

Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz

(Fortsetzung der Publikation: „Das Schweizerische Dreiecknetz“)

herausgegeben von der

Schweizerischen geodätischen Kommission,

Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.

Dreiundzwanzigster Band

I.

Die Basis-Messung und das Basis-Anschlussnetz von Ostermundigen 1913

beobachtet durch die Eidgenössische Landestopographie, bearbeitet von Hans Zölly.

(Mit 13 Abbildungen)

II.

**Bestimmung der Längendifferenz zwischen dem Koordinaten-Nullpunkt der Schweizerischen Landesvermessung
(Meridiankreis der alten Sternwarte in Bern)**

und dem Trigonometrischen Hauptpunkt „Gurten Ost (B)“

beobachtet im Jahre 1937 von Paul Engi und Edwin Hunziker, bearbeitet von Edwin Hunziker.

(Mit 2 Abbildungen)

III.

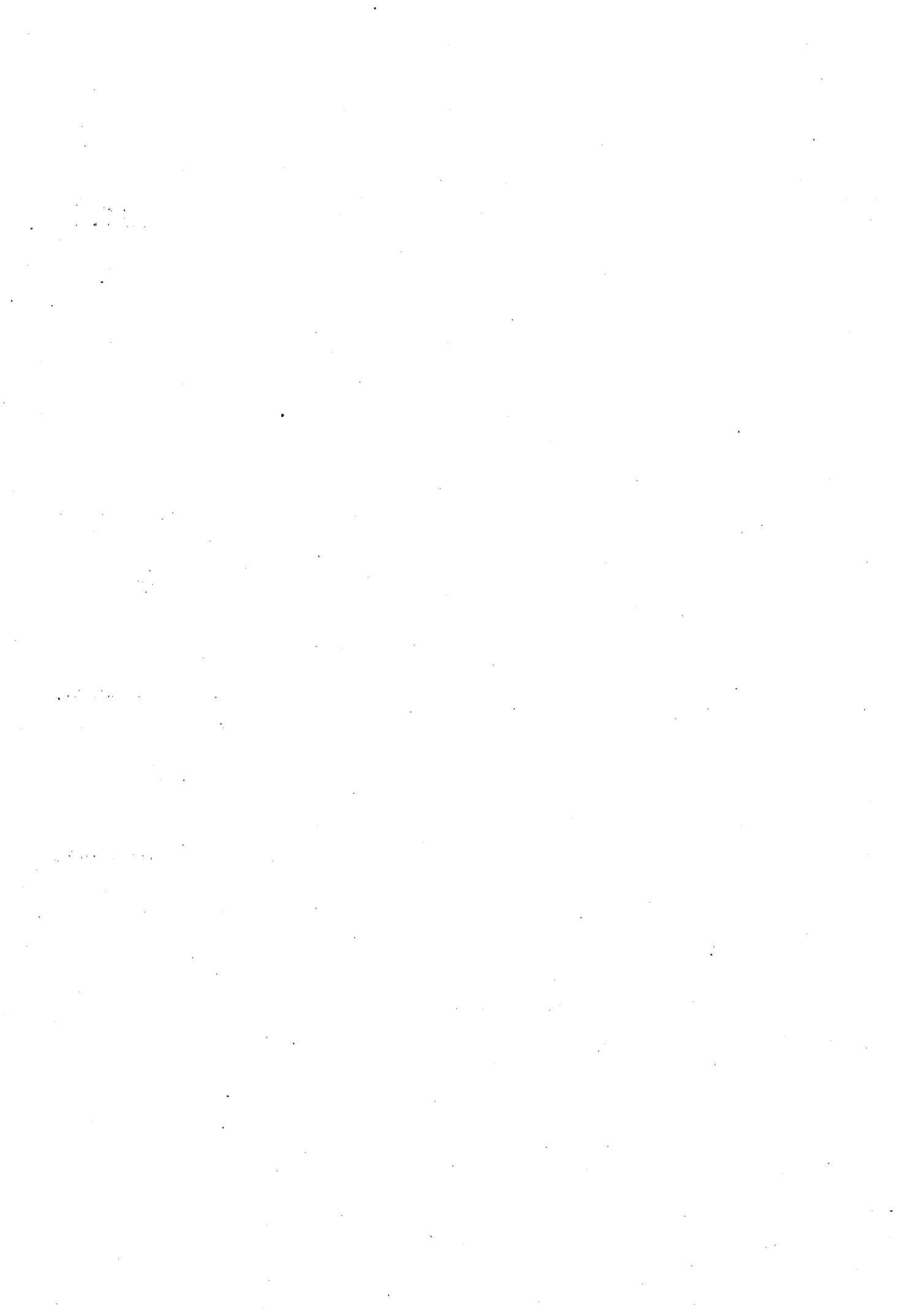
**Bestimmung der Polhöhe des Koordinaten-Nullpunktes der Schweizerischen Landesvermessung
(Meridiankreis der alten Sternwarte in Bern)**

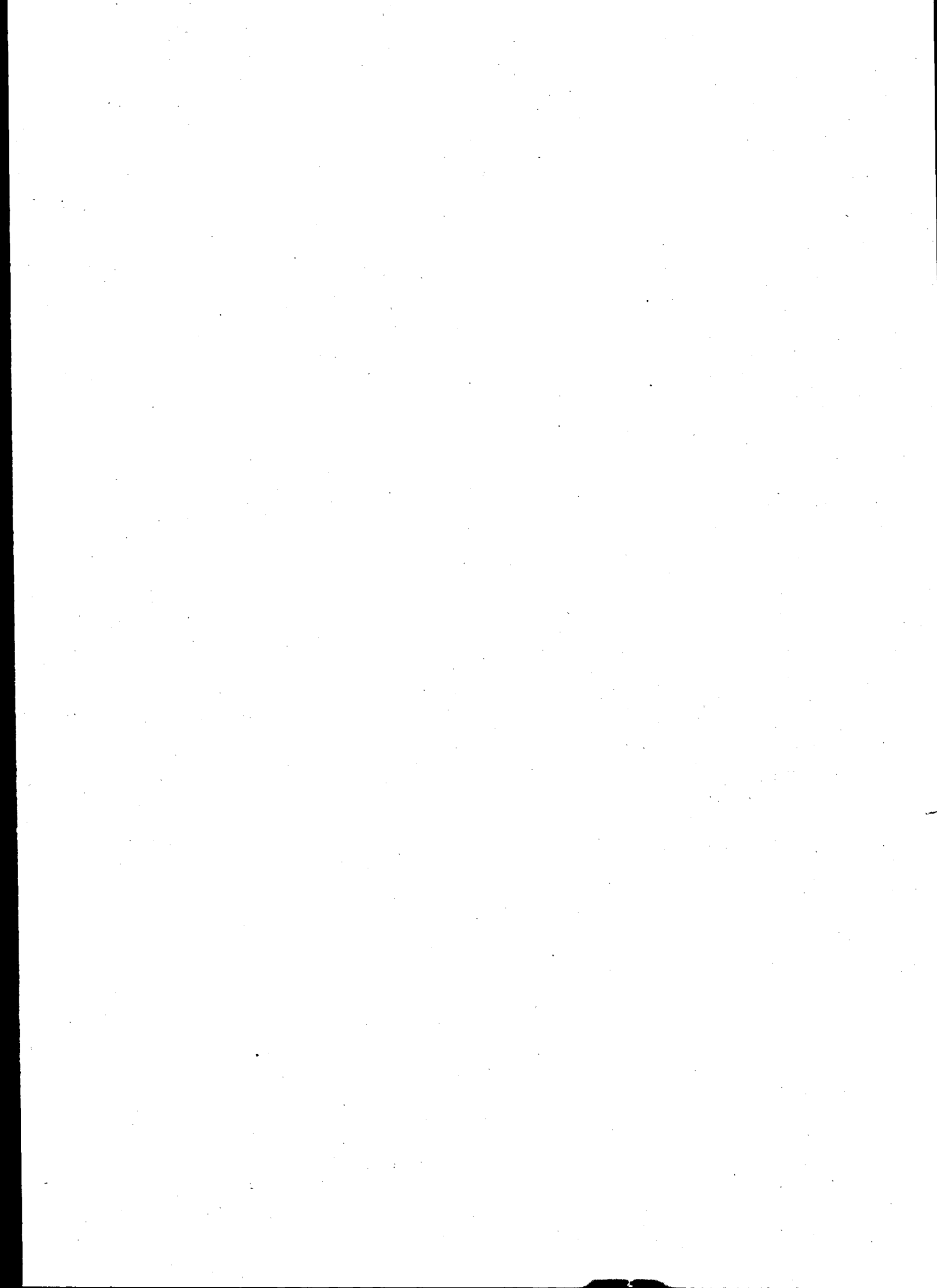
und des Trigonometrischen Hauptpunktes „Gurten Ost (B)“

beobachtet im Jahre 1938 und bearbeitet von Paul Engi.

1945

Zu beziehen durch den Kartenverlag
der Eidgenössischen Landestopographie in Wabern/Bern.







[The page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. The text is scattered across the page and cannot be transcribed accurately.]

Travaux astronomiques et géodésiques exécutés en Suisse

(Suite de la publication : „Le Réseau de Triangulation suisse“)

publiés par la

Commission géodésique suisse

de la Société helvétique des Sciences naturelles.

Volume XXIII

I.

Mesure de la Base d'Ostermundigen et de son réseau de rattachement 1913

exécutée par le Service Topographique fédéral, par Hans Zölly.

(Avec 13 figures)

II.

Détermination de la différence de longitude entre l'origine du système suisse de coordonnées

(cercle méridien de l'ancien Observatoire de Berne)

et le point trigonométrique principal „Gurten Ost (B)“

observée en 1937 par Paul Engi et Edwin Hunziker, par Edwin Hunziker.

(Avec 2 figures)

III.

Détermination de la latitude de l'origine du système suisse de coordonnées

(cercle méridien de l'ancien Observatoire de Berne)

et du point trigonométrique principal „Gurten Ost (B)“

observée en 1938, par Paul Engi.

1945

En dépôt au Service topographique fédéral
à Wabern/Berne.

Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz

(Fortsetzung der Publikation: „Das Schweizerische Dreiecknetz“)

herausgegeben von der

Schweizerischen geodätischen Kommission,

Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.

Dreiundzwanzigster Band

I.

Die Basis-Messung und das Basis-Anschlussnetz von Ostermundigen 1913

beobachtet durch die Eidgenössische Landestopographie, bearbeitet von Hans Zölly.

(Mit 13 Abbildungen)

II.

Bestimmung der Längendifferenz zwischen dem Koordinaten-Nullpunkt der Schweizerischen Landesvermessung
(Meridiankreis der alten Sternwarte in Bern)

und dem Trigonometrischen Hauptpunkt „Gurten Ost (B)“

beobachtet im Jahre 1937 von Paul Engi und Edwin Hunziker, bearbeitet von Edwin Hunziker.

(Mit 2 Abbildungen)

III.

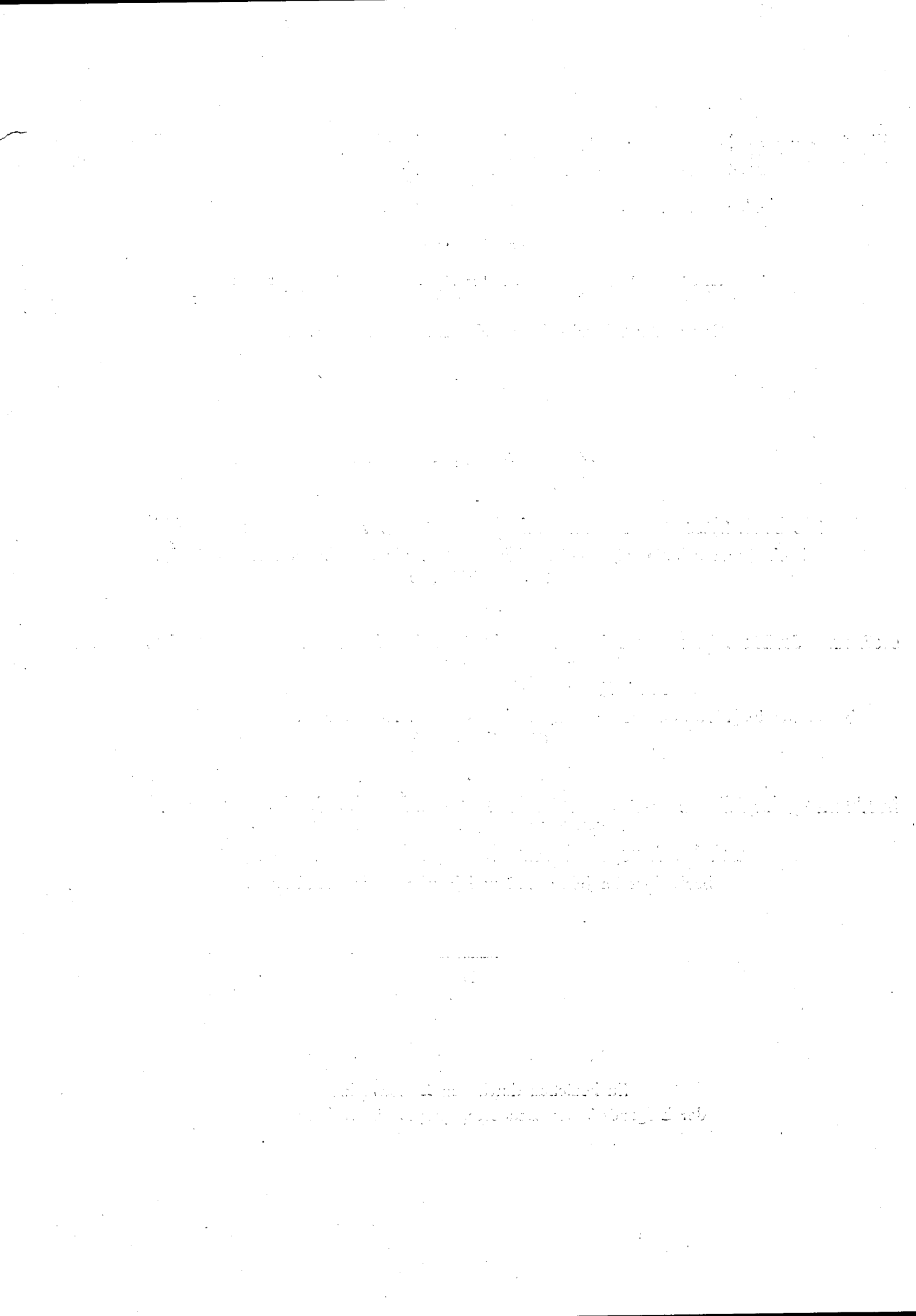
Bestimmung der Polhöhe des Koordinaten-Nullpunktes der Schweizerischen Landesvermessung
(Meridiankreis der alten Sternwarte in Bern)

und des Trigonometrischen Hauptpunktes „Gurten Ost (B)“

beobachtet im Jahre 1938 und bearbeitet von Paul Engi.

1945

Zu beziehen durch den Kartenverlag
der Eidgenössischen Landestopographie in Wabern/Bern.



Vorwort.

Der vorliegende 23. Band der „Astronomisch-geodätischen Arbeiten in der Schweiz“ enthält drei Arbeiten, die sich mit Beobachtungen befassen, die in enger Verbindung mit der schweizerischen Landesvermessung stehen.

In der ersten Arbeit behandelt unser Mitglied Dr. h. c. H. Zölly in seiner Eigenschaft als Chef der Sektion für Geodäsie und Photogrammetrie der Eidgenössischen Landestopographie in Wabern bei Bern „Die Basismessung und das Basisanschlussnetz von Ostermundigen 1913“. Diese, zur Abklärung von Differenzen bei der Stadtvermessung von Bern unternommene Arbeit, bietet vom Standpunkt der Landesvermessung aus ein sehr interessantes Resultat. Die Schweizerische geodätische Kommission hat s. Z. bekanntlich die drei Basismessungen in der Schweiz (vgl. Band III der vorliegenden Publikationsreihe) erst nach der Gesamtausgleichung des Netzes erster Ordnung zur Ableitung der Seitenlängen verwendet. Die aus den drei Basismessungen abgeleitete Länge der Dreiecksseite Chasseral-Röthli stimmt mit der aus der Ostermundiger Basis berechneten Länge dieser Seite weniger gut überein, als wenn zu ihrer Bestimmung nur die gemessene Länge der Aarberger Basis benützt wird. Die Basismessung von Ostermundigen bestätigt somit die allgemeine Erkenntnis, daß die Basismessungen eine höhere Genauigkeit aufweisen, als die Triangulation im allgemeinen gewährleisten kann. Es stimmt also die direkt gemessene Ostermundiger Basis mit der direkt gemessenen Aarberger Basis besser überein, als mit dem offiziell angenommenen Wert, bei dem die trigonometrisch übertragenen Werte der Weinfelder und Bellinzoneser Basen mitberücksichtigt worden sind:

Die zweite Arbeit behandelt die „Bestimmung der Längendifferenz zwischen dem Koordinaten-Nullpunkt der schweizerischen Landesvermessung und dem trigonometrischen Hauptpunkt „Gurten Ost (B)“. Die Beobachtungen sind im Jahre 1937 von den beiden Ingenieuren der Kommission Dr. Paul Engi und Dr. Edwin Hunziker durchgeführt worden. Die Bearbeitung besorgte Dr. Hunziker.

Die Schweizerische geodätische Kommission hat sich dafür entschieden, die Länge des Koordinaten-Nullpunktes der schweizerischen Landesvermessung durch einfachen Anschluss an „Gurten Ost (B)“ zu bestimmen. Dies geschah aus folgenden praktischen Gründen:

a) Ein beidseitiger Anschluß an die Basispunkte des schweizerischen Längennetzes, Zürich und Genf, der für alle anderen Punkte des Netzes durchgeführt worden ist, hätte die Anschaffung eines zweiten drahtlosen Empfangsgerätes erfordert.

b) Die Kosten von einer Längenbestimmung konnten eingespart werden. Zudem verminderten sich die Kosten beim Beobachter- und Instrumentenwechsel beträchtlich zufolge der geringen Entfernung zwischen den Stationen Gurten und Bern.

c) Infolge des verständnisvollen Entgegenkommens der Generaldirektion der Eidgenössischen Post-, Telephon- und Telegraphenverwaltung verfügten wir über eine doppeladrige metallische Verbindung zwischen Gurten und Bern, die z. T. als Freileitung neu erstellt wer-

den mußte. Die Verbindung stand uns an den Beobachtungsabenden ununterbrochen zur Verfügung. Das ermöglichte das im Folgenden beschriebene vereinfachte Beobachtungsverfahren anzuwenden. Es ist mir eine angenehme Pflicht, der Generaldirektion der P.T.T. für die Unterstützung unserer Arbeit verbindlichst zu danken.

Die wissenschaftlichen Gründe, die zugunsten des einseitigen Anschlusses sprechen, sind in der Einleitung zu dieser Arbeit auseinandergesetzt.

Die dritte Arbeit behandelt die „Bestimmung der Polhöhe des Koordinaten-Nullpunktes der schweizerischen Landesvermessung und des trigonometrischen Hauptpunktes „Gurten Ost (B)“. Die Beobachtungen wurden im Jahre 1938 durch Dr. Paul Engi ausgeführt, der auch deren Bearbeitung besorgte.

Die beiden letzten Arbeiten liefern die endgültigen geographischen Koordinaten des Nullpunktes der schweizerischen Landesvermessung. Sie unterscheiden sich nur wenig von den für die Landesvermessung verwendeten Grundlagen.

Gestützt auf die hier publizierte Arbeit von Dr. Zölly und andere Erkenntnisse in bezug auf die Genauigkeit des Netzes erster Ordnung hat die Schweizerische geodätische Kommission die Absicht, eine neue Ausgleichung des Hauptnetzes unter Einbezug der Basis- und Laplace-Bedingungen durchzuführen, bevor die schweizerische Triangulation für das europäische Gradnetz zur Verfügung gestellt wird. Es kann heute schon gesagt werden, daß auf diese Weise eine bedeutend höhere Genauigkeit der schweizerischen Haupttriangulation erreicht werden wird. Da der Hauptpunkt „Gurten Ost (B)“ für diese Haupttriangulation als Fundamentalpunkt gewählt werden soll, war es notwendig, auch seine geographische Breite zu bestimmen. Die Beobachtung eines ersten Azimutes steht noch aus, befindet sich aber auf dem Arbeitsprogramm der Kommission.

Herrn Dr. Zölly danke ich für die Überlassung seiner Arbeit, den Herren Dr. Engi und Dr. Hunziker spreche ich den Dank der Kommission für ihre sorgfältige Arbeit aus.

Zollikon, den 16. September 1944.

Der Präsident der
Schweizerischen geodätischen Kommission:

F. Baeschlin.

I.

Die Basis-Messung
und
das Basis-Anschlussnetz
von
Ostermundigen

1913

Beobachtet durch die Eidgenössische Landestopographie,
bearbeitet von

Dr. h. c. H. Zölly

Chef-Ingenieur der Eidgenössischen Landestopographie

James M. Smith, et al.

vs.

James M. Smith, et al.

vs.

James M. Smith, et al.

vs.

James M. Smith, et al.

James M. Smith, et al.

James M. Smith, et al.

vs.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.	Seite
Einleitung	1
Die Basis auf dem Gurten	4
Koordinaten des Punktes Gurten A	11
Die Basismessung Ostermundigen	
A. Anlage der Basis und die Vorbereitungen für die Längenmessungen	
1. Anlage	12
2. Bestimmung der seitlichen Abweichungen	15
3. Bestimmung der Höhen-Unterschiede	15
4. Bestimmung der mittleren Meereshöhe	16
5. Eichung der Invardrähte	16
6. Programm der Basismessung	17
B. Die Messung und die Resultate	21
C. Das Basis-Anschlussnetz Ostermundigen	29



Einleitung.

Für die Schweizerische Landes- und Grundbuchtriangulation bilden die Ergebnisse der Grundlinienmessungen von Aarberg, Weinfeldern und Giubiasco die alleinige Längengrundlage. Diese drei Grundlinien sind in den Jahren 1880 und 1881 mit dem Basismessapparat des General Ibañez gemessen worden.

Seitdem bestand in der Schweiz kein unmittelbares Bedürfnis mehr, weitere Grundlinienmessungen auszuführen. Wenn trotzdem seit 1881 zwei weitere Grundlinien gemessen worden sind, so hat dies seine besondere Bewandnis. Die Grundlinie im *Simplontunnel* wurde 1906 in erster Linie aus wissenschaftlichem Interesse gemessen, um die Basismess-einrichtung mit Invardrähten von Benoit und Guillaume praktisch an einem interessanten Beispiel zu erproben, ohne dass sie für die Landestriangulation Verwendung fand.

Die Basismessung von *Ostermundigen* hingegen wurde 1913 durch die Eidgenössische Landestopographie aus einem praktischen Bedürfnis heraus zu Kontrollzwecken mit den gleichen Invardrähten gemessen. Sie wurden in zuvorkommender Weise von der Schweizerischen geodätischen Kommission der eidgenössischen Landestopographie zur Verfügung gestellt.

Sowohl über die Basismessungen von 1880—81 als über diejenige von 1906 wurde in den Veröffentlichungen der Schweizerischen geodätischen Kommission eingehend Bericht erstattet¹⁾. Die Ergebnisse der Grundlinienmessung von Ostermundigen und ihrer Übertragung auf die Landestriangulation gestatten aufschlussreiche Vergleichen mit den bisherigen geodätischen Grundelementen, so dass eine Veröffentlichung dieser Arbeiten allgemeinen Interesse verdient.

Die *Veranlassung* zur Durchführung der Messung der Grundlinie von Ostermundigen war die von Herrn Stadtgeometer Brönnimann in Bern festgestellte Differenz in der Längenangabe der Seite *Sternwarte Bern — Gurten B* zwischen seiner eigenen aus trigonometrischer und polygonometrischer Messung abgeleiteten Länge und derjenigen in Band V, Seite 182, des „Schweizerischen Dreiecknetzes“ veröffentlichten Angabe. Bevor eingehend versucht werden soll, diese Differenz aufzuklären, sei an folgende Vorgänge erinnert.

Die erste genaue Vermessung der Stadt Bern wurde auf Grund des bernischen Gesetzes über das Vermessungswesen vom 18. März 1867 von 1867 bis 1877 durchgeführt. Die

¹⁾ Siehe: Schweizerisches Dreiecknetz Band I—V und XI, Verlag der Schweizerischen geodätischen Kommission, Wabern (Bern).

grundlegende Triangulation zu dieser Vermessung, die sich anfänglich nur über die „Altstadt“, den „untern“ und „obern“ Bezirk erstreckte, wurde in der Folge von Stadtgeometer *F. Brönnimann* mit grosser Sorgfalt nachgeführt. Sie erwies sich aber für die mit der Stadtvergrösserung entstehenden neuen Quartiere als unzureichend, weswegen eine Erweiterung und Versteifung des Triangulationsnetzes geplant wurde. Herr Brönnimann nahm im Jahr 1894, während der Vollendung des Baues des Berner Münsterturmes die Gelegenheit wahr, über dem Schlußstein des Turmes einen Theodolitstandpunkt zu errichten und dort Winkel zu messen, um vermittelst einer Anzahl, die neuen Stadtgebiete beherrschenden trigonometrischer Punkte, einen Kranz von grundlegenden Dreiecken über das erweiterte Stadtgebiet zu legen. Als Längengrundlage wählte er für dieses Stadtriangulationsnetz eigenartigerweise die Seite Sternwarte—Gurten B, wie sie in Band V, Seite 182, des „Schweizerischen Dreiecknetzes“ mit 3777,06 m veröffentlicht ist. Herr Brönnimann hat anhand seiner sorgfältigen, immerhin, wie später festgestellt wurde, nicht in allen Teilen den neuen Vorschriften für Grundbuchvermessungen entsprechenden Winkelbeobachtungen und durch einwandfreie Vergleiche von Dreiecksseiten seines Netzes und deren direkten Messung mit verglichenen Latten, in drei Eingaben von 1910, 1911 und 1912 an die Eidgenössische Landestopographie nachgewiesen, dass die gegebene Seite Sternwarte—Gurten B um 27 cm zu kurz sein müsse. Sodann verlangte er Weisungen, wie er in Anbetracht dieser unabgeklärten Unstimmigkeit bei der Berechnung der neuen Stadtriangulation vorzugehen habe, damit sie als Grundbuchtriangulation anerkannt werden könne.

Eine vorurteilslose Prüfung, sowohl der Arbeiten der Schweizerischen geodätischen Kommission als derjenigen von Stadtgeometer Brönnimann liess damals, also 1910—1912 vorerst erkennen, dass die Bestimmung einer so kurzen Seite, wie diejenige Sternwarte—Gurten B ausschliesslich aus fast 40 km langen Seiten, ohne besondere, scharfe Beobachtungen

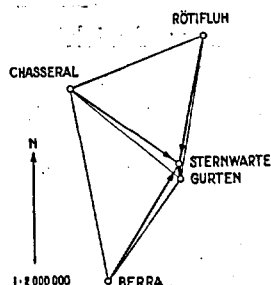


Abb. 1.

gen der Parallaxwinkel auf Berra, Chasseral und Rötfluh (Abb. 1) einen relativ hohen mittleren Fehler aufweisen und daher als Grundlage für eine Stadtvermessung verhängnisvoll werden könnte. Tatsächlich sind aber die Parallaxwinkel nicht gemessen und es ist daher nicht verwunderlich, dass die grössere Axe der Fehlerellipse für die Lage der Sternwarte, — im ungefähren Azimut der Seite Gurten—Sternwarte —, $\pm 11,1$ cm beträgt¹⁾. Der grundlegende Fehler wurde also begangen, dass diese Seite, deren Bestimmungsschärfe wohl für rein astronomische Zwecke genügte, als Grundlage der Stadtvermessung Bern gewählt wurde.

Stadtgeometer Brönnimann gelang es aber auch nicht, eine überzeugend hohe Genauigkeit für die Länge der Seite Gurten-Sternwarte zu erzielen, denn der mittlere Fehler, ermittelt aus seinen eigenen Beobachtungen, erreichte nur den Wert von $\pm 6,5$ cm. Um aber ohne besondern Aufwand zu entscheiden, welche der beiden Längenwerte als Grundlage für die neue Triangulation zu verwenden sei, empfahl die Eidgenössische

¹⁾ Schweizerisches Dreiecknetz Band II, Seite 182.

Landestopographie zuzuwarten, bis die neue Landestriangulation III. Ordnung über das bernische Mittelland erstellt sei. Die städtische Verwaltung, im besonderen aber die kantonale Behörde drängten auf einen Entscheid, weshalb sich die Eidgenössische Landestopographie entschloss, vermittelt einer mit Invardrähten zu messenden Grundlinie und eines einfachen Anschlussnetzes eine einwandfreie Längenermittlung der bezweifelten Seite Sternwarte-Gurten B durchzuführen. Hiezu bot sich die günstige Gelegenheit, ein sehr geeignetes Terrain für die Durchführung einer *Invardrahtmessung* benützen zu können, das auf der Geraden der ausser Betrieb gesetzten Bahnlinie Bern-Thun zwischen Wilerfeld und Ostermundigen gelegen war. Zunächst wurde das gesamte, der Schweizerischen geodätischen Kommission gehörende Invardrahtinstrumentarium, das 1912 und 1913 von der Unternehmung des Mont d'Or-Tunnels benutzt worden war, einer gründlichen Revision und Ergänzung unterzogen.

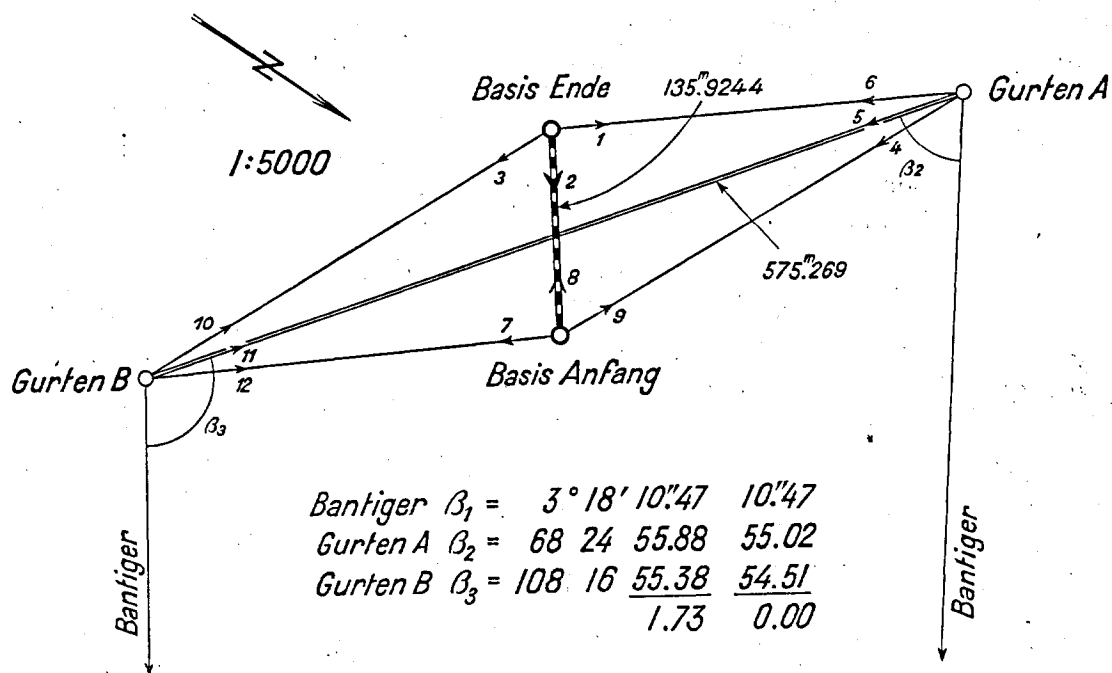


Abb. 2.

Der Einbezug des Punktes Gurten A, auf der westlichen Kulmination des Gurten, in das Hauptnetz der Triangulationen Bern und Freiburg, erforderte seine genaue Bestimmung gegenüber Gurten B auf der östlichen Kulmination, weshalb die Messung einer kurzen Basis auf dem Gurtengelände mit zugehörigem Basisnetz angeordnet wurde und damit die willkommene Gelegenheit bot, das Personal der Eidgenössischen Landestopographie mit der Handhabung der Invardraht-Ausrüstung vertraut zu machen. Da auch diese Präzisionsmessung von allgemeiner Bedeutung für unsere Landesvermessung ist, stellen wir sie der eigentlichen Messung der Grundlinie von Ostermundigen voraus.

Die Eidgenössische Landestopographie hatte den Referenten in seiner Eigenschaft als Chef der Sektion für Geodäsie mit der Oberleitung aller Arbeiten betraut. Die Rekonoszierung der Basislinien in Ostermundigen und auf dem Gurten, die vorbereitenden Studien für die Basismessungen und die Leitung bei deren Messung, sowie die rechnerische Auswertung der Resultate der Basismessungen waren Ing. J. Ganz übertragen worden. Die Winkelmessungen im Basisanschlussnetz Ostermundigen und seine rechnerische Ausgleichung besorgte Ing. W. Lang.

Die Basis auf dem Gurten.

Auf dem Gurtenplateau, quer zur Verbindungslinie der beiden trigonometrischen Punkte Gurten A und B, wurde eine Basis von 136 m Länge abgesteckt (Abb. 2). Da für die Messung ein 8-Meter-Invardraht (Nr. 83) zur Verfügung stand, wurde in Abständen



Abb. 3.

von je ungefähr acht Metern, die mit gewöhnlichen Latten abgesteckt wurden, Pflöcke in den Wiesengrund eingerammt und in deren Kopfflächen Nägel im Alinement eingeschlagen. Die Füsse der Markenstative wurden so auf bodeneben eingerammte Pflöcke gestellt, dass die Stativmarken (Repères fixes) stets senkrecht über den Pflocknagel zu stehen kamen. Dadurch wurde ohne weiteres die genau in der Geraden ausgerichtete Messung der Basis gewährleistet.

Die viermal wiederholte Messung der Basis fand am 21. Oktober 1913 statt (Abb. 3). Sie wurde von Ing. J. Ganz geleitet, der gleichzeitig als Sekretär amtierte; die Ablesungen besorgten die Herren dipl. Ing. W. Lang und K. Schneider, die Berechnung und Ausgleichung Herr Ing. M. de Raemy. Für jede Drahtspannstrecke wurden fünf Ablesungen gemacht und ihr Mittelwert als Teilergebnis in Rechnung gebracht. Aus der Summe der 17 Spannstrecken ergaben sich die nachfolgenden Werte. Die Temperaturen wurden auf $\frac{1}{10}$ Grad

genau abgelesen, so dass entsprechend der vom Bureau international des Poids et Mesures von Breteuil gelieferten Längengleichung des Drahtes, der bei 15 Grad und 10 kg Spannungsgewicht $8 \text{ m} + 0,05 \text{ mm}$ mass, die Temperaturkorrekturen berücksichtigt werden konnten ($\Delta L = (0,793 t + 0,00016 t^2) 10^{-6}$).

			$v = \text{Differenz gegenüber Mittel}$	vv
1. Messung	136,0000 m	— 58,124 mm	+ 0,486 mm	0,236
2. Messung		— 57,476 mm	— 0,162 mm	0,026
3. Messung		— 56,471 mm	— 1,167 mm	1,362
4. Messung		— 58,482 mm	+ 0,844 mm	0,712
Mittel	136,0000 m	— 57,638 mm		2,336

Die Basislänge ergibt sich somit zu $L_0 = 135,9424$ m, gemessen auf dem mittleren Horizont von $H = 847$ m über Meer. Der mittlere Fehler des gemittelten Wertes ist:

$$M = \sqrt{\frac{[vv]}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{2,336}{4 \cdot 3}} = 0,44 \text{ mm] oder } \frac{1}{308500} \text{ der Basislänge.}$$

Die auf den Meereshorizont reduzierte Basis ergibt sich zu $L = L_0 - \Delta L$.

$$\Delta L = \frac{H \cdot L_0}{r + H} \text{ in km} = \frac{0,847 \cdot 0,136}{6377} = 0,0000180 \text{ km} = 0,0180 \text{ m.}$$

L_0	=	135,9424 m
$-\Delta L$	=	0,0180 m
L	=	135,9244 m \pm 0,44 mm.

