenkreisebene horizontal schneidet, durch A . Der Collimationsfehler c ist so zu nehmen, dass der Winkel der Gesichtslinie nach dem Objective zu mit der Seite der Declinationsaxe nach dem Kreisende zu $90 + c$ wird.

Es verdient jedenfalls den Vorzug, die Correctionen des Instrumentes zu ermitteln, ohne die Beobachtungen von Gestirnen zu Hülfe zu ziehen. Man erreicht dies dadurch, dass man an das Fernrohr ein Niveau der vorgedachten Art anbringt, welches in die Richtungen Nord-Süd und Ost-West zu stellen ist, wenn der Apparat im Meridian und das Rohr vertical steht; noch besser empfiehlt sich, zwei in den angegebenen Stellungen zu belassende Niveaus zu construiren; die zu verwendenden Libellen-Röhren können ganz kurz sein. Für die Richtigkeit der Aufstellung des Ost-West-Niveau bürgt die unveränderlich bleibende Stellung der Blase, sobald das Fernrohr etwas um die Declinationsaxe gedreht wird. Ein Mittel für die Berichtigung des anderen Niveau bietet der Ausschlag der Blase bei Drehung des Apparates um die Stundenaxe, während das Fernrohr in die ungefähre verticale Lage festgestellt ist. Denn zu gleich grossen Intervallen des Stundenkreises nach Ost und nach

West von der Meridianstellung ab gerechnet muss die Bewegung der Blase um dasselbe Stück und zwar in beiden Fällen nach Nord vor sich gehen, wenn die Libelle die richtige Stellung hat. Den Sinn und das Quantum der Abänderung, falls jene unrichtig steht, beurtheilt man leicht nach dem ungleichen Ausschlag der Blase. Ist auf diese Weise die Correctur des Niveau erfolgt, so schreitet man zur Aufsuchung der Correctionen des Instrumentes in folgender Weise. Es werden mit Benutzung der Schlüssel des Stunden- und Declinationskreises, um die Blase der beiden Niveaus einspielen zu lassen, vier Ablesungen des Stundenkreises, und vier Ablesungen des Declinationskreises gemacht, nämlich in den Lagen des Declinationskreises im Osten und Westen und des Fernrohres im Zenith und Nadir. Bestimmte nun näher anzugebende Combinationen aus diesen Kreisablesungen mit Zuhülfenahme der Beobachtung des Meridianzeichens führen zur Ermittlung der instrumentellen Fehler. Die genauere Ablesung des Niveau wird in dem Fall überflüssig sein, wo die Kreistheilung nicht fein genug ist*). Empfindlichere Libellen werden bei gewissen Aequatorealen, deren Aufgabe die absolute Bestimmung der Sternörter ist, zur Verwendung kommen müssen, und die Einrechnung der Niveauangaben ist dann unerlässlich.

Was nun zunächst den Fehler s anbetrifft, so geschieht seine Bestimmung durch Verwendung der Ablesungsdaten des Declinationskreises bei Kreis Ost und West, während das Nord-Süd Niveau eingestellt wird. Bezeichnen wir die Ablesung bei Kreis West mit $\varphi + v$, bei Kreis Ost mit $180 - \varphi + v'$, so ist $\frac{v' - v}{2} = s$ und hiermit ist dann die Abweichung der Neigung der Stundenaxe

zum Horizonte von der Polhöhe gefunden. Zugleich erhält man auch $\Delta = -\frac{v + v'}{2}$, welches der Indexfehler des Declinationskreises ist. Im Allgemeinen genügt hier die Verwerthung der Beobachtungen in einer Lage des Objectivs entweder im Zenith oder Nadir. An unserem Apparat wird die Declinationsablesung von $0^\circ - 360^\circ$ herumgezählt, der Kreis gestattet einzelne Minuten abzulesen; der Stundenkreis im Sinne der Himmelsbezeichnung von 0—24 Stunden giebt Intervalle von 4 Secunden an. Ist nun beispielsweise bei Kreis West die Angabe des Declinationskreises $51^\circ 18'$ gewonnen, bei Kreis Ost $122^\circ 35'$, so stellt der Unterschied dieser Grössen $71^\circ 17'$ den Ausdruck $180^\circ - 2\varphi + v' - v$ vor, und da $\varphi = 54^\circ 21'$, so ist $\frac{v' - v}{2} = s = -0.5$; aus der Summirung folgt $\Delta = 3^\circ 3'.5$.

Die Ermittlung des Fehlers i , das ist die Abweichung der Stellung der Stunden- und Declinationsaxe von 90° , erfordert die Ablesung des Stundenkreises in beiden Lagen des Declinationskreises und zwar jedesmal den Mittelwerth für die Objectivstellung im Zenith und Nadir; zugleich ist vorausgesetzt, dass das zur Anwendung kommende Ost-West Niveau keinen Congruenzfehler hat, andernfalls dieser ermittelt werden muss. Ist nun etwa das Fernrohr im

*) Ich habe bisweilen ohne fest angebrachte Libellen die Correctionen meines Instrumentes nahe zu dadurch ermittelt, dass ich ein feines Doseniveau zum Aufsatz auf die abgedrehte Objectivfassung mittelst Unterlage eines grösseren guten Spiegelglases verwendete. In der Nadirlage wurde das letztere mit der Hand an die Fassung angeedrückt.

Ost, und der Winkel zwischen der Declinationsaxe und Stundenaxe im oben gedenteten Sinne ein stumpfer, so muss man den Stundenkreis von der Meridianstellung weiter nach Osten drehen, damit die Declinationsaxe und das Ost-West Niveau in den Horizont gelangt, wobei beide einen Parallelkreis zum Aequator beschreiben. Da das bis zum Horizont beschriebene Stück des Parallelkreises mit dem Betrage der Drehung auf dem Stundenkreise gleichgesetzt werden kann, so hat man die Cathete eines rechtwinklichen Dreieckes i zu suchen, von dem der Gegenwinkel dieser Cathete $90^\circ - \varphi$ und die andere Cathete der Stundenwinkel gegeben sind. Heissen die Ablesungen am Stundenkreise für Declinationskreis West t , für Declinationskreis Ost $12^h + t'$, so ist $i = \frac{t' - t}{2 \operatorname{tg} \varphi}$ *) und der Indexfehler des Stundenkreises $\vartheta = -\frac{t + t'}{2}$. Die Ausdrücke gelten für die gemachte Annahme, dass das Niveau mit der Declinationsaxe in ein und dieselbe Richtung zusammenfallen. Wenn dieses, wie es in Wirklichkeit geschieht, nicht stattfindet, so hat man zunächst die Mittelwerthe für die beiden Lagen des Rohres im Zenith und Nadir zu bilden. Um das Verfahren vollständig zu zeigen, wähle ich das folgende Beispiel.

Niveau-Lage A.

Declinationskreis Ost.

Stundenkreis-Abl.

		Non. I.		II.		Mittel.		Mittel.	
Fernrohr	Zenith	57 ^m	16 ^s	57 ^m	12 ^s	57 ^m	14 ^s	57 ^m	5 ^s .8
	Nadir	57	0	56	55	56	57.5		
	Z.	57	14	57	12	57	13	57	5.5
	N.	57	0	56	56	56	58.		
	Z.	57	13	57	10	57	11.5	57	4.8
	N.	57	0	56	56	56	58		
Mittel								57	5.4

Declinationskreis West.

Fernrohr	Z.	56	56	56	54	56	55	57	1.8
	N.	57	9	57	8	57	8.5		
	Z.	56	56	56	54	56	55	57	1.5
	N.	57	8	57	8	57	8		
	Z.	56	56	56	54	56	55	57	1.5
	N.	57	8	57	8	57	8		
Mittel								57	1.6

Niveau-Lage B.

Declinationskreis West.

Fernrohr	Z.	57	8	57	6	57	7	57	13.5
	N.	57	20	57	20	57	20		
	Z.	57	4	57	2	57	3	57	13.0
	N.	57	24	57	22	57	23		
	Z.	57	4	57	4	57	4	57	12.5
	N.	57	20	57	22	57	21		
Mittel								57	13.0

*) Bei feineren Untersuchungen, welche die Ablesung des Niveau beanspruchen, sind den Grössen t und t' die Ausdrücke $+\frac{\varepsilon}{\cos \varphi}$ und $+\frac{\varepsilon'}{\cos \varphi}$ zuzufügen, worin ε und ε' die vom Niveau angegebenen Neigungen der Declinationsaxe, positiv gelten, wenn das westliche Ende höher ist.

Declinationskreis Ost.

