

Direkte Polhöhenbestimmung für Stuttgart.

Von Prof. Dr. E. Hammer, Stuttgart.

(Die Durchführung der Beobachtungen und Rechnungen, vgl. § 3 bis 5, war vom Verf. Herrn Hilfslehrer **Haller** an der Technischen Hochschule übertragen.)

§ 1. Einleitung.

Eine feinere direkte („astronomische“) Bestimmung der Polhöhe scheint in Stuttgart bisher nicht ausgeführt worden zu sein, jedenfalls nicht in den letzten Jahrzehnten; von † Professor v. ZECH wurde mir s. Z. mitgeteilt, dass von ihm oder seinen Schülern eine solche Messung nicht gemacht worden sei, ebenso sind, seit der Verfasser an der Technischen Hochschule den Unterricht in geographischer Orts- und astronomischer Zeitbestimmung übernommen hat, nur in den Übungen durch die Studierenden Polhöhenbestimmungen mit kleinen tragbaren Instrumenten ausgeführt worden, deren Genauigkeit im äussersten Fall zu 1'' bis 2'' ermittelt wurde. Ob die Polhöhe, die die *Connaissance des Temps* (in ihrer Sammlung weniger genauer geographischer Koordinaten) angiebt, z. B. im Jahrgang 1902

Stuttgart, Stiftskirche, $48^{\circ} 46' 36''$

(MEMMINGER 1848)

auf einer direkten Messung beruht oder nicht vielmehr ebenfalls auf geodätischer Übertragung von Tübingen her, wie die Zahl, die in KOHLER (Landesvermessung des Königreichs Württemberg, Stuttgart 1858, S. 331) nach BOHNENBERGER angegeben wird:

Stuttgart, Stiftskirche, Breite = $48^{\circ} 46' 36,92''$;

(vgl. über diese Zahl auch unten in § 8), ist mir nicht bekannt.

In der Technischen Hochschule ist auch gar kein Punkt vorhanden, auf dem eine genügende direkte Polhöhenbestimmung möglich wäre; die Pfeiler auf der Plattform am Südenende des Hauptgebäudes haben für jede feinere Messung zu geringe Standfestigkeit

und andere allenfalls in Betracht kommende Punkte zeigen andere Übelstände, z. B. gehen vom Pfeiler im Hof aus die Zielungen nach S. und nach N. in ganz kurzen Entfernungen über Dächer und Schornsteine weg.

Als infolge des Neubaus eines Flügels der Technischen Hochschule an der Keplerstrasse die ohnehin mit Rücksicht auf die lokalen Verhältnisse notwendig gewordene Versetzung des fest aufgestellten Passagen-Instruments nicht länger verschoben werden konnte, liess ich auf dem durch den Staat erworbenen Grundstück Parzelle 8051 am Hauptmannsreuteweg, etwas südlich und westlich vom neuen Passageninstrumentenhaus, 1899 einen festen Pfeiler bauen, auf dem nun die im folgenden mitgeteilte Messung von Herrn Hilfslehrer HALLER ausgeführt worden ist.

§ 2. Methode und Instrumente.

Als Methode wurde die auch auf den Punkten meines „Astronomischen Nivellements durch Württemberg, etwa entlang dem Meridian $9^{\circ} 4'$ östlich von Greenwich“¹⁾ benützte gewählt: Circummeridianzenitdistanzen nach Nord und nach Süd, in ungefähr gleichen Zenitabständen zur Elimination der Fernrohrbiegung (und etwaiger Refraktionsstörungen); dabei sind ferner die periodischen Fehler der Höhenkreisteilung durch die Anordnung der Ablesungen auf dem Kreis zu eliminieren.

Als Nordstern wird der Polarstern benützt, der zu jeder beliebigen Zeit genügend in Circummeridianstellung sich befindet (grösste Digression in unserer Breite $< 2^{\circ}$), als Südsterne sind Sterne ausgewählt, die in ungefähr derselben Höhe kulminieren: bei der Polhöhe von rund $48^{\frac{3}{4}}{}^{\circ}$, Äquatorhöhe $41^{\frac{1}{4}}{}^{\circ}$ wären, da die Poldistanz von Polaris jetzt etwa $1^{\frac{1}{4}}{}^{\circ}$ beträgt, die in Betracht kommenden Südsterne, wenn ziemlich genau auf gleiche Höhen von Polaris und Südstern zu achten wäre, solche, die zwischen $41^{\frac{1}{4}}{}^{\circ} + 1^{\frac{1}{4}}{}^{\circ}$ und $41^{\frac{1}{4}}{}^{\circ} - 1^{\frac{1}{4}}{}^{\circ}$ oder zwischen $42^{\frac{1}{2}}{}^{\circ}$ und 40° Zenitdistanz kulminieren oder Deklinationen zwischen $+ 8^{\frac{3}{4}}{}^{\circ}$ und $+ 6^{\frac{1}{4}}{}^{\circ}$ haben. Es sind jedoch auch Sterne mit Deklinationen genommen, die mehrere Grade über diesen Rahmen hinausgehen, weil es auf ziemlich genau gleiche Höhen nach Nord und nach Süd wenig ankommt, vielmehr Näherung auf einige Grade ausreicht, um doch noch genügend den Einfluss der Durchbiegung des Fernrohrs zu eliminieren.

¹⁾ Gegenwärtig (Ende Dezember 1900) im Druck; wird 1901 erscheinen.

Es sind ausschliesslich Berliner Jahrbuch-Sterne benützt und ihre scheinbaren Positionen sind, wie gleich hier bemerkt sein mag, ohne weitere Korrektion (auch für den Polarstern) dem Berliner Jahrbuch entnommen.

Als Instrument zu dieser Messung stand nur ein 8zölliger Höhenkreis zu Gebot, der des BREITHAUPT'schen Universals der geodätischen Sammlung der K. Technischen Hochschule. Das Instrument ist 1895 angeschafft und im Inventar dieser Sammlung (Lit. C) unter A. f. 15 eingetragen; da es in der schon oben citierten unmittelbar bevorstehenden Veröffentlichung über das (erste) „Astronomische Nivellement durch Württemberg“ genau beschrieben ist, so mögen hier folgende Hauptangaben genügen:

Höhenkreis $20\frac{1}{2}$ cm Durchmesser (Horizontalkreis 22 cm) in $1/12^{\circ}$ direkt geteilt, Teilstriche mit Spitzen zur Einstellung des Mikroskopdoppelfadens versehen; Rohablesung an einem Index; Feinablesung durch 2 Mikroskope, deren Trommeln mit Strichen von 2" zu 2" versehen sind, so dass am besten mit Abrundung auf 1" abgelesen wird.

Der Höhenkreis ist auf der Kippaxe verdrehbar angebracht, so dass ihm jede beliebige Lage des Teilungsnullpunkts gegeben werden kann, in der er dann durch starkes Anziehen einer Mutter festzuhalten ist. Diese Einrichtung ist bekanntlich notwendig mit Rücksicht auf die Elimination der periodischen Teilungsfehler.

Die Teilungsfehler des Höhenkreises sind nicht untersucht; es darf aber auch hier nicht verschwiegen werden, dass die Spitzenteilung des Kreises zu wünschen übrig lässt. Auch die Schraubenfehler der Mikroskope sind nicht untersucht, übrigens genügend klein, um mit den übrigen Messungsfehlern zusammengeworfen zu werden.

Die (hier wenig in Betracht kommende) Axenlibelle hat $3,15''$ Empfindlichkeit; die Höhenlibelle, von deren Güte die Genauigkeit der Zenitdistanzmessung unmittelbar (ebenso unmittelbar wie von der Kreisteilung) abhängig ist, hat $2,68''$ Empfindlichkeit. Diese Zahl ist unten zur Reduktion der Ablesungen am Kreis benützt. Verhältnismässig sehr grosse Änderungen der Temperatur sind ohne nennenswerten Einfluss auf die Empfindlichkeit der Libelle, die überhaupt in jeder Beziehung ausgezeichnet genannt werden darf.

Von den übrigen Einrichtungen an dem Instrument sind hier noch folgende zu nennen: Fernrohr excentrisch am einen Ende der Kippaxe, Fokus rund 40 cm, Öffnung 40 mm; das durchaus verwendete Okular giebt rund 40fache Vergrösserung. Der Polarstern

ist Ende September, wo er von der Sonne rund um einen Quadranten absteht, bei guter Luft nicht selten auch über Mittag mit dem Fernrohr zu sehen.