Aus dieser Basis wurde die Seite Gurten A—Gurten B durch ein Basisvergrößerungsnetz, bestehend aus einem vollständigen Viereck entsprechend Abb. 2, abgeleitet. Die Winkelmessungen auf den vier Stationen Basisanfang (BA), Basisende (BE), Gurten A und Gurten B besorgte Ing. J. Ganz am 22. Oktober 1913. Er beobachtete in je drei vollständigen Sätzen (auf Gurten B in vier Sätzen) mit einem einfachen Hildebrand-Theodoliten von 21 cm Horizontalkreisdurchmesser die notwendigen Richtungsmessungen. Der erreichte mittlere Fehler für alle vier Stationen betrug $\pm 0,85$ sex. In den nachstehenden Richtungsverzeichnissen sind in der ersten Kolonne die beobachteten Sekundenwerte, in der zweiten die ausgeglichenen Sekundenwerte in schiefstehenden Zahlen aufgeführt.

Richtungen.

auf Gurten B

BE	0°	0'	0",00	0",00
Gurten A	11	1	25,11	27,56
BA	24	17	32,11	29,75

auf Gurten A

BA	0°	0'	0",00	0",00
Gurten B	12	40	24,62	26,48
BE	26	41	36,01	36,43

auf Basisende

Gurten A	0°	0'	0",00	0",00
BA	94	7	23,96	25,09
Gurten B	154	57	22,63	22,49

auf Basisanfang

Gurten B	0°	0'	0",00	0",00
BE	94	52	34,21	32,85
Gurten A	154	3	32,16	31,33

Aus diesen Richtungen ergaben sich die nachfolgenden vier Dreiecke und das vollständige Viereck. In der ersten Kolonne sind wiederum zuerst die beobachteten Sekundenwinkelwerte, in der zweiten die ausgeglichenen Sekundenwinkelwerte angegeben.

Dreiecke und Viereck.

BA	154°	3'	32",16	31",33
Gurten B	13	16	7,00	02,19
Gurten A	12	40	24,62	26,48
			<u>+ 3,78</u>	<u>0,00</u>

BE	154°	57'	22",63	22",49
Gurten A	14	1	11,39	09,95
Gurten B	11	1	25,11	27,56
			<u>59,13</u>	<u>0,00</u>
				-0,87

Gurten B	24°	17'	32",11	29",75
BE	60	49	58,67	57,40
BA	94	52	34,21	32,85
			<u>+ 4,99</u>	<u>0,00</u>

Gurten A	26°	41'	36",01	36",43
BA	59	10	57,95	58,48
BE	94	7	23,96	25,09
			<u>57,92</u>	<u>0,00</u>
				-2,08

Gurten B	24°	17'	32",11	29",75
BE	154	57	22,63	22,49
Gurten A	26	41	36,01	36,43
BA	154	3	32,16	31,33
			<u>+ 2,91</u>	<u>0,00</u>

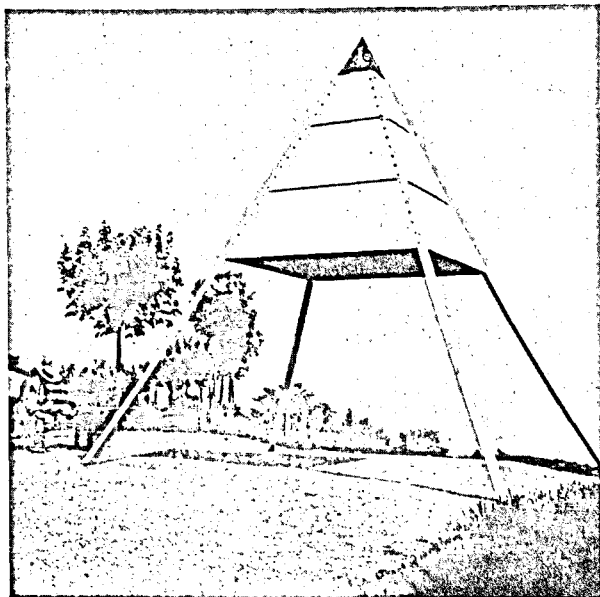


Abb. 4.

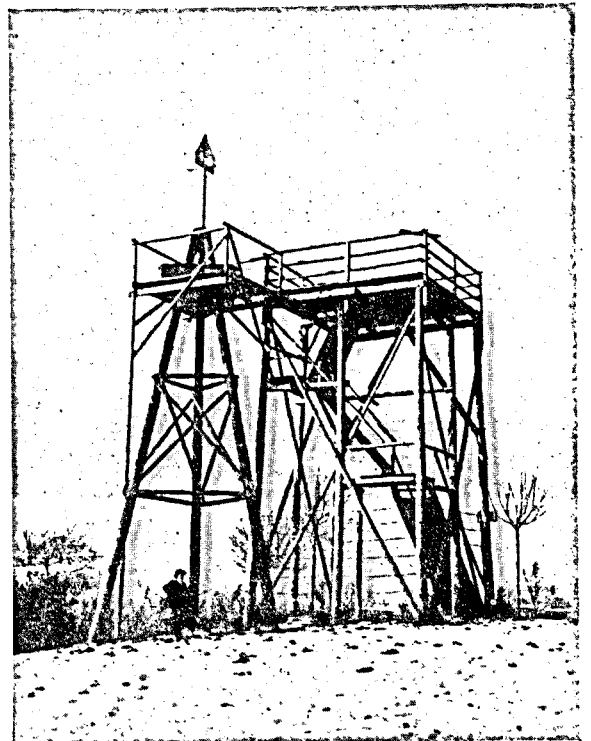


Abb. 5.

Berechnen wir, vorläufig nur zum rohen Vergleich nach der Näherungsformel von Ferrero aus den Dreieckswidersprüchen Δ der vier Dreiecke den mittlern Winkel- und daraus den mittlern Richtungsfehler, so erhalten wir:

$$m_r = \sqrt{\frac{\Delta^2}{2 \cdot 3 n}} = \sqrt{\frac{44,3}{24}} = \pm 1",36.$$

Dieser aus den Dreieckswidersprüchen berechnete Richtungsfehler ist nun wesentlich grösser als der aus den Stationsausgleichungen mit $\pm 0",84$ hervorgegangene. Die Erklärung für diese unbefriedigende Erscheinung ist wohl in erster Linie in den Zentrierungsunsicherheiten beim Herunterloten der Pyramidenspitze Gurten B (Abb. 4) und des über Gurten A aufgestellten Turmsignals (Abb. 5) auf die Versicherungszentren im Zusammenhang mit den kurzen Distanzen zu suchen.

Für die Ausgleichung der vorliegenden Messungen nach der bedingten Methode ergeben sich nach Abbildung 2 die nachfolgenden unabhängigen Dreiecksbedingungsgleichungen (1) bis (3) und die Seitengleichung (4).

$$\begin{aligned} \Delta \text{BE—G. A—BA} \quad v_2 - v_1 + v_6 - v_4 + v_9 - v_8 - 2,08 &= 0 \quad (1) \\ \Delta \text{G. B—BE—BA} \quad v_{12} - v_{10} + v_3 - v_2 + v_8 - v_7 + 4,99 &= 0 \quad (2) \\ \Delta \text{BE—G. A—G. B} \quad v_3 - v_1 + v_6 - v_5 + v_{11} - v_{10} - 0,87 &= 0 \quad (3) \end{aligned}$$

Seitenbedingungsgleichung mit dem Zentralpunkt Gurten B

$$\frac{\sin(9-7)}{\sin(5-4)} = \frac{\sin(3-1) \sin(8-7)}{\sin(6-5) \sin(3-2)} \quad \text{oder} \quad \frac{\sin(9-7) \cdot \sin(6-5) \cdot \sin(3-2)}{\sin(5-4) \cdot \sin(3-1) \cdot \sin(8-7)} = 1$$

					Diff. für 1"
(9—7)	154°	03'	32",16	9,640 9248	— 43,3
(6—5)	14	01	11,39	9,384 2776	+ 84,3
(3—2)	60	49	58,67	9,941 1150	+ 11,8
				<u>8,966 3174</u>	
(5—4)	12	40	24,62	9,341 2269	+ 93,7
(3—1)	154	57	22,63	9,626 6368	— 45,1
(8—7)	94	52	34,21	9,998 4253	— 1,8
				<u>8,966 2890</u>	
				Widerspruch	<u>W = + 284</u>

Lineare Seitengleichungen in Einheiten 6. Logarithmen-Dezimale

$$-4,33 (v_8 - v_7) + 8,43 (v_6 - v_5) + 1,18 (v_3 - v_2) - 9,37 (v_5 - v_4) + 4,51 (v_3 - v_1) + 0,18 (v_8 - v_7) + 28,4 = 0$$

oder ausgewertet und geordnet:

$$-4,51v_1 - 1,18v_2 + 1,18v_3 + 9,37v_4 - 9,37v_5 + 8,43v_6 + 4,33v_7 + 0,18v_8 - 4,33v_9 + 28,4 = 0$$

$$\qquad\qquad\qquad + 4,51v_3 \qquad\qquad\qquad - 8,43v_5 \qquad\qquad\qquad - 0,18v_7$$

$$-4,51v_1 - 1,18v_2 + 5,69v_3 + 9,37v_4 - 17,80v_5 + 8,43v_6 + 4,15v_7 + 0,18v_8 - 4,33v_9 + 28,4 = 0(4)$$

Die Koeffizienten dieser vier Bedingungsgleichungen sind in der beiliegenden Tabelle zweckentsprechend angeordnet. Aus ihr können die Koeffizienten der Korrelaten-Normalgleichungen leicht herausgelesen werden. Sind die vier Korrelaten durch Auflösung der Normalgleichungen ermittelt, so werden in dieser erwähnten Tabelle durch Einsetzen der Korrelaten die einzelnen Verbesserungen (in liegender Schrift) gebildet und es wird die Fehlerrechnung durchgeführt.

	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8	v_9	v_{10}	v_{11}	v_{12}	w	k	$-kw$
$\frac{1}{p}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2			
a	+0,8406 -1	-0,8406 +1		+0,8406 -1		-0,8406 +1		+0,8406 -1	-0,8406 +1				-2,08	-0,8406	- 1,7484
b		+1,4374 -1	-1,4374 +1				+1,4374 -1	-1,4374 +1		+1,4374 -1		-1,4374 +1	+4,99	-1,4374	+ 7,1726
c	-1,9433 -1		+1,9433 +1	-1,9433 -1	+1,9433 +1					-1,9433 -1	+1,9433 +1		-0,87	+1,9433	+ 1,6907
d	+0,7717 -4,51	+0,2019 -1,18	-0,9736 +5,69	-1,6032 +9,37	+3,0456 -17,80	-1,4424 +8,43	-0,7101 +4,15	-0,0308 +0,18	+0,7409 -4,33				+28,4	-0,1711	+ 4,8592
pv	-0,3310	+0,7987	-0,4677	-0,7626	+1,1023	-0,3397	+0,7273	-0,6276	-0,0997	-0,5059	+1,9433	-1,4374			
$[pvv]$	0,1096	0,6379	0,2187	0,5816	1,2151	0,1154	0,5290	0,3939	0,0099	0,2559	3,7764	4,1322		$[pvv] =$	+11,9741
														$[pvv] =$	+11,9756

$$\left[\frac{aa}{p} \right] = +6$$

$$\left[\frac{ab}{p} \right] = -2 \quad \left[\frac{bb}{p} \right] = +7$$

$$\left[\frac{ac}{p} \right] = +2 \quad \left[\frac{bc}{p} \right] = +2 \quad \left[\frac{cc}{p} \right] = +6$$

$$\left[\frac{ad}{p} \right] = -2,12 \quad \left[\frac{bd}{p} \right] = +2,90 \quad \left[\frac{cd}{p} \right] = +36,43 \quad \left[\frac{dd}{p} \right] = +565,81$$

Korrelaten-Normalgleichungen.

	K_1	K_2	K_3	K_4	W	f
$K_1 =$	+ 6,00	- 2,00	+ 2,00	- 2,12	- 2,08	- 10,35
	- 1,00	+ 0,3333	- 0,3333	+ 0,3533	+ 0,3466	+ 1,72
	- 0,8406	- 0,4791	- 0,6477	- 0,0604	+ 0,3466	- 17,80
$K_2 =$		+ 7,0000	+ 2,0000	+ 2,9000	+ 4,9900	- 16,58
		+ 6,3333	+ 2,6667	+ 2,1934	+ 4,2967	- 20,03
		- 1,0000	- 0,4211	- 0,3463	- 0,6784	+ 3,16
$K_3 =$		- 1,4374	- 0,8183	+ 0,0593	- 0,6784	- 63,29
			+ 6,0000	+ 36,4300	- 0,8700	- 34,82
			:	:	:	:
$K_4 =$			+ 4,2104	+ 36,2130	- 1,9860	- 22,94
			- 1,0000	- 8,6008	+ 0,4717	+ 5,45
			+ 1,9433	+ 1,4716	+ 0,4717	- 125,02
				- 565,8100	+ 23,4000	- 47,76
				:	:	:
				+ 252,8406	+ 43,2584	+ 152,82
				- 1,0000	- 0,1711	- 0,6044
				- 0,1711		- 92,36

Es sind 4 überschüssige Beobachtungen vorhanden, daher ergibt sich der mittlere Fehler einer Richtung mit dem Gewicht $p=1$ zu

$$m = \sqrt{\frac{[p \text{ rv}]}{4}} = \sqrt{\frac{11,97}{4}} = \pm 1,7 \text{ sex.}$$

und der mittlere Fehler einer Richtung mit dem durchschnittlichen Gewicht $p=0,95$

$$m_m = m \frac{1}{0,95} = \pm 1,8$$

Die Ursachen dieses Fehlers im Vergleich zum mittleren Fehler, gerechnet aus den Stationsausgleichungen, von $+ 0,84$, sind die bereits erwähnten. (Pyramiden Zentrierung und kurze Distanzen.)

Die Berechnung der gesuchten Seite Gurten A—Gurten B erfolgt nun mit den ausgeglichenen Winkeln und der gegebenen Basis $a=135,9244$ m auf zwei Arten widerspruchsfrei.

$$a = \text{Basis} = 135,9244 \text{ m.}$$

$\lg a$	$= 2,133 297$	$\lg a$	$= 2,133 297$
$\lg \sin (8-7)$	$= 9,998 425$	$\lg \sin (3-2)$	$= 9,941 114$
$\text{clg} \sin (12-10)$	$= 0,385 756$	$\text{clg} \sin (12-10)$	$= 0,385 756$
$\lg (G. B-BE)$	$= 2,517 478$	$\lg (G. B-BA)$	$= 2,460 167$
$\lg a$	$= 2,133 297$	$\lg a$	$= 2,133 297$
$\lg \sin (9-8)$	$= 9,933 896$	$\lg \sin (2-1)$	$= 9,998 874$
$\text{clg} \sin (6-4)$	$= 0,347 544$	$\text{clg} \sin (6-4)$	$= 0,347 544$
$\lg (BE-G. A)$	$= 2,414 737$	$\lg (G. A-BA)$	$= 2,479 715$
$\lg \sin (9-7)$	$= 9,640 928$	$\lg \sin (3-1)$	$= 9,626 659$
$\lg (G. A-BA)$	$= 2,479 715$	$\lg (G. B-BE)$	$= 2,517 478$
$\text{clg} \sin (12-11)$	$= 0,639 228$	$\text{clg} \sin (6-5)$	$= 0,615 734$
$\lg (G. A-G. B)$	$= 2,759 871$	$\lg (G. A-G. B)$	$= 2,759 871$

$$\underline{\text{Gurten A—Gurten B} = 575,269 \text{ m.}}$$

Die Berechnung des mittleren Fehlers der gesuchten Seite erfolgt nach folgenden Ansätzen:

**Mittlerer Fehler der Distanz
Gurten A — Gurten B**

$$G. A - G. B = s = a \frac{\sin(3-1) \sin(9-8)}{\sin(11-10) \sin(6-4)}$$

Differentialgleichung ($\Delta \lg \sin$ in Einheiten der 6. Dezimale)

$$\lg s - \lg a = -4,51(d_3 - d_1) + 1,26(d_9 - d_8) - 10,81(d_{11} - d_{10}) - 4,18(d_6 - d_4)$$

$$\frac{\partial s}{\partial l_3} = f_3 = -4,51$$

$$\frac{\partial s}{\partial l_{11}} = f_{11} = -10,81$$

$$\frac{\partial s}{\partial l_1} = f_1 = +4,51$$

$$\frac{\partial s}{\partial l_{10}} = f_{10} = +10,81$$

$$\frac{\partial s}{\partial l_9} = f_9 = +1,26$$

$$\frac{\partial s}{\partial l_6} = f_6 = -4,18$$

$$\frac{\partial s}{\partial l_8} = f_8 = -1,26$$

$$\frac{\partial s}{\partial l_4} = f_4 = +4,18$$

	1	3	4	6	8	9	10	11
a	-1	.	-1	+1	-1	+1	.	.
b	.	+1	.	.	+1	.	-1	.
c	-1	+1	.	+1	.	.	-1	+1
d	-4,51	+5,69	+9,97	+8,43	+0,18	-4,33	.	.
f	+4,51	+4,51	+4,18	-4,18	1,26	+1,26	+10,81	-10,81

$$(af) = -10,35$$

$$(bf) = -16,58$$

$$(cf) = -34,82$$

$$(df) = -47,76$$

$$(ff) = +312,52$$

$$m_i^2 = m^2 \left[(ff) - \frac{(af)^2}{(aa)} - \frac{(bf \cdot 1)^2}{(bb \cdot 1)} - \frac{(cf \cdot 2)^2}{(cc \cdot 2)} - \frac{(df \cdot 3)^2}{(dd \cdot 3)} \right]$$

$$m_i^2 = m^2 (312,52 - 298,47)$$

$$m_s = 1,7 \sqrt{14,05} = \pm 6,36 \text{ Einheiten der 6. Dezimale}$$

$$\lg s = 2,759871 \pm 6,4 \text{ Einheiten der 6. Dezimale}$$

Die Tafeldifferenz für 1 cm bei $\lg s = 2,759\,871$ mit 8 Einheiten der 6. Stelle ergibt bei 6,4 Einheiten einen mittleren Fehler in cm von $\frac{6,4}{8} = 0,8$ cm oder

$$s = \underline{575,269 \text{ m} \pm 0,008 \text{ m}},$$

unter der Voraussetzung einer fehlerlosen Basis. Unter der Voraussetzung eines *fehlerlosen Basisnetzes* wäre die Seite nur um $\frac{575}{135} \times 0,44 \text{ mm} = \pm 1,9 \text{ mm}$ fehlerhaft.

Aus diesem mittlern Fehler $\pm 8 \text{ mm}$ ist ersichtlich, dass die Fehler des Basisnetzes den mittleren Fehler der Seite Gurten A—Gurten B bedeutend vergrößert haben, dass aber die erreichte Genauigkeit für die vorliegenden Triangulationszwecke doch vollkommen genügt.

Koordinaten des Punktes Gurten A.

Mit Hilfe dieser Distanz und des Azimuts Gurten B—Bantiger und des in Abb. 2 ausgeglichenen Winkels Bantiger—Gurten A lassen sich die Zylinder-Koordinaten von Gurten A berechnen.

$s = 575,269$	$\lg s = 2,759\,8709_5$
Azimut Gurten B—Bantiger	= $43^\circ 27' 41,1$
Winkel Bantiger—Gurten A	= $108\ 16\ 54,5$
Azimut Gurten B—Gurten A	$\alpha = 295\ 10\ 46,6$
$\lg s = 2,759\,8709_5$	$\lg s = 2,759\,8709_5$
$\lg \sin \alpha = 9,956\,6382_6$	$\lg \cos \alpha = 9,628\,8559_5$
$\lg \Delta y = 2,716\,5092_1$	$\lg \Delta x = 2,388\,7269_0$

$\Delta y = -520,606$	$\Delta x = + 244,752$
Gurten B $y = + 392,94$	$x = - 3\,756,57$
Gurten A $y = - 127,666$	$x = - 3\,511,818$

oder auf cm aufgerundet, wie die Werte in der Landestriangulation verwendet werden:

Gurten A $y = - 127,67 \text{ m}$	$x = - 3\,511,82 \text{ m}$
-----------------------------------	-----------------------------

Die beiden Punkte Gurten A und Gurten B waren von Ing. *J. J. Denzler* bei Anlass der Erstellung der Triangulation des Kantons Bern in den Jahren 1854—1859 errichtet worden. Für den Punkt Gurten B liegen Nachweise vor, dass die Versicherung seither nicht verändert worden ist, dagegen konnte die Versicherung von Gurten A zunächst im Jahre 1913 nicht gefunden werden. Es wurde eine für die Beobachtung günstige neue Lage gewählt, der Punkt gut versichert und signalisiert, wie es Abb. 5 darstellt. Erst nach langwierigem Su-

chen in Katasterakten wurde der vermutlich intakte alte Versicherungsstein von Gurten A nahe dem Fahnenfundament vorgefunden und nach den am 23. Oktober 1913 erhobenen Beobachtungen in Beziehung zum neuen Punkt Gurten A gebracht.

Auf Gurten A	Azimut nach Gurten B	= 115° 10' 45," 2;	d = 24,269 m		
	1913				
Winkel Gurten A	—Gurten B	= 80° 45' 50," 0			
	1854				
Azimut Gurten A	—Gurten A	= 34° 24' 55," 2			
	1913	1854			
lg d	=	1,385 0519	lg d	=	1,385 0519
lg sin α	=	9,752 1928	lg cos α	=	9,916 4341
lg Δy	=	1,137 2447	lg Δx	=	1,301 4860
Gurten A: Y	=	— 127,666	x	=	— 3 511,818
Δy	=	+ 13,717	Δx	=	+ 20,021
y	=	— 113,949	x	=	— 3 491,797
Gurten A y	=	— 113,95	x	=	— 3 491,80
	1854				

(Zylinderkoordinaten)

Vergleichen wir einerseits die aus Gurten B—Gurten A berechnete Seitenlänge auf Grund der Elemente in Zylinderkoordinaten von 1913 mit denjenigen, die mit den sog. definitiven Koordinaten von Denzler vom Jahre 1864 berechnet wurden, so ergeben sich die Werte:

	1913	s = 571,87 m	
	1864	s = 571,79 m.	

Die Differenz von nur 8 cm lässt bei der mit geringer Beobachtungsgenauigkeit erhobenen Länge von 1864 den Schluss ziehen, dass auch der Stein der trig. Punktes Gurten A mit grosser Wahrscheinlichkeit in seiner ursprünglichen Lage 1913 vorgefunden wurde.

Die Basis-Messung Ostermundigen.

A. Die Anlage der Basis und die Vorbereitungen für die Längenmessungen.

1. Anlage.

Die Basis war, wie eingangs bereits erwähnt, auf dem ca. 2 km langen geraden Tracé der alten Thunerlinie der Schweizerischen Bundesbahnen zwischen Wilerfeld und Ostermundigen gewählt worden, für welche das Instrumentarium für Invardrahtmessung der Schweizerischen geodätischen Kommission besonders geeignet war, da im Jahre 1906 damit die Längenmessung längs des Geleises des ersten Simplontunnels ausgeführt worden war¹⁾. Die in Aussicht genommene Strecke wurde in 94 Teile à 24 Meter eingeteilt, die mit den Invardräh-

¹⁾ Siehe: Volume XI. Mesure de la base géodésique du tunnel du Simplon, publié par la Commission géodésique suisse, Zurich 1908. Ferner: Benoit et Guillaume: La mesure rapide des Bases géodésiques, 5^{me} édition, 1917.

ten Nr. 98 und 99 von je 24 Meter Länge gemessen werden sollten. Alle Stationen wurden vom Basisanfang an numeriert, teils an seitlich des Geleises geschlagenen Nummernpfählen, teils auf Bahnschwellen und teils auf den Schienen selbst. Die Basis zerfiel in drei Hauptteile,

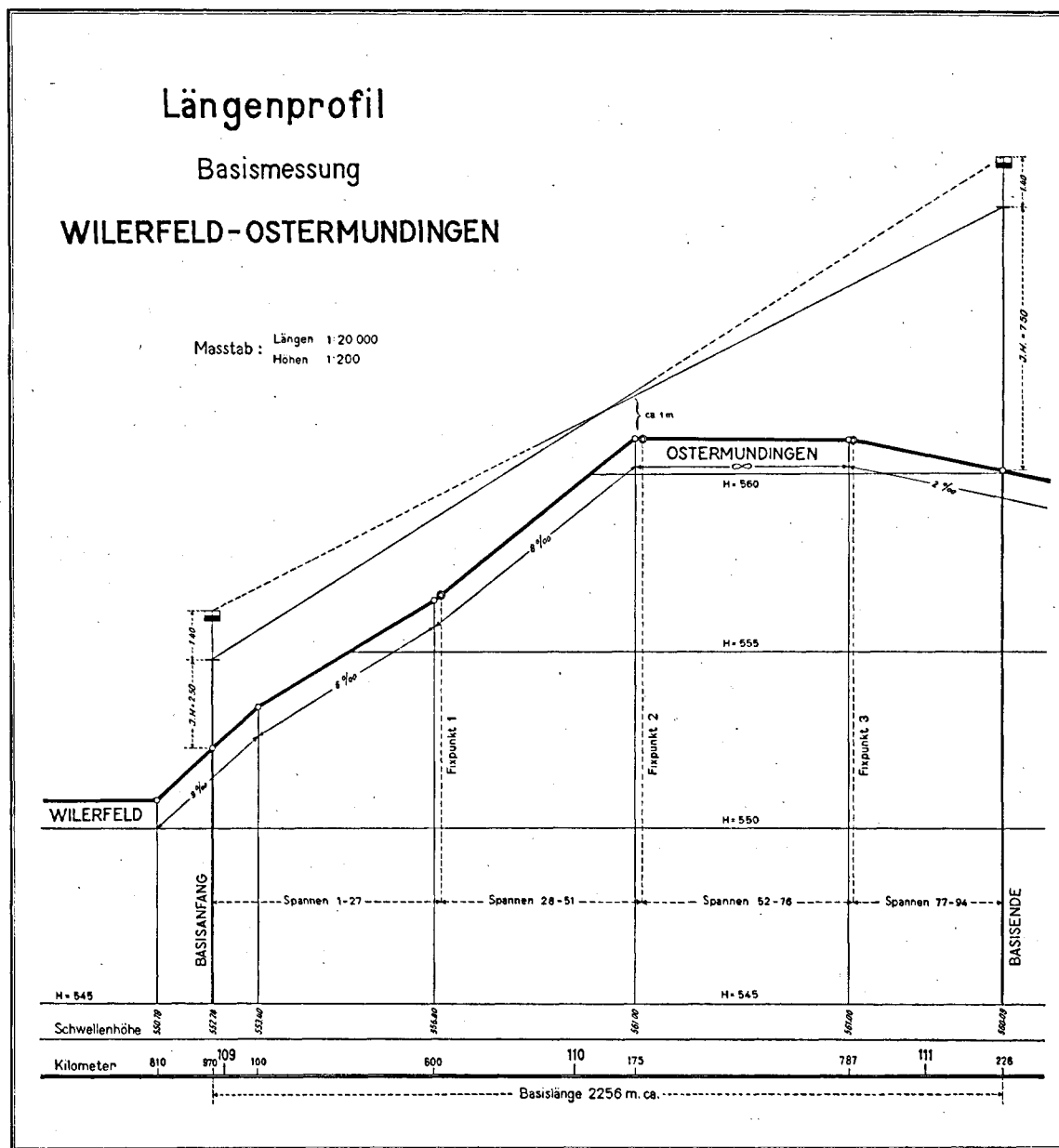


Abb. 6.

von denen zwei mit den Geleisestrecken am Anfang und am Ende der Basis zusammenfielen; der dritte Teil, das Mittelstück, lag auf dem geleislosen alten Bahnkörper. Wegen Geleiskurven am Basisanfang waren die zwei ersten Spannstrecken (zu 24 Meter), beim Basisende die letzten zehn Spannstrecken durch Pfähle verflocht. Das Längenprofil ist aus Abbildung 6

ersichtlich; es zeigt, dass die Endpunkte der Basis vom Boden aus gegenseitig nicht sichtbar sind; es mussten daher auf beiden Punkten kleine Gerüstsignale und Beobachtungstürme gebaut werden (Abb. 7): Je nach der Beschaffenheit der Teilstrecken änderte die Art der Aufstellung der Stative; in den geraden Geleisstrecken ist die Basis nicht verpflocht, die Messrichtung entspricht genau der Geleislage, die gegenüber der Richtung der idealen Verbindungsgeraden Basisanfang bis Basisende nur unwesentlich abwich und vor der Längenmessung polygonometrisch festgelegt wurde. Die Stative wurden vermittelt der Schuh- und Spannvorrichtung, wie beim Simplon, auf die Geleise gestellt. Die 24 Stationen der Mittelstrecke auf dem geleislosen Bahnkörper, von Fixpunkt 1 (= Station 27) bis Fixpunkt 2 (= Station 51), waren in den Geraden abgesteckt und durch Axpfähle kenntlich gemacht. Die rasche und immer zentrische Aufstellung der Markenstation über diesen Pfählen wurde durch je drei bodeneben eingerammte Pföcke für die Stativfüsse erleichtert und gewährleistet.

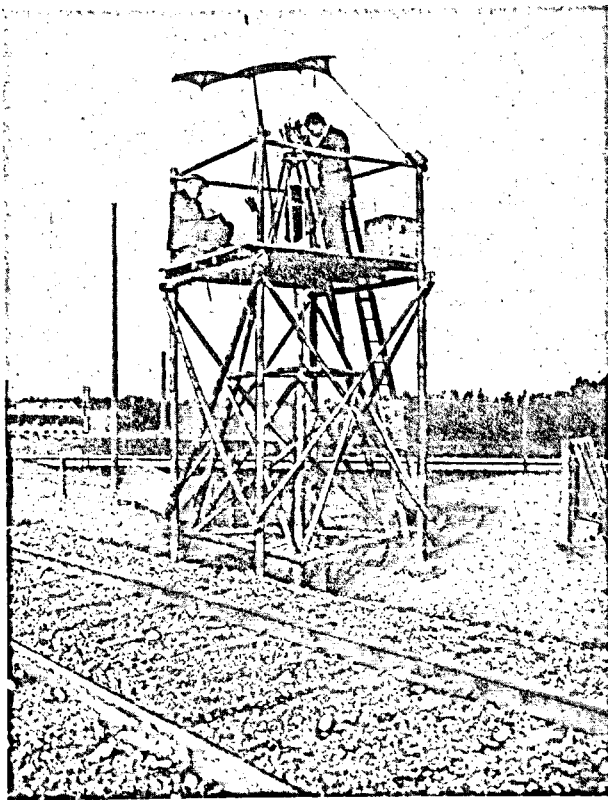


Abb. 7.

Vermittelt dreier Fixpunkte (grosse Pfähle) war die Basis in vier *Mess-Sektionen* eingeteilt; die erste Sektion umfasst die Strecke von Basisanfang bis Fixpunkt 1 mit den Spannweiten 1—27; die zweite Sektion die Strecke von Fixpunkt 1 bis Fixpunkt 2

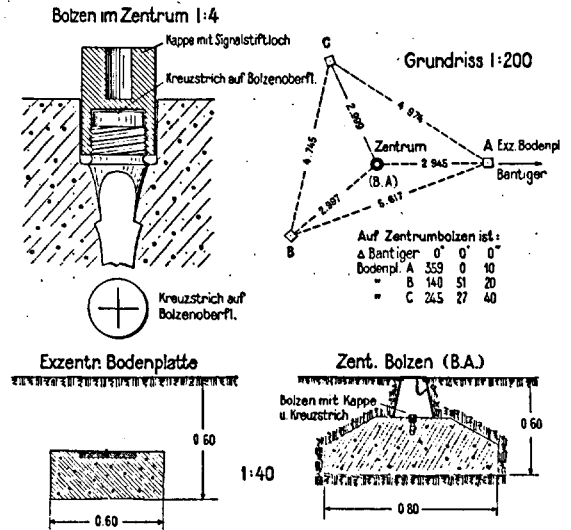


Abb. 8.

mit den Spannweiten 28—51; die dritte Sektion von Fixpunkt 2 bis Fixpunkt 3 mit den Spannweiten 52—76 und endlich die vierte Sektion von Fixpunkt 3 bis Basisende mit den Spannweiten 77—94. Die beiden Endpunkte der Basis sind durch Bronzebolzen mit Kreuzstrichen in Betonblöcken versichert. Als exzentrische Versicherung dienen je drei in Beton verlegte Tonbodenplatten (Abb. 8).

2. Bestimmung der seitlichen Abweichungen aus der ideellen Meßgeraden und entsprechende Reduktion der Längenmessungen.

Die vor der eigentlichen Längenmessung ausgeführten polygonometrischen Messungen bezogen sich zunächst auf ein Hauptpolygon zwischen den Basispunkten BA—27—51—76—84—BE. Zwischen den Strecken BA—27 und 51—84, d. h. auf den geraden Geleisestrecken, sind *Zwischenpolygone* mit Seiten von je einer Spannweite, d. h. von je ungefähr 24 Meter, beobachtet worden, deren Scheitelpunkte mit der Lage der Messmarken für die Längenmessung genau zusammenfielen. Die Polygonwinkelausgleichung auf die ideale Gerade BA—BE diente zur Bestimmung für die lineare seitliche Abweichung und für die Reduktion der schiefen Messung in die Gerade. Zur Berechnung dienten die „Tafel der Tangenten der Winkel von 0°—10° von H. Hartel, Calcul-Bureau des K.K. Militärgeographischen Institutes in Wien“; für die Längenreduktion $\frac{24a^2}{24l}$ die „Tabellen von Benoit und Guillaume“.

Aus diesen Berechnungen ergaben sich die Werte für die

Reduktion der gemessenen Länge infolge seitlicher Abweichung.

für Ba—Fixpunkt 1 (27)	0,000091 m
Fixpunkt 1 (27)— „ 2 (51)	0,000001 m
„ 2 (51)— „ 3 (84)	0,000367 m
„ 3 (84)—BE	0,000001 m
<hr/>	<hr/>
d. h. BA—BE	0,000460 m

5. Bestimmung der Höhenunterschiede der Markenstative und die entsprechende Reduktion der Längenmessungen.

Auf den unverflockten Geleisestrecken BA—27 und 51—84 wurden gleichzeitig mit der Polygonvermessung gegenseitige Höhenwinkel von Markenstativ zu Markenstativ beobachtet und daraus mit der gleichbleibenden Visurlänge von 24 m die Höhenunterschiede gerechnet. In den verflockten, geraden Strecken 27—51 und 84—BE sind die Axfähle direkt einnivelliert worden. Durch Zufügen der für alle vier Basismessungen immer — innerhalb 1—2 mm — gleichbleibenden Stativhöhen über Axfahl erhielt man die absoluten Höhen der Marken und daraus die Höhenänderungen von Marke zu Marke. Die Reduktionen der Längenmessung als Folgen dieser Höhenunterschiede betragen für die einzelnen Teilstrecken:

BA—27 Geleisestrecke	0,018668 m
27—51 Verflockte Gerade	0,019412 m
51—84 Geleisestrecke	0,000969 m
84—BE Verflockte Gerade	0,009217 m
<hr/>	<hr/>
Reduktion auf die Horizontale	0,048266 m

4. Bestimmung der mittleren Meereshöhe der Basis.

Ausser den beiden Reduktionen der Messung auf die Gerade und auf die Horizontale ist die ganze Basislänge noch auf die Meereshöhe zu reduzieren. Hiefür ist die Kenntnis der ungefähren Höhenlage der einzelnen Messmarken während der Messoperation notwendig, um daraus eine mittlere Meereshöhe der zu reduzierenden Basis berechnen zu können.

Durch direkten Nivellementsanschluss an die zwei in der Nähe der Basis bestehenden Fixpunktgruppen des eidgenössischen Nivellementes wurden die Höhen des Pflöckes Nr. 27 und Nr. 76 zu 556,500 und 560,914 Meter über Meer gefunden (P. d. N. 373,6 m). Die entsprechenden Meereshöhen der Stativmarken betragen 557,849 und 562,213 m. Durch fortgesetzte Addition der Höhenunterschiede zwischen den Spannweiten 27 bis 76 ergaben sukzessive die Meereshöhen aller Stationen 27—76, wobei ein kleiner Abschlussfehler ausgeglichen wurde.

Mit Hilfe der ebenfalls beobachteten Höhenunterschiede zwischen Fixpunkt 27 bis Basisanfang sowie Station 77 bis Basisende wurden ohne besondere Kontrollen die Meereshöhen der übrigen Messmarken gerechnet. Als mittlere Meereshöhe aller 95 Punkte ergab sich 559,668 m (P. d. N. 373,6).

Sie wird zur Reduktion der gemessenen Basis auf den Meereshorizont benutzt (siehe Seite 27).