Fernrohr	Z.	57	3	57	0	57	1.5	56	52.5
	N.	56	45	56	42	56	43.5		
	Z.	57	2	56	58	57	0	56	53.0
	N.	56	48	56	44	56	46		
	Z.	57	2	57	0	57	1	56	52.5
	N.	56	46	56	42	56	44		
Mittel								56	52.7

Resultat.

Niveau-Lage	A.	Declinationsk. Ost.			Decl.-K. West.		Mittel.			Mittel.		
		23 ^h	57 ^m	5 ^s .4	57 ^m	1 ^s .6	23 ^h	57 ^m	3 ^s .5	23 ^h	57 ^m	3 ^s .2
	B.		56	52.7		57		57	2.9			
	Mittel	23	56	59.1		57						
										$-\frac{t+t'}{2} = 2^m 56^s.8$		

$$\frac{t' - t}{2} = -4^s.1$$

Unterschied A — B + 12^s.7 (D.-K. O.) — 11^s.4 (D.-K. W.)

$$\text{Mittel A — B} = \pm 12^s.0 \begin{cases} \text{O.} \\ \text{W.} \end{cases}$$

Congruenzfehler $\pm 6^s.0$ ($\times \cos q$ im Sinne des Absch. II. = 3^s.5)

Zu den vorstehenden Beobachtungen und dem Resultate daraus ist zu bemerken, dass der Kürze halber die Stunden 11 und 23 meist ausgelassen sind, da kein Zweifel obwaltet. Die Stundenkreistheilung geht nur auf 4^s Genauigkeit; wenn nun in den Beobachtungen öfter kleinere Intervalle als 4^s sich vorfinden, so beruht diese Angabe theils auf Schätzungen, theils auf Mittelwerthen, die durch Wiederholung der Einstellungen gewonnen sind, sobald das Rohr in der Lage absichtlich geändert wurde. Dreimal bei Fernrohr im Zenith und dreimal bei Fernrohr im Nadir sind die Bestimmungen in jeder der beiden Kreislagen notirt, und zwar für beide Stellungen des Niveau Ost-West und West-Ost, welche ich durch A und B bezeichnet habe, woraus der Congruenzfehler des Niveau abzuleiten ist. Das Mittel der Beobachtungen in einer Lage des Niveau, also z. B. in Lage A bei Declinationskreis Ost und West 23^h 57^m 3^s.5 genügt, um die Nullstellung des Stundenkreises oder den Indexfehler 2^m 56^s.5 zu erhalten; so ergiebt auch die zweite Lage des Niveau B ein gleiches Resultat, nämlich 23^h 57^m 2^s.9 und den Indexfehler 2^m 57^s.1. Für die Bestimmung des Indexfehlers reicht übrigens auch die Beobachtung in einer Fernrohrlage (Zenith oder Nadir) aus. Ferner folgt der Unterschied der Mittelwerthe beider Niveaulagen zwischen den Angaben für Declinationskreis Ost und West; die Hälfte dieses Unterschiedes stellt die Grösse $\frac{t' - t}{2}$ vor, welche sich auf — 4^s.1 beläuft. Damit ist dann nach dem obigen Ausdruck i gefunden und zwar in unserem Falle = — 2^s.94 = — 44". Endlich ergiebt sich noch der Unterschied der Niveauangaben zwischen den Lagen A und B bei Kreis Ost + 12^s.7, bei Kreis West — 11^s.4. Der halbe Mittelwerth beider $\pm 6^s.0$, worin das obere Zeichen für Declinationskreis Ost, das untere für Kreis West gilt, wird daher als Congruenzfehler von den Beobachtungen zu subtrahiren sein, die nur in einer Lage des Niveau angestellt sind. Wie schon oben erwähnt, ist die Umkehrung des Niveau nur selten vorzunehmen, da dieser

Fehler sich constant erhalten dürfte. Um auch die Verwendung des Congruenzfehlers zu den Beobachtungen, wenn diese nur in einer Niveaulage gemacht sind, zu zeigen, führe ich folgendes Beispiel an. Mit demselben Niveau in der Lage A wurden die Stundenkreisangaben $23^h 57^m 4^s$ bei Declinationskreis West und $23^h 57^m 9^s$ bei Kreis Ost erhalten. Das Mittel beider nämlich $23^h 57^m 6^s.5$ ist als Angabe des Nullpunktes zu verwenden, und um $\frac{t' - t}{2}$ zu erhalten, nimmt man den Unterschied Ost weniger West $= 5^s$, die Hälfte desselben $2^s.5$ und zieht $6^s.0$ ab, daher $\frac{t' - t}{2} = -3^s.5$ wird. Für die Grösse i würde sich demnach $-2^s.51 = -38''$ ergeben.

Das zu dieser Untersuchung benutzte Libellenrohr von etwa 14 cm. Länge, früher zu einem kleinen Passageninstrumente mit gebrochenem Fernrohre gehörig, war ohne seine Fassung ganz frei an dem Fernrohr des paralactischen Instrumentes befestigt; es konnte ganz bequem auch in der umgekehrten Lage B abgelesen werden, ohne dass eine doppelte Theilung vorhanden war. Eine andere ähnliche Libelle, welche demselben Passageninstrumente ehemals zugehörte, habe ich sogar mit der zum Aufsetzen auf die Zapfen eingerichteten Fassung in Anwendung gebracht. Die Ablesung der Theilung in der umgekehrten Lage war besonders gut möglich, wenn von unten aus etwas Lampenlicht darauf fiel.

Die Methode, den Fehler i auch mittelst des Nord-Süd-Niveau zu ermitteln, findet man im nächsten Abschnitt V.

Mit Zuhülfenahme der Bestimmung von i lässt sich nun der Collimationsfehler c ermitteln, und das Azimut berichtigen, wenn man die Beobachtung des Meridianzeichens in beiden Lagen des Declinationskreises ausführt. Setzen wir fest, dass die Ablesungen des Stundenkreises, die zur Erfindung der Grösse i gemacht wurden, in der Declinationskreislage West t , in der Lage Ost $12^h + t'$ gewesen sind, und dass das Instrument im Azimut richtig steht; nennen wir ferner die Angaben des Stundenkreises, welche der Einstellung des Fernrohres auf das Meridianzeichen entsprechen, für Declinationskreis nach West τ , nach Ost $12^h + \tau'$, so wird sowohl $\frac{t + t'}{2}$ als auch $\frac{\tau + \tau'}{2}$ denselben Nullpunkt des Stundenkreises bedeuten. Die zur Einspielung des Niveau in Betreff des Fehlers i gemachten Verschiebungen des Stundenkreises, wie auch die Verschiebungen desselben, welche nöthig sind, um das Fernrohr in beiden Kreislagen auf das Meridianzeichen zu richten, kann man sich auf dem Aequator construirt vorstellen. Denken wir uns nun etwa vom Südpunkt im Horizont drei Bogen gezogen 1) den Bogen von 90° nach der Aequatorstelle, welcher $\frac{t + t'}{2}$ entspricht 2) den Bogen nach der Aequatorstelle, welcher τ (oder τ') zukommt und 3) den Bogen $90 + c$ nach dem Punkt auf der Sphäre, welchem die Declinationsaxe zugerichtet ist, und stellen wir uns die Bogen 1 und 2 aus dem Südpunkte von dem Bogen 3 abgeschnitten vor, so wird ein Stück übrig bleiben, welches aus den Beträgen $\left(\frac{t + t'}{2} - \tau\right) \sin \varphi$ und $i \cos \varphi$ zusammengesetzt ist, oder

es wird werden:

$$c = \left(\frac{t + t'}{2} - \tau \right) \sin \varphi + i \cos \varphi$$

Durch Einsatz des Werthes $i = \frac{t' - t}{2 \operatorname{tg} \varphi}$ in den Ausdruck für c erhält man auch

$$c = (t - \tau) \sin \varphi + \frac{t' - t}{2 \sin \varphi} \text{ oder}$$

$$c = -(t' - \tau') \sin \varphi + \frac{t' - t}{2 \sin \varphi}$$

Es war bei dieser Untersuchung vorausgesetzt, dass das Instrument die richtige azimutale Stellung hat, wofür die Ausdrücke $\frac{t + t'}{2}$ und $\frac{\tau + \tau'}{2}$ gleich sind. Ist dies nicht der Fall, dann nehme man $\frac{t + t'}{2} - \frac{\tau + \tau'}{2} = f$, füge den Ablesungen des Stundenkreises τ und τ' die Grösse f zu und berechne mit den so verbesserten τ und τ' die Grösse c nach der oben angegebenen Formel. Das Azimut des Instrumentes wird daher den Ausdruck $f \sin \varphi$ erhalten. Die Anwendung auf ein Beispiel wird die Methode verdeutlichen.