Als Beobachtungsuhr diente das nach M. Z. regulierte Boxchronometer von KUTTER in der astronomischen Sammlung der K. Technischen Hochschule (im Inventar der Sammlung, Lit. DD, mit A. d. 7 bezeichnet).

An Bestimmungen der Uhrkorrektion Δu über die Zeit der Messung ist nicht gespart, vgl. die Zusammenstellung in § 5 vor der Zusammenstellung der Messungen und ihrer Reduktion. Die Messungen zur Bestimmung von Δu sind sämtlich mit dem in besonderem Haus fest aufgestellten grossen Durchgangsinstrument von PISTOR und MARTINS ausgeführt (11 Fäden), stets mit vollständiger Bestimmung der Instrumentenkorrekturen i , c , k , wobei i sehr häufig mit der Libelle von $3,84'' = 0,256^s$ Empfindlichkeit direkt gemessen ist und stets ein Polstern nebst mehreren Zeitsternen benützt ist.

Für die Beurteilung des Uhrgangs aus den Δu ist noch zu bemerken, dass die Uhr zwischen dem ersten und zweiten Teil der Messung am 7. und 13. September in die Technische Hochschule zurückgebracht und wieder nach dem Beobachtungsort getragen wurde (Entfernung 1,8 km bei z. T. ziemlich steilem, wenn auch gutem Weg). Vom 6. auf 7. und vom 13. auf 14. September blieb die Uhr im Passageninstrumenthäuschen.

Die kleinen Instrumente und Gerätschaften zu beschreiben, ist überflüssig, es genügt die Bemerkung, dass zur Bestimmung der Refraktion die Luftdrücke mit Hilfe eines DARMER'schen Heberbarometers (Inv. C, Geod. Sammlung, A. n. 31) und die Lufttemperaturen mit Hilfe eines Normalthermometers und mehrerer Schleuderthermometer bestimmt sind. Für alle diese Instrumente waren die Korrekturen zur Zurückführung ihrer Angaben auf Normalinstrumente bekannt.

§ 3. Die Beobachtungen.

Der Standpunkt aller im folgenden mitzuteilenden Beobachtungen ist, wie oben im § 1 angedeutet ist, der Pfeiler

25,4 m südlich und 4,5 m westlich vom Mittelpunkt des neu aufgestellten festen Passageninstruments.

Sowohl für die Bestimmung der Ortszeit, als bei der Ausführung der Zenitdistanzmessungen für die Polhöhe ist die Auge- und

Ohrmethode verwendet. Bei den Bestimmungen von Δu sind ganze ^s der Boxchronometer-Angabe gezählt, die Zehntel bei dem Fadenantritt der Südsterne geschätzt. Weiteres über die Zeitbestimmungen s. §§ 4 und 5.

Bei den Zenitdistanzbeobachtungen ist im allgemeinen der Stern mit dem einen Faden auf eine gezählte ganze ^s biseciert. Der Abstand der zwei Horizontalfäden an dem Instrument ist zu gross, als dass man im allgemeinen einen feineren Stern in die Mitte der Fäden genügend scharf einstellen könnte; es ist besser, das Sternbildchen durch den Faden zu halbieren. Bei allen Einstellungen ist stets ein und derselbe Horizontalfaden (also nicht abwechselungsweise beide) benützt.

In jedem Fall, beim Polstern sowohl als bei jedem Südstern, sind rasch nacheinander 8 Einstellungen des Sterns gemacht, vier in der I., vier in der II. Fernrohrlage. Zur Unterscheidung der beiden Lagen ist, da der Höhenkreis sich nahezu in der Mitte der Alhidade befindet, die Lage des Fernrohrs (rechts und links) benützt.

In jedem solchen Satz von 8 Einstellungen (4 in I, 4 in II) ist beim Polarstern zweimal durchgeschlagen, nämlich die Fernrohrlagenfolge

W. W., O. O. O. O.; W. W. oder
O. O.; W. W. W. W.; O. O.

genommen, um über die Genauigkeit Aufschluss zu erhalten, mit der beim Durchschlagen der Zenitpunkt des Kreises seine Lage beibehält. Bei den Südsternen ist nur einmal durchgeschlagen, also die Fernrohrlagenfolge z. B.

W. W. W. W.; O. O. O. O.

Unmittelbar nach jeder Einstellung eines Sterns ist der Stand der Enden der Höhenlibellenblase gegen die Libellenteilung abgelesen, sodann die zwei Mikroskope. Bei diesen ist stets sowohl der vorhergehende Strich der Kreisteilung (‘ und ‘’) als der folgende (‘’) eingestellt.

Zwei solche Sätze, der eine nach Polaris, der andere kurz vorher oder kurz nachher nach einem ungefähr in derselben Höhe kulminierenden Südstern, im Azimut bis zu 6° vom Meridian entfernt genommen, bilden einen Gesamtsatz. Die Kombination zweier solcher Messungen hat, wie schon oben angedeutet ist, den Zweck, einmal die Biegung des Fernrohrs zu eliminieren oder die Konstante dieser

Durchbiegung zu bestimmen, sodann aber auch den, Refraktionsanomalien zu eliminieren, soweit wenigstens diese Störungen für dieselbe Höhe in allen Azimuten denselben Betrag haben. Beide Fehlerinflüsse sind für dieselbe Zenitdistanz nach N. und nach S. gleich gross, beeinflussen also die aus einer nach N. und einer nach S. gemessenen Zenitdistanz hervorgehende Polhöhe mit absolut demselben Betrag, aber mit verschiedenen Vorzeichen.

Zu bemerken ist auch noch, dass bei jedem Südsterne die 8 Anzielungen möglichst symmetrisch links und rechts vom Meridian verteilt sind, so dass hier Fehler in $\angle u$ nicht in Betracht kommen und dass ferner auch die persönlichen Fehler sich eliminieren, die aus der verschiedenen Auffassung bei Einstellung eines im Fernrohr sich hebenden oder sich senkenden Sterns entstehen. Der Polarstern ist dagegen zu ganz beliebigen Zeiten (in beliebigen Punkten seiner Tagesbahn, nicht etwa in der Nähe seiner obern oder untern Kulmination) genommen, so dass die zwei genannten Fehler für ihn auch nicht eliminiert sind.

Die zwei Sätze (Nummern; je die 8 angedeuteten Einstellungen bilden zusammen eine Nummer), die zusammen den Gesamtsatz geben, sind mit derselben Stellung des Höhenkreises gemessen. Zwischen je zwei Gesamtsätzen aber ist der Höhenkreis, da 6 solcher Gesamtsätze gemessen werden sollten, allemal um etwa $\frac{180^\circ}{6} = 30^\circ$ weiter gedreht, um aus der Gesamtheit aller Messungen

den Einfluss der systematischen Fehler des getheilten Kreises zu eliminieren. Grosse Sorgfalt ist darauf zu verwenden, dass innerhalb desselben Satzes der Höhenkreis sich nicht bewegt, da diese Bewegung in ihrem ganzen Betrag als Fehler in die doppelte Zenitdistanz eingeht; Neigung dazu ist bei dem BREITHAUPT'schen Instrument (infolge der Verdeckung des Höhenkreises?) dann und wann vorhanden.

Vor und nach jedem Satz, oft auch dazwischen, wurde durch den Gehilfen Barometer und Thermometer abgelesen und nebst der Uhrangabe notiert. Die Lufttemperatur ist z. T. durch ein im Schatten aufgehängtes Normalthermometer, z. T. durch 3 Schleuderthermometer bestimmt; der Erwärmung oder Abkühlung vom Boden her im ersten Fall ist genügend Rechnung getragen worden.

Ferner ist die ganze Messung mit einer genügenden Zahl von Zeitbestimmungen zu umgeben und zu durchsetzen.

§ 4. Die Berechnungen.

Über die Berechnung der Bestimmungen von Δu ist kaum etwas zu sagen; sie ist mit Hilfe der MAYER'schen Formel (Koeffizienten für die Breite des Beobachtungsorts aus den ALBRECHT'schen Tafeln¹⁾ interpoliert) durchgeführt und es ist in § 5 bei jedem Δu der m. F. angegeben, der sich nach den Durchgängen mehrerer Sterne ergibt.

Die Reduktion der Zenitdistanzmessungen ist nach bekannten Regeln und Formeln gemacht.