5. Eichung der Invardrähte.

Es ist bekannt, dass Invardrähte im Laufe der Zeit ohne erkennbare äussere Ursachen ihre Länge ändern können. Es schien daher empfehlenswert, die seit 1906 nicht mehr geichteten Drähte Nr. 98 und 99 1913 erneut prüfen zu lassen. Durch Vermittlung von Oberst J. J. Lochmann, dem Präsidenten der Schweizerischen geodätischen Kommission, wurden die Drähte in Breteuil, wo sie deponiert waren, neuerdings geeicht. Beide Drähte kamen anfangs Dezember 1913 nach Bern mit den nachfolgenden Zertifikaten:

Länge von Draht Nr. 98: $L_0 = 24 + 0,11$ mm bei 15° und 10 kg Spannung.

Nr. 99: $L_0 = 24 - 0,57$ mm bei 15° und 10 kg Spannung.

$$L_t = L_0 (1 + 0,793 t + 0,00016 t^2) \times 10^{-6}.$$

Um ausserdem den Nachweis der Unverändertheit der Drähte während der Messungen erbringen zu können, ohne die Drähte nach Abschluss der Messungen nach Breteuil zur nochmaligen Eichung schicken zu müssen, wurde im Hofe des Gebäudes der Eidgenössischen Landestopographie an der Hallwylstrasse eine Hilfsbasis von 24 m Länge errichtet (die heute nicht mehr besteht). Auf zwei Konsolen wurden im Fassadenmauerwerk zwei Messmarken, wie sie bei der Basismessung auf den Markenstativen verwendet werden, angebracht und deren Abstand vor und nach der Ostermündiger Messung feldmässig mit den beiden Drähten 98 und 99 gemessen. Die erste Messung fand am 13. Dezember 1913 statt und ergab eine aus 200 Einzelablesungen gemittelte Länge von

23,98438 m,

während sich am 21. Dezember nach der Basismessung durch gleichartig durchgeführte Ablesungen eine Länge der Hilfsbasis von

23,98439 m

ergab. Eine messbare Veränderung der benützten Drähte während der Basismessung Ostermundigen war somit nicht festzustellen.

6. Programm für die Basismessung von Ostermundigen b. Bern.

16.—19. Dezember 1913.

Das für die Feldoperationen aufgebotene Personal teilt sich in zwei Gruppen:

I. Stativgruppe (5 Mann):

1 Gruppenführer	Ing. Ch. Bähler
1 erster Gehilfe (Stellvertreter)	Messgehilfe Voisin
2 Stativträger	„ Bochaty und Trächslin
1 Reservegehilfe	„ Studer.

II. Messgruppe (7 Mann):

1 Sekretär, zugleich Gruppenführer	Ing. J. Ganz
2 Beobachter	Ing. W. Lang und Ing. K. Schneider
2 Drahtbockträger	Messgehilfen Marti und Fornage
1 Reservegehilfe	„ Kruppenacher
1 Materialverwalter	„ Chaperon.

Arbeitseinteilung:

Gruppe I (Stativgruppe) besorgt das Aufstellen der Stative und deren regelmässige Verstellung entsprechend dem Fortschritt der Arbeiten. Der Gruppenführer besorgt zudem persönlich die Aufstellung des Theodoliten seitlich des Bahnkörpers auf den zum voraus bestimmten Stellen bei:

1. Basisanfang Wilerfeld
2. Fixpunkt 1 (Station Nr. 27) bei der Papiermühlestrasse
3. „ 2 („ „ 51) „ „ Bolligenstrasse
4. „ 3 („ „ 76) „ „ Ostermundigenstrasse
5. Basisende Ostermundigen.

Zudem fällt der Gruppe die rechtzeitige Absperrung der Strassenkreuzungen zu, nämlich: der Papiermühlestrasse und Bolligenstrasse durch Seile, der Strasse im alten Stationsareal durch Seile und der Ostermundigenstrasse durch Barriere.

Für diese Absperrungsarbeiten ist der Materialverwalter von Gruppe II beizuziehen.

Gruppe II besorgt die eigentliche Messarbeit nach den weiter unten festgesetzten Regeln.

Für die Basismessung sind die zu benützenden Geleisestücke für den Bahnbetrieb gesperrt und zwar, gemäss Vereinbarung mit den Organen der Schweizerischen Bundesbahnen, auf der Wilerfeldseite am 16. und 18. Dezember, vormittags 7½ Uhr bis 11 Uhr

„ „ „ „ 17. „ 19. „ nachmittags 11 Uhr bis 5 Uhr
„ „ Ostermundigenseite am 16. und 18. Dezember, nachmittags 12½ Uhr bis 5 Uhr
„ „ „ „ 17. „ 19. „ vormittags 7½ Uhr bis 12 Uhr.

Die Arbeiten beginnen:

Am 16. Dezember auf Basisanfang (Wilerfeld)

a) für Gruppe I 7½ Uhr vormittags; b) für Gruppe II 11 Uhr vormittags.

Am 17. Dezember auf Basisende (Ostermundigen)

a) für Gruppe I 7½ Uhr vormittags; b) für Gruppe II 8 Uhr vormittags.

Am 18. Dezember wie am 16. Dezember; am 19. Dezember wie am 17. Dezember.

Beim Aufstellen der Stative ist folgende Reihenfolge *streng* innezuhalten:

a) Für die Messung Richtung Wilerfeld—Ostermundigen:

Auf Basisanfang wird Stativ Nr. 6 gestellt,

dann folgen:

auf Station 1	Stativ Nr. 1	auf Station 4	Stativ Nr. 4	auf Station 7	Stativ Nr. 1
„ „ 2	„ „ 2	„ „ 5	„ „ 5	„ „ 8	„ „ 2
„ „ 3	„ „ 3	„ „ 6	„ „ 6	usw.	

b) Für die Messung Richtung Ostermundigen—Wilerfeld

ist darauf zu achten, dass die Stativverteilung genau die gleiche ist, nämlich so, dass jedes Stativ wieder auf denselben Stationspunkt zu stehen kommt.

Das heisst:

auf Basisende	Stativ Nr. 4	auf Station 92	Stativ Nr. 2	auf Station 90	Stativ Nr. 6
auf Station 93	Stativ Nr. 3	„ „ 91	„ „ 1	„ „ 89	„ „ 5

Über die Vorwärtsbewegung der beiden Gruppen oder einzelner Glieder derselben gelten folgende Hauptregeln:

1. Der Bahnkörper, d. h. das Schotterbett des Geleises darf nur zum Zweck des Aufstellens oder Wegnehmens der Stative und zur Messoperation betreten werden. Dabei ist Sorge zu tragen, dass weder Schienen noch Schwellen mit den Füßen berührt werden.

2. Für die Transporte des Materials oder die Vorwärtsbewegung der Personen muss ausschliesslich das nördliche Bankett (gegen Bantigen-Wyssshüsli) benützt werden. Nur der Sekretär von Gruppe II und sein Gehilfe bleiben auf dem südlichen Bankett des Bahnkörpers und benützen diesen als Weg.

3. Für *beide* Messrichtungen stellen sich die Beobachter mit Blick nach Süden, Rücken gegen Bantigen, auf. Die Stativstellung, die keine Änderung gestattet, bedingt das Verharren in der gleichen Position für beide Richtungen.

4. Auf das Kommando des Sekretärs „zurücktreten“ treten die beiden Beobachter mit ihren Gehilfen (Träger der Drahtböcke) aus dem Geleise auf das nördliche Bankett zurück.

5. Auf das Kommando „vorwärts“ (eventuell Pfeifensignal) setzt sich die Messgruppe d. h. der Sekretär und sein Gehilfe auf der südlichen, die Beobachter und Bockträger auf der nördlichen Geleiseseite in Bewegung. Der hintere Stativträger enthebt das Stativ dem Standort und folgt.

6. Auf der Höhe der nächsten Spannstrecke angekommen, werden ohne besondere Kommandos die Drahtböcke in Bereitschaft gestellt, während der hintere Stativträger sein Stativ bis ungefähr auf die Höhe des vorderen Beobachters trägt und es dort dem Träger der vorderen Hälfte übergibt und sofort wieder zum hintersten Stativ zurückkehrt. Der Träger der vorderen Hälfte transportiert das Stativ bis vor seinen Platz.

7. „Vorwärts“ bedeutet die Bewegung im Sinn der Messrichtung. „Links“ und „Rechts“ beziehen sich *immer* auf die Stellung der Beobachter. Während der erste Begriff mit der Messrichtung wechselt, bleibt „links“ immer Seite Ostermundigen, „rechts“ Seite Wilerfeld.

Für die *Drahtablesungen* gelten folgende Regeln:

Die beiden Beobachter stellen sich mit dem entrollten Draht auf der gegen den Bantiger gelegenen Seite der Basis vor den betreffenden Stativen so auf, dass der Teilstrich 0 der Meßstäbchen zu ihrer Linken liegt.

Die beiden Bockträger setzen die Drahtböcke ausserhalb der zu messenden Spann-strecke derart, dass die Rolle in der Richtung der Basis, in einer Entfernung von ca. 1,50 m von der Messmarke und ein wenig oberhalb der letzteren zu stehen kommt.

Ist dies der Fall, hängen die Beobachter die Messinghaken an den Enden der Spann-schnüre in die Ringe der Karabinerhaken, an welchen der Draht getragen wird, ein und melden:

„bereit“.

Daraufhin kommandiert der Sekretär:

„Achtung“

„Gewicht“

„Loslassen“

Auf „Achtung“ werden die die Gewichte sichernden Vorstecker herausgezogen, auf „Gewicht“ die Gewichte aus den Bügeln gehoben und auf „Loslassen“ werden sie langsam, ohne Ruck heruntergelassen und deren Schwingungen sofort beseitigt. Gleichzeitig dämpfen die Beobachter die Bewegungen des Drahtes und verhindern vor allem, dass der Draht an die Messmarken stößt.

Die Stellung der Drahtböcke wird sodann so lange verändert, bis die Meßstäbchen auf zwei bis drei Millimeter genau in der Messrichtung und in der Höhe der Messmarke liegen.

Der *vordere* Beobachter verschiebt und dreht seine Messmarke bis sie genau der Lage und Richtung des Meßstäbchens angepasst ist und er überzeugt sich, dass alle Schrauben angezogen sind.

Notwendig werdende Drehungen des Drahtes um seine Längsaxe sollen von beiden Beobachtern gleichzeitig und im gleichen Sinne vorgenommen werden.

Der vordere Beobachter meldet „fertig“, der hintere, ohne irgend eine Änderung an der Messmarke vorzunehmen, ebenso.

Der Sekretär befiehlt sodann

„Ablesen“

Die Ablesungen werden mit Hilfe der Lupe gemacht.

Der Beobachter links meldet „Bereit“, indem er die Lage des Meßstäbchens bezüglich der Messmarke abliest; gleichzeitig liest auch der Beobachter rechts an seinem Meßstäbchen ab und gibt dem Sekretär mit gut vernehmbarer Stimme seine Ablesung an, worauf der Beobachter links die seinige meldet. Der Sekretär notiert und wiederholt sofort die Ablesungen und bildet deren Differenzen (rechts-links). Diese Messoperation wird pro Spannweite fünf Mal durchgeführt, indem jedesmal der Draht um einen beliebigen Betrag von ein und demselben Beobachter im gleichen Sinne in der Längsrichtung verschoben wird.

In der Regel soll die kleinste von der grössten Differenz nicht mehr als 0,3 mm abweichen. Ist eine Abweichung grösser als 0,3 mm, so lässt der Sekretär eine Ergänzungsablesung vornehmen.

Auf die folgenden Kommandos:

„Achtung“

„Gewicht“

„Sichern“

ergreifen die Bockträger beim ersten Kommando die Gewichte, heben sie beim zweiten langsam in die Bügel hinein und befestigen sie beim dritten mittelst der Vorstecker.

Dabei verhindern die Beobachter ein Anschlagen des Drahtes an die Messmarken; sie hängen den Draht ab, sobald die Gewichte aufgehängt und gesichert sind.

Die Beobachter und Bockträger warten sodann das Kommando „zurücktreten“ ab.

Die sechsfachen Ablesungen auf den Stationen:

Basisanfang, 27, 51, 76, und Basisende mittelst des Theodoliten übernimmt der Sekretär. Die Beobachter wechseln ihre Stellungen auf die Länge der Basis acht Mal und zwar auf Kommando des Sekretärs nach Beendigung der Spannweite Nr. 14, 27, 39, 51, 64, 76 und 85.

Die Messungen beginnen mit Draht Nr. 98 am 16. Dezember bei Basisanfang in Richtung Wilerfeld—Ostermundigen. Als Reserve dient Draht Nr. 99, der aufgerollt auf dem Materialwagen mitgeführt wird. Die beiden Beobachter mit ihren Gehilfen sind dafür besorgt, dass der Messdraht jeweils 15 Minuten vor Beginn der Messungen am betreffenden Anfangspunkt bereit ist.

Allgemeines.

Bei Station 51 tritt sowohl bei den Hin- als bei den Rückmessungen eine Arbeitspause von 20 Minuten ein. Sie dient zur Einnahme eines kurzen Imbisses, sowie für die Erklärung der Operationen an allfällige anwesende Gäste.

Als *allgemein verbindliche Regeln* gelten:

Kommandos werden nur von den Gruppenführern oder deren Stellvertretern gegeben. Während der Arbeit sollen Gespräche, die nicht zur Sache gehören, vermieden werden.

B. Die Messungen und die Resultate.

Am 15. Dezember nachmittags wurde mit den kurz vorher von Breteuil eingetroffenen Drähten auf der Meßstrecke an das gesamte mitwirkende Personal eine kurze Instruktion

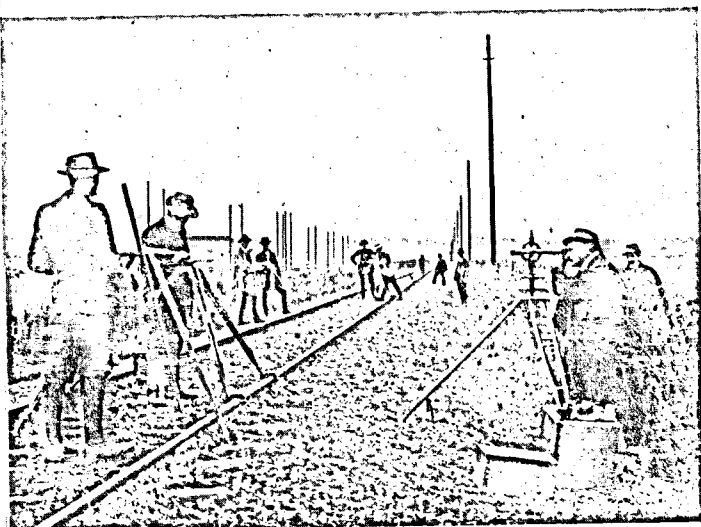


Abb. 9.



Abb. 10.



gegeben und einige Spannrecken, die besondere Eigenheiten aufwiesen, probe-
weise gemessen. Programmgemäss wurden
sodann die Messungen am 16. Dezember
8½ Uhr in der Richtung Basisanfang
gegen Basisende mit Draht Nr. 98 begon-
nen und vorschriftgemäss mit einer ¾-
stündigen Pause am Mittag um 14.38 Uhr
beendet. Am 17. Dezember wurde die Basis-
länge in umgekehrter Richtung, d. h. von
Basisende ausgehend mit Draht Nr. 99 ge-
messen, ebenso am 18. Dezember mit Draht
Nr. 99 die Hinmessung und am 19. Dezem-
ber mit Draht Nr. 98 die Rückmessung vor-
schriftgemäss wiederholt. Siehe Abb. 9, 10
und 11.

Abb. 11.

Die Ablesung der Meßstäbchen über den Fixpunkten BA. Fixpunkt 1, 2 und 3 und Basisende geschah ohne Zuhilfenahme eines Senkels mit dem einige Meter ausserhalb der Messgeraden aufgestellten Theodoliten in einer zur Messgeraden senkrechten Ebene durch den Fixpunkt (siehe Abb. 9).

Die nachstehende Kopie einer Seite des für diesen Zweck vorbereiteten Feldbuches gibt die Anordnung der Niederschrift der Messungen und der besondern Bemerkungen.

Datum 15.12.1913	Messung I				Berechnungen	Seite 23 Bemerkungen
	l 1/10 mm	r 1/10 mm	r-l 1/10 mm	Mittel mm		
Spanne No. 51	768	660	-108			<i>Beob. rechts: Lang</i> <i>Beob. links: Schneider</i> links Theodolitablesung <i>Wechsel der Beobachter</i>
	628	520	108			
Zeit 11 ^h 26	478	371	107			
Temperatur -0 ^o 6	303	193	110			
	180	020	110	-10,87	11 ^h 30 Pause	
Spanne No. 52	100	186	+ 86			<i>Beob. rechts: Schneider</i> <i>Beob. links: Lang</i> rechts Theodolitablesung
	215	301	86			
Zeit 12 ^h 13	306	392	86			
Temperatur +1 ^o 1	429	512	83			
	543	627	84	+ 8,48	12 ^h 10 Arbeitsbeginn	
Spanne No. 53	029	116	+ 87			
	129	217	88			
Zeit 12 ^h 16	268	355	87			
Temperatur +1 ^o 2	386	474	88			
	535	623	88	+ 8,76		
Spanne No. 54	205	250	+ 45			
	351	396	45			
Zeit 12 ^h 20	471	516	45			
Temperatur +1 ^o 4	578	623	45			
	662	708	46	+ 4,52		
Spanne No. 55	190	093	- 97			
	309	212	97			
Zeit 12 ^h 22	449	352	97			
Temperatur +1 ^o 2	625	528	97			
	726	630	96	- 9,68		

Die Witterung war an den 4 Tagen sehr günstig, die Temperatur ausser am ersten Tage niedrig und sehr konstant. Die nachstehende Tabelle gibt die Minimal- und Maximaltemperaturen an:

Tag	Draht No.	Messrichtung	Minimal	Maximal
16. Dezember	98	Hin	- 3°	+ 5°
17. „	99	Rück.	+ 1,0°	+ 3,2°
18. „	99	Hin	+ 0,8°	+ 2,2°
19. „	98	Rück.	- 2,4°	- 0,8°

Die Beobachtungen wurden sofort rechnerisch verarbeitet und dabei festgestellt, daß sich in der Messung vom ersten Tage, von Spannweite 28—51, eine große Abweichung zeigte, weshalb am 20. Dezember vormittags diese Strecke nochmals gemessen wurde; als massgebend wurde das Mittel dieser beiden Streckenmessungen ohne Gewichtsänderung in Rechnung gestellt. Mit Hilfe der auf S. 16 erwähnten Gleichungen der 2 Messdrähte und der beobachteten Temperaturen wurden die Mittelwerte der Spannungsablesungen reduziert, sektionsweise zusammengezogen und in der nachstehenden Tabelle wiedergegeben.

Datum	16. Dez.	17. Dez.	18. Dez.	19. Dez.	Mittel	Bemerkungen
Draht No. Messung	98 I. hin mm	99 II. her mm	99 III. hin mm	98 IV. her mm	mm	
1. Sektion 648 m	- 54,04	- 57,61	- 56,28	- 55,05	- 55,74	*) 101,13 =101,48+100,77 2
2. Sektion 576 m	+101,13*)	+ 98,42	+ 99,07	+ 99,62	+ 99,56	
3. Sektion 600 m	+103,92	+102,60	+103,51	+104,93	+103,74	
4. Sektion 432 m	- 1,86	- 2,69	- 2,37	- 1,88	- 2,20	
Mittel BA—BE 2256 m	- 55,90	- 60,30	- 58,65	- 56,93	- 57,94	
	+205,05	+201,02	+202,58	+204,55	+203,30	
	+149,15	+140,72	+143,93	+147,62	+145,36	
	Draht No. 99			+142,33	} +145,36 mm	
	Draht No. 98			+148,38		
	Hinmessung	$\frac{I+III}{2}$		+146,54	} +145,36 mm	
	Rückmessung	$\frac{II+IV}{2}$		+144,17		
	Mittel	$\frac{I+II}{2}$		+144,93	} +145,36 mm	
	Mittel	$\frac{III+IV}{2}$		+145,78		

Sektionsweise Zusammenstellung der Messungsergebnisse.

Dez. 1913	Stunde	Tempera- turen	Draht No.	Rich- tung	Gemessene Länge	+ v 1/100 mm	- v 1/100 mm	vv
I. Sektion (BA-27) = 27 Drahtlängen								
16.	8 ³⁵ am - 10 ⁰⁷ am	-3,0 bis -1,4	98	BA-BE	647,94596	170		28900
17.	1 ⁸ pm - 2 ³¹ pm	+3,2 bis +2,4	99	BE-BA	94239		187	34969
18.	8 ³⁰ am - 9 ⁵⁰ am	+1,4 bis +0,8	99	BA-BE	94372		54	2916
19.	12 ³⁵ pm - 1 ⁵⁴ pm	-1,8 bis -1,0	98	BE-BA	94495	69		4761
					1702	239	241	71546
					647,94426			
					$m = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = \sqrt{\frac{7,1546}{3}}$	$m = \pm 0,00154 \text{ m}$		
						$M = \pm 0,00077 \text{ m}$		
II. Sektion (27-51) = 24 Drahtlängen								
16.	10 ¹⁵ am - 11 ²⁶ am	-0,4 bis -1,8	98	BA-BE	576,10113	157		24649
17.	11 ¹⁴ am - 12 ⁵⁰ pm	+2,6 bis +3,0	99	BE-BA	09842		114	12996
18.	10 ⁰⁰ am - 11 ¹² am	+1,2 bis +2,2	99	BA-BE	09907		49	2401
19.	11 ²⁰ am - 12 ²⁵ pm	-0,8 bis -1,5	98	BE-BA	09962	6		36
					3824	163	163	40082
					576,09956	$m = \pm 0,00115 \text{ m}$		
						$M = \pm 0,00058 \text{ m}$		
III. Sektion (51-76) = 25 Drahtlängen								
16.	12 ¹³ pm - 1 ²⁵ pm	+1,1 bis +5,0	98	BA-BE	600,10392	18		324
17.	9 ⁴⁵ am - 11 ³⁴ am	+1,2 bis +3,2	99	BE-BA	10260		114	12996
18.	11 ⁵³ am - 1 ⁰⁸ pm	+1,4 bis +1,8	99	BA-BE	10351		23	529
19.	9 ³⁴ am - 10 ⁴⁵ am	-1,2 bis -1,9	98	BE-BA	10493	119		14161
					1496	137	137	28010
					600,10374	$m = \pm 0,00097 \text{ m}$		
						$M = \pm 0,00048 \text{ m}$		
IV. Sektion (76-BE) = 18 Drahtlängen								
16.	1 ³⁴ pm - 2 ³⁸ pm	+1,0 bis +2,1	98	BA-BE	431,99814	34		1156
17.	8 ²⁶ am - 9 ³⁵ am	+1,0 bis +1,6	99	BE-BA	99731		49	2402
18.	1 ²² pm - 2 ²⁸ pm	+1,1 bis +1,8	99	BA-BE	99763		17	289
19.	8 ³⁰ am - 9 ²⁵ am	-2,0 bis -2,4	98	BE-BA	99812	32		1024
					3120	66	66	4871
					431,99780	$m = \pm 0,00040 \text{ m}$		
						$M = \pm 0,00020 \text{ m}$		
16.-19.		-3,0 bis +5,0	98/99	hin u. her	2256,14536			144509

Aus obigen Messungsdifferenzen in den einzelnen Teilstrecken können wir eine erste Fehlerrechnung aufstellen (Werte auf Millimeter reduziert):

1. Mittlerer Fehler einer einzelnen Teilstreckenmessung:

$$m = \frac{[vv]}{n-1}; \quad n = 4 \quad \text{Beispiel } m = \sqrt{\frac{7 \cdot 16}{3}} = \pm 1,54 \text{ mm}$$

2. mittlerer Fehler eines Teilstrecken-Mittelwertes:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{m}{2}$$

	m	M
Teilstrecke I	$\pm 1,54$ mm	$\pm 0,77$
II	1,15	0,58
III	0,97	0,48
IV	0,40	0,20

3. mittlerer Fehler einer einzelnen Basismessung (über alle 4 Teilstrecken):

$$m_i^2 = [m^2] = \frac{[vv]_i}{3} \quad m_i = \sqrt{\frac{14,45}{3}} \pm 2,20 \text{ mm.}$$

4. mittlerer Fehler der gemittelten Basis:

$$M_i^2 = [M^2] = \frac{[vv]_i}{3 \cdot 4} = M_i \frac{2,20}{2} \pm \underline{1,10 \text{ mm.}}$$

Da die Teilstrecken ungleich lang sind, dürfen wir obige Werte für m und M nicht miteinander vergleichen. Sie sind, will man vergleichen, zuerst zurückzuführen auf mittleren Fehler bezogen auf die Längeneinheit, z. B. den Kilometer.

Fehlerrechnung

(Unter Berücksichtigung der Länge der Teilstrecken.)

Teilstrecke		Gewicht $p = \frac{500}{l}$	Erste Messung Dr. 98		Zweite Messung Dr. 99		Dritte Messung Dr. 99		Vierte Messung Dr. 98	
No.	Länge l in m		v mm	pvv	v	pvv	v	pvv	v	pvv
I	647,9	0,77	+1,70	2,22	-1,87	2,69	-0,54	0,22	+0,69	0,36
II	576,1	0,87	+1,57	2,14	-1,14	1,13	-0,49	0,21	+0,06	0,00
III	600,1	0,83	+0,18	0,02	-1,14	1,08	-0,23	0,04	+1,19	1,18
IV	432,0	1,16	+0,34	0,13	-0,49	0,28	-0,17	0,03	+0,32	0,12
v		-6,07 +6,05	+3,79		-4,64		-1,43		+2,26	
$[pvv]$ Messung 1-4		11,85		4,51		5,18		0,50		1,66

Anzahl der Teilstrecken $n = 4$
 Anzahl der Messungen $r = 4$
 Länge der Gewichtsteilstrecke $p = 0,500$ km

Aus diesen Grössen lassen sich folgende mittlere Fehler ableiten:
Mittlerer unregelmässiger Fehler einer Messung der Gewichtseinheit $p =$

$$m = \pm \sqrt{\frac{[p v v]}{n(r-1)}} = \pm \sqrt{\frac{11,85}{4 \cdot 3}} = \pm 0,99 \text{ mm}$$

Mittlerer unregelmässiger Fehler von 1 km Länge

$$m' = \pm m \sqrt{\frac{1 \text{ km}}{p}} = \pm 0,00099 \sqrt{\frac{1}{0,5}} = \pm 1,40 \text{ mm}$$

Mittlerer unregelmässiger Fehler der r -fachen Messung der Basis

$$M_t = \pm m' \sqrt{\frac{\text{Basis in km}}{r}} = \pm 1,40 \sqrt{\frac{2,256}{4}} = \pm 1,05 \text{ mm oder } M = \frac{1}{2250000}$$

Statt den mittleren Fehler der gemittelten Basis aus den mittleren Fehlern der Teilstrecken abzuleiten, wie dies in Österreich bei Invardraht-Basismessungen geschah, soll er nun noch aus den Messungsdifferenzen der ganzen Basismessungen ermittelt werden, wie dies auch bei den Messungen im Simplon 1906 geschah.

$$M = \pm \frac{v v}{r - (r - 1)} \quad r = \text{Angabe der Wiederholungen.}$$

Sektion	1. Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung
I	647,94596	647,94239	647,94372	647,94495
II	576,10113	576,09842	576,09907	576,09962
III	600,10392	600,10260	600,10351	600,10493
IV	431,99814	431,99731	431,99763	431,99812
	2256,14915	2256,14072	2256,14393	2256,14762

		+v	-v	vv
1. Messung	2256,14915	3,79		14,4
2. „	2256,14072		4,64	21,6
3. „	2256,14393		1,43	2,0
4. „	2256,14762	2,26		5,1
	Mittel = 2256,14536		(vv)	43,1

$$m_t = \sqrt{\frac{[v v]}{r-1}} = \sqrt{\frac{43,1}{3}} = \pm 3,79 \text{ mm}$$

$$M_t = \frac{m_t}{\sqrt{4}} = \frac{m_t}{2} = \pm 1,90 \text{ mm} \approx \frac{1}{1200000}$$

Auf der vorstehenden Seite ist das Mittel aus den vier Messungen zu 2256,14536 m angegeben. Dieser Betrag entspricht der in gebrochener Linie (mit Seiten- und Höhenabweichungen) gemessenen Basis und ist um die auf Seite 15 angegebenen Reduktionsbeträge

a) für seitliches Ausweichen = 0,000460 m und

b) für schiefe Messung = 0,048266 m oder um

total = 0,048726 m zu verkleinern.

Es bleibt somit eine auf die ideelle Gerade und die Horizontale reduzierte Basislänge L von

$$L = 2256,14536 \text{ m}$$

$$\underline{- 0,04873 \text{ m}}$$

$$\underline{L = 2256,09663 \text{ m,}}$$

gemessen im mittleren Messhorizont in einer Höhe von 559,668 m über Meer (P. d. N. 373,6). Sie muss noch auf den Meereshorizont reduziert werden. Die Berechnung der Verkürzung

Δl = Reduktion auf Meereshöhe geschieht nach der Formel $\Delta l = \frac{L \cdot h}{\rho + h}$ wo L die auf die Horizontale und gerade Richtung reduzierte Basislänge in der mittleren Meereshöhe h und ρ der Krümmungshalbmesser des Besselschen Erdellipsoids für die Basismitte bedeutet (Publikation vom M. G. J. Wien, Bd. XXXI, Seite 66). Dieser Krümmungshalbmesser ρ ergibt sich aus der Gleichung

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{M} \cos^2 \alpha + \frac{1}{N} \sin^2 \alpha,$$

wo M und N die Hauptkrümmungshalbmesser des Erdellipsoids [Jordan, Bd. III, Anhang Seiten (8)—(29)] und α das Azimut der Basis sind. Die geographische Breite B , die zur Berechnung von ρ nötig ist, beträgt laut Siegfriedblätter 317 und 320

$$\text{für BA} = 46^\circ 57' 56''$$

$$\text{für BE} = \underline{46^\circ 57' 11''}$$

$$\underline{\text{B. Mitte} = 46^\circ 57' 33''}$$

Das rohe Azimut α der Basis ergibt sich durch Abstich aus den gleichen Blättern zu $\alpha = 128^\circ$. Nach Jordan ist für die mittlere Breite von $46^\circ 57' 33''$

$$\log. M = 6,804 \ 0618,1$$

$$\log. N = 6,805 \ 4190,4$$

$\log. \cos \alpha$	$= 9,78934$	$\log. \sin 128^\circ$	$= 9,89653$
$\log. \cos^2 \alpha$	$= 9,57868$	$\log. \sin^2 128^\circ$	$= 9,79306$
$\log. M$	$= 6,80406$	$\log. N$	$= 6,80542$
	$2,77462$		$2,98764$
	$595,143$		$971,980$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho} &= 1567,123 \\ \log \frac{1}{\rho} &= 3,1951020.7 \\ \log \rho &= 6,8048979.3 \\ \rho &= 6381134,265 \\ h &= 559,668 \\ \rho + h &= 6381693,933 \\ \log. (\rho + h) &= 6,8049359.9 \end{aligned}$$

$$\Delta l = \frac{L \cdot h}{\rho + h} = \frac{2256,09663 \times 559,668}{6381693,933}$$

$$\log L = 3,3533576$$

$$\log h = 2,7479305$$

$$6,1012881$$

$$\log. (e + h) = 6,8049360$$

$$\log. \Delta l = 9,2963521 = \underline{0,19786 \text{ m}}$$

Die Länge der Basis auf Meereshorizont reduziert ist demnach

$$L = 2256,09663$$

$$- \Delta l = \underline{0,19786}$$

$$L_0 = \underline{2255,89877 \text{ m} \pm 0,002 \text{ m}}$$

$$\text{und der } \log. L_0 = 3,3533195.6$$

C. Das Basisanschlussnetz Ostermundigen.

Das in *Abb. 12* wiedergegebene Anschlussnetz an die Basis von Ostermundigen, im Oktober 1913 sorgfältig rekognosziert, setzt sich zusammen aus einem *ersten* kleinen Trapez mit den Basispunkten, dem bestehenden Punkt zweiter Ordnung Bantiger, der durch einen Betonpfeiler versichert ist und dauernd durch eine vierseitige eiserne Pyramide signalisiert war, und dem neu rekognoszierten und versicherten Punkt Wysshushüsli, der später als Punkt dritter Ordnung diente. *Zweitens* besteht es aus einem grösseren Trapez mit diesen

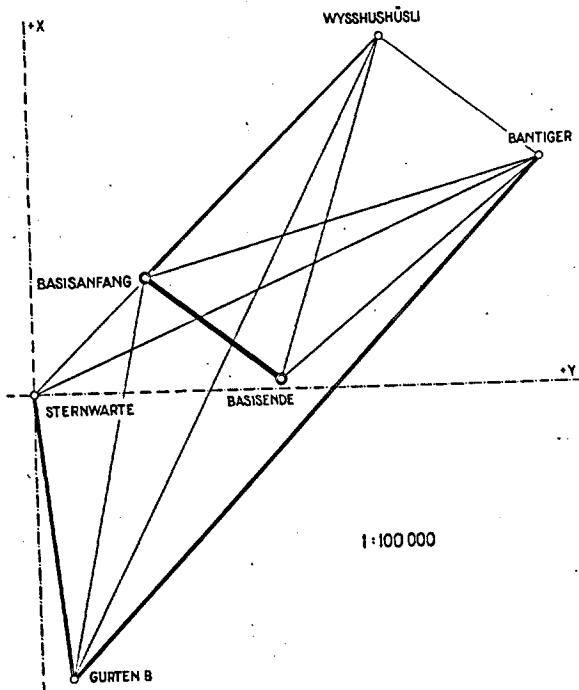


Abb. 12.

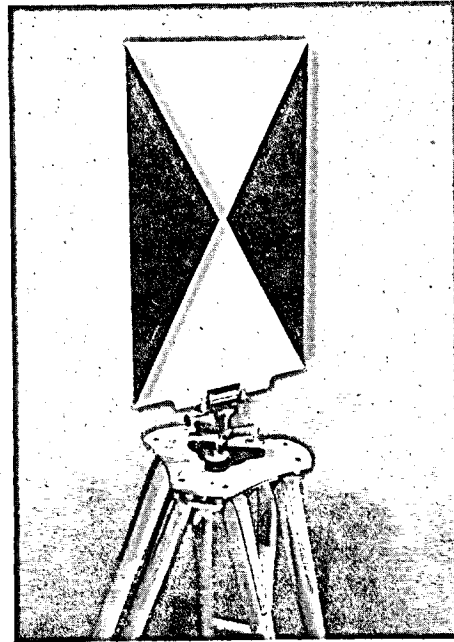


Abb. 13.

zwei Neu-Punkten und aus den Punkten Sternwarte und Gurten B. Infolge der sehr knappen Sichtverhältnisse auf dem Areal der Sternwarte musste ein neuer exzentrischer Punkt (Zentrum 1913), durch eine in ein Betonfundament ca. 30 cm unter Boden eingelassene Tonbodenplatte, gewählt werden. Auf Gurten B diente als Signal die exzentrisch stehende Spitze der eisernen Pyramide.

Ein besonderes Augenmerk wurde der sorgfältigen Zentrierung des Theodoliten und der Zielmarken über den versicherten Punktzentren geschenkt. Zu diesem Zwecke wurde als Führung für den Theodoliten und die Zielmarken die Hildebrand'sche Kugelzentrierung verwendet. Es ist dies eine auf dem Stativteller (siehe *Abb. 13*) verschiebbare und festklemmbare Zentrierplatte mit Zylinderbohrung, in welche die am Theodoliten oder der Zielmarke zentrisch angeschraubte Kugel eingesetzt wird. Grundsätzlich wurde, um die Zentrierung der Zentrierplatte unabhängig vom Wind zu machen, nicht mit dem Senkel, sondern die Zentrierplatte mit zwei exzentrischen Theodolitaufstellungen senkrecht über dem

Punktzentrum eingewiesen. Für die kürzeren Sichten wurden die Zielmarken, wie sie die Abb. 13 wiedergibt, verwendet; für die längeren Sichten dienten Heliotropen. Für Gurten B und Bantiger wurden bei günstigen Sichtverhältnissen als Signal die Pyramidenspitzen benutzt. Bei trüber Witterung mussten ausnahmsweise die Zielmarken künstlich mit Azetylenlicht beleuchtet werden.

Die Richtungsbeobachtungen fanden am 14. bis 19. November, 29. November, 1., 2. und 5. Dezember 1913 statt. Sie wurden mit einem Einachser-Mikroskop-Theodoliten von Hildebrand mit 21 cm Horizontalkreisdurchmesser durchgeführt. Es waren vollständige Sätze mit rund achtfacher Wiederholung vorgesehen. Infolge ungünstiger Sichtverhältnisse, wie sie im November und Dezember häufig auftreten, mussten auf Wysshushüsli und Basisanfang unvollständige, dafür aber öfter wiederholte Sätze mit in Kauf genommen werden. Aus den ausgeglichenen Richtungsbeobachtungen ergaben sich folgende, auf die Zentren der trigonometrischen Punkte zentrierte Richtungssätze. Die erste Reihe der Sekundenwerte enthält die *gemessenen Werte*, die zweite Reihe die im Netz *ausgeglichenen* Sekundenwerte; die arabischen eingeklammerten Ziffern hinter jeder Reihe ist die Nummer für die Richtung, wie sie für die Netzausgleichung gewählt wurde.