Die Beobachtung ergab die folgenden Stundenkreisangaben:

$$\text{D. Kr. W. } 57^{\text{m}} 10^{\text{s}}.5 = t. \quad \text{D. Kr. O. } 57^{\text{m}} 2^{\text{s}}.3 = t',$$

welche für die Bestimmung von $i = -2^{\text{s}}.94 = -44''$ dienen; und durch Einstellung des Fernröhres auf das Südzeichen:

$$\text{D. Kr. W. } 58^{\text{m}} 1^{\text{s}}.5 = \tau. \quad \text{D. Kr. O. } 56^{\text{m}} 38^{\text{s}}.5 = \tau'.$$

dennach ist

$$\frac{t + t'}{2} = 57^{\text{m}} 6^{\text{s}}.4 \text{ und}$$

$$\frac{\tau + \tau'}{2} = 57^{\text{m}} 20.0$$

Das Instrument stand also im Azimut um eine Grösse falsch, welcher die Stundenkreisangabe $f = -13^{\text{s}}.6$ zukommt. Die hiermit verbesserten und zur Verwendung kommenden τ und τ' werden daher:

$$\text{D. Kr. W. } 57^{\text{m}} 47^{\text{s}}.9 = \tau. \quad \text{D. Kr. O. } 56^{\text{m}} 24^{\text{s}}.9 = \tau'$$

Das Mittel beider ist dem obigen Ausdruck $57^{\text{m}} 6^{\text{s}}.4$ jetzt gleich geworden.

Man erhält also:

$$c = -37^{\text{s}}.4 \sin \varphi - \frac{4^{\text{s}}.1}{\sin \varphi} = -35^{\text{s}}.4$$

Die azimutale Verbesserung beträgt $13^{\text{s}}.6 \sin \varphi = 11^{\text{s}}.1$ oder $2'47''$, und ist in dem Sinne vorzunehmen, dass das Stativ von Süd gen West gedreht werden muss. Durch das Vorhergehende ist im Wesentlichen das Verfahren auseinander gesetzt, wie mit Hülfe der dem Fernrohr beigelegten Niveaus die Correctionen des Instrumentes bestimmt werden. Wie die Benutzung der kleinen hier proponirten Libellen, wenn sie die nöthige Empfindlichkeit erhalten, in der angeführten Befestigungsweise, nämlich rechtwinklich zur Gesichtslinie und nach der im Abschnitt I. beim Fernrohr mit gewöhnlichem Stativ besprochenen schiefwinklichen Befestigungsmanier mit Zuhülfenahme der sonst üblichen Methoden der Fehleruntersuchung zur Aufklärung gewisser Biegungscorrectionen führen kann, lasse ich hier unerörtert.

V. Verbindung des Niveau mit dem parallactischen Apparate zur Bestimmung der Zeit und Polhöhe.

Das parallactische Instrument dient nun wie der Azimutal- und Höhenapparat mit den Niveaus Ost-West und Nord-Süd versehen zur Bestimmung der Zeit, wenn die Stundenaxe festgestellt wird, und zur Bestimmung der Polhöhe wie auch der Declination von Zenithsternen, ohne dass eine feine Theilung auf dem Declinationskreise vorhanden ist. Hinsichts der Ermittlung der Zeit gilt hier das nämliche, was im Abschnitt II. schon gesagt ist; die Umlegung des Fernrohrs wie beim Passageninstrument findet nicht statt, sondern das Niveau wird in beiden Lagen des Rohres, im Zenith und Nadir beobachtet. Es versteht sich von selbst, dass die Bestimmungen abwechselnd in beiden Declinationskreislagen gemacht werden können, womit die Erkenntniss der Correctionen des Apparates noch vollständiger erreicht werden dürfte, als in einseitiger Lage, vorausgesetzt, dass auf die durch die Umkehrung hervorgerufene Aenderung des Azimuts die nöthige Sorgfalt verwendet wird.

Der Gebrauch des Fernrohrs mit parallactischen Stativ zur Polhöhenbestimmung hat vor der mit azimuthalem Stativ den Vorzug, dass man in einiger Ausdehnung um den Meridian herum Beobachtungen anstellen kann, steht ihr aber in Hinsicht des Umlegens des Instrumentes nach, da um zwei Axen gedreht werden muss. Die Methode ist nach dem früher Erörterten hier leicht zu modificiren. Man hat mit Benutzung der nahe bekannten Zeit und des Stunden- und Declinationskreises das Mittel, einen geeigneten Stern in einem der beiden Quadranten des Meridians einzustellen, alsdann bringt man das Nord-Süd-Niveau in den Horizont, setzt es fest, verfolgt den Stern durch das Fadenmicrometer genau, und liest endlich das Niveau ab. Hierauf wird der Apparat ohne Aenderung der Niveaustellung zum Fernrohr um die Stundenaxe in die andere Declinationskreislage gedreht, durch den Stundenkreis näher in den anderen Meridianquadranten gebracht, und das Fernrohr soweit um die Declinationsaxe gedreht, bis das Niveau wieder einspielt. Der nach der Voransberechnung jetzt im Gesichtsfelde erscheinende zweite Stern ist nun auf dieselbe Weise wie der erste zu beobachten. Da der dem Aequator parallel zu stellende Faden des Micrometers, wenn er berichtigt ist, parallel bleibt, in welchem Stundenkreise auch das Fernrohr sich befinden mag, so wird man schicklicher Weise einige Male die beschriebene Einstellung und Beobachtung der beiden Sterne wiederholen können, indem man schon etwas vor der Culmination anfängt. Allerdings nimmt die Genauigkeit der Bestimmung ab, je weiter vom Meridian die Beobachtungen angestellt werden, da eine Correction zuzufügen ist, die mit Zunahme des Stundenwinkels wächst; zugleich wird die Kenntniss der Zeit näher beansprucht. Die Bestimmung der Polhöhe mittelst Beobachtung zweier Sterne gleicht der Hauptsache nach der durch Verfolgung eines einzigen dem Zenith benachbarten Sternes in beiden Lagen des Declinationskreises, und da die letztere als die bequemere in Bezug auf die Ermittlung der Polhöhe von **Danzig** wirklich erprobt ist, so soll in dem Folgenden dasjenige, was zur näheren Erkenntniss aller nothwendigen Correctionen gehört, zusammengestellt werden.

Hat man durch die Beobachtung eines Zenithsternes, dessen Declination

δ ist, in einer der beiden Declinationskreislagen den Betrag des Fadenmicro-meters m und des Niveau w erhalten, ist ferner die Neigung des Niveau dem beobachteten Stundenwinkel entsprechend p und die durch ein fehlerhaftes Azimut veranlasste Correction q , und werden die entsprechenden Grössen in der anderen Kreislage durch m' , w' , p' und q' bezeichnet, so ist die Polhöhe:

$$\varphi = \delta - \left(\frac{m + m'}{2} - \frac{w + w'}{2} + \frac{p + p'}{2} + \frac{q + q'}{2} \right)$$

In dieser Formel gelten die Grössen der Parenthese positiv oder nördlich, und negativ oder südlich. Die Grösse p ist immer positiv oder nördlich, da die Drehung des Rohres aus dem Meridian vor und nach der Culmination eine Hebung des Nordendes des Niveau veranlasst. Das Zeichen von q wird nach der Culmination das entgegengesetzte von dem, welches vor derselben stattfand.

Um die Abhängigkeit der Correction p von dem Stundenwinkel zu bestimmen, stelle man sich den Meridianbogen Nord-Pol — Südpunkt um den Stundenwinkel t gedreht vor, dadurch rückt der Südpunkt oder das Südende des Niveau unter den Horizont, der Bogen Zenith — Südende des Niveau ist $90 + p$ geworden, welche Grösse in dem sphärischen Dreieck Zenith, Pol und Südende mit den Seiten $90 - \varphi$, $180 - \varphi$ und dem eingeschlossenen Winkel t als Gegenseite folgt aus der Gleichung:

$$-\sin p = -\sin \varphi \cos \varphi + \cos \varphi \sin \varphi \cos t$$

nämlich:

$$p = \sin 2 \varphi \sin \frac{1}{2} t^2$$

Dieser Ausdruck für p lässt sich für eine gegebene Polhöhe in bequeme Tafeln bringen. Zu dem Zwecke berechnet man von Minute zu Minute des Stundenwinkelarguments in Zeit den entsprechenden Werth von p (Tafel I.); für die Unterabtheilungen, also für die Sekunden ist wegen der Ungleichheit der Differenzen der Eingang in eine zweite Correctionstafel nöthig. Die Tafeln für die Polhöhe von $54^\circ 21'$ folgen hier.