Bei den Kreisablesungen ist die Runkorrektion vernachlässigt. Die Korrekturen, die an der unmittelbar gemachten Ablesung anzubringen sind, sind:

1. Korrektion für Libellenausschlag. Dabei ist, vergl. § 2, 1 Pars der Libellentheilung = 2,68" gerechnet.
2. Betrag der Refraktion. Die Refraktion ist nach den BESSEL'schen Formeln und mit Benützung der Tafeln von ALBRECHT berechnet:

Für die Zeiten der Ablesung der meteorologischen Elemente sind die Werte

$$(1) \quad \log S = \log B + \log T + \log \gamma$$

gebildet und aus der so entstandenen Tabelle ist für die Zeit jeder einzelnen Einstellung der Wert von $\log S$ interpoliert, der nach

$$(2) \quad \log R = \log(\alpha \operatorname{tg} z) + \log S$$

dem $\log(\alpha \operatorname{tg} z)$ hinzugefügt werden muss, um die Refraktion zu erhalten.

3. Für den Südsterne die „Reduktion auf den Meridian“, für den Polarsterne die „Reduktion auf den Pol“.

Für beide braucht man den Stundenwinkel des Sterns im Augenblick der Beobachtung, der, wenn Θ die Ortssternzeit dieses Augenblicks und α die A. R. des Sterns zur Messungszeit ist, hervorgeht aus

$$(3) \quad t = \Theta - \alpha.$$

Für jede einzelne Beobachtung ist deshalb zunächst die Mittlere Ortszeit (= Uhrangabe $\pm \Delta u$), die ihr entspricht, in die Sternzeit Θ verwandelt (obgleich an Rechnungsarbeit ein wenig gespart werden könnte durch Zusammenfassung der Messungen

¹⁾ Formeln und Hilfstafeln für geographische Ortsbestimmungen.

eines Satzes, auch wenn die Zeiten in M. Z., nicht in St. Z. gegeben sind); dabei ist, da die Messungsstelle rund 16,9^m westlich von Berlin liegt, von der Gleichung Gebrauch gemacht:

$$(4) \quad \Theta = \Theta_{\text{Ort } 0, \text{Berlin}} + (M \text{ in st. Z. verwandelt}) + 2,78^s.$$

Für die Südsterne gehen die benützten Stundenwinkel, die sich aus (4) und (3) ergeben, über 10^m nirgends hinaus; sie sind, vgl. § 3, möglichst symmetrisch positiv und negativ. Für den Polarstern haben die t beliebige Werte; auf symmetrische Anordnung der Beobachtung zum Meridian ist hier nicht geachtet, vgl. ebenfalls § 3.

Für einen Südstern mit der Deklination δ beträgt die Reduktion auf den Meridian, die Differenz zwischen der Zenitdistanz im Augenblick der Messung und der Meridianzenitdistanz

$$\left(2 \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\sin(\varphi - \delta)} \sin^2 \frac{t}{2} - 2 \left\{ \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\sin(\varphi - \delta)} \right\}^2 \text{ctg}(\varphi - \delta) \sin^4 \frac{t}{2} \right) \varphi''$$

oder mit den Abkürzungen

$$(5) \quad A = \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\sin(\varphi - \delta)}, \quad m = 2 \sin^2 \frac{t}{2} \varphi'', \quad n = 2 \sin^4 \frac{t}{2} \varphi''$$

$$(6) \quad A \cdot m - A^2 \text{ctg}(\varphi - \delta) \cdot n$$

Diese Reduktionen auf den Meridian nach (6) sind mit Benützung der Hilfstafeln von ALBRECHT für jede einzelne Südsterneinstellung ausgerechnet.

Für den Polarstern beträgt die Reduktion auf den Pol, die Differenz zwischen seiner Zenitdistanz im Augenblick der Messung und der Zenitdistanz des Pols, wenn π die Poldistanz von Polaris zur Zeit der Messung in '' bedeutet,

$$(7) \quad \pi \cos t - M \sin^2 t - N$$

wenn

$$(8) \quad M = \frac{1}{2} \frac{\pi^2}{\varphi''} \text{tg} \varphi, \quad N = \frac{1}{6} \frac{\pi^3}{(\varphi'')^2} (1 + 3 \text{tg}^2 \varphi) \sin^2 t \cos t$$

gesetzt wird. Auch diese Beträge sind mit Benützung der ALBRECHT'schen Hilfstafeln für M_0 und N_0 (für den Wert $\pi_0 = 4380''$) und der Tafeln $\frac{M}{M_0}$ und $\frac{N}{N_0}$ für jede einzelne Einstellung von Polaris berechnet.

Nach Anbringung dieser drei Reduktionen: Libelle, Refraktion und Reduktion auf den Meridian bei Südsterne, auf den Pol beim Polarstern, erhält man nun die Polhöhe mit Beachtung der Endgleichungen:

- (9) Polarstern: $\varphi = 90^\circ - z - (\pi \cos t - M \sin^2 t - N)$
 (10) Südsterne: $\varphi = \delta + z - A \cdot m + A^2 \operatorname{ctg}(\varphi - \delta) \cdot n$

aus jedem einzelnen Stern (Satz) dadurch, dass man zunächst für jede Fernrohrlage (I und II) das Mittel der vollständig reduzierten Ablesungen nimmt als gleichsam endgiltige, der Meridianzenitdistanz entsprechende Ablesung. Die halbe Differenz dieser beiden Ablesungen entspricht der einfachen Meridianzenitdistanz; ist nämlich J der ganz beliebig grosse, von der augenblicklichen Lage des Nullpunkts am Höhenkreis abhängige Wert der Indexkorrektion, so sind jene endgiltigen Ablesungen a_2 und a_1 für Fernrohrlage II und Fernrohrlage I gleichmässig mit diesem J behaftet und in der Differenz $z = \frac{a_2 - a_1}{2}$ fällt es heraus.

Das so gewonnene z ist

- beim Polarstern von 90° abzuziehen -
 „ Südsterne um δ zu vermehren,

um in beiden Fällen den aus diesem Stern und in dem betrachteten Satz sich ergebenden Wert von φ zu erhalten.

Hienach bedürfen die Tabellen des § 5 nur noch weniger Worte der Erläuterung.

§ 5. Zahlen für Beobachtung und Rechnung.

Die folgenden Tabellen geben für die angestellten Messungen (§ 3) und zugleich für die darauf sich gründenden Rechnungen (§ 4) die wichtigsten Zahlen.

Das Datum ist überall astronomisch gezählt.

Vorausgeschickt sind die vorhandenen Bestimmungen von Δu .

Die zweite Zusammenstellung giebt die Ablesungen des Barometers und (Mittel) der Thermometer; bei jenen sind alle Korrekturen, auch die Reduktion auf die Temperatur 0° , angebracht. Bei den Lufttemperaturen ist das Mittel aus 3 bis 4 Einzelbestimmungen genommen, nachdem jede Thermometer-Angabe mit der ihr zukommenden Korrektur versehen ist.

Die Haupttabelle enthält 15 Spalten, nämlich:

1. Datum, astronomisch;

2. Satz (Nr.), die 8 Einstellungen jedes Sterns umfassend;
3. Stand des Höhenkreises; innerhalb der zwei Sätze (Polarstern und Südstern), aus denen ein Gesamtsatz besteht, ist die Lage des Höhenkreises nicht verändert, zwischen je zwei solchen Gesamtsätzen ist der Höhenkreis um je 30° weitergedreht;
4. Fernrohrlage, links oder rechts von der Vertikalebene der Zielung;
5. Faden; diese Spalte ist hier leergelassen, da stets derselbe Faden zur Bisektion des Sternbildchens benützt wurde, vgl. § 3;
6. M. Z. der Einstellung = Uhrangabe $+ \mathcal{A}u$;
7. St. Z., aus der M. Z. verwandelt (Gl. (4) in § 4), auf $0,1^s$ abgerundet;
8. 9. Ablesungen an den beiden Mikroskopen, je auf $1''$, gemittelt je aus Einstellung des Strichs rückwärts und des Strichs vorwärts, ohne Runkorrektion;
10. Korrektion für Libelle;
11. Refraktion;
12. Reduktion auf den Meridian, wofür beim Polarstern Reduktion auf den Pol stehen sollte, was ja aber nicht zu Verwechslungen Veranlassung geben kann. Bei den Südsternen bedarf diese Reduktion keines Vorzeichens, da es für $t \geq 0$ stets dasselbe bleibt, bei Polaris aber kann die Reduktion $+$ oder $-$ sein (Maximum $\pm 1\frac{1}{4}''$);
13. Mittel der Ablesungen, mit den bisherigen Reduktionen 10, 11, 12 versehen;
14. Wert der Polhöhe φ , die sich auf die am Schluss von § 4 angegebene Art ergibt.
15. Bemerkungen.