I. Basisanfang.

Wysshushüsli	0° 0' 0" 00	0",00	(1)
Bantiger	29° 3' 17,92	17,88	(2)
Basisende	82° 14' 30,14	30,06	(3)
Gurten B	146° 5' 53,25	53,00	(4)

II. Basisende.

Basisanfang	0° 0' 0" 00	0",00	(5)
Wysshushüsli	69° 43' 43,50	43,62	(6)
Bantiger	103° 10' 49,56	49,47	(7)

III. Bantiger.

Gurten B	0° 0' 0" 00	0",00	(8)
Basisende	7° 36' 55,13	55,09	(9)
Sternwarte 1913	22° 39' 25,89	25,97	(10)
Basisanfang	31° 14' 53,60	53,47	(11)
Wysshushüsli	86° 2' 56,09	55,82	(12)

IV. Wysshushüsli

Bantiger	0° 0' 0" 00	0",00	(13)
Basisende	68° 6' 53,68	53,45	(14)
Gurten B	77° 35' 60,36	60,01	(15)
Sternwarte 1913	95° 30' 47,20	46,98	(16)
Basisanfang	96° 8' 39,96	39,80	(17)

V. Sternwarte 1913

Wysshushüsli	0° 0' 0",00	0",00	(18)
Bantiger	21° 5' 43,07	43,23	(19)
Gurten B	129° 9' 45,55	45,84	(20)

VI. Gurten B.

Sternwarte 1913	0° 0' 0",00	0",00	(21)
Basisanfang	17° 33' 59,61	59,99	(22)
Wysshushüsli	32° 55' 27,00	27,24	(23)
Bantiger	49° 16' 31,46	31,48	(24)

Der errechnete mittlere Fehler der ausgeglichenen Richtungen auf diesen 6 Stationen beträgt $\pm 0",20$.

Aus obigen Richtungsverzeichnissen lassen sich die nachfolgenden 10 Dreiecke aufstellen:

Dreieckzusammenstellung.

Winkel	Nach Stationsausgleichung	Nach Ausgleichung	eben	Winkel	Nach Stationsausgleichung	Nach Ausgleichung	eben
(2-1)	29° 3' 17,92	17,88	17,87	(3-2)	53° 11' 12,22	12,18	12,17
(17-13)	96 8 39,96	39,80	39,79	(11-9)	23 37 58,47	58,38	58,37
(12-11)	54 48 2,49	2,35	2,34	(7-5)	103 10 49,56	49,47	49,46
	0,37				0,25		
	ε 0,03	+ 0,03			ε 0,03	+ 0,03	
	Δ + 0,34				Δ + 0,22		
(3-1)	82 14 30,14	30,06	30,05	(7-6)	33 27 6,06	5,85	5,84
(17-14)	28 1 46,28	46,35	46,34	(14-13)	68 6 53,68	53,45	53,44
(6-5)	69 43 43,50	43,62	43,61	(12-9)	78 26 0,96	0,73	0,72
	59,92				0,70		
	ε 0,03	+ 0,03			ε 0,03	+ 0,03	
	Δ - 0,11				Δ + 0,67		
(12-8)	86 2 56,09	55,82	55,80	(10-8)	22 39 25,89	25,97	25,95
(24-23)	16 21 4,46	4,24	4,22	(20-19)	108 4 2,48	2,61	2,59
(15-13)	77 35 60,36	60,01	59,98	(24-21)	49 16 31,46	31,48	31,46
	0,91				59,83		
	ε 0,06	+ 0,07			ε 0,07	+ 0,06	
	Δ + 0,85				Δ - 0,24		

Dreieckzusammenstellung (Fortsetzung).

Winkel	Nach Stationsausgleichung			Nach Ausgleichung	eben	Winkel	Nach Stationsausgleichung			Nach Ausgleichung	eben
(12-10)	63	23	30,20	29,85	29,83	(16-15)	17	54	46,84	46,97	46,96
(16-13)	95	30	47,20	46,98	46,96	(20-18)	129	9	45,55	45,84	45,82
(19-18)	21	5	43,07	43,23	43,21	(23-21)	32	55	27,00	27,24	27,22
			0,47						59,39		
			ε 0,05	+ 0,06					ε 0,05	+ 0,05	
			Δ + 0,42						Δ - 0,66		
(17-15)	18	32	39,60	39,79	39,77	(4-2)	117	2	35,33	35,12	35,09
(4-1)	146	5	53,25	53,00	52,99	(24-22)	31	42	31,85	31,49	31,46
(23-22)	15	21	27,39	27,25	27,24	(11-8)	31	14	53,60	53,47	53,45
			0,24						0,78		
			ε 0,03	+ 0,04					ε 0,07	+ 0,08	
			Δ + 0,21						Δ + 0,71		

Aus den 10 Dreiecksschlüssen, gerechnet nach der internationalen Näherungsformel von Ferrero, ergibt sich ein mittlerer Richtungsfehler von $\pm 0,20$. Aus der guten Übereinstimmung dieses mittlern Richtungsfehlers mit dem aus den Stationsausgleichungen errechneten mittlern Richtungsfehler von $0,20$ ist der Schluss erlaubt, dass sowohl die Instrumentals als die Signalaufstellung eine einwandfreie war und dass die Beobachtungen nicht spürbar durch Seitenrefraktion gestört worden sind.

Für die Netzausgleichung gelten folgende Bedingungen:

Zahl der Bedingungsgleichungen. (Nach Jordan Bd. I 1910, pag. 205.)

$$24 \text{ Richtungen} = R$$

$$12 \text{ Linien} = l$$

$$6 \text{ Punkte} = p$$

$$l - 2p + 3 \text{ Seitengleichungen} = 12 - 12 + 3 = \underline{3}$$

$$l - p + 1 \text{ Dreiecksgleichungen} = 12 - 6 + 1 = \underline{7}$$

Aufstellung der Bedingungsgleichungen.

1. Dreiecksgleichungen.

$$1) v_3 - v_2 + v_{11} - v_9 + v_7 - v_5 + 0,22 = 0$$

$$2) v_2 - v_1 + v_{17} - v_{13} + v_{12} - v_{11} + 0,34 = 0$$

$$3) v_3 - v_1 + v_{17} - v_{14} + v_6 - v_5 - 0,11 = 0$$

$$4) v_{12} - v_8 + v_{24} - v_{23} + v_{15} - v_{13} + 0,85 = 0$$

$$5) v_{10} - v_8 + v_{20} - v_{19} + v_{24} - v_{21} - 0,24 = 0$$

$$6) v_{12} - v_{10} + v_{16} - v_{13} + v_{19} - v_{18} + 0,42 = 0$$

$$7) v_4 - v_2 + v_{24} - v_{22} + v_{11} - v_8 + 0,71 = 0$$

2. Seitengleichungen.

$$8) \frac{\sin(3-1) \sin(14-13) \sin(11-9)}{\sin(17-14) \sin(12-9) \sin(3-2)} = 1 \text{ (Centrum B.-A.)}$$

$$9) \frac{\sin(16-13) \sin(10-8) \sin(23-21)}{\sin(12-10) \sin(24-21) \sin(16-15)} = 1 \text{ (Centrum Sternwarte)}$$

$$10) \frac{\sin(12-8) \sin(17-15) \sin(4-2)}{\sin(15-13) \sin(4-1) \sin(11-8)} = 1 \text{ (Centrum Gurten)}$$

Ausrechnung der Seitengleichungen.

$\Delta \log \sin \text{ pro } 10''$

(3— 1)	82° 14' 30",14	9,996 0063.4	+ 28
(14—13)	68° 6' 53,68	9,967 5167.3	+ 85
(11— 9)	23° 37' 58,47	9,603 0092.4	+ 481
		<u>9,566 5323.1</u>	
(17—14)	28° 1' 46",28	9,672 0299.1	+ 395
(12— 9)	78° 26' 0,96	9,991 0900.1	+ 43
(3— 2)	53° 11' 12,22	9,903 4115.9	+ 157
		<u>9,566 5315.1</u>	
		$\Delta = + 8,0$	
(16—13)	95° 30' 47",20	9,997 9863.9	— 21
(10— 8)	22° 39' 25,89	9,585 7050.9	+ 504
(23—21)	32° 55' 27,00	9,735 2223.5	+ 325
		<u>9,318 9138.3</u>	
(12—10)	63° 23' 30",20	9,951 3810.1	+ 105
(24—21)	49° 16' 31,46	9,879 5857.4	+ 181
(16—15)	17° 54' 46,84	9,487 9478.0	+ 652
		<u>9,318 9145.5</u>	
		$\Delta = - 7,2$	
(12— 8)	86° 2' 56",09	9,998 9665.5	+ 14
(17—15)	18° 32' 39,60	9,502 4795.0	+ 628
(4— 2)	117° 2' 35,33	9,949 7141.0	— 107
		<u>9,451 1601.5</u>	
(15—13)	77° 35' 60",36	9,989 7490.7	+ 46
(4— 1)	146° 5' 53,25	9,746 4569.3	— 313
(11— 8)	31° 14' 53,60	9,714 9553.9	+ 347
		<u>9,451 1613.9</u>	
		$\Delta = - 12,4$	

log. Differenzen in Einheiten der 7. Dezimale pro 1''.

$$\begin{aligned}
 8) & +2,8(v_3-v_1) + 8,5(v_{14}-v_{13})+48,1(v_{11}-v_9) -39,5(v_{13}-v_{14}) - 4,3(v_{12}-v_9) -15,7(v_3-v_2) + 8,0=0 \\
 9) & -2,1(v_{16}-v_{13})+50,4(v_{10}-v_8) +32,5(v_{23}-v_{21})-10,5(v_{12}-v_{10})-18,1(v_{24}-v_{21})-65,2(v_{16}-v_{15})- 7,2=0 \\
 10) & +1,4(v_{12}-v_8) +62,8(v_{17}-v_{15})-10,7(v_4-v_2) - 4,6(v_{15}-v_{13})+31,3(v_4-v_1) -34,7(v_{11}-v_8) -12,4=0
 \end{aligned}$$

oder:

$$\begin{aligned}
 8) & - 2,8 v_1+15,7 v_2 -12,9 v_3 -43,8 v_9 +48,1 v_{11}- 4,3 v_{12}- 8,5 v_{13}+48,0 v_{14}-39,5 v_{17} + 8,0=0 \\
 9) & -50,4 v_8+60,9 v_{10}-10,5 v_{12} + 2,1 v_{13}+65,2 v_{15}-67,3 v_{16}-14,4 v_{21}+32,5 v_{23}-18,1 v_{24}- 7,2=0 \\
 10) & -31,3 v_1+10,7 v_2 +20,6 v_4 +33,3 v_8 -34,7 v_{11}+ 1,4 v_{12} + 4,6 v_{13}-67,4 v_{15}+62,8 v_{17}-12,4=0
 \end{aligned}$$

Hieraus ergeben sich die Bedingungsgleichungskoeffizienten, wobei den zwei Sichten (Nr. 4) Basisanfang—Gurten B und (Nr. 24) Gurten B—Bantiger das halbe Gewicht gegeben wurde, weil die anvisierten Pyramidenspitzen eine geringere Zielsicherheit boten.

		v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8	v_9	v_{10}	v_{11}	v_{12}
	p	1	1	1	$\frac{1}{2}$	1	1	1	1	1	1	1	1
	$\frac{1}{p}$	1	1	<u>1</u>	2	1	1	1	1	1	1	1	1
K_1	a		+0,0980 -1	-0,0980 +1		+0,0980 -1		-0,0980 +1		+0,0980 -1		-0,0980 +1	
K_2	b	+0,3480 -1	-0,3480 +1									+0,3480 -1	-0,3480 +1
K_3	c	-1		+0,1088 +1		-0,1088 -1	+0,1088 +1						
K_4	d								-0,0222 -1				+0,222 +1
K_5	e								-0,1447 -1		+0,1447 +1		
K_6	f										-0,1518 -1		+0,1518 +1
K_7	g		+0,1991 -1	-0,1991 +1					+0,1991 -1			-0,1991 +1	
K_8	h	-0,0041 -0,28	+0,0231 +1,57	-0,0190 -1,29						-0,0644 -4,38		+0,0707 +4,81	-0,0063 -0,43
K_9	i								-0,1310 -5,04		+0,1619 +6,09		-0,0280 -1,05
K_{10}	k	-0,1653 -3,13	+0,0565 +1,07		+0,1089 +2,06				+0,1759 +3,33			-0,1832 -3,47	+0,0074 +0,14
	p		+1,07		-1,07	+0,49		-0,49	-5,04	+4,81	+5,04	-4,81	
	q		+1,07		-1,07	+0,49		-0,49		+4,81		-4,81	
	pv				-0,0902								
	v	+0,0698	+0,0237	-0,0082	-0,1804	-0,0108	+0,1088	-0,0980	+0,0741	+0,0336	+0,1548	-0,0616	-0,2009
	v	+0,07	$\pm 0,03$	-0,01	-0,18	-0,01	+0,11	-0,10	+0,07	+0,03	+0,15	-0,06	-0,20
	pvv	0,0049	0,0008	0,0001	0,0163	0,0001	0,0118	0,0096	0,0055	0,0011	0,0239	0,0038	0,0401

Durch Einsetzen der Werte $K_1 \dots K_{10}$ erhält man die Richtungsverbesserungen $v_1 \dots v_{24}$ und durch Einsetzen derselben in die Richtungsverzeichnisse und Dreiecke die ausgeglichenen Richtungen und Winkel.

$$\text{Es ergibt sich aus } m_1 = \sqrt{\frac{[p \ vv]}{10}} = \sqrt{\frac{0,3180}{10}} = \pm 0",178$$

$$m_2 = \frac{m_1}{23:24} = \pm 0",18$$

der mittlere Fehler einer ausgeglichenen Richtung v , Gewicht p ist $\pm 0",18$.

Berechnung der Distanz Gurten B—Sternwarte = s_1

Berechnung der Distanz Gurten B—Bantiger = s_2

Sie erfolgen nach den nachstehenden Formeln, wobei die ebenen nach Legendre ausgeglichenen Winkel benutzt wurden:

$$s_1 = b \frac{\sin(7-5) \sin(4-2) \sin(10-8)}{\sin(11-9) \sin(24-22) \sin 20-19} \quad \text{und zur Kontrolle}$$

$$s_1 = b \frac{\sin(3-1) \sin(7-6) \sin(12-10) \sin(16-15)}{\sin(17-14) \sin(12-9) \sin(19-18) \sin(23-21)}$$

$$s_2 = b \frac{\sin(7-5) \sin(4-2)}{\sin(11-9) \sin(24-22)} \quad \text{und zur Kontrolle}$$

$$s_2 = b \frac{\sin(3-1) \sin(7-6) \sin(15-13)}{\sin(17-14) \sin(12-9) \sin(24-23)}$$

			$\overline{s_1}$		
7— 5	103° 10' 49",46	log sin	9,988 4059.6		
4— 2	117° 2' 35,09	,,	9,949 7143.5		
10— 8	22° 39' 25,95	,,	<u>9,585 7053.9</u>		
			9,523 8257.0		9,523 8257.0
					<u>9,301 7052.5</u>
11— 9	23° 37' 58",37	,,	9,603 0087.6		0,222 1204.5
25—22	31° 42' 31,46	,,	9,720 6564.8	log b	<u>3,353 3195.6</u>
20—19	108° 4' 2,59	,,	<u>9,978 0400.1</u>	log s_1	<u>3,575 4400.1</u>
			9,301 7052.5		$s_1 =$ <u>3762,184 m</u>

Kontrolle für s_1

3— 1	82° 14' 30",05	log sin	9,996 0063.1
7— 6	33° 27' 5,84	,,	9,741 3349.7
12—10	63° 23' 29,83	,,	9,951 3806.2
16—15	17° 54' 46,96	,,	<u>9,487 9485.8</u>
			9,176 6704.8

				9,176 6704.8
17—14	28° 1' 46",34	log sin 9,672 0301.5		<u>8,954 5502.1</u>
12— 9	78° 26' 0,72	„ 9,991 0899.1		<u>0,222 1202.7</u>
19—18	21° 5' 43,22	„ 9,556 2070.8	log b	<u>3,353 3195.6</u>
23—21	32° 55' 27,22	„ <u>9,735 2230.7</u>	log s ₁	<u>3,575 4398.3</u>
		8,954 5502.1	s ₁ =	<u>3762,182 m</u>

				<u>s₂</u>
7— 5	103° 10' 49",46	log sin 9,988 4059.6		9,938 1203.1
4— 2	117° 2' 35,09	„ 9,949 7143.5		<u>9,323 6652.4</u>
		9,938 1203.1		0,614 4550.7
11— 9	23° 37' 58,37	„ 9,603 0087.6	log b	<u>3,353 3195.6</u>
24—22	31° 42' 31,46	„ <u>9,720 6564.8</u>	log s ₂	<u>3,967 7746.3</u>
		9,323 6652.4	s ₂ =	<u>9284,844 m</u>

Kontrolle für s₂

3— 1	82° 14' 30",05	log sin 9,996 0063.1		
7— 6	33° 27' 5,84	„ 9,741 3349.7		
15—13	77° 35' 59,98	„ 9,989 7488.9		9,727 0901.7
		9,727 0901.7		<u>9,112 6352.1</u>
17—14	28° 1' 46,34	„ 9,672 0301.5		0,614 4549.6
12— 9	78° 26' 0,72	„ 9,991 0899.1	log b	<u>3,353 3195.6</u>
24—23	16° 21' 4,22	„ <u>9,449 5151.5</u>	log s ₂	<u>3,967 7745.2</u>
		9,112 6352.1	s ₂ =	<u>9284,842 m</u>

Nun folgt die Berechnung des mittleren Fehlers dieser beiden Distanzen und zwar aus den Formeln

$$s_1 = b \frac{\sin(7-5) \sin(4-2) \sin(10-8)}{\sin(11-9) \sin(24-22) \sin(20-19)}$$

$$s_2 = b \frac{\sin(7-5) \sin(4-2)}{\sin(11-9) \sin(24-22)}$$

$$\begin{aligned} \delta(\log s_1 - \log b) = & -4,9(d_7 - d_5) - 10,7(d_4 - d_2) - 48,1(d_{11} - d_9) \\ & - 34,1(d_{24} - d_{22}) + 50,4(d_{10} - d_8) + 6,9(d_{20} - d_{19}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta(\log s_2 - \log b) = & -4,9(d_7 - d_5) - 10,7(d_4 - d_2) \\ & - 48,1(d_{11} - d_9) - 34,1(d_{24} - d_{22}) \end{aligned}$$

wobei die logarithmischen Differenzen der 7. Dezimale für 1" ausgeschieden sind.

In der Ausgleichung sind die Werte um 10 gekürzt; diese Werte entsprechen also Einheiten in der 6. Dezimale.

Die Werte für f ergeben:

$f_2 = + 10,7$	$f_9 = + 48,1$	
$f_4 = - 10,7$	$f_{11} = - 48,1$	vide Ausgleichung
$f_5 = + 4,9$	$f_{19} = - 6,9$	$pp = 124,02$ in Einheiten der 6. Dezimale
$f_7 = - 4,9$	$f_{20} = + 6,9$	$qq = 72,28$ „ „ „ „
$f_8 = - 50,4$	$f_{22} = + 34,1$	
$f_{10} = + 50,4$	$f_{24} = - 34,1$	

Der mittlere Fehler der beiden Seiten errechnet sich nach der Formel

$$m_{s_1}^2 = m_1^2 \left[(pp) - \frac{(ap)^2}{(aa)} - \frac{(bp \cdot 1)^2}{(bb \cdot 1)} - \frac{(cp \cdot 2)^2}{(cc \cdot 1)} - \dots \dots \dots \right]$$

$$m_{s_2}^2 = m_1^2 \left[(qq) - \frac{(aq)^2}{(aa)} - \frac{(bq \cdot 1)^2}{(bb \cdot 1)} - \frac{(cq \cdot 2)^2}{(cc \cdot 1)} - \dots \dots \dots \right]$$

$$m_{s_1}^2 = 0,0318 (124,02 - 80,82) = 1,374 \text{ m}; m_{s_1} = \pm 1,172 \text{ Einheiten der 6. Dezimale}$$

$$m_{s_2}^2 = 0,0318 (72,28 - 64,78) = 0,238 \text{ m}; m_{s_2} = \pm 0,487 \text{ Einheiten der 6. Dezimale}$$

$$\log s_1 = 3,575 4400 \pm 11,72 \text{ Einheiten der 7. Stelle, Tafeldifferenz pro 1 cm} = 11,6$$

$$\log s_2 = 3,967 7746 \pm 4,87 \text{ Einheiten der 7. Stelle, Tafeldifferenz pro 1 cm} = 4,7$$

das heisst:

Mittlerer Fehler in der ausgeglichenen Distanz Gurten B—Sternwarte $m_{s_1} = \pm 1,0 \text{ cm}$

Mittlerer Fehler in der Distanz Gurten B—Bantiger $m_{s_2} = \pm 1,0 \text{ cm}$

unter der Voraussetzung, dass die Basis Ostermundigen fehlerlos ist.

Setzen wir hingegen das Anschlussnetz fehlerfrei voraus, die Basis aber mit dem Fehler von $\pm 2 \text{ mm}$ behaftet, so ergäbe sich für s_1 entsprechend der Vergrößerung s_1 :

$$b = \frac{3,7 \text{ km}}{2,2 \text{ km}} \text{ ein 1,5mal grösserer Fehler, also } m_2(s_1) = \pm 3 \text{ mm; analog für } s_2 = \frac{9,3 \text{ km}}{2,2 \text{ km}} m_2(s_2)$$

$= \pm 8 \text{ mm}$. Der totale mittlere Fehler der beiden Seiten ergibt sich demnach:

$$M_{s_1} = \sqrt{m_1^2 + m_2^2} = \sqrt{1,0^2 + 0,3^2} = \pm 1,0 \text{ cm} = \pm 0,010 \text{ m}$$

$$M_{s_2} = \sqrt{m_1^2 + m_2^2} = \sqrt{1,0^2 + 0,8^2} = \pm 1,3 \text{ cm} = \pm 0,013 \text{ m}$$

$$\text{oder einen relativen Fehler für } s_1 \approx \frac{1}{376000}$$

$$s_2 \approx \frac{1}{700000}$$

Um die neubestimmte Seite Sternwarte (Zentrum 1913)—Gurten B von 3762,184 (log 3,575 4400) mit den Ergebnissen der Geodätischen Kommission einerseits und des Stadtgeometers Brönnimann andererseits vergleichen zu können, müssen wir sie zunächst auf dem Sternwartzentrum entsprechend Abbildung 14 umrechnen.

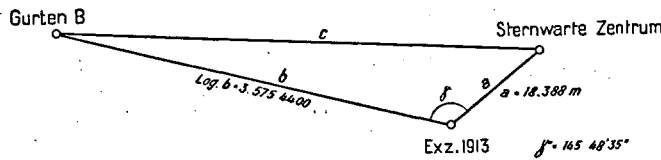


Abb. 14.

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 ab \cos \gamma$$

$a^2 = 338.1$	$\log 2 = 0,301\ 0300$
$b^2 = 14\ 154\ 028.0$	$\log a = 1,264\ 5345$
$a^2 + b^2 = 14\ 154\ 366.1$	$\log b = 3,575\ 4400$
$- 2 ab \cos \gamma = + 114\ 446.5$	$\log \cos \gamma = 9,917\ 6164$
$14\ 268\ 812.6$	$5,058\ 6024$
	$+ 114\ 446.5$

$$\log c^2 = 7,154\ 3878$$

$$\log c = 3,577\ 1939 = \underline{3777,408} \text{ m} = \text{Gurten B—Sternwarte Zentrum.}$$

Wir können also einander gegenüberstellen:

	m	Δ cm
1913 Basis-Anschluss-Messung Ostermundigen	$s = 3777,408$	0
1907 Messung Brönnimann	$s = 3777,333$	— 7,5
1870 Messung Geodätische Kommission	$s = 3777,061$	— 34,7

Hieraus geht hervor, dass die 1913 mit einem mittleren Fehler ± 1 cm bestimmte Seite Gurten B—Sternwarte besser mit der von Herrn Brönnimann bestimmten Länge übereinstimmt, d. h. nur um 7,5 cm von ihr abweicht, als mit derjenigen, die von der Schweizerischen geodätischen Kommission 1870 bestimmt war, von welcher sie um 34,7 cm differiert. Grundsätzlich ist also Herr Brönnimann im Recht gewesen, seine neue Stadttriangulation *nicht* an die stark fehlerhafte Seite der Schweizerischen geodätischen Kommission anschliessen zu wollen.

Es wäre aber unrichtig gewesen, eine Neutriangulation der Stadt Bern einzig auf der von Brönnimann ermittelten Seite Sternwarte—Gurten B aufzubauen, da die Untersuchung des von Herrn Brönnimann vorgelegten Netzaufbaues und die Winkelmessungen in vielen Teilen den neuen eidgenössischen Instruktionen für Grundbuchtriangulation *nicht* entsprechen. Die Eidgenössische Landestopographie hat daher den Bernischen Behörden endgültig empfohlen, mit der Vorlage einer Neutriangulation vierter Ordnung zuzuwarten, bis die neue Landestriangulation über das Bernische Mittelland von der Eidgenössischen Landestopographie erstellt sei. Erst diese werde Gewähr bieten, dass die Stadttriangulation sich harmonisch in die umgebenden Triangulationen einpasse und unerwünschte Zwänge ausschliesse. Diese Weisung wurde befolgt. Heute besitzt die Stadt Bern eine befriedigende, in die Triangulation dritter Ordnung eingepasste Triangulation vierter Ordnung.

Vergleichung der Basis Ostermundigen 1915 mit der Basis Aarberg 1880.

In Band V des Schweizerischen Dreiecknetzes pag. 166/169 ist die Länge der Aarberger Basis veröffentlicht, wie sie gemessen und wie sie unter Berücksichtigung der Länge der Basen von Weinfeldern und Bellinzona in die Triangulation eingeführt worden ist.

Beobachtete Längenmessung	2399,9433 m	log 3,380 2009.8
Verkürzung	<u>0,0204</u>	<u>37,1</u>
Gradmessungstriangulation	2399,9229 m	log 3,380 1972.7

Im Hauptnetz zweiter Ordnung der Landestriangulation über den Kanton Bern, an Hand neuer Beobachtungen und neuer Berechnungen, ist die Seite Gurten B—Bantiger bestimmt worden zu:

Gurten B—Bantiger	9284,714 m	log 3,967 7685,7
wogegen das Basisanschlussnetz		
Ostermundigen den Wert ergab:	<u>9284,844</u>	log <u>3,967 7746,2</u>

Die Differenzen ergeben: 0,130 m. $\Delta \log 60,5$

Es ergibt sich also im Rahmen der Landestriangulation eine Verkürzung der Seite Gurten B—Bantiger gegenüber der im Ostermundiger Netz abgeleiteten Seite Gurten B—Bantiger von 13 cm (oder 60,5 Einheiten der 7. Logarithmen-Stelle), wobei der in der Landestriangulation bestimmten Seite die Länge der in der Gradmessungstriangulation angenommenen Basis von Aarberg mit der um 2,04 cm (37,1 Einheiten) verkleinerten Länge der gemessenen Basis zugrunde liegt.

Bei einer zwanglosen Übertragung des Basisanschlussnetzes Ostermundigen auf die Seiten Gurten B—Sternwarte und die Basis Ostermundigen selbst ergäben sich verhältnismässig folgende Werte:

$$\begin{aligned} \text{Gurten B—Sternwarte} & 130 \times \frac{3777}{9285} = 53 \text{ mm} \\ \text{Basis Ostermundigen} & 130 \times \frac{2256}{9285} = 32 \text{ mm} \end{aligned}$$

d. h. unter der Annahme der von der Gradmessungstriangulation vorausgesetzten Länge der Aarbergerbasis von 2399,9229 m, würde die gemessene Länge von Ostermundigen durch die trigonometrische Übertragung einen um 32 mm verkürzten Wert erhalten. Würde an Stelle der angenommenen Länge der Aarberger Basis die Länge, wie sie gemessen worden war, d. h. mit einem um 2,04 cm grössern Wert (oder diese mit einem 37,1 Einheiten der 7. Dezimalstelle grössern Wert) verwendet werden, so ergäbe sich folgendes:

$$\begin{array}{r} \log \text{ Gurten B—Bantiger} \quad 3,967 7685,7 = 9284,714 \text{ m} \\ \text{Landestriangulation} \quad + \quad 37,1 \\ \hline \log \text{ Gurten B—Bantiger} \quad 3,967 7722,8 = 9284,793 \text{ m} \\ \text{Ostermundiger Basis.} \quad 3,967 7746,2 = 9284,844 \text{ m} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{r} \log \text{ Gurten B—Bantiger} \\ \text{Landestriangulation} \\ \log \text{ Gurten B—Bantiger} \\ \text{Ostermundiger Basis.} \end{array}} \right\} \Delta = 51 \text{ mm.}$$

Bei einer zwanglosen Übertragung des Basisanschlussnetzes auf die Seiten Gurten B—Sternwarte und die Basis Ostermundigen selbst ergeben sich verhältnismässig folgende Werte:

$$\text{Basis Ostermundigen} \quad 51 \times \frac{3777}{9285} = 21 \text{ mm}$$

$$\text{Gurten B—Sternwarte} \quad 51 \times \frac{2256}{9285} = 12 \text{ mm}$$

d. h. die gemessene Ostermundiger Basis müsste um 12 mm gekürzt werden, um mit der gemessenen Aarberger Basis übereinzustimmen.

Aus dieser Gegenüberstellung geht hervor, dass jedenfalls die gemessene Aarberger Basis besser mit der Ostermundiger Basis übereinstimmt als die konstruierte, definitiv für die Gradmessungsarbeiten angenommene.

In Band IV des „Schweizerischen Dreiecknetzes, Seite 54, ist der mittlere Fehler der Seite I. Ordnung Chasseral—Röthiflüh mit $\pm 0,128$ Meter angegeben. Übertragen wir mit dem Netz II. Ordnung diese Seite auf die untersuchte Seite Gurten B—Bantiger, so ergäbe sich bei fehlerloser Netzübertragung für diese kleinere Seite, die ca. viermal kürzer ist, ein mittlerer Fehler von $\pm 0,031$ m. Dieser Wert wird allerdings durch die fehlerhafte Winkelmessung vergrössert, immerhin nicht wesentlich.

Die effektive Differenz von 0,051 m zwischen den Längen der Seite Gurten B—Bantiger liegt also innerhalb der vermuteten Längenunsicherheit von $\pm 0,031$ m.

II.

Bestimmung der Längendifferenz

zwischen dem

Koordinaten-Nullpunkt
der Schweizerischen Landesvermessung

(alte Sternwarte in Bern)

und dem

Trigonometrischen Hauptpunkt
„Gurten Ost (B)“

Beobachtet im Jahre 1937 von

Dr. P. Engi und Dr. E. Hunziker

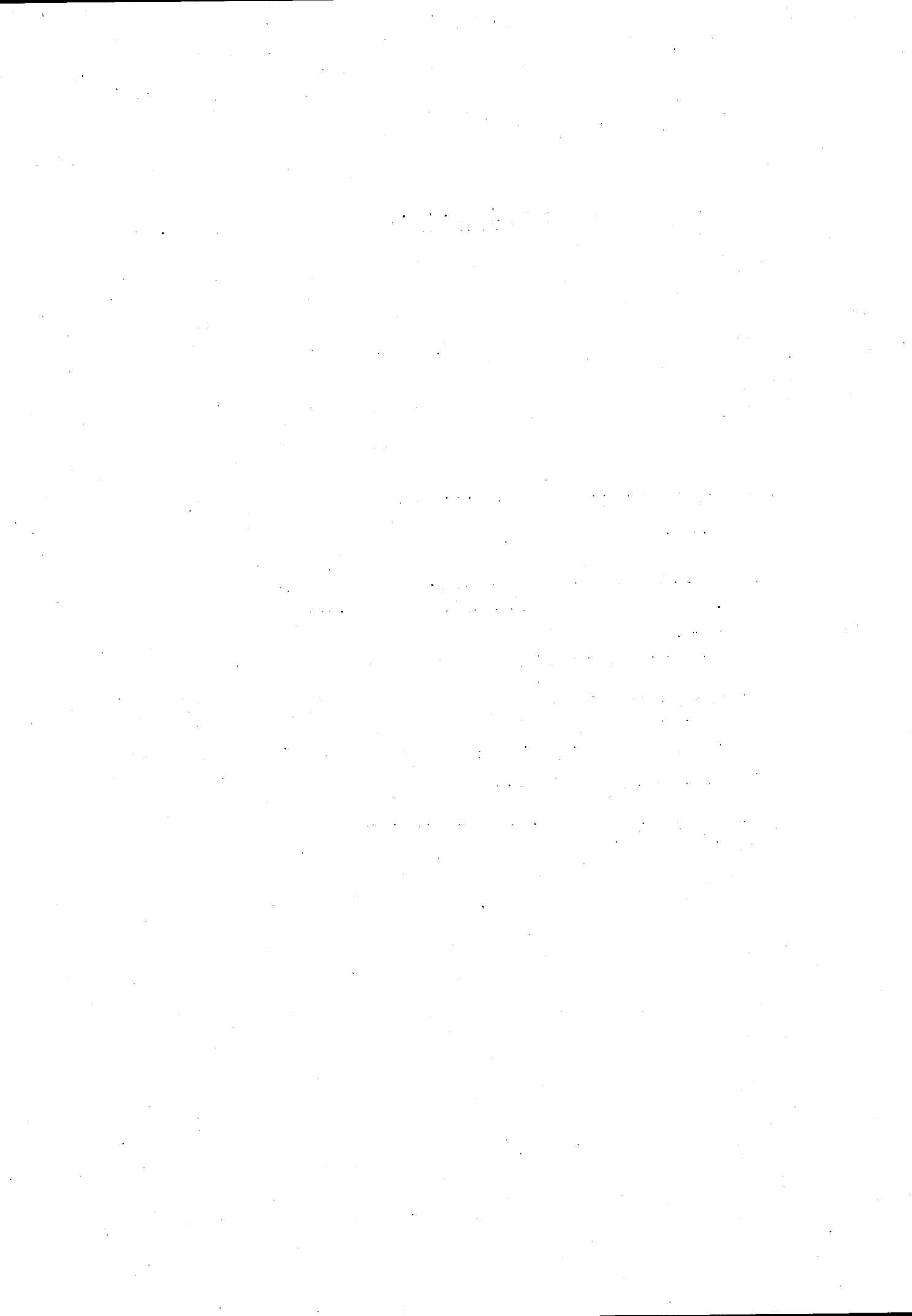
bearbeitet von

Dr. E. Hunziker



Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	47
1. Das Beobachtungsverfahren	48
2. Stationen	49
3. Instrumentelles	52
4. Aufnahme der Zeitzeichen und Uhrvergleichen	53.
5. Die Zeitbestimmungen	55
a) Sternprogramm	55
b) Genauigkeit der beobachteten Durchgangszeiten	56
c) Die Instrumentalfehler: Kontaktbreite, toter Gang und Neigung	57
d) Uhrgänge	61
e) Uhrkorrekturen und Azimute	62
6. Ableitung der Längendifferenz	64
a) Die Uhrdifferenzen	64
b) Die Abendwerte der Längendifferenz	66
7. Einbeobachter-Längendifferenz Zürich—Bern	68
8. Ableitung der Länge des Koordinaten-Nullpunktes in Bern	73



Einleitung.

Das schweizerische Längennetz ist sehr einfach und übersichtlich aufgebaut. Alle Punkte, sowohl die inländischen, als auch die vier ausländischen Anschluß-Stationen, sind mit den beiden Fundamentalstationen, Eidgenössische Sternwarte in Zürich und Sternwarte in Genf, verbunden. Jeder in das Netz einbezogene Punkt ergibt also als Summe oder Differenz einen Wert des Längenunterschiedes Zürich—Genf; dieser ist zudem dreimal direkt gemessen worden, in verschiedenen Jahren und mit verschiedenen Methoden.