	Tafel I.	Δ	r	Tafel II.	r	Tafel II.
$t = 0^m$	0.00		1 ^s 59 ^s	0.02	15 ^s 45 ^s	0.17
1	0.93	155	2 58	0.03	16 44	0.18
2	3.72	465	3 57	0.04	17 43	0.19
3	8.37	775	4 56	0.06	18 42	0.19
4	14.88	1085	5 55	0.07	19 41	0.20
5	23.25	1395	6 54	0.08	20 40	0.21
6	33.48	1705	7 53	0.09	21 39	0.21
7	45.56	2015	8 52	0.11	22 38	0.21
8	59.51	2325	9 51	0.12	23 37	0.22
9	75.31	2635	10 50	0.13	24 36	0.22
10	92.98	2945	11 49	0.14	25 35	0.22
11	112.50	3255	12 48	0.15	26 34	0.23
12	133.88	3565	13 47	0.16	27 33	0.23
13	157.11	3875	14 46	0.17	28 32	0.23
14	182.21	4185	15 45	0.17	29 31	0.23
15	209.16	4495			30 30	0.23
16	237.96	4805				
17	268.62	5115				

Die ersten Differenzen Δ sind so angegeben, dass sie mit der gegebenen Sekundenzahl r multiplicirt werden, und dass das Product durch 10000 zu dividiren ist. Die zweite Differenz hat zum Werth immer $1''.86$, daher ist in Tafel II. der Ausdruck $\frac{1}{2} \cdot 1''.86 \cdot \frac{r}{60} \left(\frac{r}{60} - 1 \right)$ für alle zur Verwendung kommenden r mitgetheilt. Die aus Taf. II. zu nehmende Zahl wird subtrahirt. Ist z. B. für den Stundenwinkel $6^m 23^s$ der Werth von p zu suchen, so nimmt man: aus Taf. I. für t ($= 6^m$) $33''.48$ und die Differenz $\Delta = 2015$, aus Taf. II. für r ($= 23^s$) $0''.22$.

Die Ausrechnung ergibt also:

$$\begin{array}{r}
 33''.48 \\
 + 4.63 = 23 \times \frac{2015}{10000} \\
 \hline
 38.11 \\
 - 0.22 \\
 \hline
 37.89
 \end{array}$$

Aus Tafel I. ist zugleich ersichtlich, in welchem Verhältnisse mit zunehmenden Stundenwinkel die Quantitäten p wachsen, daher die Einstellung des Objects nach der Zeit auch genauer stattfinden muss. Ueber eine gewisse Grenze des Stundenwinkels, welche in der Tafel mit 17^m gewählt ist, möchte es also nicht lohnen, die Beobachtung weiter fortzusetzen. Mit grösserer Entfernung vom Meridian wird übrigens das Niveau mehr um seine Axe gedreht; da jedoch der Drehungswinkel, dessen Ausdruck $t \cos \varphi$ ist, erst für einen Stundenwinkel von $20^m 3^s$ beträgt, so ist durchaus in dieser Hinsicht kein Nachtheil zu fürchten. Beim Gebrauche des Setzniveau für das Passageninstrument neigt man ja absichtlich um grössere Beträge, ohne dass die Blase des Niveau ihren Stand ändert. Endlich gilt der oben angenommene Ausdruck für die Grösse p strenge gefasst nur für den Fall, dass das Niveau in der Befestigung am Fernrohr in die zur Gesichtslinie senkrechte Lage gekommen ist. Da jedoch die Abweichung von der Normalstellung gewiss nur höchstens ein paar Minuten betragen wird, so kann die hierauf bezügliche Correction ausser Acht gelassen werden, wie aus dem Folgenden ersichtlich ist. Heisst diese Abweichung e , nördlich $+$, südlich $-$ und das verbesserte p p_0 , so hat man das sphärische Dreieck mit den Seiten $90 - \varphi$, $180 - \varphi \pm e$ und dem eingeschlossenen Winkel t für die Bestimmung der Gegenseite $90 + p_0$ zu bedenken. Die Auflösung ergibt:

$$p_0 = p \pm e \mp 2 e \cos \varphi^2 \sin \frac{t^2}{2}$$

Für die Annahme ausserordentlich grosser Quantitäten wie z. B. von $10' = e$ und $20^m = t$ wird die Correction $0''.8$ also merklich werden. Die Grösse $\pm e$ steckt in den Beobachtungsdaten.

Es ist schon angegeben worden, dass die Meridianstellung des Niveau am Fernrohre durch den gleich grossen Ausschlag der Blase nach Norden für denselben Stundenwinkel zu beiden Seiten des Meridians sich beurtheilen lässt. Hat das Niveau eine unrichtige Stellung, so beeinträchtigt auch diese nicht das Resultat, da als Argument für die Correction p stets der Stundenwinkel gilt,

welcher dem Unterschiede der Stundenkreisangabe für die betreffende Beobachtung und des Mittels der Stundenkreisangaben für zwei gleiche nördliche Libellenstände entspricht. Um diesen Mittelwerth zu erhalten, neigt man das nach dem Zenith gerichtete und nahe im Meridian stehende Rohr um einen ziemlichen Winkel so weit, dass die Niveaublase im Süden verschwindet, stellt das Fernrohr fest, und dreht am Schlüssel der Stundenaxe so viel, bis die Blase die Mitte der Theilung einnimmt. Man notirt nun die Angaben des Stundenkreises und des Niveau. Hierauf lässt man durch Drehung des Schlüssels im entgegengesetzten Sinne als vorher die Blase ihren Weg nach Süden zurück machen und ferner wieder auf die Mitte der Theilung gelangen, wofür die zweite Angabe des Stundenkreises zu nehmen ist. Je grösser diese beiden Elongationen gewählt werden, um so genauer wird der Mittelwerth, wie die für die Grösse p angefertigte Tabelle zeigt.

Sind die Bestimmungen des Anfangspunktes des Argumentes t für den Werth p in beiden Lagen des Declinationskreises gemacht worden, so muss Uebereinstimmung stattfinden, wenn nicht der Fehler in der Axenstellung i vorhanden ist. Andererseits erhält man zwei Angaben des Stundenkreises, die um die gleiche Grösse sich unterscheiden, wie jene durch das andere Niveau Ost-West bei Ermittlung desselben Fehlers gefundene, nur im Zeichen abweichend. Hiermit ist klar, dass mittelst des Nord-Süd Niveau allein und zwar ohne Umkehrung seiner Lage alle Fehler des Instrumentes sich finden lassen, bis auf den Indexfehler des Stundenkreises*). Um aber diesen durch dasselbe Niveau zu bestimmen, müssen jene Ablesungen des Stundenkreises für einen gleichen Ausschlag der Blase nach Norden auch in der anderen Stellung des Fernrohres also im Nadir wiederholt werden, vorausgesetzt dass der besprochene Congruenzfehler bekannt ist oder ermittelt werden kann. Dieser liesse sich als Abweichung des Winkels von 180° finden, welchen die Ablesungen des Declinationskreises für Objectiv im Zenith und Nadir ergeben sollen. Ist jedoch die Theilung des Kreises für diesen Zweck nicht fein genug, so wird dieses Verfahren nicht zu brauchen sein, sondern man hat die angegebene Beobachtungsmanipulation auch für die Umkehrung des Niveau noch einmal zu machen. Ein Beispiel mit allen Einzelheiten für die Methode, durch das Meridianniveau allein die Fehler des Apparates zu ermitteln, halte ich für überflüssig, wäble dagegen die Aufführung einiger Beobachtungen für die Stundenkreiseinstellung, welche der im letzten Abschnitte gegebenen Bestimmung der Danziger Polhöhe zur Grundlage gedient haben.

Die Einstellungen des Stundenkreises für die Horizontalstellung des Nord-Süd-Niveau wurden in jeder der beiden Lagen des Declinationskreises dreimal gemacht und ergaben folgende Zahlen:

1872. Juli 4.

D.-Kr. Ost.	D.-Kr. West.
23 ^h 47 ^m 58 ^s	23 ^h 44 ^m 24 ^s
0 6 52	0 10 38
23 47 58	23 44 24
0 6 52	0 10 38
23 47 58	23 44 22
0 6 54	0 10 38

*) Die Reflexionsbeobachtungen des Nadirs können diese Lücke ausfüllen.