Der Beobachter für sämtliche Messungen ist, wie im Titel bereits erwähnt ist, Hilfslehrer HALLER an der K. Technischen Hochschule. Von den gemessenen Sätzen ist nur Einer weggelassen, der jedoch an Ort und Stelle zur Weglassung bestimmt war und sogleich wiederholt ist. Es erscheinen also in der Haupttabelle 12 Sätze (Nummern) oder 6 Gesamtsätze.

Polhöhenmessung Stuttgart, Pfeiler Kornberg (No. IV; auf der Oberfläche der Deckplatte mit I bezeichnet). NN.-Höhe des Pfeilers

338,2 m. Beobachter: HALLER.

Zeitbestimmungen.

Datum (astronomisch)	M. Z.	Δu	Gestirne, Art und Zahl der Beobachtungen
1900.			
September 6.	7,0h	+ 0,16s \pm 0,07s	Passageninstrument, δ Urs. min. und 3 Zeitsterne.
„ 7.	3,5h	+ 1,13s \pm 0,02s	Passageninstrument, α Urs. min. und 2 Zeitsterne.
„ 13.	2,7h	+ 2,15s \pm 0,05s	Passageninstrument, α Urs. min. und 3 Zeitsterne.
„ 14.	2,8h	+ 3,19s \pm 0,06s	Passageninstrument, α Urs. min. und 3 Zeitsterne.
„ 14.	5,5h	+ 3,27s \pm 0,03s	Passageninstrument, ε Urs. min. und 10 Zeitsterne.
als rohe Kontrollen ferner:			
September 7.	7,5h	+ 1,6s \pm 0,2s	Universalinstrument; Sternzenitdistanzen, α Bootis (Arcturus) 6 Einstellungen.
„ 13.	7,2h	+ 2,7s \pm 0,1s	Desgl. mit 7 Einstellungen.

Luftdruck- und Lufttemperatur-Ablesungen während der
Polhöhenmessung mit allen Korrekturen.

Datum (astronomisch)	M. Z.	Barometer auf 0° reduziert	Thermometer, (Mittel) Celsius
1900.	5h 30m	735,0 mm	18,2°
September 7.	6 21	734,2	15,8
„ 7.	6 53	734,4	15,1
„ 7.	7 21	734,3	15,0
„ 13.	5 54	739,4	16,5
„ 13.	6 14	739,5	15,8
„ 13.	6 30	739,5	15,5
„ 13.	6 47	739,6	15,1
„ 13.	7 23	739,65	14,5
„ 13.	7 48	739,65	14,1
„ 13.	8 7	739,7	13,8
„ 13.	8 38	739,6	13,7

Datum (astro- nom.)	Satz Nr.	Kreis- stand	Fern- rohr- lage	Faden	Mittlere Zeit	Sternzeit	Ablesungen	Korr. für Libelle	Re- frak- tion	Reduktion auf den Meridian	Reduz. Ables- mittel aus Fern- rohrlage links und rechts	Polhöhe φ	Beobachter, Bemerkungen	
	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1900. Sept. 7.	1	30°												
			links		6 17 27,0 6 18 39,0 6 20 3,0 6 21 25,0	17 22 48,7 17 24 0,9 17 25 25,2 17 26 47,4	83 51 3,0 83 51 40,0 83 52 10,5 83 52 35,5	51 21,5 + 2,9 + 0,1 + 1,1	40,36 40,36 40,33 40,33	2 1,28 1 25,64 51,83 26,99	83 52 36,12 83 52 34,08 83 52 34,10 83 52 35,56	48 47 7,06	B- obachter: HALPER. Auch für alle folgenden Nummern.	
			rechts		6 24 12,0 6 25 30,0 6 26 39,0 6 27 40,0	17 29 34,8 17 30 53,0 17 32 2,2 17 33 3,4	83 52 28,0 83 52 28,0 83 52 29,5 83 52 10,0	10 29,5 - 7,9 10 30,0 10 32,5	40,31 40,31 40,31 40,33	1,24 0,63 6,15 15,77	156 10 28,81 156 10 30,78 156 10 28,66 156 10 28,96			
"	7.	60°												
	2		rechts		6 31 7,0 6 32 19,0 6 33 13,0 6 34 22,0	17 36 31,0 17 37 43,2 17 38 37,3 17 39 46,5	14 10 45,5 14 10 37,0 14 10 35,0 14 10 40,0	11 38,5 - 5,7 11 29,5 11 33,0	53,63 53,63 53,63 53,63	7,92 1,38 0,00 2,62	14 11 52,41 14 11 49,25 14 11 50,57 14 11 52,41	48 47 6,58		
			links		6 36 56,0 6 38 23,0 6 39 37,0 6 40 52,0	17 42 20,9 17 43 48,2 17 45 2,4 17 46 17,6	285 51 20,5 285 50 57,0 285 50 28,5 285 49 55,0	51 39,0 + 2,1 5,0 + 0,3	53,63 53,66 53,69 53,69	26,21 50,38 1 17,09 1 49,92	285 51 4,38 285 51 8,05 285 51 2,83 285 51 1,53			
"	13.	90°												
	3		links		5 53 42,0 5 55 11,0 5 56 28,0 5 57 56,0	17 22 39,1 17 24 8,4 17 25 25,6 17 26 53,8	143 50 54,0 143 51 36,0 143 52 5,0 143 52 34,0	51 45,0 - 3,2 + 0,3 53 23,5	40,60 40,60 40,57 40,57	2 6,44 1 22,24 51,65 25,37	143 52 42,14 143 52 42,94 143 52 44,38 143 52 43,30	48 47 5,72		
			rechts		6 0 23,0 6 1 49,0 6 3 16,0 6 4 53,0	17 29 21,2 17 30 47,4 17 32 14,7 17 33 52,0	9 30,0 9 31,5 9 33,5 9 54,0	10 37,0 - 8,3 10 37,0 - 4,9	40,55 40,55 40,57 40,57	2,08 0,43 7,77 26,62	12 10 33,67 16 10 35,22 10 35,00 10 34,75			
							$\alpha = 17^h 30^m 20,51^s$	$\delta = 12^\circ 38' 10,0''$						
							$\alpha = 17^h 38^m 35,14^s$	$\delta = 4^\circ 36' 43,1''$						

Südsternne.

Datum (astro- nom.)	Satz N ^o	Kreis- stand	Fern- rohr- lage	Faden		Mittlere Zeit		Sternzeit		Ablesungen		Korr. für Libelle	Re- frak- tion	Reduktion auf den Meridian	Reduz. Ablese- mittel aus Fern- rohrlage links und rechts	Polhöhe φ		Bemerkungen				
				h	m	s	h	m	s	0	'					0	'					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15								
1900.																						
Sept. 13.	4	120°	rechts						β Ophiuchi $\alpha = 17^h 38^m 35,03^s \delta = 4^{\circ} 36' 43,2''$													
					6	8	14,1	17	37	13,6	254	10	22,5	11	27,0	-5,0	53,96	3,41	254	11	40,25	
					6	10	5,1	17	39	4,9	254	10	21,0	11	24,5	-5,1	53,96	0,46	254	11	41,20	
					6	11	7,1	17	40	7,1	254	10	23,5	11	25,0	-5,1	53,96	4,36	254	11	38,70	
					6	12	22,1	17	41	22,3	254	10	34,0	11	35,0	-5,1	53,96	14,39	254	11	38,97	
					6	14	23,1	17	43	23,6	165	50	36,0	51	37,5	-1,7	53,99	42,80	165	50	53,81	
					6	15	44,1	17	44	44,8	165	50	11,5	51	12,5	-5,4	53,99	1	10,28	165	50	52,89
					6	16	57,1	17	45	58,0	165	49	44,5	50	44,0	-6,1	54,03	1	40,85	165	50	55,02
					6	18	5,1	17	47	6,2	165	49	12,0	50	10,5	-7,0	54,03	2	14,27	165	50	54,44
									ζ Aquilae $\alpha = 19^h 0m 52,17s \delta = 13^{\circ} 43' 13,0''$													
13.	5	150°	links		7	27	4,1	18	56	16,6	204	55	46,5	56	52,0	+6,1	39,23	46,14	204	56	32,21	
					7	28	25,1	18	57	37,8	204	56	16,5	57	20,0	+0,1	39,23	22,96	204	56	32,11	
					7	29	39,1	18	58	52,0	204	56	31,5	57	34,0	-3,9	39,23	8,78	204	56	28,35	
					7	31	7,1	19	0	20,2	204	56	40,5	57	44,0	-3,9	39,20	0,62	204	56	29,82	
					7	33	51,1	19	3	4,7	275	3	15,5	4	23,5	+3,1	39,20	10,67	275	4	21,13	
					7	35	22,1	19	4	35,9	275	3	35,5	4	45,0	+1,5	39,23	30,41	275	4	20,62	
					7	36	51,1	19	6	5,2	275	4	5,5	5	11,5	+4,9	39,23	59,52	275	4	23,11	
					7	38	50,1	19	8	4,5	275	4	56,5	6	6,5	+4,7	39,26	1	53,51	275	4	21,95
									δ Aquilae $\alpha = 19^h 20m 31,08s \delta = 2^{\circ} 55' 13,7''$													
13.	6	180°	rechts		7	46	4,1	19	15	19,7	315	50	48,5	51	41,5	+3,3	57,57	48,48	315	51	27,39	
					7	47	44,1	19	17	0,0	315	50	23,5	51	14,0	+2,2	57,57	22,28	315	51	26,29	
					7	48	53,1	19	18	9,2	315	50	13,0	50	59,0	+2,2	57,57	10,07	315	51	25,70	
					7	50	1,1	19	19	17,3	315	50	4,0	50	53,0	+1,4	57,57	2,72	315	51	24,75	
					7	52	8,1	19	21	24,7	224	7	59,0	9	11,0	+4,9	57,57	1,44	224	7	33,97	
					7	53	53,1	19	23	10,0	224	7	50,5	8	59,5	+4,0	57,57	12,63	224	7	36,06	
					7	55	14,1	19	24	31,2	224	7	35,5	8	42,0	+4,0	57,57	28,83	224	7	35,96	
					7	56	31,1	19	25	48,4	224	7	11,0	8	18,5	+3,3	57,60	50,34	224	7	34,24	