In unmittelbarer Nähe der Station Gurten des Längennetzes liegt der Koordinaten-Nullpunkt in Bern; der Längenunterschied beträgt rund eine Zeitsekunde. Es standen nun verschiedene Wege offen, um den Koordinaten-Nullpunkt in das Längennetz einzubeziehen. Einmal die bisher stets verwendete Methode, bestehend in der Durchführung zweier Bestimmungen des Längenunterschiedes mit Beobachter- und Instrumentenwechsel zwischen dem Neupunkt und den beiden Fundamentalstationen Zürich und Genf. Dann der Anschluss mittels Bestimmung des Längenunterschiedes Neupunkt—Gurten, ebenfalls mit Beobachter- und Instrumentenwechsel. Endlich die Möglichkeit, mit Hilfe der vom Bureau international de l'heure veröffentlichten Zeiten der rhythmischen Zeitzeichen unmittelbar die Länge des Koordinaten-Nullpunktes gegenüber Greenwich abzuleiten. Es wurde aber vorgezogen, die gleiche Methode zu verwenden, die einheitlich dem schweizerischen Längennetz zugrunde liegt: Längenunterschieds-Bestimmungen mit Beobachter- und Instrumentenwechsel.

Die geringe Entfernung der beiden Stationen liess die Messung des Längenunterschiedes Gurten—Bern als vorteilhaft erscheinen. Erfahrungsgemäss weisen im Durchschnitt die Längenunterschiede nahe beieinander liegender Stationen eine grössere Genauigkeit auf, als die Längenunterschiede zwischen weit auseinanderliegenden Stationen. Auf dieses Ergebnis früherer Beobachtungen wird in Band XXI der Astronomisch-geodätischen Arbeiten in der Schweiz, „Bestimmung von Längenunterschieden erster Ordnung mit drahtlosen Uhrvergleichen in den Jahren 1924—1930“, auf den Seiten 241—242 näher eingegangen¹⁾. Deshalb und aus den im Vorwort erwähnten praktischen Gründen ist der Koordinaten-Nullpunkt in Bern mittels der Bestimmung des Längenunterschiedes Gurten—Bern an das Längennetz angeschlossen worden.

Als Nebenbestimmung wurde die Länge des Koordinatennullpunktes in Bern gegenüber Greenwich auch direkt abgeleitet. Die dazu nötigen zusätzlichen Referenzbeobachtungen in Zürich und die Aufnahmen der rhythmischen Zeitzeichen liessen sich mit verhältnismässig geringer Mehrarbeit durchführen.

¹⁾ Im folgenden werden die Bände dieser Veröffentlichung kurz mit „Band N“ bezeichnet.

1. Das Beobachtungsverfahren.

Die Messung des Längenunterschiedes Gurten—Bern weist gegenüber den früher vorgenommenen schweizerischen Längenunterschieds-Bestimmungen einige Besonderheiten auf. Wir beschreiben nachstehend das verwendete Beobachtungsverfahren.

Als Beobachtungsuhr diente auf der Station Bern eine Riefler'sche Pendeluhr der Schweizerischen geodätischen Kommission. Es wäre nahegelegen, die gleiche Uhr auch auf der Station Gurten zu verwenden, da eine metallische, doppeladrige Verbindung zwischen den beiden Stationen vorhanden war. Dem standen Gründe praktischer Art entgegen. Die beiden zur Verfügung stehenden Schreibgeräte — zwei Undulatoren — weisen je nur eine Schreibfeder auf. Dies bedingte das Vorhandensein zweier vollständig getrennter Stromkreise und damit einer eigenen Beobachtungsuhr für die Station Gurten. Der dazu benutzte Nardin'sche Deckchronometer befand sich in Bern. Seine Registriervorrichtung konnte entweder auf den Undulator der Station Gurten geschaltet werden, oder auf den Undulator in Bern. Diese Anordnung ermöglichte es, die beiden Beobachtungsuhren praktisch fehlerlos miteinander zu vergleichen.

Eine Uhrvergleichung, die stets mittels des Undulators in Bern ausgeführt wurde, ging jeweils folgendermaßen vor sich: während der ganzen Vergleichung betätigte die Registriervorrichtung einer Hilfsuhr die Undulatorenfeder; zugleich wurden von der gleichen Undulatorenfeder entweder die Sekunden der Riefler'schen Pendeluhr, oder die Sekunden des Deckchronometers registriert. Es war gegeben, als Hilfsuhr den zweiten, zur Aufnahme der rhythmischen Zeitzeichen verwendeten Nardin'schen Deckchronometer zu benutzen. Eine Hilfsuhr, mit stark abweichendem Gang von den Gängen der beiden Beobachtungsuhren, bot den Vorteil, das Auftreten systematischer Registrier- und Ablesefehler zu verhindern. Eine Beschreibung des Undulators und das Schema der verwendeten Schaltung findet man auf Seite 14 des Bandes XXII. An jedem Beobachtungsabend ist jeweils vor und nach der Zeitbestimmung eine Uhrvergleichung vorgenommen worden. Mittels des daraus gerechneten relativen Ganges der beiden Beobachtungsuhren wurde die Uhrdifferenz zur Zeit der mittleren Epoche der Zeitbestimmung abgeleitet.

Zur Durchführung der Zeitbestimmung wurden die beiden Bamberg'schen Durchgangsinstrumente der Schweizerischen geodätischen Kommission verwendet; sie sind mit unpersönlichem Mikrometer versehen. Die beobachteten Meridiandurchgänge wurden, in entsprechender Weise wie die Uhrdifferenzen, ebenfalls auf die Zeit der mittleren Epoche der Zeitbestimmung reduziert. Die dazu notwendigen Gänge der Beobachtungsuhren liessen sich aus den täglich um 11 Uhr M.E.Z. aufgenommenen Zeitzeichen von Rugby ermitteln. Durchwegs sind nur die auf beiden Stationen beobachteten Sterne berücksichtigt worden. Daraus ergab sich eine vollständige Ausschaltung der Rektaszensionsfehler. Im Gegensatz zu früheren Bestimmungen ist der Abendwert der Uhrkorrektur, zusammen mit dem Abendwert des Azimutes, durch Ausgleichung abgeleitet worden.

Als Ergänzung des Anschlusses der Sternwarte Bern mittels des Längenunterschiedes Gurten—Bern, ist die Länge dieser Station gegenüber Greenwich auch direkt, — unter Zuhilfenahme der vom Bureau international de l'heure veröffentlichten Zeiten der Zeitzeichen, — bestimmt worden. Zu diesem Zwecke rahlmte Beobachter Hunziker die Messungen in Bern und auf dem Gurten mit Referenzbeobachtungen in Zürich ein. Beobachtungsuhr in Zürich war Riefler Nr. 327; ihr Gang ist in gleicher Weise wie in Bern aus den täglich um 11 Uhr abgehörten Zeitzeichen von Rugby abgeleitet worden. Ferner sind sowohl auf der Referenzstation als auch in Bern an jedem Beobachtungsabend vor Beginn der Zeitbestimmung entweder die Zeitzeichen von Rugby oder von Bordeaux und um 11^h 30^m M.E.Z. die Zeitzeichen von Paris aufgenommen worden.

Die Zeitbestimmungen wurden in Zürich gleich durchgeführt wie auf den Stationen Gurten und Bern.

Aus der nachstehenden kleinen Übersicht ersieht man die Anordnung der Beobachtungsabende, sowie die Stationen, wo die beiden Beobachter im Laufe der Referenz- und der Längenunterschieds-Bestimmungen arbeiteten.

Anzahl der Beobachtungs-Abende	Beobachter Hunziker mit D. I. 8804 auf Station	Beobachter Engi mit D. I. 13999 auf Station
5	Zürich	
3	Bern	Gurten
6	Gurten	Bern
3	Bern	Gurten
5	Zürich	

2. Stationen.

Die abgerundeten geographischen Koordinaten von Bern, Gurten Ost und der Referenzstation Zürich sind:

Station	Geographische Breite	Länge östl. Greenwich	Höhe über Meer
Bern	46° 57,1	29 ^m 45 ^s	567 m
Gurten Ost	46 55,2	29 47	858
Zürich	47 22,6	34 12	469

Alle Beobachtungen sind in zerlegbaren Hütten ausgeführt worden. Die ältere und größere der beiden Hütten der Schweizerischen geodätischen Kommission stand in Bern; auch der zweite Teil der Referenzbeobachtungen in Zürich ist darin ausgeführt worden. Ihre Beschrei-

bung findet man in Band XIV auf Seite 1. Die neuere und bedeutend kleinere Hütte, mit dem dazugehörigen transportablen Holzpfeiler, wurde bei den ersten Referenzbeobachtungen in Zürich verwendet, ferner auf Station Gurten. Zum erstenmal war sie bei den Messungen auf dem Parallel von Zürich in Gebrauch. Sie ist in Band XXII auf den Seiten 12—13 eingehend beschrieben.

Bern.

In einer Entfernung von 31 m südöstlich des Koordinaten-Nullpunktes der Schweizerischen Landesvermessung, alte Sternwarte in Bern, befindet sich nahe der Böschung der ebenen Wiese ein als „Südmire II“ bezeichneter Kalksteinpfeiler. Er steht auf einem Beton-Fundament von mehr als 1,6 m Tiefe.

Auf diesem Pfeiler sind in Bern die Beobachtungen vorgenommen worden. Es genügte, eine neue Platte aufzusetzen, um mit den Bamberg'schen Durchgangsinstrumenten darauf beobachten zu können.

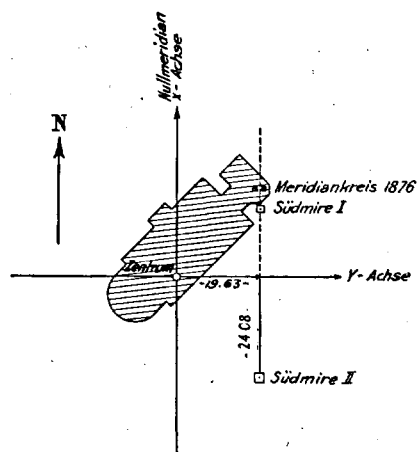


Fig. 1.

Die Koordination des Pfeilers in winkeltreuer schiefachsiger Zylinderprojektion sind:

$$Y = + 19,63 \text{ m,}$$

$$X = - 24,08 \text{ m.}$$

Daraus ergibt sich:

Beobachtungspfeiler 0^s062
östlich des Koordinaten-Nullpunktes.

Die Höhe über Meer beträgt:

$$H = 566,78 \text{ m O. K. Marmorplatte.}$$

Die Beobachtungsuhr Riefler war im Raum unter dem ehemaligen Meridiansaal aufgehängt gewesen. Wegen seiner Lage zu ebener Erde, seines sandigen, staubbildenden Bodens, seiner Niedrigkeit und unebenen Mauern, eignete er sich nicht besonders dazu. Es stand aber kein besserer Ort zur Verfügung.

Gurten Ost (B)

Die Station Gurten Ost ist ein Punkt 1. Ordnung des Schweizerischen Dreiecknetzes, auf der Ostkuppe des Gurten bei Bern gelegen.

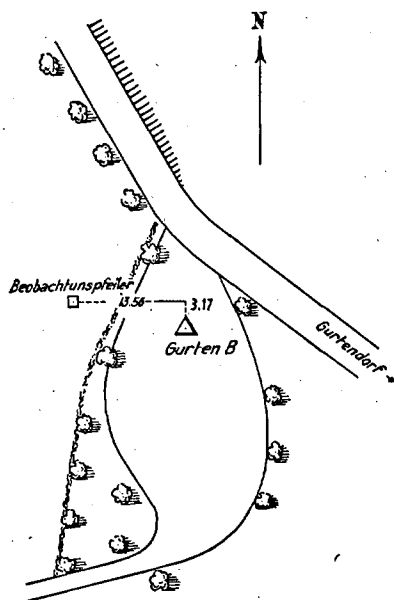


Fig. 2.

Der hölzerne Pfeiler wurde in seiner unmittelbaren Nähe, am Rande des Golfplatzes, aufgestellt.

Die Exzentrizität des Beobachtungspfeilers ist von W. Lang, Ingenieur an der Eidgenössischen Landestopographie, bestimmt worden. Die Koordinatendifferenzen (im Sinne Längspfeiler 1937 minus Triangulations-Punkt) sind:

$$\Delta Y = -13,56 \text{ m,}$$

$$\Delta X = + 3,17 \text{ m}$$

und daraus:

Beobachtungspfeiler $0^{\circ}043$ westlich Zentrum Triangulations-Punkt Gurten Ost (B).

Der Vollständigkeit halber lassen wir noch die Koordinaten des Triangulations-Punktes Gurten Ost (B) folgen:

Gurten Ost (B)	$Y = + 392,94 \text{ m;}$
	$X = - 3756,57 \text{ m;}$

Längspfeiler 1937	$Y = + 379,38 \text{ m;}$
	$X = - 3753,40 \text{ m.}$

Die Meereshöhe des Punktes Gurten Ost beträgt:

$$H = 858,09 \text{ m. Steinoberfläche (Radschraube nivelliert).}$$

Zürich.

(Situation siehe Band XXII, Tafel 4).

Die Referenzbeobachtungen in Zürich sind auf zwei verschiedenen Punkten ausgeführt worden. Im Mai-Juni am östlichen Ende des ebenen, der Sternwarte vorgelagerten Platzes, auf dem dort aufgestellten Holzpfeiler; im August auf dem neu erbauten Steinpfeiler der Schweizerischen geodätischen Kommission, der bergwärts des Meridianflügels liegt.

Die Lage der Beobachtungsorte wird durch die folgenden Entfernungen gegeben:

Referenzstation I, Holzpfeiler,

11,60 m südlich und

12,64 m östlich

des Zentrums Meridiankreis Kern.

Referenzstation II, Steinpfeiler,

Koordinaten-Differenzen gegenüber Zentrum Meridiankreis Kern, im Sinne Steinpfeiler minus Zentrum:

$\Delta Y = + 17,01$ m,

$\Delta X = + 14,56$ m.

Die Meereshöhe beträgt:

$H = 470,24$ m Obere Kante der Hülse.

In Zeitmass ausgedrückt findet man, dass die beiden Punkte um die folgenden Beträge östlich des Zentrums liegen:

Referenzstation I: $0^s 040$,

Referenzstation II: $0^s 054$.

3. Instrumentelles.

Die Zeitbestimmungen sind mittels der beiden Bamberg'schen Durchgangs-Instrumente der Schweizerischen geodätischen Kommission ausgeführt worden. Wie in früheren Jahren arbeitete Beobachter Hunziker ständig mit D. I. Nr. 8804 und Beobachter Engi durchwegs mit D. I. Nr. 13999.

Als Beobachtungsuhr diente in Zürich und Bern die Riefler'sche Pendeluhr Nr. 327. Ihr Werk war im Frühjahr 1937 zur Überholung und zur Auswechslung des Kontaktades an die Erstellerfirma in Nesselwang geschickt worden. Von früher her hatte das Uhrwerk ein Kontaktrad aufgewiesen, das jede Sekunde den Registrierstromkreis unterbrach. Dadurch wären auf dem Streifen des Undulators zu viele Zeichen des Mikrometer-Stromkreises unbrauchbar gemacht worden. Es war deshalb unumgänglich, ein Kontaktrad einsetzen zu lassen, das jede zweite Sekunde unterbricht.

Die Registriervorrichtung der Riefler-Uhr betätigte das Siemens'sche Federrelais Nr. 48688 und dieses die Undulatorenspitze.

Deckchronometer Nr. 15282 ist als zweite Beobachtungsuhr verwendet worden; er stammt von der Firma Nardin in Le Locle und ist auf Sternzeit einreguliert.

Die rhythmischen Zeitzeichen sind mit Hilfe des in Band XXII auf Seite 14 erwähnten Empfangsgerätes der Telefongesellschaft aufgenommen und mit den Sekundenzeichen des Nardin'schen Deckchronometers Nr. 13711 zur Koinzidenz gebracht

worden. Dieser zweite, als Koinzidenzuhr bezeichnete Chronometer wies einen täglichen Gang von rund + 29 Sekunden (zurückbleiben) gegenüber mittlerer Zeit auf.

Die beiden Stationen Gurten und Bern waren telephonisch miteinander verbunden; die Anlage ist von der Generaldirektion der Eidgenössischen Post- und Telegraphenverwaltung zur Verfügung gestellt worden.

4. Aufnahme der Zeitzeichen und Uhrvergleichungen.

Wie wir schon weiter oben erwähnt haben, sind sowohl während der Referenzbeobachtungen in Zürich, als auch während der Dauer der Feldarbeit, täglich um 11^h M.E.Z die Zeitzeichen von Rugby (GBR) abgehört worden. Die dabei verwendete Methode des Koinzidenzenbildes ist im zweiten Teil des Bandes XXII eingehend dargelegt. Anhand der vom Bureau international de l'heure gegebenen vorläufigen Sendezeiten sind aus den Aufnahmen der Zeitzeichen die täglichen Gänge der Pendeluhr Riefler Nr. 327 abgeleitet worden.

Datum 1937	Station	Sender u. Sendezeit (M.E.Z.)		Beobachter	
		I. Aufnahme	II. Aufnahme		
Mai 25	Zürich	FYL 21 ^h	FLE 23 ^h 30 ^m	} Hunziker	
	Zürich	FYL 21	FLE 23 30		
	Zürich	FYL 21	FLE 23 30		
Juni 3	Zürich	FYL 21	FLE 23 30		
	Zürich	FYL 21	FLE 23 30		
Juni 22	Bern	FYL 21	FLE 23 30		} Hunziker
	Juli 3	Bern	FYL 21	FLE 23 30	
	Juli 4	Bern	FYL 21	FLE 23 30	
Juli 6	Bern	FYL 21	FLE 23 30	} Engi	
	8	Bern	FYL 21		FLE 23 30
	9	Bern	FYL 21		FLE 23 30
	14	Bern	FYL 21		FLE 23 30
	18	Bern	GBR 19		FLE 23 30
	19	Bern	GBR 19		FLE 23 30
Juli 21	Bern	GBR 19	FLE 23 30	} Hunziker	
	23	Bern	GBR 19		FLE 23 30
	26	Bern	GBR 19		FLE 23 30
Aug. 4	Zürich	GBR 19	FLE 23 30	} Hunziker	
	5	Zürich	GBR 19		FLE 23 30
	6	Zürich	GBR 19		FLE 23 30
	10	Zürich	GBR 19		FLE 23 30
	11	Zürich	GBR 19		FLE 23 30

Weiter wurden an den Beobachtungsabenden vor Beginn und gegen Ende der astronomischen Messungen Zeitzeichen abgehört. Bis am 14. Juli sind die Zeichen von Bordeaux (FYL) um 21^h M.E.Z. und von Paris (FLE) um 23^h 30^m benutzt worden. Später traten an Stelle der Zeichen von Bordeaux diejenigen von Rugby (GBR), Sendezeit 19^h. Diese Änderung war nötig, weil die Zeichen von Bordeaux sich von Mitte Juli 1937 an schlecht zu Koinzidenzbeobachtungen geeignet hatten. Es waren starke, offenbar vom Sender herrührende Nebengeräusche aufgetreten.

Aus der obenstehenden Zusammenstellung sind das Datum des Beobachtungsabends, die Station, Herkunft und Zeit der abgehörten Zeitzeichen, sowie der Beobachter ersichtlich.

An den Beobachtungsabenden in Bern sind die beiden Uhren Riefler Nr. 327 und Nardin Nr. 15282 zweimal miteinander verglichen worden. Solange um 21^h die Zeichen von Bordeaux abgehört wurden, fiel die erste Uhrvergleichung auf diese Epoche. Später, vom 18. Juli an, ist die erste Uhrvergleichung unmittelbar vor Beginn der Zeitbestimmung vorgenommen worden. Zeitpunkt der zweiten Uhrvergleichung war stets 20^h 30^m, die Sendezeit der Zeichen von Paris.

Eine Uhrvergleichung ging folgendermassen vor sich: Die Koinzidenzuhr, Deckchronometer Nr. 13711, wurde zuerst zusammen mit der Riefleruhr auf den Undulator geschaltet; hernach registrierten Koinzidenzuhr und Deckchronometer Nr. 15282 gleichzeitig; zum Schlusse wurde die Registrierung der Sekundenzeichen der Riefler- und der Koinzidenzuhr wiederholt. Jede der drei Phasen dauerte rund 5 Minuten. Wurden während der zweiten Phase gleichzeitig Koinzidenzen abgehört, so genügte es, mit Ausnahme der ersten Koinzidenz, die Uhrvergleichung jeweils nur für wenige Sekunden zu unterbrechen.

Bei der Auswertung war zuerst eine bestimmte Sekunde der Koinzidenzuhr als Epoche zu wählen. Zur Vereinfachung der Rechnung und um möglichst kleine Gangkorrekturen zu erhalten, wurde diese Epoche so ausgelesen, dass sie weniger als eine halbe Sekunde von der Epoche des mittleren Zeitzeichens (Ordnungsnummer 153,5) abwich. Lag nur eine Uhrvergleichung ohne Abhören von Zeitzeichen vor, so konnte eine beliebige Sekunde der Koinzidenzuhr als Epoche der Uhrvergleichung herausgegriffen werden. Hierauf sind 40, zur Epoche der Uhrvergleichung symmetrisch liegende Zeichen der Koinzidenzuhr abgelesen worden, wobei die Registrierung der Riefleruhr als Zeitskala diente. In gleicher Weise kamen 40 Zeichen der Koinzidenzuhr, bezogen auf die Sekundenzeichen des Deckchronometers Nr. 15282, zur Ablesung. Die Mittelbildung von je zwei symmetrisch gelegenen Zeichen ergab für beide Beobachtungsuhrn 20 Werte der gewählten Epoche. Diese 20 Beträge wurden gemittelt. Die Differenz der zwei Mittel stellt die gesuchte Uhرداریferenz dar.

5. Zeitbestimmungen.

a) Sternprogramm.

Das aufgestellte Programm enthält ausschließlich Sterne, deren scheinbare Örter in den American Ephemeris enthalten sind.

Die Deklination der ausgewählten Zeitsterne liegen zwischen 19° und 62° . Im Mittel beträgt die Deklination der in Bern und auf dem Gurten beobachteten Zeitsterne $44,3$; sie gingen durchschnittlich $2,7$ südlich des Zenites durch den Meridian. Im Programm tritt in Abständen von durchschnittlich 53 Minuten ein Polstern auf, dazwischen 4 bis 7, im Durchschnitt 5,5 Zeitsterne.

Auf den beiden Stationen Gurten und Bern sind an einem Abend 8 bis 12, durchschnittlich 10,7 Zeitsterne, beobachtet worden; dazu kommen 0 bis 3, im Durchschnitt 2,1 Polsterne. Die entsprechenden Zahlen der Referenzstation Zürich lauten: Zeitsterne 10 bis 13, durchschnittlich 11,7; Polsterne 1 bis 3, durchschnittlich 2,3.

Stern No.	Grösse	$\delta_{1937,0}$	Anzahl der Durchgänge		Stern No.	Grösse	$\delta_{1937,0}$	Anzahl der Durchgänge	
			D.I. 8804 Beob. Hunziker	D.I. 13999 Beob. Engi				D.I. 8804 Beob. Hunziker	D.I. 13999 Beob. Engi
794	4,3	28° 11,8	1	—	286 ^v	6,0	75° 49,8	10	11
800	4,7	40 54,2	2	—	1029	5,3	31 48,3	10	6
805	2,4	55 15,2	3	—	1037	5,3	33 39,5	11	11
816	5,0	37 30,3	3	—	1039	6,3	40 35,8	10	9
826	1,9	49 37,6	5	—	1047	3,4	36 52,7	12	10
121 ^v	4,1	72 7,1	4	—	1053	5,4	32 32,9	12	7
847	4,8	25 23,4	3	—	1067	3,0	52 20,8	16	11
854	4,3	46 22,6	5	—	1076	3,8	46 2,3	15	9
862	4,1	52 8,5	5	—	1083 ^o	4,9	72 10,8	14	9
870	3,0	38 35,0	5	—	1090	3,9	56 52,9	10	6
876	5,4	44 40,5	4	—	1106	3,8	28 45,2	9	3
885	2,7	27 20,3	4	—	1112	5,4	42 8,2	10	6
896 ^o	2,2	74 24,8	6	—	1119	3,9	21 44,4	7	—
911	4,9	47 53,9	6	1	405 ^v	5,6	79 38,3	6	4
919	3,5	33 32,9	5	1	1144	5,8	52 55,1	6	3
931	3,5	59 11,2	4	1	1149	4,8	59 18,7	5	2
936	5,1	41 2,8	3	1	1157	3,3	32 36,1	4	—
947	5,1	36 50,4	4	2	1165	5,1	36 0,0	4	—
226 ^v	4,7	71 8,4	4	2	1180 ^o	4,6	73 14,3	4	—
961	4,6	42 37,6	4	3	1194	3,9	51 35,7	5	—
971	4,1	58 44,0	5	4	1201	4,6	50 4,5	5	—
978	4,3	45 5,9	5	4	1213	3,0	44 58,6	5	—
984	5,4	34 1,0	5	4	1229	3,7	19 19,2	2	—
990	3,9	46 27,7	7	6	1236	4,8	36 39,2	1	—
1001	2,9	61 39,4	8	7					
1009	4,2	42 34,0	12	12					

Zur Ableitung des Längenunterschiedes Gurten—Bern sind ausschliesslich die auf beiden Stationen beobachteten Sterndurchgänge benützt worden. Die Rektaszensionsfehler bleiben also ohne Einfluss auf den Längenunterschied.

Die Übersicht auf Seite 55 gibt die Nummern des Sternes in den American Ephemeris, die Grösse, die mittlere Deklination 1937,0, sowie die Anzahl der registrierten Durchgänge. Die auf der Referenzstation Zürich beobachteten Durchgänge sind mitgezählt. Den Jahrbuchnummern der Polsterne ist ein *O* oder *U* beigefügt, woraus hervorgeht, ob sie in oberer oder unterer Kulmination beobachtet wurden.

Die scheinbaren Rektaszensionen sind den American Ephemeris entnommen worden, wobei mit Berücksichtigung der zweiten Differenzen interpoliert wurde. Der Einfluss $\Delta\alpha$ der kurzperiodischen Mondglieder ist ebenfalls berücksichtigt worden.

b) Genauigkeit der beobachteten Durchgangszeiten.

Die registrierten Meridiandurchgänge waren stets mit einer Okularblende beobachtet worden; sie wurden in gleicher Weise wie bei den früher ausgeführten Längendifferenz-Bestimmungen ausgewertet. Wieder ist aus 10 Doppelkontakten von jedem Stern der mittlere Fehler μ_{beob} der aus einem Doppelkontakt hervorgehenden Durchgangszeit gerechnet worden.

Die beobachteten Zeitsterne sind in Deklinationsintervalle von 6° zusammengefasst und deren μ zu Mittelwerten vereint worden; die Intervalle bei den Polsternen betragen 3° und 6° . Die Deklination δ der verwendeten Zeitsterne liegen zwischen 19° und 62° ; diejenigen der Polsterne zwischen 71° und 80° . Die nachstehende Übersicht gibt die Deklinationsintervalle, die mittlere Deklination, die Mittelwerte der μ und die Anzahl der Durchgänge im betreffenden Intervall.

Die Mittelwerte der μ sind ausgeglichen worden auf Grund des Ansatzes

$$\mu = \pm \sqrt{a^2 + \frac{b^2}{v^2} \cdot \sec^2 \delta}.$$

Es sind sowohl die μ der Zeitsterne, als auch der Polsterne in die Ausgleichung einbezogen worden. Die benützte Fernrohrvergrößerung v ist 86fach. Die Ausgleichung ergibt die folgenden Werte der Koeffizienten a und b :

1937 Beob. Hunziker, D. I. 8804: $a = 0^s.016 \pm 0^s.003$; $b = 1^s.65 \pm 0^s.08$.

Beob. Engi, D. I. 13999: $a = 0,026$,003; $b = 1.97$,10.

Die in Band XXI auf Seite 25 angegebenen mittleren Fehler m_a von a und m_b von b sind grösser, obwohl ihnen nur die μ der Zeitsterne zugrunde liegen. Es war also im vorliegenden Falle durchaus gerechtfertigt, die Polsterne ebenfalls in die Ausgleichung einzubeziehen. Mit andern Worten: die Voraussetzung konstanter a und b ist genügend genau innerhalb des ganzen Deklinationsintervalles von 19° bis 80° erfüllt.

Vergleichsweise führen wir noch die a und b an, die aus den Beobachtungen der Jahre 1924—1930 hervorgegangen sind; ebenfalls mit Berücksichtigung der Zeit- und Polsterne (Band XXI, Seite 25).

1924—1930 Beob. Hunziker, D. I. 8804: $a = 0^s.021$; $b = 1^s.67$.

Beob. Engi, D. I. 13999: $a = 0,024$; $b = 2,01$.

Sowohl der Nachführungsfehler a als auch der Bisektionsfehler b von Beobachter Hunziker ist kleiner geworden, was von den günstigen Beobachtungsverhältnissen während der Sommerwochen herrühren dürfte. Das umgekehrte Verhalten der Konstanten von Beobachter Engi lässt Veränderungen im D. I. 13999 vermuten. Es darf aber nicht übersehen werden, dass den neu bestimmten a und b verhältnismässig wenig Durchgangsbeobachtungen zugrunde liegen und dass man ihnen deshalb nicht zu grosses Gewicht beilegen darf.

In den Kolonnen 5 und 9 der Übersicht sind noch die mittleren Fehler $\mu_{\text{ausgeglichen}}$ gegeben; sie wurden durch Einsetzen der erhaltenen a und b gefunden.

Mittlerer Fehler eines Doppelkontaktes.

Deklina- tions- Intervall	Beobachter Engi D. I. 13999				Beobachter Hunziker D. I. 8804			
	Mittlere Dekli- nation	μ beobachtet	Zahl der Durchg.	μ ausgeglichen.	Mittlere Dekli- nation	μ beobachtet	Zahl der Durchg.	μ ausgeglichen.
1937								
18°–24°	—	—	—	—	21, 1	± 0,030	9	± 0,026
24–30	28,8	± 0,029	4	± 0,037	27, 8	28	17	27
30–36	33, 0	39	33	38	32, 9	27	48	28
36–42	38, 5	45	21	39	38, 3	27	44	29
42–48	44, 2	41	42	41	44, 8	32	73	32
48–54	52, 5	41	14	46	51, 7	36	42	35
54–60	58, 1	47	13	51	57, 8	42	27	40
60–66	61, 7	53	8	55	61, 7	49	8	44
71–74	72, 0	85	11	78	72, 1	71	27	65
74–80	76, 8	105	15	104	76, 5	76	22	84
			161				317	

c) Die Instrumentalfehler: Kontaktbreite, toter Gang und Neigung.

Die beobachteten Durchgangszeiten U sind vom Einfluss der Kontaktbreite, des toten Ganges und der Neigung befreit worden. Im Gegensatz zum früher eingeschlagenen Weg wurde die vom Azimut herrührende Korrektur nicht angebracht. Das Instrumenten-Azimut ist gleichzeitig mit dem Abendwert der Uhrkorrektur durch Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate abgeleitet worden.

Die U waren dementsprechend mit den folgenden Korrekturen zu versehen:

$$\begin{aligned}
 &+ \frac{1}{2} (\text{Kontaktbreite} + \text{toter Gang}) \cdot \sec \delta \\
 &+ \text{Neigung der Horizontalachse mal } \cos(\varphi \mp \delta) \cdot \sec \delta \\
 &\mp 0,0213 \cdot \cos \varphi \cdot \sec \delta \mp \text{in } \left\{ \begin{array}{l} \text{oberer} \\ \text{unterer} \end{array} \right\} \text{ Kulmination.}
 \end{aligned}$$

Die dritte Korrektur rührt vom Einfluss der täglichen Aberration her. Bringt man sie an den beobachteten Uhrzeiten an, so bedürfen die Rektaszensionen keiner Verbesserung mehr. Das Einsetzen der Breiten der Beobachtungsstationen ergibt:

$$\begin{aligned}
 \text{Bern und Gurten:} & \mp 0,0144 \cdot \sec \delta, \\
 \text{Zürich:} & \mp 0,0142 \cdot \sec \delta.
 \end{aligned}$$

c. Kontaktbreite.

Die Kontaktbreite wurde auf gleiche Art bestimmt, wie in Band XXII auf Seite 18 beschrieben ist.

Während der Längendifferenz-Bestimmung Gurten—Bern befand sich der Dreikreisempfänger stets in Bern; auf der Station Gurten konnten deshalb keine Bestimmungen der Kontaktbreite vorgenommen werden. In Bern wurde sie von jedem Beobachter zweimal bestimmt. Anlässlich der Referenzbeobachtungen in Zürich führte Beobachter Hunziker ebenfalls je zwei Bestimmungen aus. Die gefundenen Werte sind:

Ort	D. I. 8804 Beob. Hunziker		Ort	D. I. 13999 Beob. Engi	
	1937			1937	
Zürich	Mai 24	0;105			
Zürich	Juni 7	,102			
Bern	Juni 11	,102	Bern	Juli 6	0;115
Bern	Juli 22	,106	Bern	Juli 20	,108
Zürich	Aug. 2	,101			
Zürich	Aug. 14	,102			

Die angegebenen Zahlen gingen als Mittelwerte aus den 10 für die einzelnen Kontakte gefundenen Beträgen hervor. Zur Reduktion der Zeitbestimmungen dienten die Gesamtmittel:

D. I. 8804, Beob. Hunziker, Kontaktbreite: 0;103,
D. I. 13999, Beob. Engi, Kontaktbreite: 0,111.

β. Toter Gang.

Der tote Gang der Schraube des unpersönlichen Mikrometers ist in drei verschiedenen Fernrohrstellungen untersucht worden: in der Zenitstellung und in den Zenitdistanzen + 45° und — 45°. Die in Zenitstellung gefundenen Werte wurden zur Reduktion der Zeitsterne verwendet; mit dem Mittel der in + 45° und — 45° Zenitdistanz gemessenen Beträgen wurden die Polsterne reduziert.

Die nachstehende Übersicht gibt die Werte der Einzelbestimmungen. Unter der Überschrift „Zenit“ stehen die Ergebnisse bei Zenitstellung des Fernrohres, unter „Pol“ die Mittel aus den beiden Fernrohrstellungen + 45° und — 45° Zenitdistanz.

D. I. 8804 Beobachter Hunziker				D. I. 13999 Beobachter Engi			
Ort	Datum	Zenit	Pol	Ort	Datum	Zenit	Pol
	1937				1937		
Zürich	Mai 24	— 0;002	— 0;002				
Zürich	Juni 7	— 6	0				
Bern	Juni 11	— 4	— 1	Gurten	Juni 14	— 0;017	— 0;024
Gurten	Juli 5	— 3	0	Bern	Juli 6	— 15	— 12
Gurten	Juli 20	— 2	+ 1	Bern	Juli 20	— 11	— 12
Bern	Juli 22	— 4	+ 1	Gurten	Juli 23	— 14	— 9
Zürich	Aug. 2	— 3	+ 1				
Zürich	Aug. 14	— 2	— 1				
	Mittel:	— 0;003	— 0;000		Mittel:	— 0;014	— 0;014

Wie ersichtlich, ist ein Mittelwert gleich Null; die übrigen sind negativ ausgefallen. Das Auftreten negativer Werte des „toten Ganges“ deckt sich mit früheren Ergebnissen. (Vergleiche Band XIV, Seiten 56—58 und Band XXI, Seiten 43—46). Auch die hier gefundenen negativen Beträge sind in die Rechnung eingeführt worden, als ob es sich ausschliesslich um einen toten Gang handeln würde.

γ. Neigung der Horizontalachse.

Die Teilwerte der beiden Achsenlibellen sind mittels des Libellenprüfers des Geodätischen Institutes der Eidgenössischen Technischen Hochschule bestimmt worden. Der Prüfer erlaubt eine Untersuchung der Libellen in der Gebrauchslage, das heisst, die Libellen können an einen Zylinder, dessen Durchmesser mit dem Zapfendurchmesser der Durchgangs-Instrumente übereinstimmt, angehängt werden.

Die nachstehende Zusammenstellung gibt die Zeit der Untersuchungen, die Temperaturen, die Blasenlängen und die gefundenen mittleren Teilwerte. Die Buchstaben *a* und *b* weisen darauf hin, welches der beiden in Band XXI, Seiten 51—53, erwähnten Verfahren angewendet worden ist. Die Libelle des D. I. 8804 ist nach Verfahren *a* untersucht worden, das heisst, die Blase wurde in Schritten von 4"—5" über die Teilung vorgetrieben und hernach in gleich grossen Schritten wieder zurück. Eine allfällig vorhandene Abhängigkeit des Teilwertes von der Teilungsstelle muss bei diesem Vorgehen zutage treten. Die untersuchte Libellenröhre liess keine solche Abhängigkeit erkennen.