Durch den Stundenschlüssel konnte mit Leichtigkeit jedesmal ein fast ganz gleicher Stand des Niveau erzielt werden, daher die Ablesung desselben und Einrechnung überflüssig sind. Der Mittelwerth der obigen sehr gut stimmenden Angaben heisst nun:

D.-Kr. Ost.	D.-Kr. West.
23 ^h 57 ^m 26 ^s	23 ^h 57 ^m 31 ^s
Mittel: 23 ^h 57 ^m 28 ^s	

Ein gleichzeitig angebrachtes Ost-West Niveau verhalf zur Ermittlung der oben durch t und t' bezeichneten Grössen:

D.-Kr. Ost.	D.-Kr. West.
23 ^h 57 ^m 7 ^s	23 ^h 57 ^m 3 ^s

Das hieraus sich ergebende Mittel $\frac{t + t'}{2}$ 23^h 57^m 5^s, welches dem Nullpunkt

des Stundenkreises entspricht, lässt im Vergleiche zu jenem Mittel 23^h 57^m 28^s erkennen, dass das Nord-Süd Niveau nicht genau die Meridianlage inne hatte. Zur Berechnung der für den angeführten Beobachtungstag gegebenen Grössen p aber müssen die obigen Daten 23^h 57^m 26^s und 23^h 57^m 31^s den beobachteten Stundenwinkeln in den betreffenden Kreislagen als Anfangszahlen dienen. Ist z. B. die Ablesung des Stundenkreises bei D.-Kr. West 23^h 48^m 0^s gewesen, so ergiebt unsere Tafel für das Argument 23^h 48^m 0^s — 23^h 57^m 31^s also 9^m 31^s, $p = 1' 24''$. 2. Die Grösse i aus dem halben Unterschiede der Beobachtungsgrössen für D.-Kr. Ost und West gefolgert, wird in dem einen Falle $+\frac{2^s.5}{\operatorname{tg} \varphi} = + 1^s 8$, im anderen $+\frac{2^s.0}{\operatorname{tg} \varphi} = + 1^s.4$ werden, da das Zeichen im ersten Falle in das entgegengesetzte zu verwandeln nöthig ist.

Zur Untersuchung des Werthes der Niveauthelle benutzt man die Relation der Ablesungen in den weitesten Grenzen des Ausschlages der Blase nach Norden und Süden zu den betreffenden Stundenkreisangaben. Zu diesem Zwecke stellt man den Stundenkreis abwechselnd auf denjenigen Stundenwinkel im Osten und Westen ein, welcher nahe zu gleichen recht nördlichen Angaben des Niveau entspricht und beobachtet auch die zwischenfallenden südlichsten Stände desselben. Zur Erläuterung führen wir die bezüglichen Beobachtungen vom 30. Juni 1872 an:

		D.-Kr. West.
N.-S. Niveau	Stundenkr.	
—7 ^p . 6	27 ^p . 8	0 ^h 4 ^m 44 ^s
29. 3	—8. 9	Merid.
—7. 6	28. 2	23 50 4
29. 3	—8. 7	M.
—7. 6	28. 2	0 4 46
28. 4	—7. 8	M.
—7. 8	28. 5	23 50 4
28. 6	—7. 8	M.
—7. 8	28. 5	23 50 0
28. 6	—7. 7	M.
—7. 4	28. 3	0 4 44
28. 2	—7. 2	M.
—7. 7	28. 6	0 4 46
27. 0	—6. 0	M.

Die Ausrechnung des Mittels dieser Angaben genügt und ergiebt:

$$\begin{array}{r|l} 0^h & 4^m & 45^s \\ 23 & 50 & 3 \end{array} \quad 23^h \ 57^m \ 24^s \text{ Merid. Lage.}$$

$$\underline{\quad 7 \quad 21 \quad}$$

halber Unterschied.

$$\begin{array}{r|l|l} -7^p. \ 64 & 28^p. \ 30 & 17^p. \ 97 \text{ nord} \\ 28. \ 49 & -7. \ 73 & 18. \ 11 \text{ süd} \end{array} \quad 36^p. \ 08 = 7^m \ 21^s \text{ (Stund. Winkel.)}$$

Aus unserer Tabelle folgt für $t = 7^m \ 21^s$ der Betrag $p = 50''.23$, also ist $1^p = 1''.39$.

Beiläufig ist noch zu bemerken, dass die Bestimmung des Werthes der Ablesetheile am Niveau in der Ost-Westlage in gleicher Weise mittelst der Stundenkreisangaben geschehen kann, wenn die Declinationsaxe des Instruments die Meridianlage erhält, das Fernrohr nach dem Pole und das Niveau nach dem Horizont gerichtet werden.

Da selbst an einem Apparat wie der unsrige mit minder feiner Kreistheilung ausserordentlich gute Resultate der Skalenwerthe gefunden werden können, so verdient dies Untersuchungsverfahren Empfehlung auch für die anderen Zwecke dienenden Niveaus; der parallactische Apparat ist daher ein zwecklicher Libellenprüfer.

Was endlich die in dem Ausdrücke für die Polhöhe φ angeführten Grössen q und q' betrifft, so ist zunächst das Azimut A , worauf diese Grössen fussen, durch den Ausdruck $A = f \sin \varphi$ im Abschnitt IV. definirt worden. Das nach dem Zenith gerichtete Fernrohr beschreibt nun um den Pol des Instrumentes gedreht einen Bogen, der mit dem um den wahren Pol beschriebenen Bogen vom Zenith aus immer weiter divergirt, je grösser der Stundenwinkel wird. Die beiden Bogen schliessen den Winkel A ein, und da die Grösse des einen $T \cos \varphi$ ist, wenn der Stundenwinkel durch T benannt wird, so folgt mit Vernachlässigung von Gliedern höherer Ordnung aus der Auflösung des von den Bogen und dem Stundenkreis begränzten Dreieck der Abstand beider Bogen im Stundenkreise, welcher die gewünschte Grösse ist, nämlich:

$$\begin{aligned} q &= A \sin T \cos \varphi & \text{oder} \\ q &= f \sin T \sin \varphi \cos \varphi \end{aligned}$$

Da die Bogen sich im Zenith durchkreuzen, so sind die Abstände q und q' für ein und denselben Stundenwinkel vor und nach der Culmination gleich gross, das Zeichen des einen aber wird das entgegengesetzte wie das des anderen. Unter dem in Rechnung zu ziehenden Stundenwinkel T hat man für die in Anwendung gekommene Declinationskreislage den Unterschied der zur Beobachtung des Sternes und des Meridianzeichens gehörigen Stundenkreisangaben zu verstehen, wenn die letztere um den Betrag f verbessert ist. Ein Beispiel wird zur Erklärung dienen. Die Stundenkreisangabe für die Mittelstellung des Instrumentes $\left(\frac{t+t'}{2}\right)$ war $57^m \ 6^s$; durch Beobachtung des Meridianszeichens wurde gefunden:

$$\begin{array}{ll} \text{D.-Kr. W.} & \text{D.-Kr. O.} \\ 57^m \ 56^s & 56^m \ 33^s \end{array}$$

also das Mittel beider $57^m \ 14^s.5 \left(= \frac{\tau + \tau'}{2}\right)$

Nun ist $f = -8^s.5$, folglich $A = -8^s.5 \sin \varphi = -6^s.9$. Die erste Stundenkreisablesung am 27. Mai 1872 bei D.-Kr. West $49^m 5^s$ ergibt daher mit Abzug der um $-8^s.5$ verbesserten Ablesung für das Meridianzeichen $57^m 47^s.5$ den Stundenwinkel $T = -8^m 42^s.5$. Die Ausrechnung führt zu dem Resultat:

$$q = +2''.3.$$

Hiermit kann die Discussion der für die Ermittlung der Polhöhe in Anwendung kommenden Correctionen für die obige Formel geschlossen werden.