Polaris (α Ursae minoris).

Datum (astro- nom.)	Zatz Nr.	Kreis- stand	Fern- rohr- lage	Faden	Mittlere Zeit		Sternzeit		Ablesungen		Korr. für Refrak- tion	Reduktion auf den Meridian	Reduz. mittl. aus Fern- rohrlage links und rechts	Polhöhe φ	Beobachter, Bemerkungen																																																						
					h	m	h	m	0	'						0	'																																																				
1900, Sept. 7.	1	30°	links	5	15	55,9	16	21	7,5	77	56	6,0	56	36,5	-1,9	50,01	+52	59,50	78	48	28,89	0	'	"	15																																												
																										5	17	1,9	16	22	13,7	77	56	20,0	56	18,5	50,01	44,90	78	48	27,29																												
																										5	19	10,9	16	24	23,0	162	5	33,0	6	26,5	-5,6	50,01	52	16,17	161	14	28,04																										
																										5	20	25,9	16	25	38,2	162	5	15,0	6	10,5	-6,7	50,01	51	59,34	161	14	26,77																										
																										5	21	24,9	16	26	37,4	162	5	5,0	5	57,0	-5,4	50,01	51	46,03	161	14	29,58																										
																										5	22	29,9	16	27	42,6	162	4	49,0	5	41,0	-5,4	50,01	51	31,29	161	14	28,32																										
																										5	24	54,9	16	30	8,0	77	58	14,0	58	32,5	+3,2	49,98	50	58,20	78	48	34,62																										
																										5	25	54,9	16	31	8,2	77	58	26,0	58	45,0	+4,2	49,98	50	44,38	78	48	34,10																										
																										$\alpha = 1^h 23^m 55,13^s$ $\delta = 88^h 46^m 33,17^s$																																											
																										7.	1b	30°	links	6	0	23,0	17	5	41,9	78	7	5,0	7	25,5	-0,4	50,01	+42	15,38	78	48	40,27	0	'	"	14																		
																																																				6	1	26,0	17	6	45,1	78	7	22,5	7	41,5	-2,1	50,01	41	58,91	78	48	38,80
																																																				6	3	20,0	17	8	39,4	161	54	49,5	55	41,5	-7,1	49,98	41	28,98	161	14	29,40
																																																				6	4	15,0	17	9	34,6	161	54	33,0	55	25,0	-8,2	49,98	41	14,46	161	14	26,32
																																																				6	5	21,0	17	10	40,7	161	54	17,5	55	10,5	-8,6	49,98	40	57,03	161	14	28,35
																																																				6	6	24,0	17	11	43,9	161	53	59,5	54	52,5	-9,7	49,98	40	40,30	161	14	25,98
6	8	34,0	17	13	54,2	78	9	12,5	9	38,5	-7,5	49,95	40	5,66	78	48	33,71																																																				
6	9	35,0	17	14	55,4	78	9	27,5	9	52,0	-6,1	49,95	39	49,31	78	48	32,96																																																				
$\alpha = 1^h 23^m 55,17^s$ $\delta = 88^h 46^m 33,19^s$																																																																					
7.	2	60°	links	6	44	34,0	17	50	0,2	288	19	14,0	19	31,0	+0,6	49,85	+30	0,40	288	48	33,66	0	'	"	14																																												
																																																				6	45	41,0	17	51	7,4	288	19	34,0	19	50,0	+0,8	49,82	29	40,82	288	48	33,80
																																																				6	47	31,0	17	52	57,6	11	42	20,5	43	21,5	-5,1	49,82	29	8,62	11	14	27,10
																																																				6	48	50,0	17	54	16,9	11	41	57,0	42	58,5	-5,4	49,79	28	45,36	11	14	26,81
																																																				6	49	59,0	17	55	26,1	11	41	39,0	42	40,0	-6,5	49,79	28	25,06	11	14	27,73
																																																				6	51	8,0	17	56	35,3	11	41	17,0	42	17,0	-6,7	49,79	28	4,69	11	14	25,40
																										6	53	18,0	17	58	45,6	288	21	46,0	22	3,0	+0,3	49,76	27	26,20	288	48	31,24																										
																										6	54	30,0	17	59	57,8	288	22	8,5	22	24,0	+0,4	49,76	27	4,82	288	48	31,76																										
																										$\alpha = 1^h 23^m 55,17^s$ $\delta = 88^h 46^m 33,19^s$																																											
																										(s. oben.)																																											
																										Mittel																																											
																										Satz 1.																																											
																										1,53 + 2,4, 4,6																																											
																										3																																											
																										48° 47' 3,48"																																											

Polaris α (Ursae minoris).

Datum (astro- nom.)	Zatz Nr.	Kreis- stand	Fern- rohr- lage		Faden.		Mittlere Zeit		Sternzeit		Ablesungen Mikroskop I Mikr. II		Korr. für Libelle	Re- frak- tion	Reduktion auf den Meridian	Reduz. Ablese- mittel aus Fern- rohrlage links und rechts		Polhöhe φ		Beobachter, Bemerkungen	
			h	m	s	h	m	s	o	'	''	o				'	''	o	'		''
1900.																					
Sept. 13.																					
	3	90°	links	5	35	37,0	17	4	31,2	138	6	41,0	7	39,0	-8,5	50,28	+42	33,64	138	48	44,86
			rechts	5	37	15,0	17	6	9,4	138	7	0,0	8	1,5	-5,3	50,28	42	8,13	138	48	43,25
				5	39	24,0	17	8	18,8	221	54	56,5	56	4,0	-9,6	50,25	41	34,31	221	14	36,54
				5	40	57,0	17	9	52,0	221	54	55	41,0	-11,7	50,25	41	9,81	221	14	35,54	
				5	42	7,0	17	11	2,2	221	54	12,5	55	17,5	-9,2	50,25	40	52,37	221	14	33,68
				5	43	24,0	17	12	19,4	221	53	51,5	54	55,5	-8,6	50,22	40	30,85	221	14	34,27
			links	5	46	36,0	17	15	32,0	138	9	30,0	10	23,0	-3,5	50,22	39	39,51	138	48	42,29
				5	48	9,0	17	17	5,2	138	9	52,0	10	47,0	-0,3	50,19	39	14,49	138	48	43,50
	4	120°	links	6	21	37,1	17	50	38,8	168	18	52,5	19	52,5	-1,4	50,18	+29	49,48	168	48	20,40
				6	23	12,1	17	52	14,1	168	19	20,0	20	20,5	-1,4	50,18	29	21,67	168	48	20,29
				6	25	27,1	17	54	29,4	251	41	35,0	42	55,5	-9,9	50,15	28	42,07	251	14	13,38
				6	27	19,1	17	56	21,7	251	41	2,0	42	23,0	-11,7	50,15	28	9,05	251	14	11,90
			rechts	6	28	29,1	17	57	31,9	251	40	41,0	42	4,0	-11,5	50,15	27	48,37	251	14	12,78
				6	29	39,1	17	58	42,1	251	40	22,5	41	43,5	-11,2	50,12	27	27,67	251	14	14,25
			links	6	31	20,1	18	0	23,4	168	21	40,0	22	47,0	+1,7	50,12	26	57,63	168	48	22,71
				6	32	12,1	18	1	15,6	168	22	0,0	23	2,5	+0,4	50,12	26	42,13	168	48	23,71

Sept. 13.