Datum 1937	Temperatur	Blasenlänge	Mittlerer Teilwert	Verfahren
Libelle des D. I. 8804; Beobachter Hunziker				
Mai 26—27	+ 18,7	30,9 ^p	0,083	a
Mai 26—27	+ 17,1	40,4	0,086	a
August 16	+ 19,0	30,3	0,084	a
August 16	+ 19,0	39,7	0,084	a
Libelle des D. I. 13999; Beobachter Engi				
Mai 26	+ 17,0	27,6 ^p	0,076	b
Mai 26	+ 17,4	38,9	0,076	b
August 3	+ 18,1	40,5	0,075	b

Die in der zweitletzten Kolonne aufgeführten Teilwerte zeigen keine Abhängigkeit von der Blasenlänge.

Vor Beginn einer Zeitbestimmung ist jeweils eine möglichst kleine Neigung der Horizontalachse, sowie eine Blasenlänge von ungefähr 35^p hergestellt worden. Die Stellung der Libellenblase wurde vor und nach jedem Sterndurchgang einmal abgelesen.

Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass sich kein Einfluss der Nullpunktlage auf die Neigung nachweisen lässt. (Band XXI, Seite 57). Es ist deshalb keine besondere Aufmerksamkeit auf die Verteilung der beiden Stellungen der Libelle gegenüber dem Fernrohr angewendet worden; der Teilungsnullpunkt befand sich bei beiden Instrumenten stets auf der Okularseite der Horizontalachse.

Die beobachteten Neigungen i_0 sind nach dem in Band XXI auf den Seiten 61—65 dargelegten Verfahren geglättet worden.

An einer Anzahl von Abenden traten fortlaufende Änderungen der Neigungen auf. Vor der graphischen Auftragung der i , zwecks Glättung, ist die zur Zeit proportional verlaufende Neigungsänderung abgezogen worden; die aufgezeichneten Werte ergeben dann im grossen und ganzen parallel zur Abszissenachse verlaufende Linienzüge. Die fortlaufenden Änderungen sind in der nachstehenden Übersicht zusammengestellt; man ersieht daraus die Grössenordnung der stündlichen Änderungen, die identisch ist mit dem Faktor hinter der Klammer. An den Abenden ohne Angaben machten sich keine wesentlichen Änderungen geltend. Ferner zeigt die Übersicht, dass ausschliesslich bei Verwendung des Holzpfeylers fortlaufende Änderungen aufgetreten sind. Im Durchschnitt betragen sie stündlich 0^s120 auf Station Zürich und 0^s135 auf Station Gurten, beides für D. I. 8804. Die entsprechende Zahl von D. I. 13999 auf Station Gurten beläuft sich auf 0^s115 . Die Durchschnittswerte sind also nicht stark voneinander verschieden; sowohl auf den einzelnen Stationen, als auch bei den zwei Instrumenten, liegen sie zwischen ein und anderthalb Zehntel Zeitsekunden. Bemerkenswert ist, daß es sich mit einer einzigen Ausnahme stets um eine Senkung des Westendes handelt.

Datum 1937	D. I. 8804 Beobachter Hunziker	D. I. 13999 Beobachter Engi
	Zürich, Holzpfeyler	
Mai 25	— (t-13 ^b 00).0 ^s 280	
27	— (t-13, 00).0, 035	
28	— (t-13, 00).0, 115	
Juni 3	— (t-13, 00).0, 050	
4	— (t-13, 00).0, 130	
	Be. n, Steinpfeyler	Gur. en, Holzpfeyler
Juni 22	—	— (t-14 ^b 90).0 ^s 065
Juli 3	—	+ (t-15, 50).0, 040
4	—	— (t-16, 20).0, 065
	Gurten, Holzpfeyler	Bern, Steinpfeyler
Juli 6	—	—
8	—	—
9	— (t-16 ^b 00).0 ^s 125	—
14	— (t-16, 00).0, 700	—
18	— (t-16, 00).0, 200	—
19	— (t-16, 00).0, 140	—
	Bern, Steinpfeyler	Gurten, Holzpfeyler
Juli 21	—	— (t-16 ^b 40).0 ^s 170
23	—	— (t-16, 50).0, 230
26	—	— (t-18, 00).0, 120
	Zürich, Steinpfeyler	
Aug. 4	—	
5	—	
6	—	
10	—	
11	—	

Aus den Unterschieden zwischen den geglätteten und den beobachteten Neigungen ergeben sich die nachstehenden quadratischen Mittelwerte m_i .

Zeitdauer 1937	D. I. 8804, Beob. Hunziker				D. I. 13999, Beob. Engi			
	Station	Pfeiler	Durchschnittliches m_i	n	Station	Pfeiler	Durchschnittliches m_i	n
Mai 25 — Juni 4	Zürich	Holz	$\pm 0,007_5$	5				
Juni 22 — Juli 4	Bern	Stein	,005	3	Gurten	Holz	$\pm 0,009$	3
Juli 6 — Juli 19	Gurten	Holz	,009	6	Bern	Stein	,009	6
Juli 21 — Juli 26	Bern	Stein	,007	3	Gurten	Holz	,007	3
Aug. 4 — Aug. 11	Zürich	Stein	,008	5				

Mit n ist die Anzahl der Beobachtungsabende bezeichnet. Ziehen wir alle m_i zusammen, die aus Messungen auf dem Steinpfeiler hervorgegangen sind und ebenso die m_i , die zu den Messungen auf dem Holzpfeiler gehören, so gehen die folgenden Durchschnittswerte hervor:

Instrumenten- Standort	D. I. 8804		D. I. 13999	
	Beob. Hunziker	n	Beob. Engi	n
Steinpfeiler	$\pm 0,009$	11	$\pm 0,007$	6
Holzpfeiler	,008 ₅	11	,008	6

Die Neigungen der Horizontalachse sind also von beiden Beobachtern auf den gut fundierten Steinpfeilern und auf dem Holzpfeiler praktisch gleich genau erhalten worden. Dies spricht sehr für die Tauglichkeit des verwendeten Holzpfeilers.

d) Uhrgänge.

Die beobachteten Durchgangszeiten U sind wegen Ganges der Beobachtungsuhr korrigiert worden. Die U wurden dadurch auf die mittlere Epoche der gemeinsam beobachteten Zeitsterne reduziert. Die Epochen der beiden Stationen fallen praktisch zusammen, da die Längendifferenz nur rund eine Sekunde beträgt.

Aus den täglichen Aufnahmen der rhythmischen Zeitzeichen von Rugby (GBR) um 11^h M.E.Z. und den Angaben „Heures définitives du Bureau international de l'heure“ sind die abendlichen stündlichen Gänge der Beobachtungsuhr Riefler Nr. 327 abgeleitet worden. Der Deck-Chronometer, der auf Station Gurten als Beobachtungsuhr diente, wurde an jedem Beobachtungsabend vor Beginn und nach Beendigung der Zeitbestimmungen mit der Pendeluhr verglichen (siehe Abschnitt 4). Die beiden Uhrdifferenzen ergeben den Relativgang des Chronometers gegenüber dem Pendel, woraus mit Berücksichtigung des Ganges der Pendeluhr der abendliche Gang des Chronometers hervorgeht.

In der nachstehenden Übersicht sind die stündlichen Gänge der Pendeluhr Riefler Nr. 327 aufgeführt. Am 25. Mai und am 3. Juli sind ausnahmsweise nicht die Sendungen von 11^h, sondern die von 19^h benutzt worden.

Datum 1937	Stündl. Gang v. Riefler No. 327	Datum 1937	Stündl. Gang v. Riefler No. 327	Datum 1937	Stündl. Gang v. Riefler No. 327
Zürich		Bern		Bern	
Mai 25	- 0,013	Juli 4	+ 0,006	Juli 22	+ 0,004
26	- 12	5	+ 4	23	+ 4
27	- 11	6	+ 4	24	
28	- 11	7	+ 4	Juli 26	+ 0,005
29		8	+ 5	27	
Juni 3	- 0,011	9	+ 4		
4	- 11	10		Zürich	
5		Juli 14	+ 0,003	Aug. 4	- 0,003
Bern		15		5	- 3
Juni 22	+ 0,001	Juli 18	+ 0,005	6	- 3
23		19	+ 3	7	
Juli 3	+ 0,005	20	+ 5	Aug. 10	- 0,003
4		21	+ 4	11	- 5
		22		12	

Weiter folgt eine kleine Zusammenstellung der stündlichen Gänge des Deckchronometers Nr. 15282 an den Beobachtungsabenden.

Datum 1937	Stündl. Gang v. Nardin 15282	Datum 1937	Stündl. Gang v. Nardin 15282	Datum 1937	Stündl. Gang v. Nardin 15282
Bern		Bern		Bern	
Juni 22	- 0,147	Juli 8	- 0,101	Juli 19	- 0,082
Juli 3	- 86	9	- 49	21	- 43
4	- 80	14	- 64	23	- 13
6	- 129	18	- 38	26	- 65

e) Uhrkorrekturen und Azimute.

An die beobachteten Durchgangszeiten U wurden die im Abschnitt c, Seite 57 aufgeführten Korrekturen angebracht. Ferner sind die U auf die mittlere Epoche der Zeitbestimmungen reduziert worden. Die Differenzen zwischen den Rektaszensionen α und den so erhaltenen Durchgangszeiten U' bezeichnen wir mit $\Delta U'$.

Die Abendwerte der Uhrkorrektur ΔU und des Instrumenten-Azimuthes k sind mittels Ausgleichung der $\Delta U' = \alpha - U'$ abgeleitet worden.

Jeder Sterndurchgang liefert eine Gleichung von der Form:

$$\Delta U + K \cdot k = \Delta U'$$

wenn der Azimutkoeffizient der Mayer'schen Formel mit K bezeichnet wird.

Wir setzen

$$\Delta U = \Delta U_0 + d\Delta U$$

wo der Näherungswert ΔU_0 gleich

$$\Delta U_0 = \frac{\sum \Delta U'}{n}$$

und n gleich der Anzahl der beobachteten Durchgänge. Führen wir noch die Verbesserung v ein, so geht aus jedem Durchgang eine Gleichung hervor von der Form:

$$v = d\Delta U + K \cdot k + \Delta U_0 - \Delta U'$$

oder, wenn wir zur Vereinfachung noch schreiben:

$$\Delta U_0 - \Delta U' = l$$

$$v = d\Delta U + K \cdot k + l.$$

Das Gewicht p einer solchen Gleichung setzen wir an zu

$$p = \cos^2 \delta$$

In den Tabellen 1 und 2 findet man die Abendwerte der ΔU_0 , der ΔU und der k , sowie die mittleren Fehler der ΔU und der k zusammengestellt.

Tabelle 1.

Datum 1937	Station Gurten			Station Bern		
	ΔU_0	ΔU	k	ΔU_0	ΔU	k
	Beob. Engi; D. I. 13999			Beob. Hunziker; D. I. 8804		
Juni 22	+ 19,390	+ 19,273 ± 0,010	+ 0,463 ± 0,025	- 5,539	- 5,399 ± 0,012	- 0,519 ± 0,025
Juli 3	- 16,035	- 15,993 ,013	- 0,102 ,025	- 4,658	- 4,695 ,006	+ 0,091 ,012
Juli 4	- 17,778	- 17,878 ,010	- 0,784 ,041	- 4,555	- 4,562 ,008	+ 0,159 ,036
	Beob. Hunziker; D. I. 8804			Beob. Engi; D. I. 13999		
Juli 6	- 22,255	- 22,005 ± 0,007	- 0,613 ± 0,015	- 4,686	- 4,357 ± 0,015	- 0,780 ± 0,034
Juli 8	- 27,098	- 26,996 ,005	- 0,612 ,012	- 4,211	- 4,082 ,010	- 0,853 ,023
Juli 9	- 28,357	- 28,351 ,010	+ 0,112 ,023	- 4,112	- 3,964 ,010	- 0,935 ,023
Juli 14	- 39,259	- 39,133 ,008	- 0,576 ,018	- 3,693	- 3,494 ,007	- 0,998 ,015
Juli 18	- 44,363	- 44,335 ,007	- 0,111 ,016	- 3,289	- 3,111 ,012	- 1,010 ,028
Juli 19	- 45,801	- 45,554 ,009	- 0,419 ,017	- 3,568	- 2,999 ,012	- 0,988 ,021
	Beob. Engi; D. I. 13999			Beob. Hunziker; D. I. 8804		
Juli 21	- 48,239	- 48,173 ± 0,020	- 0,382 ± 0,041	- 2,794	- 2,765 ± 0,009	- 0,048 ± 0,019
Juli 23	- 50,595	- 50,584 ,015	- 0,035 ,025	- 2,595	- 2,572 ,010	- 0,055 ,017
Juli 26	- 53,745	- 53,912 ,017	+ 0,238 ,036	- 2,383	- 2,302 ,010	- 0,154 ,018

Tabelle 2.

Datum 1937	Station Zürich			Datum 1937	Station Zürich		
	ΔU_0	ΔU	k		ΔU_0	ΔU	k
	Beob. Hunziker; D. I. 8804			Beob. Hunziker; D. I. 8804			
Mai 25	+ 15,615	+ 15,578 ± 0,008	+ 0,131 ± 0,017	Aug. 4	- 5,253	- 5,279 ± 0,012	+ 0,213 ± 0,024
Mai 27	+ 15,105	+ 15,016 ,013	+ 0,912 ,030	Aug. 5	- 5,360	- 5,359 ,009	+ 0,040 ,024
Mai 28	+ 14,748	+ 14,756 ,007	- 0,085 ,016	Aug. 6	- 5,452	- 5,467 ,010	+ 0,044 ,021
Juni 3	+ 13,107	+ 13,091 ,007	+ 0,088 ,015	Aug. 10	- 5,765	- 5,737 ,014	+ 0,092 ,039
Juni 4	+ 12,842	+ 12,815 ,017	+ 0,036 ,031	Aug. 11	- 5,800	- 5,828 ,013	+ 0,115 ,027

Wir betrachten noch die mittleren Fehler der Abendwerte der Uhrkorrektion. Die durchschnittlichen Beträge sind nachstehend für die verschiedenen Orte und Aufstellungsarten des Instrumentes aufgeführt. Die n geben an, wie viele Sterndurchgänge durchschnittlich an einem Abend beobachtet wurden.

Ort	Pfeiler	Beob. Hunziker, D. I. 8804		Beob. Engi, D. I. 13999	
		$m_{\Delta v}$	"	$m_{\Delta v}$	"
Zürich	Holz	$\pm 0^s012$	13,8	—	—
Gurten	Holz	8	13,2	$\pm 0^s014$	12,2
Bern	Stein	9	12,2	11	13,2
Zürich	Stein	12	14,2	—	—
	Mittel	$\pm 0^s010$	13,3	$\pm 0^s012$	12,8

Die Uhrkorrekturen weisen auf den verschiedenen Stationen keine wesentlichen Genauigkeitsunterschiede auf. Die $m_{\Delta v}$ des Beobachters Hunziker mit D. I. 8804 fallen auf der Referenzstation um einige Einheiten grösser aus, als auf den Stationen Gurten und Bern; hingegen zeigt sich kein Genauigkeitsunterschied zwischen den Beobachtungen auf Steinpfeiler oder Holzpfeiler. Die von Beobachter Engi mit D. I. 13999 in Bern ausgeführten Messungen ergeben einen um 3 Tausendstel kleineren Wert, als das entsprechende durchschnittliche $m_{\Delta v}$ von Gurten, wo das Instrument auf dem Holzpfeiler aufgestellt war.

Die entsprechende Mittelbildung der mittleren Fehler der Azimut-Abendwerte liefert die folgenden Beträge:

Ort	Pfeiler	m_k	
		Beob. Hunziker D. I. 8804	Beob. Engi D. I. 13999
Zürich	Holz	$\pm 0^s022$	—
Gurten	Holz	17	$\pm 0^s032$
Bern	Stein	21	24
Zürich	Stein	27	—
	Mittel	$\pm 0^s022$	$\pm 0^s028$

Auch aus diesen Zahlen geht hervor, dass sich der Holzpfeiler wiederum gut bewährt hat.

6. Ableitung der Längendifferenz.

a) Die Uhrdifferenzen.

Eine eingehende Beschreibung der Uhrvergleichen findet man in Abschnitt 4. Dort ist auch dargelegt, daß für jede der beiden Beobachtungsuhrn aus 40 registrierten Sekundenzeichen die Uhrzeit zur gewählten Epoche bestimmt wurde. Die mittleren Fehler dieser Epochenwerte betragen durchschnittlich:

Pendeluhr Riefler Nr. 327, mittlerer Fehler eines Epochenwertes $\pm 0^s0026$,

Chronometer Nardin Nr. 15282, mittlerer Fehler eines Epochenwertes $\pm 0^s0014$.

Der beträchtliche Unterschied zwischen den beiden mittleren Fehlern weist auf eine wesentliche Verschiedenheit der Genauigkeit der Kontaktvorrichtungen hin. Die Riefleruhr registriert die Sekundenzeichen mittels eines kurz unterbrechenden Zahnrades; im Nardin'schen Deckchronometer bewirken 6 sternförmig angeordnete Lamellen die Sekundenzeichen.

Als mittlerer Fehler eines abgelesenen Sekundenzeichens geht hervor:

Riefler Nr. 327: $\pm 0^s0162$,

Nardin Nr. 15282: $\pm 0^s0086$.

Darin ist ausser dem Einfluss des Registrierfehlers auch der Ablesefehler enthalten. Früher vorgenommene oszillographische Untersuchungen haben gezeigt, daß der Fehler der Kontaktvorrichtung eines Nardin'schen Deckchronometers kleiner als 0^s001 bleibt. Der oben angeführte Wert für Nardin Nr. 15282 rührt also fast ausschliesslich vom Ablesefehler her, den wir zu $\pm 0^s008$ ansetzen. Dann bleibt als mittlerer Fehler eines Kontaktes der Riefleruhr Nr. 327: $\pm 0^s013$.

Aus den beiden Uhrdifferenzen eines Abends und dem daraus abgeleiteten Relativgang der beiden Uhren ist die Uhrdifferenz zur Zeit der mittleren Epoche der Zeitbestimmung gerechnet worden; wir bezeichnen sie als Abendwert der Uhrdifferenz. Im Durchschnitt beträgt der mittlere Fehler eines Abendwertes der Uhrdifferenz $\pm 0^s003$.

Folgende Zusammenstellung gibt die Epochen und die beiden Uhrdifferenzen jedes Beobachtungsabends. Ferner enthält sie in den beiden letzten Kolonnen die mittlere Epoche der Zeitbestimmung und den Abendwert der Uhrdifferenz; diese ist im Sinne Uhrzeit der Oststation (Deckchronometer Nardin Nr. 15232) minus Uhrzeit der Weststation (Pendeluhr Riefler Nr. 327) gebildet.

Datum 1937	I. Uhrvergleichung		II. Uhrvergleichung		Epoche der Zeit- bestimmung	Abendwert der Uhrdifferenz
	Epoche	Uhrdifferenz	Epoche	Uhrdifferenz		
Juni 22	14,59	- 23,777	17,10	- 23,405	15,79	- 23,599
Juli 3	15,32	+ 12,253	17,82	+ 12,482	16,48	+ 12,359
4	15,38	+ 14,271	17,89	+ 14,488	16,91	+ 14,403
6	15,51	+ 18,633	18,02	+ 18,964	17,05	+ 18,836
8	15,64	+ 23,946	18,15	+ 24,212	16,65	+ 24,053
9	15,71	+ 25,495	18,22	+ 25,627	16,77	+ 25,551
14	16,04	+ 36,682	18,55	+ 36,851	17,30	+ 36,767
18	15,86	+ 42,347	18,81	+ 42,473	17,16	+ 42,403
19	16,88	+ 43,635	18,87	+ 43,805	17,44	+ 43,683
21	16,33	+ 46,399	19,01	+ 46,526	17,50	+ 46,454
23	16,16	+ 49,047	19,14	+ 49,098	17,72	+ 49,074
26	16,28	+ 52,529	19,33	+ 52,744	17,56	+ 52,619

b) Die Abendwerte der Längendifferenz.

In Tabelle 3 findet man die Abendwerte der Längendifferenz und deren Endwert aus den Ergebnissen der Uhrvergleichen und der Zeitbestimmungen abgeleitet. Die in der sechsten Kolonne gegebenen Gewichte p eines Abendwertes sind nach dem einfachen Ausdruck $p = a : n$ gerechnet, wo a die Anzahl der auf den beiden Stationen beobachteten Zeitsterne bedeutet.

Übereinstimmend mit früheren Bestimmungen setzen wir n gleich 18, obwohl mit Absicht an einem Abend nie mehr als 12 Zeitsterne beobachtet wurden. Der Grund zu dieser Beschränkung liegt darin, daß der Fehler eines Abendwertes nicht nur von der Anzahl der beobachteten Sterne abhängt. Auch andere Ursachen, wie Refraktionsanomalien, Güte der Fernrohrbilder und Einflüsse unbekannter Art können in hohem Maße die Genauigkeit eines Abendwertes bestimmen.

Tabelle 3.

Datum 1937	Beob. Differenz der Uhr- stände	Uhrkorrektion		Anzahl der beob. Zeit- sterne	Abend- gewicht p	Beob. Längendifferenz		Verbesse- rung e
		Gurten	Bern			behaftet mit persönl. u. instrument. Gleichung	befreit von	
I		Engi D. I. 13999	Hunziker D. I. 8804					
Juni 22	- 23,599	+ 19,273	- 5,399	11	0,61	+ 1,073	+ 1,123	- 0,019
Juli 3	+ 12,359	- 15,993	- 4,695	12	0,67	,061	,111	- 7
4	+ 14,403	- 17,878	- 4,562	8	0,44	,087	,137	- 33
II		Hunziker D. I. 8804	Engi D. I. 13999					
Juli 6	+ 18,836	- 22,005	- 4,357	9	0,50	+ 1,188	,138	- 34
8	+ 24,053	- 26,996	- 4,082	12	0,67	,139	,089	+ 15
9	+ 25,551	- 28,351	- 3,964	12	0,67	,164	,114	- 10
14	+ 36,767	- 39,133	- 3,494	12	0,67	,128	,078	+ 26
18	+ 42,403	- 44,335	- 3,111	12	0,67	,179	,129	- 25
19	+ 43,683	- 45,554	- 2,999	10	0,56	,128	,078	+ 26
III		Engi D. I. 13999	Hunziker D. I. 8804					
Juli 21	+ 46,454	- 48,173	- 2,765	9	0,50	+ 1,046	,096	+ 8
23	+ 49,074	- 50,584	- 2,572	10	0,56	,062	,112	- 8
26	+ 52,619	- 53,912	- 2,302	12	0,67	,009	,059	+ 45
		Mittel	I und III		3,45	+ 1,054		
		Mittel	II		3,74	+ 1,154		
		Gesamtmittel			7,19		+ 1,104	

Es ist darauf verzichtet worden, das Gewicht p von diesen schwer erfassbaren Einflüssen abhängen zu lassen.

Die 6 Abendwerte der einzelnen Beobachter- und Instrumenten-Verteilungen sind zu Gewichtsmitteln vereinigt worden; in der Tabelle sind sie mit „Mittel I und III“ und „Mittel II“ bezeichnet. Die halbe Differenz dieser Beträge stellt die „persönliche und instrumentelle Gleichung“ dar. Sie beträgt:

0,050

in dem Sinne, dass Beobachter Engi mit D. I. 13999 um diesen Betrag später beobachtet als Beobachter Hunziker mit D. I. 8804.

Die persönliche und instrumentelle Gleichung wird an den Abendwerten angebracht; es ergeben sich dann die in der zweitletzten Kolonne stehenden Beträge. In der letzten Kolonne stehen die Verbesserungen v .

Bezeichnet man mit m die Gesamtzahl der Abende in beiden Beobachter- und Instrumenten-Verteilungen, so ist der mittlere Fehler eines Abendwertes vom Gewicht 1 gleich:

$$\pm \sqrt{\frac{[pvv]}{m-2}},$$

wobei die eckige Klammer als Summenzeichen verwendet wird. Weiter sind dann der mittlere Fehler des Gesamtmittels vom Gewicht $P = [p]$, sowie der mittlere Fehler der persönlichen und instrumentellen Gleichung, gegeben durch den Ausdruck

$$\pm \sqrt{\frac{[pvv]}{[p] \cdot (m-2)}}.$$

Der mittlere Fehler der Gewichtseinheit beträgt:

$$\text{Längendifferenz Gurten—Bern } \pm 0^{\circ}021.$$

Als mittleren Fehler der Längendifferenz Gurten—Bern und der persönlichen und instrumentellen Gleichung erhalten wir:

$$\pm 0^{\circ}007_6.$$

In der Einleitung wurde gesagt, dass erfahrungsgemäss Längenunterschiede zwischen benachbarten Stationen im Durchschnitt eine grössere Genauigkeit aufweisen als Längenunterschiede zwischen weit voneinander entfernten Punkten. Die Erwartung, dass dies auch beim Längenunterschied Gurten—Bern eintreffen werde, hat sich nicht erfüllt, obwohl hier noch weitere genauigkeitssteigernde Umstände vorhanden waren. Als solche müssen die Beschränkung auf Sterndurchgänge, die auf beiden Stationen beobachtet wurden, sowie die günstigen Bedingungen bei den Uhrvergleichen angesprochen werden. Offenbar haben andere, unbekannte Fehlereinflüsse diese Vorteile nicht zur Geltung kommen lassen.

Es bleiben noch die Korrekturen wegen der Zentrierung der Beobachtungspfeiler auf den Triangulationspunkt erster Ordnung, „Gurten Ost (B)“, und auf den Koordinaten-Nullpunkt, alte Sternwarte in Bern, an die beobachtete Längendifferenz anzubringen.

Die Lage der Beobachtungspfeiler ist in Abschnitt 2, Stationen, angegeben. Wir haben:

Beobachtete Längendifferenz Beob.-Pfeiler Gurten östlich Beob.-Pfeiler Bern	+ 1;104
Triangulations-Punkt Gurten Ost (B) östlich Beob. Pfeiler	+ 0;043
Beob.-Pfeiler Bern östlich Koordinaten-Nullpunkt	+ 0;062
Triangulations-Punkt 1. Ordnung Gurten Ost (B) östl. Koordinaten-Nullpunkt Bern	+ 1;209

7. Einbeobachter-Längendifferenz Zürich—Bern.

Alle bis anhin von der Schweizerischen geodätischen Kommission vorgenommenen Längendifferenz-Bestimmungen sind von zwei Beobachtern mit Beobachter- und Instrumentenwechsel durchgeführt worden. Im Gegensatz dazu bezeichnen wir die mittels der Zeitbestimmung nur eines Beobachters und der Verwendung rhythmischer Zeitzeichen abgeleitete Längendifferenz mit „Einbeobachter-Längendifferenz“.

An den Abenden, an denen Beobachter Hunziker auf der Station Gurten Zeitbestimmungen ausführte, hat Beobachter Engi in Bern die rhythmischen Zeitzeichen aufgenommen. Könnte man voraussetzen, dass beim Abhören der rhythmischen Zeitzeichen nach der Methode der Koinzidenzenbilder keine persönliche Gleichung auftritt, so liesse sich auch die Längendifferenz Zürich—Gurten als „Einbeobachter-Längendifferenz“ ableiten. Früher vorgenommene Untersuchungen haben folgendes gezeigt:

Im Herbst 1932 ist in den Ergebnissen der beiden Beobachter Engi und Hunziker eine persönliche Gleichung von $0^{\circ}006$ bis $0^{\circ}008$ aufgetreten. Weitere, in den Jahren 1933 und 1934 ausgeführte Reihen ergeben nur eine teilweise angedeutete, aber nicht verbürgte persönliche Gleichung. Nun war allerdings in jenen Jahren die verbesserte Schaltung, womit das während der Koinzidenzaufnahmen auftretende störende Nebengeräusch der Uhr nahezu zum Verschwinden gebracht werden kann, noch nicht angewendet worden. Weil jedoch im Jahre 1937 gar keine Bestimmungen vorliegen, mittels derer sich das Auftreten einer persönlichen Gleichung nachweisen und kontrollieren liesse, verzichten wir darauf, die Längendifferenz Zürich—Gurten auch als „Einbeobachter-Längendifferenz“ abzuleiten.

Die Messungen der einzelnen Beobachtungsabende in Bern und in Zürich sind folgendermassen ausgewertet worden:

Vorerst Berechnung der Grössen T jedes Beobachtungsabends. Mit T bezeichnen wir die Sternzeit Greenwich des Zeichens Nr. 153,5 einer Signalreihe, abgeleitet mit Hilfe der definitiven, im Bulletin Horaire veröffentlichten Korrekturen. An die beobachtete Uhrkorrektur eines Abends sind die Korrekturen wegen des Uhranges angebracht worden, um die Uhrkorrekturen ΔU zu den Epochen der beiden Zeitzeichen-Sendungen zu erhalten. Dann findet man die beiden beobachteten Abendwerte λ' der Länge mittels des Ausdruckes:

$$\lambda' = U + \Delta U - T + \Delta l,$$

wenn U die Uhrzeit des Zeitzeichens Nr. 153,5 und Δl die Reduktion der Länge auf den mittleren Pol bedeuten. Reduzieren wir die beobachteten λ' noch auf das Zentrum, so erhalten wir die Länge λ des Koordinaten-Nullpunktes in Bern und des Meridiankreises Kern der Eidgenössischen Sternwarte in Zürich; diese Korrektur bezeichnen wir mit e .

Also:

$$\lambda = U + \Delta U - T + \Delta l + e.$$

Aus dem Mittelwert der an jedem Beobachtungsabend erhaltenen zwei λ gehen die Abendwerte λ_a hervor.

Es wurde darauf verzichtet, mit Hilfe der Anzahl n der an einem Abend beobachteten Sterndurchgänge verschiedene Gewichte der einzelnen λ und λ_A zu bilden. Die Gründe, die dazu geführt haben, sind die folgenden: Erstens schwankt n nur zwischen 10 und 13 (Mittel 11,7), so dass kein wesentlicher Genauigkeitsunterschied zwischen den einzelnen ΔU auftreten würde. Zweitens ist die Genauigkeit der U und T vollständig unabhängig von n ; ebenfalls allfällig vorhandene Fehler systematischer Art.

Das Gesamtmittel der in Bern gefundenen Längen bezeichnen wir mit λ_{Bern} und das entsprechende Mittel der Referenzstation mit $\lambda_{\text{Zürich}}$. Dann ergibt die Differenz $\lambda_{\text{Zürich}} - \lambda_{\text{Bern}}$ die gesuchte Einbeobachter-Längendifferenz Zürich—Bern.

Die Längen λ und ihre Abendwerte λ_A sind in den Tabellen 4 und 5 nachgewiesen. Zu den einzelnen Kolonnen ist folgendes zu bemerken:

Die Epochen des mittleren rhythmischen Zeitzeichens (Zeichen Nr. 153,5) sind in Stunden Sternzeit der Beobachtungsstation angegeben.

Die Zeichen der aufgeführten Sender fallen auf die mitteleuropäischen Zeiten:

Sender GBR, Rugby,	19 ^h	MEZ
„ FYL, Bordeaux,	21 ^h	MEZ
„ FLE, Paris,	23 ^h 30 ^m	MEZ

Tabelle 4.

Datum 1937	Epoche in St.Z.	Sender	U	ΔU	T	Δt	e	λ	v	λ_A	v_A
Bern, Beob. Hunziker, D. I. 8804											
Juni 22	14 ^h 59	FYL	14 ^h 35 ^m 40 ^s 396	-5;408	14 ^h 05 ^m 49 ^s 483	-0;001	-0;062	29 ^m 45;442	+0;017	29 ^m 45;442	+0;017
	17, 10	FLE	17 06 5,070	,406	16 36 14,158	,001	,062	443	+ ,016		
Juli 3	15, 32	FYL	15 19 1,882	-4,703	14 49 11,654	-0,001	-0,062	45,462	-0,003	45,464	-0,005
	17, 82	FLE	17 49 26,537	,690	17 19 36,319	,001	,062	,465	- ,006		
Juli 4	15, 38	FYL	15 22 58,327	-4,570	14 53 8,230	-0,001	-0,062	45,464	-0,005	45,470	-0,011
	17, 89	FLE	17 53 22,985	,555	17 23 32,891	,001	,062	,476	- ,017		
								Mittel:		29 ^m 45;459	
Juli 21	14 ^h 39	GBR	14 ^h 23 ^m 37;352	-2;771	13 ^h 53 ^m 49;025	-0,001	-0,062	29 ^m 45;493	+0;004	29 ^m 45;489	+0;008
	19, 01	FLE	19 00 22,643	,753	18 30 34,342	,001	,062	,485	+ ,012		
Juli 23	14, 52	GBR	14 31 30,275	-2;584	14 01 42,145	0,000	-0,062	45,484	+0,013	45,488	+0,009
	19, 14	FLE	19 08 15,585	,565	18 38 27,465	,000	,062	,493	+ ,004		
Juli 26	14, 72	GBR	14 43 19,708	-2,314	14 13 31,826	0,000	-0,062	45,506	-0,009	45,514	-0,017
	19, 33	FLE	19 20 4,967	,291	18 50 17,092	,000	,062	522	- ,025		
								Mittel:		29 ^m 45;497	
								λ Bern (Gesamt-Mittel):		29 ^m 45;478	

Tabelle 5.

Datum 1937	Epoche in St Z.	Sen- der	<i>U</i>	<i>ΔU</i>	<i>T</i>	<i>Δl</i>	<i>e</i>	<i>λ</i>	<i>v</i>	<i>λ_A</i>	<i>v_A</i>
Zürich, Beob. Hunziker, D. I. 8804.											
Mai 25	12 ^h 83 15,33	FYL	12 ^h 49 ^m 22;613	+15;594	12 ^h 15 ^m 25;921	-0;002	-0;040	34 ^m 12;244	+0;022	34 ^m 12;254	+0;011
		FLE	15 19 47,314	,561	14 45 50,570	,002	,040	,263	+ ,003		
Mai 27	12,96 15,47	FYL	12 57 16,321	+15,033	12 23 19,041	-0,002	-0,040	12,271	-0,005	12,283	-0,018
		FLE	15 27 41,008	,005	14 53 43,676	,002	,040	,295	- ,029		
Mai 28	13,02 15,53	FYL	13 01 13,151	+14,771	12 27 15,606	-0,002	-0,040	12,274	-0,008	12,276	-0,011
		FLE	15 31 37,826	,744	14 57 40,250	,002	,040	,278	- ,012		
Juni 3	13,42 15,93	FYL	13 24 54,112	+13,106	12 50 54,916	-0,002	-0,040	12,260	+0,006	12,258	+0,007
		FLE	15 55 18,795	,078	15 21 19,574	,002	,040	,257	+ ,009		
Juni 4	13,48 15,99	FYL	13 28 50,934	+12,829	12 54 51,470	-0,002	-0,040	12,251	+0,015	12,256	+0,009
		FLE	15 59 15,626	,801	15 25 16,123	,002	,040	,262	+ ,004		
								Mittel:		34 ^m 12;265	
Aug. 4	15 ^h 39 20,00	GBR	15 ^h 23 ^m 18;375	- 5;269	14 ^h 49 ^m 0,771	0;000	-0;054	34 ^m 12;281	-0;010	34 ^m 12;282	-0;011
		FLE	20 00 3,762	,283	19 25 46,142	,000	,054	,283	- ,012		
Aug. 5	15,45 20,07	GBR	15 27 15,029	- 5,350	14 52 57,344	0,000	-0,054	12,281	-0,010	12,280	-0,009
		FLE	20 4 0,384	,364	19 29 42,686	,000	,054	,280	- ,009		
Aug. 6	15,52 20,13	GBR	15 31 11,648	- 5,458	14 56 53,892	0,000	-0,054	12,244	+0,027	12,248	+0,023
		FLE	20 7 57,021	,472	19 33 39,244	,000	,054	,251	+ ,020		
Aug. 10	15,78 20,39	GBR	15 46 58,161	- 5,727	15 12 40,118	0,000	-0,054	12,262	+0,009	12,260	+0,011
		FLE	20 23 43,477	,741	19 49 25,424	,000	,054	,258	+ ,013		
Aug. 11	15,85 20,46	GBR	15 50 54,831	- 5,814	15 16 36,682	0,000	-0,054	12,281	-0,010	12,283	-0,012
		FLE	20 27 40,140	,837	19 53 21,964	,000	,054	,285	- ,014		
								Mittel:		34 ^m 12;271	
								<i>λ</i> Zürich (Gesamt-Mittel):		34 ^m 12;268	

Die Uhrzeiten *U* der Beobachtungsurh zur Epoche des mittleren rhythmischen Zeitzeichens Nr. 153,5 sind mittels des in Abschnitt 4, Aufnahme der Zeitzeichen und Uhrvergleichen, angegebenen Vorgehens bestimmt worden.