Dass eine Verbesserung hinsichts der Refraction ausser Acht gelassen ist, hat seinen Grund in der unmerklich kleinen Quantität, welche bei Beobachtungen im Zenith auftreten, da der zenithale Abstand im Meridian durch das Fadenmicrometer nicht weiter als auf etwa $\frac{1}{2}^\circ$ gemessen werden könnte; doch dürfte noch eine Antwort auf die Frage, wie sich mit Erweiterung des Stundenwinkels die Refraction verhält, nöthig sein. Heisst in dem sphärischen Dreieck Pol, Zenith und Stern, der Winkel am Stern P , so ist:

$$\cotg P = \sin \varphi \operatorname{tg} \frac{T}{2},$$

wenn dieser Stern durch das Zenith geht. Für einen sehr grossen Werth von $T = 20^m$ wird der Winkel P 88° werden. Der Abstand des Sterns vom Zenith zu diesem Stundenwinkel beträgt etwa $3^\circ (= T \cos \varphi)$ daher die Refraction $3''$. Da nun der messende Faden des Micrometers einen Parallelkreis beschreibt, der Stern aber durch die Refraction in dem verticalen grössten Kreise um $3''$ gehoben wird, so ist der Abstand des Parallel- und Verticalkreises, deren Neigung zu einander $90^\circ - 88^\circ = 2^\circ$ ausmacht, in der Entfernung $3''$ von der Durchschnittsstelle beider aus $= 3'' \sin 2^\circ$ zu nehmen, welche Grösse als Correction unserer Formel zugefügt werden müsste. Diese beträgt jedoch nur $0''.1$. Daher kann von der Hinzurechnung der Refraction ganz abgesehen werden.

VI. Bestimmung der Polhöhe für Danzig.

Die durch das Bisherige erläuterte Methode ist im Jahre 1872 während der Zeit vom 14. Mai — 6. Juli recht oft an einem für die Polhöhenbestimmung Danzigs höchst günstigen Zenithstern, nämlich γ Ursae majoris erprobt worden. Sein Abstand vom Zenith zur Zeit der Culmination beträgt gegenwärtig etwa nur $3'$, daher der Stern mit dem Fadenmicrometer bequem zu verfolgen ist; auch ist er so hell, dass die Beobachtung immer bei Tageslicht angestellt werden konnte. Das Fernrohr hat eine Brennweite von $6\frac{1}{2}$ Fuss, die verwendete Vergrösserung war 80. Um bequem die Zenithbeobachtungen ausführen zu können wurde auf dem Oculardeckel ein unter dem Winkel von 45° gerichtetes versilbertes Spiegelchen befestigt. Das benutzte Fadenmicrometer besitzt die Einrichtung, dass mit zwei Micrometerschrauben im diametralen Stande die Entfernung vom Mittelfaden gemessen werden kann, welches die Bequemlichkeit gewährt, für jede der Declinationskreislagen bei der öfteren Umlegung mit den bezüglichen Schrauben eine weniger umfängliche und minder Zeit raubende Einstellung ausführen zu können, als bloss mit einer Schraube. In der Zeit vom 14. Mai — 12. Juni stellte sich bisweilen der Uebelstand ein, dass die Schlitten des Micrometerapparates, welche nicht mit der nöthigen

Sorgfalt construiert waren, nicht allein einen oder den anderen Faden etwas mitzogen, sondern auch gegenseitig sich hemmten. Durch öfteres Auseinandernehmen des Micrometers und Abschleifen der fehlerhaften Stellen habe ich dem genannten Uebel abzuhelfen gesucht; es ist dieses vollständig nach dem 12. Juni gelungen, so dass vom 19. Juni ab die Beobachtungen gänzlich frei von Fehlern dieser Art sind. Der Werth der Schraubenumgänge wurde in dem genannten Zeitraume mehrmals durch häufige Durchgänge des Polarsterns bei Tageszeit ermittelt, während eine Temperatur von $+18^{\circ}$ bis $+20^{\circ}$ R. in dem Beobachtungsraume herrschte. Da zur Zeit der Beobachtungen des Zenithsternes ungefähr dieselbe gleichmässige Wärme (nicht unter 15°) statthatte, auch eine Differenz im Werthe beider Schrauben nicht gefunden wurde, und keine wesentliche Ungleichheit im Schraubengange sich zeigte, so ist der mittlere Werth des in 100° getheilten Schraubenumganges $= 26''.032$ zur Reduction der Beobachtungen verwendet worden.

Das zu unserer Polhöhenbestimmung gebrauchte Niveau war ein von der Firma Ertel in München für das Passageninstrument mit gebrochenem Rohre neu bezogener Apparat, welcher durch Glasverschluss und Verkleidung mit einem schlechten Wärmeleiter gegen unmittelbare Temperatureinflüsse geschützt ist. Der Winkelwerth seiner Theilung ist auf drei Wegen ermittelt worden. Der erste im vorigen Abschnitte mitgetheilte wurde am parallactischen Apparate selbst verfolgt, und ergab $1^{\circ} = 1''.38$. Auf dem zweiten Wege, wie ihn gewöhnlich die practische Astronomie behandelt, war durch Benutzung der mit einer Theilung versehenen Fusschraube des Passageninstrumentes der Werth $1^{\circ} = 1''.376$ ermittelt worden. Endlich habe ich noch einen dritten Weg eingeschlagen, der ganz besonders deswegen empfohlen zu werden verdient, weil er von der dem vorigen Verfahren eigenen hypothetischen Voraussetzung, dass der Schraubengang des Fusses regelmässig ist, sich befreit. Das gebrochene Fernrohr wird aus dem Lager genommen und mit der Kreisseite auf den massiven Untersatz gestellt, so dass der Kreis in den Horizont und die Richtung des Fernrohres in die der Axe angehörigen Lager fällt. Diese Aufstellung kann durch einige Unterlagen noch gesichert werden. Man sieht jetzt in das Rohr, als wollte man eine Nadirbeobachtung machen, und stellt durch Aenderung der Unterlage des Rohres, wozu ein keilförmiges Hölzchen benutzt werden kann, einen der horizontalen Passagefäden auf ein entferntes Object ein; dazu merkt man sich den Stand der unter einem der Lager sich befindenden Fusschraube, ändert nun nichts mehr an dem Rohre, wohl aber an der Fusschraube so viel, bis das Object an den zweiten oder einen ändern beliebig ausgewählten Faden gelangt und notirt wiederum den bezüglichen Stand der Fusschraube. Da der Abstand der beiden zur Beobachtung verwendeten Fäden im Winkelwerth sehr genau am Passageninstrument bestimmt ist, so entspricht dieser Winkel dem Quantum des gemachten Schraubenganges; legt man nun das Rohr wieder ins Lager, setzt das Niveau auf und beobachtet in bekannter Weise, wie viel Theile desselben auf jene Schraubenumdrehung kommen, so erhält man ein genaues Resultat für den Werth eines Theiles. Auch dieses Verfahren ergab den Winkelwerth nahe zu $= 1''.38$. Da übrigens die schon aufgeführten Extreme in der Temperatur während der Zenithbeobachtungen den

im Mittel gefundenen Werth von $1''.38$ äusserst wenig alterirten, auch die Verschiedenheit der Blasenlänge, wie sie durch Zu- oder Ablass von Flüssigkeit vermöge des Nebenbehälters der Libelle entstanden ist, keinen merklichen Einfluss auf den Skalenwerth äusserte, so ist derselbe durchweg bei der Reduction der Beobachtungen zu Grunde gelegt worden.

Die Befestigung des Niveau nahe zu der Mitte des mahagonifournirten Robres am parallactischen Apparate geschah in folgender einfacher Weise. Ein Holzstück dem Rohrealiber genau entsprechend ausgedreht und nach der Axe durchgeschnitten, wurde mit den beiden Hälften um das Rohr gelegt und durch hölzerne Schrauben zusammengeschraubt. Eine der Hälften trug zwei halbkreisförmige Lager zur Aufnahme des Niveau mit seiner Fassung, und zwei darüber passende halbkreisförmige Stücke schlossen durch den Anzug dazugehöriger Holzschrauben dasselbe fest. Mitteltst Einschubs eines keilförmigen Holzes zwischen einen der beiden Träger des Niveau konnte dieses etwas erhöht oder gesenkt werden. Die grobe Einstellung im Azimut erfolgte durch Umdrehen des ganzen umgebenden Holzstückes, eine feinere aber einfach dadurch, dass die die Hälften zusammenhaltenden Schrauben auf einer Seite gelüftet und auf der entgegengesetzten angezogen wurden. Wenngleich diese Einrichtung von Holz einen primitiven Character an sich trägt, so hat sie doch dem Zwecke einer unveränderten Haltung des Fernrohres zum Niveau während der Unlegung recht gut entsprochen, wie das Beobachtungsjournal und die Resultate beweisen.