13.

Polaris (α Ursae minoris).

Datum (astro- nom.)	Satz Nr.	Kreis- stand	Fern- rohr- lage	Faden	Mittlere Zeit	Sternzeit	Ablesungen			Korr.	Re-	Reduktion	Reduz.	Pollhöhe	Beobachter, Bemerkungen												
					h m s	h m s	Mikroskop I	Mikr. II	Libelle	frak- tion	auf den Meridian	mittl. aus Fern- rohrlage links und rechts	0 ' "	0 ' "													
1900.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15												
Sept. 13.	5	150°					$\alpha = 1^h 23^m 58,92^s$ $\delta = 88^h 46^m 35,02^s$																				
			links		7	7	5,1	18	36	14,3	198	31	39,5	32	49,0	+6,3	49,98	+16	2,09	198	47	32,71					
					7	8	28,1	18	37	37,5	198	32	9,0	33	18,0	+2,5	49,98	15	36,13	198	47	32,15					
			rechts		7	10	31,1	18	39	40,8	281	27	4,0	28	30,5	-1,8	49,98	14	57,60	281	13	27,88					
					7	12	16,1	18	41	26,1	281	26	18,5	27	44,0	-0,3	49,95	14	24,63	281	13	26,32					
					7	13	33,1	18	42	43,3	281	25	57,5	27	21,0	+0,0	49,95	14	0,44	281	13	28,68					
					7	14	37,1	18	43	47,5	281	25	34,5	27	0,0	+0,4	49,92	13	40,29	281	13	27,23					
			links		7	16	30,1	18	45	40,8	198	34	39,0	35	46,0	+5,8	49,92	13	4,70	198	47	33,08					
					7	17	33,1	18	46	44,0	198	35	9,5	36	13,0	-8,5	49,92	12	44,82	198	47	27,60					
					$\alpha = 1^h 23^m 58,92^s$ $\delta = 88^h 46^m 35,03^s$																						
"	13.	6	180°																								
			links		7	59	1,1	19	28	18,8	228	47	9,0	48	18,5	+9,4	49,64	0	29,51	228	46	33,95					
					8	0	15,1	19	29	33,0	228	47	42,0	48	47,5	+4,3	49,64	0	53,27	228	46	36,19					
			rechts		8	1	46,1	19	31	4,3	311	9	52,0	10	47,0	-3,8	49,61	1	22,52	311	12	27,83					
					8	4	5,1	19	33	23,6	311	9	12,0	10	5,0	-5,1	49,59	2	7,14	311	12	30,13					
					8	5	5,1	19	34	23,8	311	8	53,0	9	48,5	-6,7	49,59	2	26,42	311	12	30,01					
					8	6	11,1	19	35	30,0	311	8	33,5	9	27,0	-6,7	49,59	2	47,62	311	12	30,81					
			links		8	8	33,1	19	37	52,4	228	50	15,0	51	21,0	+7,1	49,56	3	33,22	228	46	32,32					
					8	10	2,1	19	39	21,6	228	50	47,0	51	49,0	+9,4	49,56	4	1,76	228	46	36,08					

2 Lokomotiven
 vorbeifahren!

§ 6. Berechnung der Resultate.

Zunächst sind hier die Ergebnisse der einzelnen Sätze nochmals zusammengestellt, wobei die zwei Komponenten desselben Satzes auf derselben Zeile nebeneinander stehen:

Datum	Gesamt-satz	Kreis-lage	Polarstern	Südsterne
1900. Sept. 7.	I	30°	$\varphi = 48^{\circ} 47' 3,48''$	α Ophiuchi $\varphi = 48^{\circ} 47' 7,06''$
" " 7.	II	60	$\varphi = 48 47 2,93$	β " $\varphi = 48 47 6,58$
" " 13.	III	90	$\varphi = 48 47 4,23$	α " $\varphi = 48 47 5,72$
" " 13.	IV	120	$\varphi = 48 47 4,35$	β " $\varphi = 48 47 6,07$
" " 13.	V	150	$\varphi = 48 47 1,93$	ζ Aquilae $\varphi = 48 47 8,54$
" " 13.	VI	180	$\varphi = 48 47 2,49$	δ " $\varphi = 48 47 9,13$

Zu diesen Zahlen ist zunächst zu bemerken, dass die zwei letzten Sätze V und VI (deren Ergebnisse 1,93 und 2,49 aus dem Polarstern, 8,54 und 9,13 aus den Südsternen von den andern Ergebnissen ziemlich stark abweichen) bei Beleuchtung des Gesichtsfeldes, die übrigen ohne Beleuchtung gemessen sind; im Mittel der beiden Zahlen aus Polaris und Südsternen hebt sich die Differenz gegen die übrigen Zahlen wieder ziemlich auf.

Die Vergleichung der beiden nebeneinander stehenden Nummern eines Gesamtsatzes deutet in den aus Polaris um durchschnittlich $4,0''$ kleiner als aus den Südsternen sich ergebenden Zahlen der Polhöhe eine beträchtliche Durchbiegung des Fernrohrs an. Die Zenitdistanzen nach Polaris und nach den Südsternen sind dabei nur ganz roh einander entsprechend, sie weichen bei I und III um 6° , bei V um $6^{\frac{3}{4}}^{\circ}$ voneinander ab gemäss der folgenden Zusammenstellung:

	Polarstern	Südstern
I	$z = 42^{\circ} 15'$	$z = 36^{\circ} 9'$
II	$z = 42 2$	$z = 44 9$
III	$z = 42 12$	$z = 36 9$
IV	$z = 42 1$	$z = 44 9$
V	$z = 41 50$	$z = 35 4$
VI	$z = 41 34$	$z = 45 51$

Sieht man jedoch vorläufig von dieser Verschiedenheit der z in demselben Gesamtsatz ab, vereinigt vielmehr die zwei Komponenten jedes Gesamtsatzes zum Mittel, so erhält man die folgenden

6 Werte für die Polhöhe, sehr nahezu befreit vom Einfluss der Biegung des Fernrohrs:

I	$\varphi = 48^{\circ} 47' + \frac{1}{2} (3,48 + 7,06)'' = 48^{\circ} 47' 5,27''$
II	$\varphi = 48 47 + \frac{1}{2} (2,93 + 6,58) = 48 47 4,76$
III	$\varphi = 48 47 + \frac{1}{2} (4,23 + 5,72) = 48 47 4,98$
IV	$\varphi = 48 47 + \frac{1}{2} (4,35 + 6,07) = 48 47 5,21$
V	$\varphi = 48 47 + \frac{1}{2} (1,93 + 8,54) = 48 47 5,24$
VI	$\varphi = 48 47 + \frac{1}{2} (2,49 + 9,13) = 48 47 5,81$

und aus ihnen ergibt sich, nach der üblichen Rechnung, das Gesamt-
 mittel nebst seinem m. F. $\left(\sqrt{\frac{0,62}{5 \times 6}} \right)$:

Polhöhe des Beobachtungspfeilers, 1900,69 $\varphi = 48^{\circ} 47' 5,21'' \pm 0,14''$

Der mittlere Fehler eines der 6 Gesamtsätze ist $\pm 0,35''$, der m. F. der Messung Eines Satzes, aus 8 einzelnen Einstellungen bestehend, also $\pm 0,50''$.

Zu dem m. F. des Gesamtmittels, $\pm 0,14''$, ist zu bemerken, dass dieser Wert den von Teilungsfehlern des Höhenkreises herrührenden Betrag (ziemlich bedeutend) und den von den Unsicherheiten der Deklinationen der benützten Sterne (jedenfalls weniger von Bedeutung) noch mit enthält.

Die sonst übliche Rechnungsweise, die schärfere Rücksicht nimmt auf den Einfluss der Durchbiegung des Fernrohrs, wird an der Hauptzahl wenig verändern, dagegen mit Rücksicht auf die zwei letzten Gesamtsätze einen wesentlich grössern m. F. geben.