Ort	Datum 1937	Epoche	Uhrkorrektion <i>ΔU</i>	
Bern	Juni 22	15 ^h 79	- 5;407	± 0;011
	Juli 3	16,48	- 4,697	,006
	4	16,91	- 4,561	,013
	Juli 21	17,50	- 2,759	± 0,008
	23	17,72	- 2,571	,010
	26	17,56	- 2,300	,009

Die Uhrkorrekturen *ΔU* der Station Bern wurden aus allen beobachteten Sterndurchgängen gerechnet, und nicht wie bei der Ableitung der Längendifferenz Gurten—Bern

nur aus den gemeinsam beobachteten. Die kleine Übersicht auf Seite 70 gibt die mittlere Epoche der Zeitbestimmungen und die benutzten Abendwerte der Uhrkorrektion.

Die Grössen T , die Sternzeit Greenwich des Zeichens Nr. 153,5, sind aus einfacher Summenbildung hervorgegangen: Zu der seit 0 Uhr Weltzeit verflossenen Sternzeit wurde die definitive, dem Bulletin Horaire entnommene Korrektur der Sendezeit und die Sternzeit Greenwich um 0 Uhr Weltzeit zugefügt.

Die seit 0 Uhr Weltzeit bis zur Epoche des Zeitzeichens 153,5 vergangenen Sternzeiten sind:

GBR, Rugby,	18 ^h 00 ^m 27 ^s .006
FYL, Bordeaux,	20 06 47,704
FLE, Paris,	22 37 12,346

Die Reduktionen Δl der beobachteten Länge auf den mittleren Pol sind mit Hilfe der im Bulletin Horaire veröffentlichten Angaben berechnet. Ihre Bestimmung ist in Band XXII, auf Seite 30 näher beschrieben.

Die Reduktionen e auf das Zentrum sind dem Abschnitt 2, Stationen, entnommen.

Die Beobachtungen in Bern zerfallen in 2 Gruppen; die erste umfasst die Zeit vom 22. Juni bis 4. Juli, die zweite die Tage vom 21. bis 26. Juli. Die beiden Gruppen liegen also verhältnismässig nahe beieinander. Trotzdem ergeben die beiden Mittelwerte der λ und λ_1 , — im folgenden kurz mit Mittel Gruppe I und Mittel Gruppe II bezeichnet, — eine Differenz von $0^s039 \pm 0^s012$.

Die entsprechenden Mittelwerte der ersten Bestimmung in Zürich im Mai—Juni und der zweiten Bestimmung im August weisen nur einen Unterschied von $0^s005 \pm 0^s009$ auf.

Die Gesamtmittel der beiden Gruppen und der beiden Bestimmungen stellen die gesuchten Längen λ_{Bern} und $\lambda_{\text{Zürich}}$ dar.

In der nachstehenden Genauigkeitsbetrachtung wenden wir uns zuerst den in Bern erhaltenen Ergebnissen zu.

Die grosse Differenz von 0^s039 der beiden Gruppenmittel weist auf starke systematische Einflüsse hin. Erwähnenswert ist dabei, dass durchwegs auf einem gut fundierten Steinpfeiler beobachtet wurde.

Aus dem Unterschied der beiden λ eines Abends erhalten wir einen mittleren Fehler μ_1 eines Abendwertes λ_1 von durchschnittlich:

$$\mu_1 = \pm 0^s004.$$

Die Unsicherheit der Zeitbestimmung ist im μ_1 nicht enthalten, sondern nur die zufälligen Fehler der Koinzidenzaufnahmen und der benutzten Sendezeiten der rhythmischen Zeichen.

Die λ_1 ihrerseits liefern einen mittleren Fehler μ_2 eines Abendwertes von:

Gruppe I:	$\mu_2 = \pm 0^s015$
Gruppe II:	<u> ,015</u>
Mittel:	$\mu_2 = \pm 0^s015$

Der Fehler μ_2 enthält die Fehler der Zeitbestimmung, sowie allfällige von Tag zu Tag wechselnde systematische Fehler der beiden Koinzidenzaufnahmen und der beiden Zeichenkorrekturen eines Abends, ferner Einflüsse systematischer und unbekannter Art, wie zum Beispiel von Abend zu Abend veränderliche Refraktionsstörungen.

Weiter berechnen wir aus allen sechs Abendwerten λ_A und ihrem Gesamtmittel den mittleren Fehler μ_3 eines Abendwertes. Man findet:

$$\mu_3 = \pm 0^s025.$$

Im Fehler μ_3 machen sich alle bei μ_2 aufgezählten Fehlerquellen geltend und dazu kommt noch der Einfluss sich über längere Zeitintervalle erstreckender systematischer Fehler, wie zum Beispiel anhaltende Refraktionsstörungen.

In entsprechender Weise rechnen wir auch aus den Ergebnissen der Station Zürich die drei Fehler und finden:

$$\mu_1 = \pm 0^s004$$

$$\mu_2 = \pm 0.014$$

$$\mu_3 = \pm 0.014.$$

Aus den mittleren Fehlern μ_1 , μ_2 und μ_3 lassen sich für die beiden Stationen die folgenden Fehlereinflüsse abschätzen:

Mittlerer Fehler eines Abendwertes λ_A , herrührend von den folgenden Einflüssen:	Bern	Zürich
1. Zufällige Fehler der Koinzidenzaufnahmen und der vom B. I. H. veröffentlichten Sendezeiten	$\pm 0^s004$	$\pm 0^s004$
2. Fehler der Zeitbestimmung; systematische Fehler der Koinzidenzaufnahmen und der Korrekturen der Zeitzeichen, die beiden Sendungen eines Abends gemeinsam sind; systematische Einflüsse unbekannter Art, wie z. B. von Abend zu Abend veränderliche Refraktionsstörungen	$\pm 0^s014$	$\pm 0^s013$
3. Systematische Fehler unbekannter Art, die sich über längere Zeitintervalle erstrecken, wie z. B. anhaltende Refraktionsstörungen	$\pm 0^s021$	$\pm 0^s000$

Als Ergebnis dieser Genauigkeitsuntersuchung verdient folgendes festgehalten zu werden:

Der Einfluss der zufälligen Fehler der Koinzidenzaufnahmen und der verwendeten Korrekturen der Sendezeiten auf einen Abendwert λ_A der Länge ist gering geblieben; er beträgt auf beiden Stationen nur $\pm 0^s004$.

Systematische Fehler unbekannter Art, die sich nur langsam verändern oder während längerer Zeit konstant bleiben, können den Einfluss aller übrigen Fehlerquellen bei weitem übersteigen, oder überhaupt nicht auftreten. In Bern ist der eine, in Zürich der andere Extremfall aufgetreten.

Es wurden nun aus den Abweichungen der Abendmittel von deren Gesamtmittel die mittleren Fehler der Gesamtmittel berechnet. Man erhält:

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{Bern}} &= 29^m 45^s,478 \pm 0^s,010 \\ \lambda_{\text{Zürich}} &= 34 \ 12,268 \pm 0,004_s \\ \hline \text{Einbeobachter-Längendifferenz} \\ \text{Zürich—Bern} &= 4^m 26^s,790 \pm 0^s,011 \end{aligned}$$

Als Abschluß dieses Abschnittes sollen noch die in drei verschiedenen Jahren in Zürich bestimmten Einbeobachter-Längen angegeben werden. Alle sind vom gleichen Beobachter mit dem gleichen Instrument D. I. 8804 ausgeführt worden. Die drei Werte der nachstehenden kleinen Übersicht sind alle auf den mittleren Pol reduziert.

Jahr	Anlass	Anzahl der Beob.-Abende	Zürich Einbeobachter-Länge D. I. 8804 Beob. Hunziker Merid.-Kreis Kern östl. Greenwich
1933	Internationale Längenbestimmungen	8	34 ^m 12 ^s ,288 ± 0 ^s ,003
1935	Referenz-Beobachtungen	9	12,285 ,005
1937	Referenz-Beobachtungen	10	12,268 ,004 _s

Aus den Längendifferenz-Bestimmungen erster Ordnung ist in Band XXI, Seite 243, der Wert abgeleitet worden:

$$34^m 12^s,286 \pm 0^s,007.$$

Die Ergebnisse der Jahre 1933 und 1935 sind sozusagen damit identisch. Falls eine persönliche und instrumentelle Gleichung vorhanden war, blieb sie unterhalb des Betrages des mittleren Fehlers.

Die Referenzbeobachtungen des Jahres 1937 ergeben einen um 0^s,018 kleineren Betrag. Diese Abweichung wird man eher systematischen Einflüssen unbekannter Art zuschreiben müssen, als einer so stark veränderten persönlichen und instrumentellen Gleichung.

8. Ableitung der Länge des Koordinaten-Nullpunktes in Bern¹⁾.

Zuerst stellen wir die Grundlagen zusammen, die zur Ableitung der Länge des Koordinaten-Nullpunktes in Bern vorhanden sind.

1. Die geographische Länge von Zürich ist in Band XXI, Seite 243, abgeleitet. Sie beträgt:

$$\text{Zürich, Meridiankreis Kern } 34^m 12^s,286 \pm 0^s,007 \text{ östlich Greenwich}$$

¹⁾ Vergleiche auch Procès-verbal 1939, Seiten 14 u. ff.

2. Die Längendifferenz Zürich—Gurten ist im Jahre 1912 auf telegraphischem Wege mit Instrumenten- und Beobachterwechsel gemessen worden. Nachstehend der beobachtete und der ausgeglichene Wert:

Zürich—Gurten, beobachtet (Band XIV, Seite 74)	$4^m25^s574 \pm 0^s006_s$
Zürich—Gurten, ausgeglichen Band XXI, Seite 239)	$4^m25^s588 \pm 0^s013$

3. Die Längendifferenz Gurten—Bern ist im Jahre 1937 mit Beobachter- und Instrumentenwechsel bestimmt worden; man findet sie im Abschnitt 6 dieser Veröffentlichung abgeleitet.

$$\text{Gurten—Bern, beobachtet} \quad 1^s209 \pm 0^s008.$$

4. Die Längendifferenz Zürich—Bern, ebenfalls im Jahre 1937 gemessen, ist im Abschnitt 7 nachgewiesen. Im Gegensatz zu allen übrigen Längendifferenz-Bestimmungen wurde sie nicht mit Beobachter- und Instrumentenwechsel, sondern als Einbeobachter-Längendifferenz, abgeleitet.

$$\text{Zürich—Bern, Einbeobachter-Längendifferenz} \quad 4^m26^s790 \pm 0^s011$$

Aus den Messungen des Jahres 1937 ergibt sich ein neuer beobachteter Wert der Längendifferenz Zürich—Gurten:

Zürich—Bern	$4^m26^s790 \pm 0^s011$
Gurten—Bern	$\underline{1,209},008$
Zürich—Gurten, beobachtet, 1937	$4^m25^s581 \pm 0^s014$
Zürich—Gurten, beobachtet, 1912	$4\ 25,574 \quad ,006_s.$

Der Unterschied zwischen den 25 Jahre auseinanderliegenden Bestimmungen beläuft sich auf

$$0^s007 \pm 0^s015_s;$$

er bleibt also weit innerhalb der Fehlergrenze. Man könnte nun aus den beiden Beträgen 1912 und 1937 der Längendifferenz Zürich—Gurten einen neuen beobachteten Wert bilden und hernach das Schweizerische Längennetz neu ausgleichen. Es lässt sich voraussagen, dass die Fundamental-Längendifferenz Zürich—Genf, die aus 3 direkten und 14 indirekten Bestimmungen abgeleitet ist, aus einer solch neu vorgenommenen Ausgleichung unverändert hervorginge. Weiter würde der ausgeglichene Wert Zürich—Gurten sich nur sehr wenig ändern, weil einmal die beiden beobachteten Beträge 1937 und 1912 nur so wenig voneinander abweichen und weil zudem dem neu beobachteten Wert 1937 infolge seiner andern Bestimmungsart ein wesentlich kleineres Gewicht zuzuteilen wäre.

Aus diesen Gründen wurde auf eine neue Ausgleichung verzichtet und die Einbeobachter-Längendifferenz Zürich—Bern nicht benutzt zur Ableitung der Länge des Koordinaten-Nullpunktes. Sie bildet aber eine wertvolle Kontrolle.

Die geographische Länge des Koordinaten-Nullpunktes geht nun auf die folgende einfache Art hervor:

Zürich, Meridiankreis Kern, östlich Greenwich (ausgeglichen)	$34^m 12^s, 286 \pm 0^s, 007$
Zürich—Gurten (ausgeglichen)	$4 \ 25.588 \quad ,013$
Gurten östlich Greenwich (ausgeglichen)	$29^m 46^s, 698 \pm 0^s, 015$
Gurten—Bern (beobachtet)	$1,209 \quad ,008$
Koordinaten-Nullpunkt, alte Sternwarte Bern, östlich Greenwich	$29^m 45^s, 489 \pm 0^s, 017$
oder	$7^\circ 26' 22", 335 \pm 0", 255$

Es dürfte eine empfehlenswerte Übereinkunft sein, zukünftig als geographische Länge des Koordinaten-Nullpunktes, alte Sternwarte Bern, den runden Wert anzunehmen:

$$29^m 45^s, 500 \text{ oder} \\ 7^\circ 26' 22", 500 \text{ östlich Greenwich.}$$

Die Eidgenössische Landestopographie hat dem Gradnetz der offiziellen Karten den abgerundeten Wert

$$7^\circ 26' 20", 000$$

zugrunde gelegt.

III.

Bestimmung der Polhöhe

des Nullpunktes der Schweizerischen Landesvermessung

(Meridiankreis der alten Sternwarte in Bern)

und des

Trigonometrischen Hauptpunktes

„Gurten Ost (B)“

im Jahre 1938

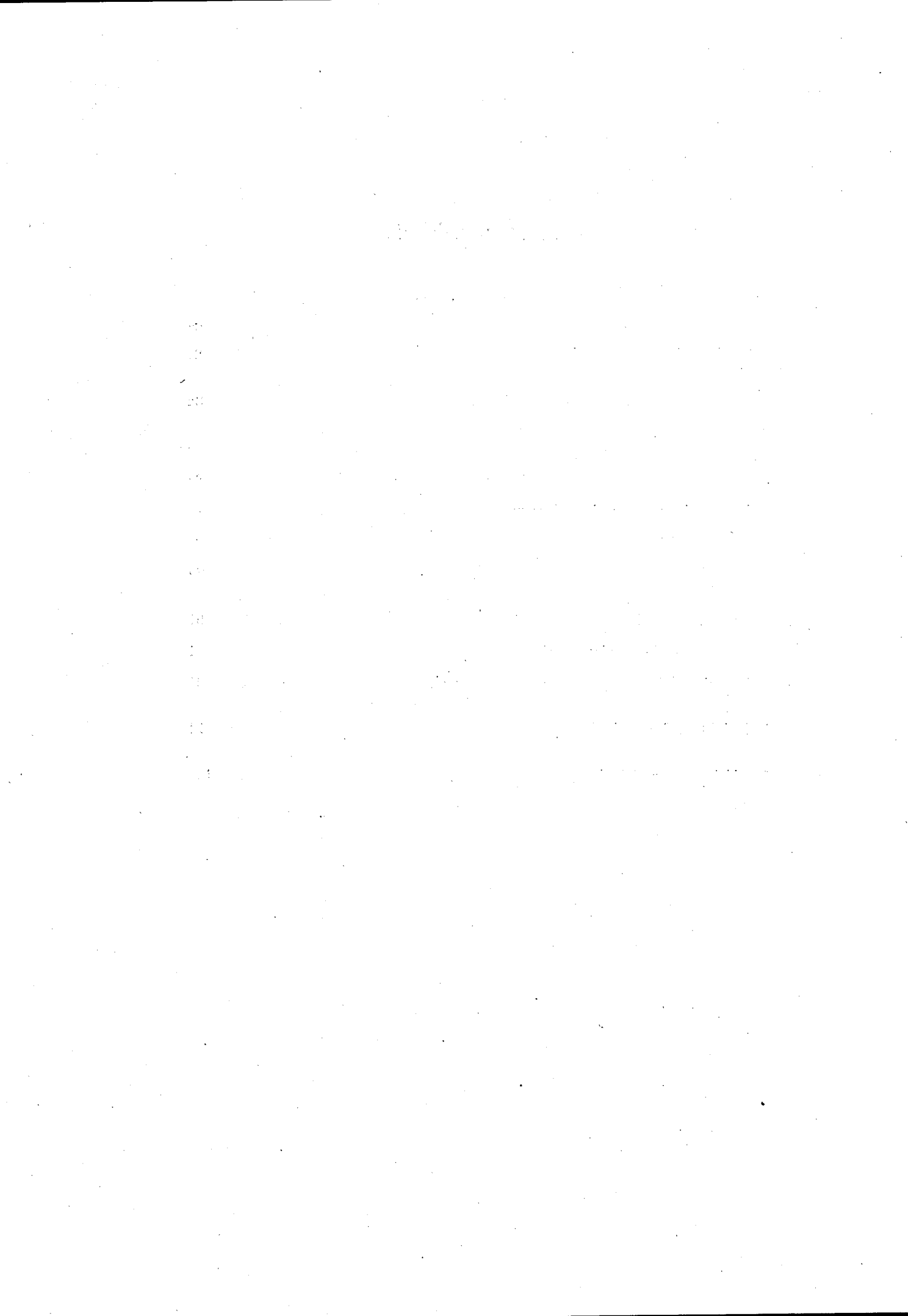
Beobachtet und bearbeitet von

Dr. Paul Engi



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorbemerkungen	81
2. Sternprogramm	82
3. Instrumentenkonstanten	85
a) Schraubenwert	85
b) Angabe der Horrebow-Niveaux	87
c) Fadendistanzen	89
d) Kollimation	89
4. Aufstellungsfehler	91
a) Neigung der Horizontalachse	91
b) Azimut des Instrumentes	91
5. Reduktion der Beobachtungen	91
6. Ableitung der Polhöhen	104



1. Vorbemerkungen.

Die zur Bestimmung der Polhöhe von Bern und Gurten anzuwendende Methode war gegeben durch das uns zur Verfügung stehende Instrumentarium. Das Durchgangsinstrument Bamberg Nr. 13999 mit zwei Horrebow-Niveaux und um 90° drehbarem Mikrometer eignet sich gut zur Beobachtung von Meridianzenitdistanzdifferenzen.

Zur Einführung des Beobachters in die Methode wurden zunächst auf dem neuen Pfeiler der Schweizerischen Geodätischen Kommission auf der oberen Terrasse der Eidgenössischen Sternwarte in Zürich ¹⁾ Probebeobachtungen nach dem für die Polhöhenbestimmungen in Bern und auf dem Gurten vorgesehenen Verfahren ausgeführt. Die Beobachtungen in Zürich sind in den folgenden Abschnitten nicht so ausführlich bearbeitet, wie diejenigen von Bern und Gurten. Sie werden nur soweit berücksichtigt, als sie für die Polhöhenbestimmungen des Jahres 1938 von allgemeinem Interesse sind.

Wegleitend für die Aufstellung des Beobachtungsprogrammes waren Albrecht's klassische Vorschriften für die Polhöhenbeobachtungen auf den internationalen Breitenstationen ²⁾.

Das abendliche Programm sah vor:

1. Bestimmung des Uhrstandes aus den Zeitzeichen von Bordeaux (FYL) um 21 Uhr M.E.Z. durch Abhören von Koinzidenzen nach dem Koinzidenzen-Bild-Verfahren ³⁾,
2. Einstellen des Instrumentes in den Meridian mittels Zielungen nach dem Polarstern,
3. Beobachtung des Durchganges eines polnahen Sterns, Azimutkontrolle,
4. Beobachtung von neun Horrebow-Paaren, Beginn etwa zwei Stunden nach Sonnenuntergang,
5. Beobachtung eines weiteren Polsterndurchganges, Azimutkontrolle,
6. Bestimmung des Uhrstandes nach dem Koinzidenzen-Bild-Verfahren aus den Zeitzeichen vom Eiffelturm (FLE) um $23\frac{1}{2}$ Uhr M.E.Z.

Die Beobachtung eines Horrebow-Paares umfasste folgende Operationen:

1. Einstellen des Fernrohres auf die mittlere Zenitdistanz des Paares,

¹⁾ Situation und Zentrierungsmasse siehe Band XXII der „Astronomisch-geodätischen Arbeiten in der Schweiz“, Tafel 4.

²⁾ Th. Albrecht, Anleitung zum Gebrauch des Zenitteleskops auf den internationalen Breitenstationen. Veröffentlichung Nr. 4 des Centralbureau der internationalen Erdmessung. Berlin 1902.

³⁾ E. Hunziker, Die Aufnahme rhythmischer Zeitzeichen mittels der Methode des Koinzidenzen-Bildes. Band XXII, Seite 57.

2. Einstellen der Horrebow-Niveau-Blasen möglichst auf die Mitte der Teilung, etwa zwei Minuten vor Beginn der Durchgangsbeobachtung,
3. Ablesen der Horrebow-Niveaux kurz vor Beginn der Mikrometereinstellungen,
4. Einstellen des Mikrometerfadens auf den Stern beim Durchgang durch je zwei zum Mittelfaden symmetrisch liegende Fadenpaare des festen Fadennetzes und zugehörige Schraubenablesungen,
5. Ablesen der Horrebow-Niveaux.

Hierauf wird das Fernrohr umgelegt und der zweite Stern des Paares analog beobachtet wie der erste.

In Zürich wurden vom Juli 6 bis Juli 20 an fünf Abenden 30 Horrebow-Paare beobachtet. In Bern erfolgte die Aufstellung des Instrumentes auf der Süd-Mire II der alten Sternwarte (Situation siehe Seite 50). An sieben Abenden wurden vom Juli 25 bis August 2 total 48 Horrebow-Paare beobachtet. Auf dem Gurten diente als Träger des Instrumentes der in Band XXII, Seite 11 beschriebene Holzpfeiler. Vom August 16 bis September 12 wurden an zehn Abenden total 82 Horrebow-Paare beobachtet.

Die instrumentelle Ausrüstung bestand aus:

1. Durchgangsinstrument Bamberg Nr. 13999 mit zwei Horrebow-Niveaux und Schraubenmikrometer,
2. Zwei Nardin-Deckchronometern Nr. 15282 und 13711, ersterer als Beobachtungsuhr (Sternzeit), letzterer mit einem täglichen Gang von rund $+ 29^s$ als Koinzidenzuhr für die Aufnahme der Zeitzeichen nach dem Koinzidenzen-Bild-Verfahren,
3. Dem in Band XXII, Seite 14 erwähnten Dreikreisempfänger der Telefunken-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Berlin,
4. Dem in Band XXII, Seite 14 beschriebenen Undulator der Grossen Nordischen Telegraphengesellschaft in Kopenhagen zur Vergleichung der Chronometer und Registrierung der Polsterndurchgänge.

2. Sternprogramm.

Es war beabsichtigt, das Sternprogramm nach den in Albrecht's Anleitung zum Gebrauch des Zenitteleskops gegebenen Gesichtspunkten aus dem neuen Boss-Katalog¹⁾ aufzustellen. Versuchsbeobachtungen mit unserem Durchgangsinstrument Bamberg Nr. 13999 im Herbst 1937 hatten jedoch gezeigt, dass Sterne kleiner als $6^m.5$ zu vermeiden sind. Die durch diese Grenze verminderte Auswahl der Sterne hatte zur Folge, dass die Vorschriften Albrecht's etwas gelockert werden mussten. Nur in einem Falle wurde oben genannte

¹⁾ B. Boss, General Catalogue of 33342 Stars for the Epoch 1950. Washington D. C. 1937.

Helligkeitsgrenze unterschritten (Boss-Nr. 27735, 7^v0). In folgender Zusammenstellung sind die Eigenschaften der beobachteten Sternpaare sowie die von Albrecht vorgesehenen Grenzen aufgeführt:

		Zürich	Bern	Gurten	Albrecht
Zeitintervall zwischen den Sternen in den Paaren	Minimum	5 ^m 7 ^s	3 ^m 3 ^s	2 ^m 48 ^s	4 ^m
	Maximum	11 24	9 25	11 2	15
	Mittel	7 47	5 11	5 18	—
Zenitdistanzen (absolut)	Maximum	29° 39'	22° 33'	22° 38'	20°
	Mittel	16 10	9 24	9 38	—
Zenitdistanzdifferenzen	Maximum	16' 4"	22' 51"	26' 26"	15'
	Mittel der Absolutwerte	7 42	8 43	9 22	—
	arithmetisches Mittel	-0 21	+2 14	-2 54	—
Helligkeit	Maximum	3 ^M 2	3 ^M 4	3 ^M 4	4 ^M
	Minimum	6, 5	6, 5	7, 0	7
	Mittel	5, 4	5, 9	5, 8	—
Helligkeitsunterschied in den Paaren	Maximum	2, 7	3, 1	3, 1	—
	Mittel	1, 2	0, 8	0, 7	—

Der Helligkeitsunterschied der Sterne in den Paaren sollte zwecks Vermeidung systematischer Fehler klein sein. Bei der Beobachtung der Paare mit grossem Helligkeitsunterschied wurde der hellere Stern etwas abgeblendet, so dass der Unterschied im Mittel effektiv kleiner war als in der Zusammenstellung angegeben ist.

Von dem fast lückenlosen, z. T. sich übergreifenden Sternprogramm wurden jeweils die zeitlich passenden Paare beobachtet. Um den systematischen Einfluss der Deklinationsfehler gering zu halten, war die Beobachtung von möglichst viel verschiedenen Paaren anzustreben. In Bern und auf dem Gurten konnte dasselbe, für die mittlere Polhöhe beider Stationen (46° 56' 10") aufgestellte Sternprogramm beobachtet werden; der Polhöhenunterschied der Stationen beträgt nicht ganz 2'. Die beobachteten Paare dieses Programmes sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Es sind dort angegeben: Die Paarnummern, die Sternnummern des Boss-Kataloges, die genäherten mittleren Örter für 1938,0, der A.-R.-Unterschied in den Paaren und die Summe der Zenitdistanzen, wobei die südlichen als positiv angenommen sind.

Tabelle 1.

Sternprogramm für Bern und Gurten ($\varphi=46^{\circ}56'10''$).

Paar	Boss Nr.	M	$\alpha_{1938.0}$	$\Delta\alpha$	$\delta_{1938.0}$	Σz	Paar	Boss Nr.	M	$\alpha_{1938.0}$	$\Delta\alpha$	$\delta_{1938.0}$	Σz
4	22 135	6,5	16 ^h 24 ^m 8	5 ^m 1	48,09	+ 3' 0"	33	26 449	6,2	19 ^h 9 ^m 5	4 ^m 0	65,87	+ 10' 54"
	251	5,5	29,9		45,73			562	6,1	13,5		27,82	
6	662	4,9	47,4	4, 1	46,09	+ 16 0	35	475	5,2	10,5	7, 0	56,75	- 5 54
	782	6,3	51,5		47,51			670	6,4	17,5		37,22	
7	715	6,5	49,4	6, 3	28,77	- 7 32	36	537	5,3	12,8	9, 1	57,60	- 3 13
	871	4,8	55,7		65,23			792	6,4	21,9		36,33	
10	23 073	6,4	17 3,2	6, 9	43,89	+ 9 26	37	739	6,5	20,3	3, 6	57,65	+ 1 59
	229	6,0	10,1		49,82			846	5,1	23,9		36,19	
11	302	3,4	12,9	9, 4	36,88	- 4 22	38	864	6,5	24,6	3, 9	57,90	- 7 35
	564	6,5	22,3		57,07			960	6,0	28,5		36,10	
12	651	6,3	25,2	3, 0	67,36	+ 21 27	39	947	3,9	28,1	4, 6	51,60	- 0 1
	726	4,5	28,2		26,16			27 070	5,3	32,7		42,28	
14	939	6,5	37,2	3, 6	69,61	- 5 25	41	068	5,6	32,7	4, 7	51,10	+ 5 44
	24 059	5,7	40,8		24,35			213	5,4	37,4		42,68	
16	093	5,7	42,7	8, 8	53,83	+ 1 36	43	252	6,2	39,2	4, 9	60,36	- 4 19
	342	5,1	51,5		40,02			369	5,0	44,1		33,58	
17	253	6,4	48,4	6, 6	48,41	- 6 17	44	294	6,5	40,7	4, 6	55,32	+ 18 11
	428	6,2	55,0		45,36			401	5,7	45,3		38,25	
18	495	6,2	57,1	4, 4	45,48	+ 4 1	45	305	5,4	41,1	5, 6	25,62	- 2 0
	607	6,1	18 1,5		48,46			430	6,4	46,7		68,28	
19	554	6,3	17 59,3	11, 1	33,31	+ 10 6	46	498	6,3	48,5	6, 5	37,67	- 18 53
	848	6,3	18 10,4		60,39			641	6,1	55,0		56,52	
20	916	5,0	13,5	4, 0	64,38	- 8 31	47	571	5,0	52,0	5, 9	57,36	+ 16 9
	25 025	6,1	17,5		29,64			735	7,0	57,9		36,24	
21	24 973	6,1	15,1	7, 4	40,91	- 18 18	50	858	5,7	20 2,2	8, 4	32,04	- 3,36
	25 145	6,2	22,5		53,27			28 071	5,7	10,6		61,89	
22	233	6,5	26,8	6, 2	59,50	- 2 30	54	160	4,2	13,5	3, 3	47,52	+ 13 20
	406	5,9	33,0		34,41			261	6,3	16,8		46,13	
23	553	6,5	38,1	3, 3	38,31	+ 5 16	56	304	5,6	18,6	2, 8	62,06	- 10 37
	635	5,1	41,4		55,48			378	4,6	21,4		31,99	
24	705	6,2	43,6	3, 8	60,98	+ 9 1	57	379	5,7	21,4	3, 5	37,28	+ 9 48
	837	5,8	47,4		32,74			456	6,2	24,9		56,43	
25	757	5,8	45,3	4, 8	52,92	- 21 13	59	574	6,3	29,6	3, 5	52,10	+ 5 59
	906	6,2	50,1		41,31			669	6,5	33,1		41,67	
27	26 059	5,7	55,9	3, 6	38,18	+ 7 20	62	854	5,6	39,7	4, 8	41,49	- 23 26
	169	5,5	59,5		55,57			975	6,4	44,5		52,77	
28	074	6,4	56,7	5, 9	62,31	- 5 27	63	865	5,4	40,3	7, 6	50,12	- 4 10
	266	5,8	19 2,6		31,65			29 066	5,1	47,9		43,82	
31	290	5,3	3,5	5, 8	53,30	+ 14 47	65	065	6,5	47,8	5, 9	46,43	+ 15 50
	454	6,1	9,3		40,33			219	5,8	53,7		47,17	

5. Instrumentenkonstanten.

a) Schraubenwert.

Der Schraubenwert des Mikrometers ist auf jeder Station aus der Beobachtung des Durchganges in grösster Digression des polnahen Sterns 6 B ursae minoris abgeleitet worden. Auf dem Gurten erfolgte die Bestimmung zweimal. In Zürich erstreckte sich die Beobachtung über 19 Revolutionen der Spindel, in Bern und auf dem Gurten über 20 Revolutionen.

Der Mittelfaden des Fernrohres wurde bei einspielenden Horrebaw-Niveaux auf die Zenitdistanz der grössten Digression von 6 B ursae minoris eingestellt und der Durchgang des Polsterns durch den beweglichen Faden für alle Trommelstellungen von 0,2 zu 0,2 Revolutionen über die ganze Spindel nach der Aug- und Ohrmethode beobachtet. Während dieser Beobachtung veränderten die Blasen der Horrebaw-Niveaux ihre Stellungen so wenig, dass wegen Neigungsänderung keine Verbesserungen angebracht werden mussten. Es mag dies insbesondere für die Bestimmungen auf dem Gurten, wo das Instrument auf dem in Band XXII, Seite 11 beschriebenen Holzpfeiler aufgestellt war, hervorgehoben werden; die Stabilität des Pfeilers genügt also auch in der Richtung des geringsten Widerstandes (Nord-Süd) den höchsten Anforderungen.

Aus den Differenzen Δt der beobachteten Durchgangszeiten U gegenüber der Sternzeit U_0 der grössten Digression findet man die ihnen entsprechenden Zenitdistanzdifferenzen nach der Näherungsformel

$$z - z_0 = 15 \cos \delta \left(\Delta t - \frac{15^2}{6} \sin^2 1'' \Delta t^3 \right).$$

Das zweite Glied der Klammer wurde Albrecht's Tafeln¹⁾ entnommen. Die fünf Zenitdistanzdifferenzen jeder Revolution wurden gemittelt und diese Mittel als Beobachtungen aufgefasst. Sie bilden eine arithmetische Reihe. Die der ersten Revolution entsprechende Zenitdistanz a und die einer Revolution entsprechende Differenz d der Zenitdistanz wurden als Unbekannte ausgeglichen. Die Beobachtungsgleichungen lauten

$$z - z_0 = a + (i - 1) d.$$

Nach Einführung von Näherungswerten a_0 und d_0 der Unbekannten haben wir die Fehlergleichungen

$$v_i = \Delta a + (i - 1) \Delta d + a_0 + (i - 1) d_0 - (z - z_0),$$

wo Δa bzw. Δd die an die Näherungswerte a_0 bzw. d_0 anzubringenden unbekanntten Verbesserungen sind. Bezeichnen wir die drei letzten Glieder rechts mit f , so lauten die Normalgleichungen:

$$\begin{aligned} n \Delta a + \quad \quad n/2 (n - 1) \Delta d + \quad \quad [f] &= 0 \\ \quad \quad \quad n/6 (2n^2 - 3n + 1) \Delta d + [(i - 1)f] &= 0. \end{aligned}$$

¹⁾ Th. Albrecht, Formeln und Hilfstafeln für geographische Ortsbestimmungen, Leipzig 1908, Seite 69.

Das aus der Ausgleichung sich ergebende d muss noch um den Einfluss der Refraktion verbessert werden, was den Mittelwert einer Schraubenumdrehung gibt:

$$R = d - R \Delta r.$$

Δr ist der Refraktionseinfluss auf die Winkleinheit in der Zenitdistanz der grössten Digression. Es wurde Albrecht's Tafeln¹⁾ entnommen.

Die so gefundenen Schraubenwerte wurden jedoch nicht zur Ableitung der definitiven Polhöhen verwendet; sie dienten lediglich zur Abschätzung eines Näherungswertes R_0 , mit welchem provisorische Polhöhenwerte der Paare berechnet wurden. Wie später dargelegt wird (Seite 104), sind der endgültige Schraubenwert und die Polhöhe durch Ausgleichung ermittelt worden. Nachfolgend sind die nach dem beschriebenen Verfahren gefundenen Schraubenwerte zusammengestellt. Diesen Werten ist auch der im folgenden Jahre auf dem Mte. Generoso aus einer zweimaligen Durchmessung der Spindel beigefügt.

Station	Bestimmung des Schraubenwertes aus	
	Durchgang von 6 B ursae min.	Ausgleichung der Polhöhenbeobachtungen
Zürich	78,97 ± 0,03	78,77 ± 0,03
Bern	,68 ± 1	,75 ± 2
Gurten	,71 ± 1	,77 ± 1
Mte. Generoso	,84 ± 1	,74 ± 5

Die einzelnen Werte der Bestimmungen aus dem Durchgang des polnahen Sterns weichen um Beträge voneinander ab, die bis zum 10fachen des m. F. gehen. So grosse Differenzen sind nicht zu erwarten. Offenbar waren bei der Bestimmung der Schraubenwerte Einflüsse wirkend, die nicht erfasst wurden und deren Grösse somit nicht berücksichtigt werden konnte. Als Fehlerquellen kommen die Veränderlichkeit der Fadenparallaxe, die praktisch nie ganz vermieden werden kann, und anderer Fernrohrkonstanten in Frage. Wird der Schraubenwert als Unbekannte in die Ausgleichung der Beobachtungen eingeführt, so erhält man den wahrscheinlichsten Wert des während der Beobachtungen gültigen Schraubenwertes. In der Zusammenstellung sind die aus den Ausgleichungen der Paarwerte hervorgegangenen Werte und ihre m. F. ebenfalls aufgeführt. Diese Schraubenwerte variieren nicht so stark wie die direkt bestimmten, und die ausgewiesene Genauigkeit lässt keinen Verdacht auf eine systematische Beeinflussung aufkommen.

Die Untersuchung auf fortlaufende Schraubenfehler geschah durch Vergleichung der aus den Bestimmungen in Bern und auf dem Gurten ermittelten d der einzelnen Revolutionen. Die Mittel zeigen keinen systematischen Verlauf; d. h. das Vorhandensein von fort-

¹⁾ Albrecht; Seite 249, Tafel 31^a.

laufenden Schraubenfehlern ist nicht wahrscheinlich. Auch die gemittelten d jeder $\frac{1}{5}$ -Revolution über die ganze Spindel weichen nur im Rahmen der zufälligen Fehler von einander ab, was keinen Verdacht auf periodische Schraubenfehler aufkommen lässt. Somit mussten an unseren Beobachtungen wegen Schraubenfehlern keine Verbesserungen angebracht werden.

b) Angabe der Horrebow-Niveaux.