Die Stundenkreisangaben, welche den beobachteten Stundenkreisablesungen als Anfangszahlen für die Erfindung der Grösse p gelten, sind zu beiden Declinationskreislagen jedem Beobachtungstage am Schlusse zugefügt. Jene Anfangsangaben des Stundenkreises können keine Uebereinstimmung durchweg zeigen, da der Holzring nicht ohne Abänderung die ganze Zeit hindurch dem Fernrohre belassen, auch öfter an dem Niveauträger geschraubt wurde. Für den Unterschied zwischen D.-Kr. W. und O. aber ist 5^s als Mittelwerth aus allen sehr gut übereinstimmenden Untersuchungen dieser Art immer zu jedem Tage angesetzt worden.

Da das Fernrohr in seiner Wiege bei Beginn der Beobachtungsreihe nicht fest genug sich verhielt, so wurde untergefüttert; bei dieser Operation ist der Collimationsfehler freilich sehr gross ausgefallen, was jedoch auf die Resultate keinen Einfluss übt; später wurde durch Abfeilen an der Wiege selbst dieser Fehler bis zum verschwindenden Betrage heruntergebracht. Am 12. Juni beginnen die Beobachtungen mit richtigtem Apparat. Ich muss bemerken, dass die Stundenkreisangaben der Beobachtungen verbessert durch die Zeit des Chronometers, zu welcher die Einstellung des Sternes vorgenommen wurde, aufgeführt sind.

Die Zeit zwischen zwei Beobachtungen bei Declinations-Kreis West und Ost ist je nach Gunst der Umstände geringer oder grösser ausgefallen, bisweilen glückte es in weniger als 3^m fertig zu werden. Man ersieht diesen Zwischenraum der Zeit im ersten Theil des Journals undeutlich, da der Collimationsfehler sich geltend macht. Gewöhnlich wurde der Stundenkreis auf volle oder auch halbe Minuten eingestellt, und zwar so viel Zeit nach dem

Chronometer voraus, als ich ungefähr brauchte, das Fernrohr zu richten, damit das Niveau nahe zu einspielt. Dann sah ich durch das Rohr, zählte die Sekunden mit, stellte den Micrometerfaden allmählig dem Stern nach und vollendete die genaue Einstellung zur Zeit der Passage durch den Stundenfaden, worauf ich diese Zeit, den Micrometerstand und die schliessliche genaue Niveauablesung notirte. Dann ging es mit Eile an die Umlegung und eine neue Stundenkreiseinstellung.

Das Azimut des Instrumentes ist während der ganzen Zeit constant geblieben, welches die öfteren Beobachtungen des Meridianzeichens zeigten. Es reicht aus für die Berechnung der aufgeführten Grösse q den Mittelwerth $A = -6^{\circ}.9$ zu Grunde zu legen.

Das Vorstehende wird genügen, das Beobachtungs- und Rechnungsmaterial ohne weitere Erklärung folgen zu lassen.

1872 Mai 14.

D.-Kr.	St.-Kr.	Mier.	Niv.		m.		w.	p.	q.	m - w + p + q	
W	52 ^m 3 ^s	15 ^r 10 ^p	17 ^p .5	1 ^p .0	6 ⁱ	33 ⁱ .1	-11 ⁱ .4	25 ⁱ .5	1 ⁱ .5	7 ⁱ	11 ⁱ .5
O	53 58	0 0	18.5	0.1	0	0.0	12.7	9.7	0.5	-0	2.5
W	0 58	15 91	14.1	4.6	6	54.2	-6.5	12.6	-0.8	7	12.5
O	3 6	-1 45	4.1	14.7	-0	37.7	-7.3	32.4	-1.8	0	0.2
Kr. W. 57 ^m 17 ^s		Kr. O. 57 ^m 12 ^s									
										3 35.3	

Mai 15.

W	54 58	17 56	20.4	1.0	7	37.1	-13.4	5.0	0.8	7	56.3
O	58 19	-1 29	22.9	-1.4	-0	33.6	16.8	1.2	-0.5	-0	49.7
Kr. W. 57 ^m 17 ^s		Kr. O. 57 ^m 12 ^s									
										3 33.3	

Mai 16.

W	53 58	15 96	9.7	10.0	6	55.5	0.3	10.2	0.8	7	6.2
O	55 54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
W	2 52	15 24	11.4	8.6	6	36.7	-1.9	29.0	-1.2	7	6.4
O	4 57	-2 20	9.5	10.6	-0	57.3	-0.8	55.9	-2.3	-0	2.9
Kr. W. 57 ^m 17 ^s		Kr. O. 57 ^m 12 ^s									
										3 31.7	

Mai 19.

O	51	58	-0	94	11.7	6.4	-0	24.5	3.7	25.5	1.0	-0	1.7
W	59	1	16	15	17.3	1.3	6	59.2	-11.0	2.8	-0.2	7	12.8
O	1	5	-1	0	6.1	12.2	-0	26.0	-4.3	14.0	-1.3	-0	9.0
W	7	28	13	32	3.7	14.8	5	46.8	7.7	1 ⁱ 36.4	-2.4	7	13.1
Kr. W. 57 ^m 17 ^s Kr. O. 57 ^m 12 ^s												3	33.8

Mai 21.

W	51	59	16	76	17.1	3.1	7	16.3	-9.7	26.1	1.6	7	53.7
O	54	0	-1	85	11.3	9.1	-0	48.2	1.5	9.5	0.5	-0	39.7
W	0	37	17	53	13.6	6.8	7	36.3	-4.7	10.3	-0.6	7	50.7
O	2	1	-2	84	-2.3	22.7	-1	13.9	-17.3	21.6	-1.5	-0	36.5
Kr. W. 57 ^m 17 ^s Kr. O. 57 ^m 12 ^s												3	37.0

Mai 25.

W	54 28	18 67	6.6	14.8	8	6.0	5.7	7.4	0.9	8	8.6
O	55 55	-2 16	6.7	14.8	-0	56.2	-5.6	1.5	0.0	-0	49.1
W	1 57	18 26	1.7	19.7	7	55.3	12.4	20.2	-1.0	8	2.1
O	3 4	-3 32	9.6	12.1	-1	26.4	-1.8	32.0	-1.8	-0	54.4
W	8 3	14 78	4.4	17.2	6	24.7	8.8	1 47.8	-2.6	8	1.1
O	8 56	-7 57	-1.6	23.2	-3	17.1	-17.1	2 8.0	-3.3	-0	55.3
Kr. W. 57 ^m 17 ^s Kr. O. 57 ^m 12 ^s										3	35.5

Mai 28.

June 12.

Juni 19.

June 20.

June 21.

Juni 22.

June 24.

W	51	27	14	90	29.4	-12.2	6	27.9	-28.7	36.1	1.5	7	34.2
O	55	59	-0	56	12.2	4.9	-0	14.6	5.1	2.4	0.3	-0	17.0
W	59	56	17	37	3.2	14.1	7	32.2	7.6	4.7	-0.4	7	28.9
O	4	2	-1	56	14.8	2.3	-0	40.6	8.7	38.5	-1.8	-0	12.6
Kr. W.	57 ^m	41 ^s	Kr. O.	57 ^m	36 ^s							3	38.4

Juni 25.

D.-Kr.	St.-Kr.	Mic.	Niv.	m	w	p	q	m—w+p+q
W	49 ^m 18 ^s	7 ^r 48 ^p	21 ^r 7 —9 ^p 6	3 ⁱ 14 ^u 7	—23 ^u 7	1 ⁱ 4 ^u 6	2 ^u 0	4 ⁱ 45 ^u 0
O	54 1	5 38	9.5 5.5	2 20.1	2.8	11.6	0.8	2 29.7
W	56 59	11 3	5.7 9.6	4 47.1	2.8	0.4	0.0	4 44.7
O	1 3	4 88	—2.2 17.5	2 7.0	—13.7	11.4	—1.0	2 31.1
W	4 0	9 23	15.0 0.4	4 0.3	—10.1	37.7	—1.8	4 46.3
O	8 1	1 72	2.3 13.0	0 44.8	—7.5	1 41.9	—2.8	2 31.4
Kr. W.	57 ^m 38 ^s	Kr. O.	57 ^m 33 ^s					3 38.0

Juni 27.

W	50 0	1 11	7.9	11.3	0 28.9	2.3	52.5	1.8	1 20.9
O	54 1	12 86	4.6	14.5	5 34.8	-6.9	10.9	0.8	5 53.4
W	57 59	3 55	-1.7	20.6	1 32.4	15.5	0.2	-0.2	1 16.9
O	2 1	13 34	15.0	4.0	5 47.2	7.6	19.5	-1.2	5 57.9
W	6 0	0 41	9.2	9.7	0 10.7	0.4	1 6.9	-2.3	1 14.9
O	9 1	9 39	12.1	7.0	4 4.4	3.6	2 4.8	-3.1	6 2.5
Kr. W.	57 ^m 31 ^s	Kr. O.	57 ^m 26 ^s						3 37.8

Juni 28.