In der That erhält man nach dieser Rechnungsweise, wenn b die Biegungskonstante des Fernrohrs (Durchbiegung bei horizontaler Zielung, Biegung im Horizont) bezeichnet und die übliche Annahme gemacht wird, nach der der Betrag der Biegung bei der Zielung in der $\frac{z}{2}$ Zenitdistanz z

$$b \cdot \sin z$$

ist, gemäss den oben angegebenen Polhöhen aus den einzelnen Sätzen und den ebenfalls bereits angegebenen Werten von z mit der Annahme $\varphi = 48^{\circ} 47' 5'' + \psi$ die folgenden Verbesserungsgleichungen:

$v_1 = \psi - 0,672 b + 1,52$	$v_7 = \psi + 0,590 b - 2,06$
$v_2 = \psi - 0,669 b + 2,07$	$v_8 = \psi + 0,696 b - 1,58$
$v_3 = \psi - 0,672 b + 0,77$	$v_9 = \psi + 0,590 b - 0,72$
$v_4 = \psi - 0,669 b + 0,65$	$v_{10} = \psi + 0,696 b - 1,07$
$v_5 = \psi - 0,667 b + 3,07$	$v_{11} = \psi + 0,575 b - 3,54$
$v_6 = \psi - 0,663 b + 2,51$	$v_{12} = \psi + 0,718 b - 4,13$

und aus ihnen auf bekanntem Weg die Normalgleichungen:

$$\begin{aligned} 12\psi - 0,147b - 2,51 &= 0 \\ -0,147\psi + 5,194b - 15,56 &= 0 \end{aligned} \quad [11] = 61,31,$$

deren Rechenschieberauflösung giebt

$$\begin{aligned} b &= + 3,00'' & p_b &= 5,19 \\ \psi &= + 0,246'' & P_\psi &= 12,00 \end{aligned} \quad [11. 2] = 13,97,$$

also mit

$$\begin{aligned} m_1 &= \pm \sqrt{\frac{13,97}{10}} = \pm 1,182'' \\ m_b &= \pm 0,52'' & m_{\psi} &= \pm 0,34'' \end{aligned}$$

Man hätte also hier als Hauptresultat

Polhöhe des Beobachtungspfeilers, 1900,69 $\varphi = 48^\circ 47' 5,25'' \pm 0,34''$ und als Durchbiegung des Fernrohrs im Horizont würde sich, genügend übereinstimmend mit sonstigen Erfahrungen über das Instrument ($3,0'' \pm 0,5''$) ergeben.

Mit dem mittlern Fehler Eines Satzes, bei der vorigen Rechnung $\pm 0,50''$, ist der hier sich ergebende $\pm 1,18''$ zu vergleichen, wie denn auch der m. F. des Gesamtmittels gegen vorher um mehr als das Doppelte vergrößert erscheint. Dieser grosse Unterschied kann kaum dem Zufall zugeschrieben werden; es muss vielmehr angenommen werden, dass durch die Mittelbildung aus den unmittelbar nacheinander gemessenen zwei Nummern (nach N. und S.) eines und desselben Gesamtsatzes bei der ersten Rechnungsweise merkliche Anomalien der Refraktion eliminiert worden sind. Dass diese Refraktionsstörungen so grosse Werte erreichen, wie der Unterschied zwischen den mittlern Fehlern der ersten und zweiten Rechnung andeutet, ist freilich so ziemlich ausgeschlossen.

Als besten Wert und als Schlussresultat dieser Messung darf angenommen werden:

$$\text{Beobachtungspfeiler 1900,69, } \varphi = 48^\circ 47' 5,22'' \pm 0,20'',$$

wobei der angegebene m. F. noch die von den Teilungsfehlern des Kreises herrührenden Beträge mit enthält (ebenso selbstverständlich die Fehler der Sterndeklinationen bei den Südsterne, die von den Positionsfehlern überhaupt herrührenden Fehler beim Polarstern).

Diese Zahl $48^\circ 47' 5,22''$, die also in schärferer Definition die Deklination des Zenitpunkts des Beobachtungspfeilers im Deklinationssystem der Berliner Jahrbuchsterne vorstellt, ist den nachfolgenden Zahlen zu Grund gelegt.

Abgesehen wird hier von der (ellipsoidischen) Reduktion auf

die Meeresfläche, die bei $48^{\frac{3}{4}}_4^0$ Breite und 338^m Meereshöhe nur — $0,06''$ beträgt.

Zu erwähnen ist aber noch, dass die Zahl später noch eine kleine Veränderung erfahren wird, wenn die Reduktion auf „die mittlere Pol-Lage“ der Erde bekannt sein wird. Diese Zahlen zur Berücksichtigung der kleinen Verlegungen der Drehungsaxe der Erde im Erdkörper, zur Zurückführung einer zu einer bestimmten Zeit gemachten Polhöhenmessung auf die mittlere Lage des Pols der Erde, sind augenblicklich (Dezember 1900) von ALBRECHT bis gegen Ende des Jahres 1899 veröffentlicht. Da jetzt der „Überwachungsdienst der Erdaxe“ auf den 6 internationalen Stationen in der Nähe des Parallelkreises $39^0 8'$ in vollem Gang ist, werden diese Reduktionszahlen künftig wohl sehr rasch bekannt werden.

§ 7. Ableitung der Polhöhen für einige weitere Punkte in Stuttgart.

Für einige weitere Punkte in Stuttgart sind nunmehr die Polhöhen, von der angegebenen Zahl ausgehend, geodätisch abgeleitet, nämlich für die Punkte:

- Mittelpunkt des Passageninstruments;
- Technische Hochschule, Kuppel;
- Technische Hochschule, Pfeiler II auf der Plattform;
- Stiftskirche, Hauptturm.

Die Koordinaten des Standpunkts der oben angegebenen direkten Polhöhenmessung (Pfeiler in der Nähe des Passageninstruments) im System der Landesvermessung sind in letzter Zeit durch Rückwärtseinschneiden über 11 trigonometrische Signalpunkte und Ausgleichung mit m. F. von wenigen Centimetern bestimmt worden mit dem Ergebnis ¹⁾).

$$(1) \quad \text{Pfeiler südlich vom Passagen-Instrument} \quad \begin{cases} x = + 29486,84 \text{ m} \\ y = + 7736,57 \text{ „} \end{cases}$$

Im Folgenden sind auch für die übrigen genannten Punkte die

¹⁾ Der Standpunkt der Winkelmessung war dabei nicht der Pfeiler selbst, sondern ein Hilfspunkt, da von jenem aus nicht alle Zielpunkte sichtbar waren. Die Koordinaten für das Passagen-Instrument sind durch unmittelbare Einmessung von diesem Hilfspunkt aus abgeleitet und mit denselben kleinen m. F. behaftet. — Die direkte Entfernung vom Pfeiler nach dem auf dem Nachbargrundstück vorhandenen trigonometrischen Punkt Kornberg giebt mit den obigen Koordinaten einen Widerspruch von rund $0,2$ m. Dieser Punkt Kornberg (beim Bau der Gäubahn um eine grosse Strecke versetzt) scheint aber nicht sehr zuverlässig bestimmt zu sein und ist bei der Ausgleichung weggelassen.

Landesvermessungskoordinaten (x, y) in Metern angegeben. Daneben stehen auch gleich die Koordinaten (X₀, Y₀) in Metern in einem System, dessen Nullpunkt mit dem des Landesvermessungssystems zusammenfällt, dessen X-Axe aber der Meridian dieses Nullpunkts, und dessen Vermessungsfläche die Meeresfläche ist. Die + x-Axe des Landesvermessungssystems weicht nämlich vom Nordzweig des Meridians des Nullpunkts um einen kleinen Winkel β nach Osten ab, wobei nach BOHNENBERGER's hier beibehaltener Bestimmung β = 15,6'' ist, und die Vermessungsfläche der Landesvermessung liegt 844 Fuss = 274 m über dem Meer, so dass die Dimensionen der Landesvermessung auf das Meeresniveau zu reduzieren sind nach

$$\log s_0 = \log s - 0.000\ 0186.$$

Im ganzen sind also die (X₀, Y₀) so zu rechnen

$$(2) \quad \begin{cases} X = x - y \sin \beta & \log X_0 = \log X - 0.0000186 \\ Y = y + x \sin \beta & \log Y_0 = \log Y - 0.0000186 \end{cases}$$

Bei jedem der Punkte steht ferner seine Breitenreduktion Δφ in Beziehung auf den Pfeiler, auf dem die obige direkte Polhöhenmessung ausgeführt worden ist.