W	47 59	5 11	19.0	-0.9	2 13.0	-13.8	1 20.4	2.4	3 49.6
O	52 0	6 45	-1.5	19.5	2 47.9	-14.5	25.2	1.3	3 28.9
W	55 59	8 49	12.1	6.0	3 41.0	-4.3	1.6	0.0	3 46.9
O	0 1	7 73	8.9	9.1	3 21.2	-0.1	7.3	-0.7	3 27.9
W	4 0	7 15	9.2	8.8	3 6.1	-0.3	42.0	-1.8	3 46.6
O	7 32	3 90	-0.7	18.8	1 41.5	-13.5	1 33.3	-2.7	3 25.6
Kr. W.	57 ^m 17 ^s	Kr. O.	57 ^m 12 ^s						3 37.6

Juni 30.

W	3 7	7 16	-8.3	28.3	3 6.4	25.3	1 30.4	-1.5	3 10.0
O	6 36	7 10	22.3	-2.2	3 4.8	17.0	1 20.1	-2.5	4 5.4
Kr. W.	57 ^m 24 ^s	Kr. O.	57 ^m 19 ^s						3 37.7

Juli 1.

W	48 0	5 99	15.2	10.0	2 35.9	-3.6	1 20.4	2.4	4 2.3
O	51 1	5 43	4.6	20.2	2 21.4	-10.8	35.7	1.6	3 9.5
W	53 59	9 24	5.4	19.6	4 0.5	9.8	10.2	0.8	4 1.7
O	4 8	5 20	1.0	24.2	2 15.4	-16.0	44.5	-1.8	3 14.1
W	9 57	4 57	-1.7	26.7	1 59.0	19.6	2 28.8	-3.3	4 4.9
Kr. W.	57 ^m 18 ^s	Kr. O.	57 ^m 13 ^s						3 37.4

Juli 2.

W	48 39	1 65	25.3	-4.7	0 43.0	-20.7	1 14.5	2.2	2 20.4
O	51 57	10 41	15.2	5.4	4 31.0	6.8	28.8	1.3	4 54.3
W	55 3	4 54	20.3	0.3	1 58.2	-13.8	6.1	0.5	2 18.6
O	57 58	11 33	8.3	12.2	4 54.9	-2.8	0.2	-0.2	4 57.7
W	0 56	4 66	13.0	7.6	2 1.3	-3.7	10.3	-0.9	2 14.4
O	3 57	10 20	13.3	7.3	4 25.5	4.1	38.5	-1.8	4 58.1
Kr. W.	57 ^m 36 ^s	Kr. O.	57 ^m 31 ^s						3 37.2

Juli 4.

W	48 0	7 58	7.6	14.3	3 17.3	4.7	1 24.2	2.4	4 39.2
O	51 3	4 26	8.9	12.9	1 50.9	-2.8	37.9	1.6	2 33.2
W	54 1	10 17	12.0	9.9	4 24.1	-1.5	11.4	0.8	4 37.8
O	57 1	6 60	24.8	-3.0	2 51.8	19.2	0.2	0.0	2 32.8
W	1 59	10 11	8.8	13.1	4 23.2	3.0	18.6	-1.2	4 37.6
O	5 20	4 37	22.1	-0.5	1 53.8	15.6	58.0	-2.1	2 34.1
Kr. W.	57 ^m 31 ^s	Kr. O.	57 ^m 26 ^s						3 35.8

Juli 6.

W	47 57	5 72	9.1	14.2	2 28.9	3.6	1 17.8	2.4	3 45.5
O	51 4	6 78	15.3	8.0	2 56.5	5.1	32.9	1.6	3 25.9
W	54 59	8 70	7.5	15.6	3 46.5	5.7	4.2	0.5	3 45.5
O	57 59	8 31	20.2	3.0	3 36.3	11.9	0.9	-0.2	3 25.1
W	0 59	8 0	15.1	8.1	3 28.3	-4.8	14.0	-1.0	3 46.1
O	4 0	6 17	9.1	14.0	2 40.6	-3.4	45.3	-1.8	3 27.5
W	7 1	5 29	11.4	11.8	2 17.7	0.3	1 31.4	-2.6	3 46.2
O	10 2	1 73	3.0	20.2	0 45.0	-11.9	2 37.5	-3.4	3 31.0
Kr. W.	57 ^m 6 ^s	Kr. O.	57 ^m 1 ^s						3 36.6

Die letzte Columne enthält die ausgerechneten Werthe für den Ausdruck $m - w + p + q$. Der Mittelwerth aller dieser für die beiden Kreislagen ist zu jedem Beobachtungstage als diejenige Schlusszahl angegeben, welche in der Endformel für die Polhöhe φ in Betracht kommt. Bei der ersten Untersuchung dieser Art habe ich von einer genaueren Berechnung abgesehen, namentlich hinsichtlich des eigentlich zu bedenkenden verschiedenen Gewichtes der Beobachtungen, weil diese manchmal überhaupt noch ziemliche Unebenheiten erblicken liessen. Dass eine grössere Uebereinstimmung erreicht werden kann, halte ich für zweifellos, da ich Grund habe, jene Ungleichheiten nicht der Befestigungsweise des Niveau, sondern einer unserem Instrumente eigenthümlichen Fehlerquelle zuzuschreiben, welche von dem Schlottern der Declinationsaxe und der nicht gut construirten Aequilibrirung des Apparates herrührt.

Es folgt schliesslich die Zusammenstellung der Resultate für φ , wie sie aus den nach dem Berliner astron. Jahrbuche genommenen scheinbaren Declinationen δ hergeleitet sind.

1872.	δ	$m - w + p + q$	φ	Δ
Mai 14	54° 24' 33.8	3' 35.3	54° 26' 58.5	1.40
15	33.9	33.3	60.6	-0.70
16	34.1	31.7	62.4	-2.50
19	34.6	33.8	60.8	-0.90
21	34.8	37.0	57.8	2.10
25	35.2	35.5	59.7	0.20
27	35.5	36.1	59.4	0.50
28	35.6	34.8	60.8	-0.90
Juni 12	36.6	37.5	59.1	0.80
19	36.7	38.9	57.8	1.05
20	36.7	38.2	58.5	0.35
21	36.6	38.8	57.8	1.05
22	36.6	35.8	60.8	-1.95
24	36.6	38.4	58.2	0.65
25	36.5	38.0	58.5	0.35
27	36.5	37.8	58.7	0.15
28	36.4	37.6	58.8	0.05
30	36.3	37.7	58.6	0.25
Juli 1	36.3	37.4	58.9	-0.05
2	36.2	37.2	59.0	-0.15
4	36.0	35.8	60.2	-1.35
6	35.9	36.6	59.3	-0.45

Die Beobachtungen — 12. Juni ergeben als Mittelwerth $\varphi = 54^\circ 20' 59''.90$, die Beobachtungen der zweiten Abtheilung $\varphi = 54^\circ 26' 58''.85$. Zugefügt sind die Abweichungen Δ vom Mittel. Die — 12. Juni mit uncorrectem Micrometer gemachten Bestimmungen übergehend, sehe ich die letzte Zahl für φ als das Endresultat unserer Untersuchung an, und finde mit Berücksichtigung der kleinen Declinationsänderung von γ Ursae maj. nach dem neuerdings erschienenen Verzeichniss der Pulkowaer Hauptsterne:

$$\varphi = 54^\circ 20' 58''.47 \pm 0''.16 \text{ (w. F.)}$$

Da die Beobachtungsstelle, der Thurm des Hauses der naturforschenden Gesellschaft, nach dem neuen Plane der Stadt Danzig von der Navigationsschule um die Meridian-Coordinate 1891 Rh. F. nach Süd absteht, nahe zu 98.5 Rh. F. aber einer Bogensekunde dieses Breitenunterschiedes entsprechen, so wird der reducirte Ort der Navigationsschule $54^\circ 21' 17''.67$ sein, welcher mit der gewöhnlichen Angabe $54^\circ 21' 18''.0$ (Berlin. astr. Jahrb.) fast ganz übereinstimmt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften der Naturforschenden Gesellschaft Danzig](#)

Jahr/Year: 1873

Band/Volume: [NF_3_2](#)

Autor(en)/Author(s): Strehlke F.

Artikel/Article: [Das Niveau in neuer und erweiterter Anwendung für astronomische und geodätische Zwecke. 1-28](#)