Punkt	Landesvermessungs-Koord. in Metern		Koordinaten bezogen auf den Tübinger Meridian und im Meereshorizont, in Metern		Δφ
	x	y	X ₀	Y ₀	
(3) { Pfeiler IV (südl. vom Passageninstrument)	+ 29 486,84	+ 7736,57	+ 29 485,00	+ 7738,47	0,00''
Mittelpunkt des Passageninstrumentes	+ 29 512,22	+ 7741,05	+ 29 510,37	+ 7742,95	+ 0,82''
Technische Hochschule, Kuppel	+ 29 158,66	+ 9117,21	+ 29 156,73	+ 9119,02	- 10,70''
Technische Hochschule, Pfeiler II auf der Plattform	+ 29 095,10	+ 9116,11	+ 29 093,17	+ 9117,92	- 12,75''
Stiftskirche, Hauptturm	+ 28 560,64	+ 9323,91	+ 28 558,72	+ 9325,67	- 30,07''

Nimmt man also für den zuerst genannten Punkt (Pfeiler) vorläufig die oben berechnete Zahl

$$48^{\circ} 47' 5,22''$$

an, so werden, mit Abrundung auf 0,1'', die Polhöhen der Punkte die folgenden :

(4) { Pfeiler IV südl. vom Passageninstrument	48° 47' 5,2''
Passageninstrument, Mitte	48° 47' 6,0''
Technische Hochschule, Kuppel	48° 46' 54,5''
Technische Hochschule, Pfeiler II auf der Plattform	48° 46' 52,5''
Stiftskirche, Hauptturm	48° 46' 35,2''

Zu erinnern ist nochmals daran, dass sich diese Zahlen bei der Zurückführung der Polhöhe auf die mittlere Pol-Lage gemeinschaftlich um einige $\frac{1}{10}$ der " ändern werden, vgl. den Schluss von § 6.

Ferner ist daran zu erinnern, dass die Reduktionen (3) und die Zahlen (4) von dem Messungspfeiler aus ellipsoidisch abgeleitet sind, dass also bei ihnen keine Rücksicht genommen ist auf etwa in den Punkten vorhandene kleine relative Lotabweichungen gegen den Messungspfeiler; solche Lotabweichungen von mehrern Zehntel der " oder selbst bis zu 1" und mehr können wohl vorhanden sein. Wie es mit der Lotabweichung (Differenz der astronomischen Polhöhe minus der geodätischen Breite auf dem BESSEL'schen Ellipsoid) auf dem Messungspfeiler selbst steht, ist ebensowenig bekannt; gross ist sie jedenfalls nicht, aber 1" oder 2" würde durch die sichtbaren Massen wohl erklärlich. Doch soll im folgenden letzten Paragraphen darüber wenigstens noch eine Andeutung gemacht werden.

§ 8. Schlusswort.

Vergleichung mit andern geodätischen Zahlen für die Breiten.

Sehen wir vorläufig ganz ab von der noch ausstehenden Reduktion auf die mittlere Pol-Lage, die am Schluss von § 6 und von § 7 erwähnt ist, so lassen sich die Polhöhen (4) in § 7 vergleichen mit den geodätisch von zwei Punkten her übertragenen Breiten:

Tübingen, Nullpunkt des Koordinatensystems der Landesvermessung und

Solitude, Erdmessungspfeiler auf der Kuppel des Schlosses. Auf beiden Punkten sind die Polhöhen gemessen worden, in Tübingen von BOHNENBERGER, auf der Solitude von v. ZECH und von HAMMER. Die Ergebnisse sind:

- (5). $\left\{ \begin{array}{l} \text{Tübingen, Nullpunkt des Koord.-Systems. . . } 48^{\circ} 31' 12,4'' \\ \text{Solitude, Erdmessungspfeiler auf dem Schloss, } 48^{\circ} 47' 14,5'' \end{array} \right.$

Für den zuletzt genannten Punkt seien auch noch die linearen Koordinaten gemäss der Zusammenstellung (3) im vorigen Paragraphen angegeben; sie lauten

$$\begin{array}{l} \text{Land.-Vermess.-Koord. in Metern} \\ \text{Solitude, Erdmessungspfeiler } x = + 29698,50 \quad y = + 2461,30; \end{array}$$

wegen der Kleinheit von y weicht X_0 von x für diesen Punkt wenig ab.

Rechnet man nun nach den Angaben (3) und nach der eben gemachten für die in (3) und (4) genannten Punkte und den Punkt

Solitude die geodätische Breite auf dem BESSEL'schen Ellipsoid aus, mit Zugrundlegung der obenstehenden BOHNENBERGER'schen Zahl

$$\varphi_0 = 48^\circ 31' 12,4''.$$

für Tübingen, Nullpunkt so erhält man folgende Werte dieser ellipsoidischen Breiten:

(6)	Punkte in Stuttgart	Pfeiler IV südlich vom Passageninstrument	48° 47' 6,86''
		Passageninstrument, Mitte	48° 47' 7,68''
		Technische Hochschule, Kuppel	48° 46' 56,16''
		" " Pfeiler II Plattform	48° 46' 54,11''
		Stiftskirche, Hauptturm ¹⁾	48° 46' 36,79''
		Solitude, Erdmessungspfeiler auf dem Schloss	

womit nun die Zahlen (4) in § 7 zu vergleichen sind, für Solitude auch die zweite Zahl (5).

Für die Solitude ergibt sich damit eine Lotabweichung in Breite (astronomisch—geodätisch), wobei für den Punkt Tübingen die wirkliche Lotlinie als mit der ellipsoidischen zusammenfallend angenommen ist, von

$$+ 0,6'';$$

die Punkte in Stuttgart zeigen dagegen eine Abweichung (vgl. § 7 (4)) (ebenso astronomisch—geodätisch, und mit derselben Annahme für die geodätischen Breiten) von

$$- 1,7''.$$

Mit den zuletzt angegebenen zwei Zahlen zeigen sich in genügender Übereinstimmung die Lotabweichungen, die man für die Stuttgarter Punkte erhält, wenn man von der Solitude aus mit der für sie direkt bestimmten Polhöhe von 48° 47' 14,5'' rechnet.

Es ist also nach diesen Zahlen zwischen der Solitude und dem Messungspfeiler im Kornberg eine relative Lotabweichung von etwas über 2'' in dem nach den sichtbaren Massen zu

¹⁾ Bohnenberger hat, wie schon in der Einleitung bemerkt ist, für diesen Punkt durch dieselbe geodätische Übertragung (von Tübingen her) die geodätische Breite 48° 46' 36,92'' (vgl. Kohler S. 331), also um 0,13'' mehr als oben gefunden wurde. Der Unterschied rührt her von den verschiedenen Dimensionen der den beiden Rechnungen zu Grund liegenden Ellipsoide: das Bohnenberger'sche hat (vgl. Kohler S. 296 u. 297) die Dimensionen:

$$a = 3271670,7 \text{ Toisen} \quad \text{also } a = \frac{1}{312,7} \text{ und } \log e^2 = 7,805\ 2071 - 10 \text{ gegen}$$

$$b = 3261208,3 \text{ „} \quad \log e^2 = 7,824\ 4104 - 10 \text{ bei BESSEL.}$$

erwartenden Sinn vorhanden (relative Lotkonvergenz vom angegebenen Betrag¹⁾).

Alle Zahlen dieses Schlussworts sind aus dem mehrfach angeführten Grunde nicht ganz definitiv.

Auch hier legt sich aber wieder — wenn auch, wie schon bemerkt, eine Lotabweichung von $-1,7''$ auf dem Messungspfeiler schon mit Rücksicht auf die sichtbaren Massen an sich gar nichts Auffallendes hat — die Vermutung nahe, dass die Tübinger Breite von $48^{\circ}31'12,4''$ etwas zu verringern sein wird (vielleicht um $1''$), sei es, dass die BOHNENBERGER'sche Zahl an sich etwas zu gross ist, sei es, dass jene Zahl an sich genügend scharf, aber in Tübingen eine Lotabweichung von dem genannten Betrag vorhanden ist. Auch hier möchte ich mit dem Wunsche schliessen, dass die Polhöhe auf dem Tübinger Schloss neu bestimmt werde.

¹⁾ Es wäre zweckmässig für die hier angeführte Erscheinung in der Geodäsie einen besondern Namen zu haben; ich schlage vor, von (meridionaler) „lokaler Lotkonvergenz“ (in andern Fällen von lokaler Lotdivergenz) zu sprechen, womit die Sache wohl genügend deutlich bezeichnet wäre. Dass „Konvergenz“ und „Divergenz“ sich auf die Richtung gegen den Erdmittelpunkt hin bezieht, braucht als selbstverständlich nicht ausdrücklich gesagt zu werden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: [57](#)

Autor(en)/Author(s): Hammer E.

Artikel/Article: [Direkte Polhöhenbestimmung für Stuttgart. 43-66](#)