Vor Beginn und nach Abschluss der Feldarbeiten wurde die Angabe der Niveaux mit Hilfe des Niveauprüfers des geodätischen Institutes an der Eidgenössischen Technischen Hochschule bestimmt. Ferner erfolgte auf jeder Station mindestens einmal die Angabebestimmung durch Einstellen des Mikrometerfadens auf den Polarstern bei verschiedenen Blasenstellungen und Ablesung der zugehörigen Schraubenstellungen und Epochen. Die Angabe des Niveau ist gegeben durch das Verhältnis der um die Zenitdistanzänderung Δz des Polarsterns zwischen den beiden Einstellepochen verbesserte Trommeldifferenz ΔM zur Blasenverschiebung ΔB :

$$A = \frac{\Delta M + \Delta z}{\Delta B}$$

In der Regel wurde die Blase fünfmal in der Niveauteilung hin- und zurückgetrieben, wobei die Polarseinstellungen gleichmässig über die Schraubenspindel verteilt waren. Die zeitliche Festlegung der Polarseinstellungen erfolgte auf ganze Sekunden genau. Die Zenitdistanzänderung ergibt sich aus der Formel

$$\Delta z = -15 \cos \varphi \sin a \Delta t,$$

wo φ die Polhöhe des Beobachtungsortes, a das Nordazimut des Polarsterns zur Zeit des arithmetischen Mittels der Einstellepochen und Δt die Epochendifferenz der beiden Einstellungen bedeutet.

Die nach den beiden Methoden der Angabewertbestimmung gefundenen Angaben sind nachfolgend zusammengestellt:

Datum 1938	Ort	Methode	Niveau I				Niveau II			
			Temp.	B.-L.	A	m.F.	Temp.	B.-L.	A	m.F.
Juni 11	Z	N	17,2	15,52	1,01	± 0,02	16,3	15,62	1,00	± 0,01
Juni 21	Z	P	21,5	16,46	1,24	1	21,0	16,84	1,20	1
Juni 24	Z	P	20,8	17,02	1,17	2	—	—	—	—
Juli 26	B	P	28,0	17,30	1,19	2	—	—	—	—
Juli 30	B	P	22,0	14,39	1,22	2	22,0	15,35	1,15	1
Aug. 16	G	P	17,0	18,63	1,06	3	18,0	19,43	1,07	3
Aug. 24	G	P	12,0	20,45	1,08	1	13,5	21,33	0,96	1
Sept. 11	G	P	15,0	18,44	1,04	2	14,5	19,60	1,06	1
Okt. 13	Z	N	16,0	17,79	1,04	1	16,0	17,55	1,03	1
Einf. Mittel					<u>1,117</u>			<u>1,067</u>		

In der Kolonne „Ort“ bedeuten die Buchstaben Z, B, G der Reihe nach die Beobachtungsstationen Zürich, Bern, Gurten, in der Kolonne „Methode“ N die Bestimmung mittels Niveauprüfer, P mittels Polarisierungen.

Die gefundenen Angabewerte weichen z. T. viel stärker voneinander ab, als ihre m. F. dies erwarten liessen. Sie sind entweder durch bei den Bestimmungen herrschende Umstände systematisch beeinflusst, oder sie haben während der Feldarbeiten effektive Änderungen erfahren. Eine Abhängigkeit von der Temperatur ist schwach angedeutet, aber nicht verbürgt. Die Blasenlänge scheint dagegen keinen Einfluss auf die Angabe zu haben. Veränderungen der Angabe von Niveaux mit kleinem Parswert innert kurzer Zeit können oft festgestellt werden. So hat z. B. das Achsenniveau des Durchgangsinstrumentes Bamberg Nr. 13999 innert Jahresfrist Angabewerte aufgewiesen, die um 32 % des Mittelwertes voneinander abwichen, ohne dass ein Einfluss der Temperatur oder der Blasenlänge hierfür verantwortlich gemacht werden könnte (vgl. Band XXI, Seite 51–56). Ähnliche Veränderungen zeigten 1918 auch die Horrebow-Niveaux des Zenitteleskopes in Mizusawa ¹⁾.

Zur Reduktion der Polhöhenbeobachtungen wurden die Mittelwerte aller Bestimmungen verwendet. Das Mittel der Angabe beider Niveaux beträgt $A = 1,092 = 0,01387 R_0$ für $R_0 = 78,75$.

Um den Einfluss eines unsicheren Angabewertes auf die Polhöhenbestimmung möglichst gering zu halten, ist danach zu trachten, die Summe aller Neigungsbeiträge $\frac{1}{2} (i_E - i_W)$ der Horrebow-Paare klein zu halten, vorteilhaft sogar an jedem Beobachtungsabend. Man hätte es in der Hand, durch Weglassung geeigneter Beobachtungen die Summe der Neigungsdifferenzen ganz oder nahezu zum Verschwinden zu bringen. Von einer solchen Auslese wurde aber abgesehen. Die Mittel der halben Neigungsdifferenzen betragen

in Zürich	+ 0,39,
in Bern	— 0,49,
auf dem Gurten	— 0,06.

Setzt man die Unsicherheit des Parswertes auf $\pm 0,06$ an, so entsprechen diesen Mittelwerten folgende Fehlerbeiträge in den Polhöhen:

in Zürich	$\pm 0,02,$
in Bern	$\pm 0,03,$
auf dem Gurten	$\pm 0,005.$

¹⁾ B. Wanach und H. Mahnkopf, Ergebnisse des internationalen Breitendienstes von 1912,0 bis 1922,7, Potsdam 1932, Seite 18.

c) Fadendistanzen.

Das Vertikalfadennetz des Mikrometers besteht aus drei Gruppen von parallelen Fäden. Die mittlere Gruppe hat sieben, die beiden äusseren je fünf Fäden. Der Zwischenraum zwischen den Gruppen ist doppelt so gross als der Fadenabstand in den Gruppen. Das Mikrometer ist um 90° drehbar, so dass der bewegliche Faden zum festen Fadennetz parallel gestellt werden kann. Mit Hilfe des beweglichen Fadens können also die Fadendistanzen in Trommelteilen ausgemessen werden. Dies geschah fünfmal und ergab im Mittel mit $R_0 = 78,75$ folgenden Fadendistanzen F :

Faden	F	Intervall	Faden	F	Intervall
1	512,50		9	0,00	
2	455,33	57,17	8'	56,47	56,47
3	396,58	58,75	7'	110,25	53,78
4	340,35	56,23	6'	168,29	58,04
5	284,05	56,30	5'	282,56	114,27
6	171,43	112,62	4'	339,65	57,09
7	114,81	56,62	3'	396,04	56,39
8	57,01	57,80	2'	452,66	56,62
9	0,00	57,01	1'	509,75	57,09

Aus den Fadendistanzen wurde nach der Formel

$$\pm \frac{F^2}{2 R_0} \sin 1'' \operatorname{tg} \delta \quad \text{Okular} \frac{E}{W}$$

die Verbesserung der Schraubenablesungen wegen der Krümmung des Parallels berechnet. Die Werte dieses Ausdruckes sind für die Fäden 4, 6 und 8, an welchen ausschliesslich abgelesen worden ist, in der Tabelle 2 aufgeführt.

d) Kollimation.

Vor Beginn der Feldarbeiten wurde mit Hilfe von Zielungen in beiden Fernrohrlagen nach entfernten terrestrischen Objekten sowie nach der Polaris in grösster Digression die Kollimation bestimmt und tunlichst beseitigt. Sie betrug noch rund 5'', welcher Betrag die hundertstel Sekunde der Polhöhe nicht mehr beeinflusst. Wiederholte Kontrollen auf allen Stationen zeigten, dass die Kollimation sich während der ganzen Kampagne nicht geändert hatte.

Tabelle 2. Korrektion wegen Krümmung des Parallels.

δ	Faden 4		Faden 6		Faden 8	
		0^{R_0} 002		0^{R_0} 000		0^{R_0} 000
24 ^o	0",126		0",031		0",003	
25	,131	2	,033	0	,004	0
26	,138	2	,034	0	,004	0
27	,144	2	,036	0	,004	0
28	,150	2	,037	0	,004	0
29	,156	2	,039	0	,004	0
30	,163	2	,041	1	,004	0
31	,169	2	,042	1	,005	0
32	,176	2	,044	1	,005	0
33	,183	2	,046	1	,005	0
34	,190	2	,047	1	,005	0
35	,197	3	,049	1	,005	0
36	,205	3	,051	1	,006	0
37	,212	3	,053	1	,006	0
38	,220	3	,055	1	,006	0
39	,228	3	,057	1	,006	0
40	,237	3	,059	1	,006	0
41	,245	3	,061	1	,007	0
42	,254	3	,063	1	,007	0
43	,263	3	,066	1	,007	0
44	,272	3	,068	1	,007	0
45	,282	4	,070	1	,008	0
46	,292	4	,073	1	,008	0
47	,302	4	,075	1	,008	0
48	,313	4	,078	1	,009	0
49	,324	4	,081	1	,009	0
50	,336	4	,084	1	,009	0
51	,348	4	,087	1	,009	0
52	,361	5	,090	1	,010	0
53	,374	5	,093	1	,010	0
54	,388	5	,097	1	,011	0
55	,403	5	,100	1	,011	0
56	,418	5	,104	1	,011	0
57	,434	6	,108	1	,012	0
58	,451	6	,113	1	,012	0
59	,469	6	,117	1	,013	0
60	,488	6	,122	2	,013	0
61	,509	7	,127	2	,014	0
62	,530	7	,132	2	,014	0
63	,554	7	,138	2	,015	0
64	,578	7	,144	2	,016	0
65	,605	8	,151	2	,016	0
66	,633	8	,158	2	,017	0
67	,664	8	,166	2	,018	0
68	,698	9	,174	2	,019	0
69	,735	9	,183	2	,020	0
70	,775	10	,193	2	,021	0

4. Aufstellungsfehler.

a) Neigung der Horizontalachse.

Vor Beginn der Beobachtung der Horrebow-Paare wurde die Achsenneigung so gut als möglich beseitigt und während der Beobachtungen immer wieder kontrolliert. Sie überschritt die Bogensekunde nur ausnahmsweise und erreichte im Maximum 5,3. Dieser Betrag hat auf die Polhöhe einen systematischen Einfluss von nicht einmal 0,001. Die am Anfang der Beobachtungen hergestellte Neigung der Horizontalachse veränderte sich nie so stark, daß im Laufe eines Beobachtungsabends eine Neuhorizontierung notwendig wurde.

b) Azimut.

Damit die hundertstel Bogensekunde der Polhöhe nicht unsicher werde, durfte das Instrumentenazimut nicht grösser als 30" sein. Diese Bedingung war mittels Polarisstellungen leicht zu erfüllen. Das Instrument wurde vor Beginn der Beobachtungen in den Meridian gestellt und das Azimut k je am Anfang und am Schluss jedes Beobachtungsabends aus dem Durchgang eines polnahen Sterns und der drahtlos bestimmten Uhrkorrektur ΔU abgeleitet:

$$k = \frac{(\alpha - U)_P - \Delta U}{K_P} \text{)}.$$

Das Azimut betrug im Maximum	+ 8,7,
im algebraischen Mittel	+ 0,7
und im Mittel der Absolutwerte	4,1.

5. Reduktion der Beobachtungen.

Aus jedem beobachteten Horrebow-Paar wurde nach der Formel

$$\varphi_b = 1/2 \{ \delta_s + \delta_N + R_0 (m_E - m_W) + r_s - r_N \}$$

ein Wert der Polhöhe des Instrumentenstandortes abgeleitet. Es bedeutet δ_s bzw. δ_N die scheinbare Deklination des südlichen bzw. nördlichen Sterns, r_s bzw. r_N die Verbesserung wegen Refraktion an der Deklination des südlichen bzw. nördlichen Sterns, m_E bzw. m_W die gemittelte, wegen Krümmung des Parallels und Neigung verbesserte Trommelablesung des mit Okular im E bzw. im W beobachteten Sterns und R_0 der eingeführte genäherte Schraubenwert.

¹⁾ Vgl. Band XXI, Seite 93.

Die mittleren Deklinationen wurden nach den Angaben des neuen B o s s -Kataloges gerechnet. Der Übergang auf die scheinbaren Deklinationen für die obere Kulmination in Greenwich geschah mit Hilfe der im Berliner Jahrbuch gegebenen Reduktionsgrößen. Der Einfluss der Refraktion ergibt sich aus der Näherungsformel:

$$r_S - r_N = \frac{\alpha \sin 1'}{\cos^2 z_m} (z_S + z_N).$$

mit $\alpha = 57'' 45$.

In Tabelle 3 ist die Formel für Bern und Gurten im benötigten Bereich ausgewertet.

Tabelle 3.

Korrektion wegen Refraktion: $(r_S - r_N)$.

$\begin{matrix} z_m \\ z_S + z_N \end{matrix}$	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
1'	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
2	3	3	3	4	4	4	4
3	5	5	5	5	6	6	7
4	7	7	7	7	8	8	9
5	8	8	9	9	9	10	11
6	10	10	10	11	11	12	13
7	12	12	12	13	13	14	16
8	13	13	14	14	15	16	18
9	15	15	16	16	17	18	20
10	17	17	17	18	19	20	22
11	18	19	19	20	21	22	25
12	20	20	21	22	23	24	27
13	22	22	22	23	25	27	29
14	23	24	24	25	27	29	31
15	25	25	26	27	29	31	34
16	27	27	28	29	30	33	36
17	28	29	29	31	32	35	38
18	30	30	31	32	34	37	40
19	32	32	33	34	36	39	42
20	34	34	35	36	38	41	45
21	35	35	36	38	40	43	47
22	37	37	38	40	42	45	49
23	39	39	40	41	44	47	51
24	40	41	42	43	46	49	54
25	42	42	43	45	47	51	56
26	44	44	45	47	49	53	58
27	45	46	47	49	51	55	60

Im Folgenden ist die Reduktion eines beliebig herausgegriffenen Horrebow-Paares vom Feldbuch bis zum genäherten Wert φ_b der Polhöhe wiedergegeben. Die Teilung des Niveau I ist von 0 bis 40 beziffert, diejenige des Niveau II von 50 bis 90. Der mittlere Spielpunkt bei der Niveaux hat somit die Ablesung 45 partes. Damit jedoch nur positive Neigungen vorkommen, wurde der Teilstrich 40 als Neigung Null angenommen.

Feldbuch;

Station Gurten, 1938 August 24 ☽, 5. Abend.

Wetter: klar, starke Bise; Temperatur: 12° → 10° C.

Paar	Boss-Nr.	Okular	Niveaux				Neigung in partes	Trommel			
			Nr.	Ablesungen		B.-L.		Σ	Faden	Ablesungen	Mittel
25	25757	W	I	9,9	31,0	21,1	40,9	372,9 — 8	6'	23,310	23,309
				10,0	31,1	21,1	41,1		= 46,61	6	
			II	61,3	83,7	22,4	145,0	i = 6,61		8'	,310
				61,8	84,1	22,3	145,9		8	,313	
25906	E	E	I	9,3	30,4	21,1	39,7	367,1 — 8	4	5,014	5,010
				9,2	30,3	21,1	39,5		= 45,89	4'	
			II	61,0	83,3	22,3	144,3	i = 5,89		6	,015
				60,6	83,0	22,4	143,6		6'	,009	

Ableitung der Polhöhe φ_b .

Schraubenwert: $R_0 = 78,75$

Niveauangabe: $A = 0,01387 R_0$.

Paar Nr.	25			
Boss Nr.	25757		25906	
Okular	W		E	
Fadenpaar	6	8	4	6
Mittel der Trommelablesungen	23,309	23,311	5,010	5,012
Krümmung des Parallels	— 0,001	0	+ 0,003	+ 0,001
	23,308	23,311	5,013	5,013
Mittel	23,309		5,013	
Neigung (Trommelteile)	+ 0,092		+ 0,082	
	$m_W = 23,401$		$m_E = 5,095$	
$m_E - m_W$ in Trommelteilen	— 18,306			
$R_0 (m_E - m_W)$	— 1441,60			
δ_S	41° 18' 48,40			
δ_N	52 55 33,14			
$R_0 (m_E - m_W)$	— 24 1,60			
$r_S - r_N$ (Tabelle 3)	— 0,41			
$2 \varphi_b$	93 50 19,53			
	<u>$\varphi_b = 46° 55' 9,76$</u>			

In den Tabellen 4 bzw. 5 ist die Ableitung φ_b für Bern bzw. Gurten dargestellt. Die Kolonne $m_E - m_W$ enthält die wegen Krümmung des Parallels und Neigung korrigierten Mittel der Trommelablesungen und deren Differenzen in Trommelteilen. In der folgenden Kolonne sind diese Differenzen in Winkelmass und wegen Refraktion korrigiert eingetragen. In der sechsten Kolonne sind die Deklinationen eingetragen, und die letzte Kolonne enthält die beobachteten φ_b .

Tabelle 4.

Beobachtete Polhöhen, Bern. $R_0 = 78.75$.

Paar	Boss Nr.	Okular	$m_E - m_W$	$R_0 (m_E - m_W) + (r_S - r_N)$	$\delta_S + \delta_N$	φ_b
Juli 25.						
6	22 662	W	8,651		46° 5' 39,00	46° 57' 6,95
	782	E	21,924		47 31 9,37	
			+ 13,273	+ 17' 25,54	93 36 48,37	
10	23 073	E	19,027		43 53 57,82	6,52
	229	W	10,776		49 49 25,27	
			+ 8,251	+ 10 49,95	93 43 23,09	
12	651	W	5,943		67 21 47,66	6,81
	726	E	23,351		26 9 34,64	
			+ 17,408	+ 22 51,32	93 31 22,30	
14	939	E	13,792		69 36 48,82	7,51
	24 059	W	16,827		24 21 25,30	
			- 3,035	- 3 59,09	93 58 14,12	
17	253	W	13,583		48 24 51,88	7,56
	428	E	19,428		45 21 42,83	
			+ 5,845	+ 7 40,42	93 46 34,71	
20	916	E	11,770		64 22 50,42	7,17
	25 025	W	17,208		29 38 32,29	
			- 5,438	- 7 8,37	94 1 22,71	
22	233	W	14,949		59 30 43,57	6,66
	406	E	14,065		34 24 39,39	
			- 0,884	- 1 9,63	93 55 22,94	
Juli 27.						
4	22 135	E	16,981		48° 5' 50,20	46° 57' 7,29
	251	W	13,574		45 43 56,01	
			+ 3,407	+ 4' 28,38	93 49 46,21	
10	23 073	W	10,732		43 53 58,15	6,93
	229	E	18,985		49 49 25,62	
			+ 8,257	+ 10 50,10	93 43 23,77	
16	24 093	W	14,126		53 49 53,82	6,71
	342	E	16,373		40 1 22,60	
			+ 2,247	+ 2 57,01	93 51 16,42	
18	495	E	13,843		45 28 59,59	7,43
	607	W	15,863		48 27 54,31	
			- 2,020	- 2 39,04	93 56 53,90	
20	916	W	17,085		64 22 50,92	7,39
	25 025	E	11,632		29 38 32,68	
			- 5,453	- 7 8,82	94 1 23,60	
22	233	E	13,641		59 30 44,10	6,77
	406	W	14,535		34 24 39,83	
			- 0,894	- 1 10,38	93 55 23,93	
23	553	W	11,916		38 18 46,94	6,68
	635	E	16,934		55 28 51,10	
			+ 5,018	+ 6 35,32	93 47 38,04	

Tabelle 4 (1. Fortsetzung).

Paar	Boss Nr.	Okular	$m_E - m_W$	$R_0 (m_E - m_W) + (r_S - r_N)$	$\delta_S + \delta_N$	φ_b
Juli 28.						
4	22 135 251	W E	13,725 17,129 <u>+ 3,404</u>	+ 4' 28,14	48° 5' 50,31 45 43 56,13 <u>93 49 46,44</u>	46°57' 7,29
6	662 782	E W	21,425 8,173 <u>+ 13,252</u>	+ 17 23,88	46 5 39,44 47 31 9,82 <u>93 36 49,26</u>	6,57
10	23 073 229	W E	11,739 19,989 <u>+ 8,250</u>	+ 10 49,87	43 53 58,30 49 49 25,79 <u>93 43 24,09</u>	6,98
12	651 726	E W	23,503 6,091 <u>+ 17,412</u>	+ 22 51,63	67 21 48,25 26 9 35,08 <u>93 31 23,33</u>	7,48
14	939 24 059	W E	15,525 12,460 <u>- 3,065</u>	- 4 1,45	69 36 49,45 24 21 25,75 <u>93 58 15,20</u>	6,87
17	253 428	E W	17,691 11,874 <u>+ 5,817</u>	+ 7 38,22	48 24 52,52 45 21 43,46 <u>93 46 35,96</u>	7,09
18	495 607	W E	15,897 13,869 <u>- 2,028</u>	- 2 39,73	45 28 59,80 48 27 54,52 <u>93 56 54,32</u>	7,29
20	916 25 025	E W	12,234 17,684 <u>- 5,450</u>	- 7 9,32	64 22 51,16 29 38 32,86 <u>94 1 24,02</u>	7,35
22	233 406	W E	16,113 15,229 <u>- 0,884</u>	- 1 9,63	59 30 44,35 34 24 40,04 <u>93 55 24,39</u>	7,38
Juli 29.						
4	22 135 251	W E	12,933 16,351 <u>+ 3,418</u>	+ 4' 29,25	48° 5' 50,45 45 43 56,28 <u>93 49 46,73</u>	46°57' 7,99
6	662 782	E W	21,173 7,910 <u>+ 13,263</u>	+ 17 24,75	46 5 39,60 47 31 9,98 <u>93 36 49,58</u>	7,16
10	23 073 229	W E	11,557 19,815 <u>+ 8,258</u>	+ 10 50,50	43 53 58,47 49 49 25,97 <u>93 43 24,44</u>	7,47
12	651 726	E W	23,629 6,228 <u>+ 17,401</u>	+ 22 50,77	67 21 48,45 26 9 35,24 <u>93 31 23,69</u>	7,23
14	939 24 059	W E	15,749 12,698 <u>- 3,051</u>	- 4 0,19	69 36 49,66 24 21 25,90 <u>93 58 15,56</u>	7,68
18	495 607	E W	14,293 16,331 <u>- 2,038</u>	- 2 40,52	45 29 0,02 48 27 54,75 <u>93 56 54,77</u>	7,12
20	916 25 025	W E	17,765 12,296 <u>- 5,469</u>	- 7 10,81	64 22 51,41 29 38 33,05 <u>94 1 24,46</u>	6,82
22	233 406	E W	14,802 15,693 <u>- 0,891</u>	- 1 10,19	59 30 44,61 34 24 40,26 <u>93 55 24,87</u>	7,34

Tabelle 4 (2. Fortsetzung).

Paar	Boss Nr.	Okular	$m_E - m_W$	$R_0(m_E - m_W) + (r_S - r_N)$	$\delta_S + \delta_N$	f_b
Juli 30.						
18	24 495 607	E	13 ^R 226		45°29' 0,26	46°57' 7,72
		W	15,253 - 2,027	- 2' 39,81	48 27 55,00 93 56 55,26	
21	973 25 145	W	22,158		40 54 57,50	6,37
		E	9,201 - 12,951	- 17 0,65	53 16 15,90 94 11 13,40	
22	233 406	E	14,337		59 30 44,89	7,25
		W	15,237 - 0,900	- 1 10,89	34 24 40,50 93 55 25,39	
23	553 635	W	12,627		38 18 47,65	7,44
		E	17,645 + 5,018	+ 6 35,32	55 28 51,92 93 47 39,57	
25	757 906	E	7,577		52 55 26,76	7,71
		W	22,732 - 15,155	- 19 53,80	41 18 42,46 94 14 9,22	
28	26 074 266	W	16,153		62 19 2,90	7,69
		E	13,012 - 3,141	- 4 7,42	31 39 19,91 93 58 22,81	
August 1.						
6	22 662 732	W	7 ^R 979		46° 5' 40,18	46°57' 7,28
		E	21,230 + 13,251	+ 17' 23,81	47 31 10,58 93 36 50,76	
10	23 073 229	E	19,219		43 53 59,09	7,59
		W	10,974 + 8,245	+ 10 49,47	49 49 26,62 93 43 25,71	
12	651 726	W	6,380		67 21 49,17	7,40
		E	23,769 + 17,389	+ 22 49,82	26 9 35,81 93 31 24,98	
14	939 24 059	E	13,421		69 36 50,41	7,25
		W	16,498 - 3,077	- 4 2,39	24 21 26,48 93 58 16,89	
16	093 342	W	13,876		53 49 54,99	7,62
		E	16,117 + 2,241	+ 2 56,54	40 1 23,71 93 51 18,70	
18	495 607	E	13,739		45 29 0,78	6,95
		W	15,801 - 2,062	- 2 42,41	48 27 55,53 93 56 56,31	
21	973 25 145	W	20,938		40 54 58,02	6,72
		E	5,976 - 14,962	- 17 1,05	53 16 16,48 94 11 14,50	
August 2.						
7	22 715 871	W	17 ^R 056		28°46' 19,36	46°57' 6,66
		E	12,381 - 4,675	- 6' 8,27	65 14 2,24 94 0 21,60	
11	23 303 564	E	12,819		36 52 55,46	6,72
		W	15,120 - 2,301	- 3 1,25	57 4 19,23 93 57 14,69	
25	25 757 906	W	22,047		52 55 27,69	7,03
		E	6,852 - 15,195	- 19 56,95	41 18 43,33 94 14 11,02	
28	26 074 266	E	13,352		62 19 3,88	7,80
		W	16,512 - 3,160	- 4 8,98	31 39 20,71 93 58 24,59	

Beobachtete Polhöhen, Gurten. $R_0 = 78,75$.

Tabelle 5.

Paar	Boss Nr.	Okular	$m_E - m_W$	$R_0 (m_E - r_W) + (r_S - r_N)$	$\delta_S + \delta_N$	φ
August 16.						
14	23 939 24 059	W E	16,768 10,657 <u>- 6,111</u>	- 8' 1,38	69°36' 53,37 24 21 28,77 <u>93 58 22,14</u>	46°55'10,38
17	253 428	E W	15,734 12,987 <u>+ 2,747</u>	+ 3 36,39	48 24 56,52 45 21 47,52 <u>93 46 44,04</u>	10,21
19	554 848	W E	11,169 16,836 <u>+ 5,667</u>	+ 7 26,41	33 18 57,64 60 23 57,77 <u>93 42 55,41</u>	10,91
21	973 25 145	E W	7,061 23,079 <u>- 16,018</u>	- 21 1,77	40 55 1,28 53 16 20,13 <u>94 11 21,41</u>	9,82
22	233 406	W E	16,679 12,698 <u>- 3,981</u>	- 5 13,59	59 30 49,29 34 24 44,25 <u>93 55 33,54</u>	9,97
23	553 635	E W	16,034 14,094 <u>+ 1,940</u>	+ 2 32,81	38 18 51,63 55 28 56,49 <u>93 47 48,12</u>	10,46
25	757 906	W E	22,757 4,511 <u>- 18,246</u>	- 23 57,27	52 55 31,33 41 18 46,72 <u>94 14 18,05</u>	10,39
27	26 059 169	E W	15,481 11,990 <u>+ 3,491</u>	+ 4 35,00	38 11 14,38 55 34 30,97 <u>93 45 45,35</u>	10,17
31	290 454	W E	10,254 19,404 <u>+ 9,150</u>	+ 12 0,76	53 18 25,88 40 19 53,17 <u>93 38 19,05</u>	9,90
August 18.						
12	23 651 726	W E	7,558 21,886 <u>+ 14,328</u>	+ 18' 48,69	67°21' 52,27 26 9 38,34 <u>93 31 30,61</u>	46°55' 9,65
14	939 24 059	E W	11,998 18,123 <u>- 6,125</u>	- 8 2,50	69 36 53,76 24 21 29,10 <u>93 58 22,86</u>	10,18
17	253 428	W E	12,989 15,729 <u>+ 2,740</u>	+ 3 35,83	48 24 56,94 45 21 47,94 <u>93 46 44,88</u>	10,35
19	554 848	E W	18,097 12,440 <u>+ 5,657</u>	+ 7 25,62	33 18 58,03 60 23 58,26 <u>93 42 56,29</u>	10,95
22	25 233 406	E W	12,642 16,622 <u>- 3,980</u>	- 5 13,52	59 30 49,81 34 24 44,70 <u>93 55 34,51</u>	10,49
23	553 635	W E	13,789 15,720 <u>+ 1,931</u>	+ 2 32,11	38 18 52,10 55 28 57,03 <u>93 47 49,13</u>	10,62
25	757 906	E W	5,199 23,470 <u>- 18,271</u>	- 23 59,24	52 55 31,88 41 18 47,23 <u>94 14 19,11</u>	9,93
27	26 059 169	W E	12,831 16,308 <u>+ 3,477</u>	+ 4 33,89	38 11 14,89 55 34 31,55 <u>93 45 46,44</u>	10,16
31	290 454	E W	19,027 9,890 <u>+ 9,137</u>	+ 11 59,75	53 18 26,46 40 19 53,71 <u>93 38 20,17</u>	9,96

Tabelle 5 (1. Fortsetzung).

Paar	Boss Nr.	Okular	$m_E - m_W$	$R_0 (m_E - m_W) + (r_S - r_N)$	$\vartheta_S + \vartheta_N$	φ_b
August 19.						
11	23 302 564	W E	17,711 12,368 — 5,343	— 7' 0,88	36°52' 57,98 57 4 22,18 93 57 20,16	46°55' 9,64
12	651 726	E W	21,743 7,421 + 14,322	+ 18 48,22	67 21 52,42 26 9 38,47 93 31 30,89	9,55
16	24 093 342	W E	14,658 13,828 — 0,830	— 1 5,38	53 49 58,60 40 1 27,19 93 51 25,79	10,20
18	495 607	E W	12,745 17,867 — 5,122	— 6 43,48	45 29 4,51 48 27 59,42 93 57 3,93	10,22
28	26 074 266	E W	12,121 18,364 — 6,243	— 8 11,78	62 19 8,69 31 39 24,55 93 58 33,24	10,73
33	449 562	W E	11,459 17,659 + 6,200	+ 8 8,40	65 52 53,06 27 49 19,48 93 42 12,54	10,47
37	739 846	E W	13,843 14,453 — 0,610	— 0 48,06	57 39 12,64 36 11 56,16 93 51 8,80	10,37
39	947 27 070	W E	15,405 13,250 — 2,155	— 2 49,76	51 36 13,18 42 16 56,97 93 53 10,15	10,19
43	252 369	E W	11,788 17,194 — 5,406	— 7 5,85	60 22 6,74 33 35 19,69 93 57 26,43	10,29
August 23.						
11	23 302 564	W E	16,863 11,526 — 5,337	— 7' 0,41	36°52' 58,30 57 4 22,57 93 57 20,87	46°55' 10,23
12	651 726	E W	21,577 7,252 + 14,325	+ 18 48,47	67 21 52,83 26 9 38,81 93 31 31,64	10,05
16	24 093 342	W E	15,199 14,351 — 0,848	— 1 6,80	53 49 59,11 40 1 27,70 93 51 26,81	10,00
19	554 848	E W	17,861 12,230 + 5,631	+ 7 23,57	33 18 58,70 60 23 59,15 93 42 57,85	10,71
21	973 25 145	W E	21,410 5,368 — 16,042	-- 21 3,66	40 55 2,55 53 16 21,58 94 11 24,13	10,23
22	233 406	E W	12,504 16,516 — 4,012	-- 5 16,03	59 30 50,82 34 24 45,55 93 55 36,37	10,17
23	553 635	W E	14,202 16,099 + 1,897	+ 2 29,42	38 18 53,03 55 28 58,12 93 47 51,15	10,28
25	757 906	E W	6,234 24,525 — 18,291	— 24 0,83	52 55 32,98 41 18 48,25 94 14 21,23	10,20
27	26 059 169	W E	13,485 16,941 + 3,456	+ 4 32,24	38 11 15,90 55 34 32,75 93 45 48,65	10,44

Tabelle 5 (2. Fortsetzung).

Paar	Boss Nr.	Okular	$m_E - m_W$	$R_0(m_E - m_W) + (r_S - r_N)$	$\delta_S + \delta_N$	φ_b
August 24.						
18	24 495 607	W E	17,257 12,117 — 5,140	— 6' 44,89	45°29' 5,17 48 28 0,12 93 57 5,29	46°55' 10,20
21	973 25 145	E W	6,925 22,985 — 16,060	— 21 5,07	40 55 2,67 53 16 21,72 94 11 24,39	9,66
22	233 406	W E	17,081 13,074 — 4,007	— 5 15,64	59 30 50,97 34 24 45,67 93 55 36,64	10,50
23	553 635	E W	15,688 13,799 + 1,889	+ 2 28,79	38 18 53,16 55 28 58,28 93 47 51,44	10,11
25	757 906	W E	23,401 5,095 — 18,306	— 24 2,01	52 55 33,14 41 18 48,40 94 14 21,54	9,76
28	26 074 266	E W	11,339 17,613 — 6,274	— 8 14,22	62 19 9,81 31 39 25,42 93 58 35,23	10,50
35	475 670	W E	16,999 10,361 — 6,638	— 8 42,90	56 45 35,90 37 13 27,59 93 59 3,49	10,29
38	864 960	E W	10,332 18,265 — 7,933	— 10 24,89	57 54 31,76 36 6 13,82 94 0 45,58	10,34
41	27 068 213	W E	13,062 15,271 + 2,209	+ 2 54,01	51 6 35,43 42 40 51,59 93 47 27,02	10,51
August 25.						
18	24 495 607	E W	13,088 18,234 — 5,146	— 6' 45,37	45°29' 5,28 48 28 0,24 93 57 5,52	46°55' 10,07
20	916 25 025	W E	19,950 11,379 — 8,571	— 11 15,39	64 22 57,59 29 38 37,95 94 1 35,54	10,18
22	233 406	E W	11,995 16,022 — 4,027	— 5 17,22	59 30 51,13 34 24 45,80 93 55 36,93	9,85
23	553 635	W E	13,818 15,719 + 1,901	+ 2 29,73	38 18 53,31 55 28 58,45 93 47 51,76	10,74
25	757 906	E W	5,567 23,865 — 18,298	— 24 1,38	52 55 33,31 41 18 48,56 94 14 21,87	10,24
27	26 059 169	W E	13,121 16,561 + 3,440	+ 4 30,98	38 11 16,21 55 34 33,12 93 45 49,33	10,15
31	290 454	E W	19,681 10,586 + 9,095	+ 11 56,43	53 18 28,04 40 19 55,15 93 38 23,19	9,81
37	739 846	W E	15,060 14,400 — 0,660	— 51,99	57 39 14,09 36 11 57,36 93 51 11,45	9,73
39	947 27 070	E W	13,580 15,778 — 2,198	— 2 53,14	51 36 14,63 42 16 58,31 93 53 12,94	9,90

Tabelle 5 (3. Fortsetzung).

Paar	Boss Nr.	Okular	$m_E - m_W$	$R_0(m_E - m_W) + (r_S - r_N)$	$\delta_S + \delta_N$	γ_b
September 1.						
38	26 864 960	E W	9 ^R 899 17,889 — 7,990	— 10' 29,38	57°54' 33,74 36 6 15,46 94 0 49,20	46°55' 9,91
41	27 068 213	W E	14,320 16,481 + 2,161	+ 2 50,23	51 6 37,38 42 40 53,42 93 47 30,80	10,51
45	305 430	E W	12,526 16,231 — 3,705	— 4 51,86	25 37 45,93 68 17 27,26 93 55 13,19	10,66
47	571 735	W E	10,655 20,726 + 10,071	+ 13 13,31	57 22 5,46 36 15 0,05 93 37 5,51	9,41
50	858 28 071	E W	12,660 17,612 — 4,952	— 6 30,09	32 2 56,99 61 53 53,51 93 56 50,50	10,20
54	160 261	W E	12,367 20,288 + 7,921	+ 10 23,95	47 31 50,74 46 8 5,56 93 39 56,30	10,12
57	379 456	E W	18,659 13,407 + 5,252	+ 6 51,72	37 16 58,39 56 26 29,15 93 43 27,54	9,63
September 10.						
35	26 475 670	W E	18 ^R 107 11,385 — 6,722	— 8' 49,52	56°45' 39,29 37 13 30,47 93 59 9,76	46°55' 10,12
37	739 846	E W	14,313 15,038 — 0,725	— 57,09	57 39 17,48 36 12 0,13 93 51 17,61	10,25
39	947 27 070	W E	16,866 14,611 — 2,255	— 2 57,63	51 36 18,00 42 17 1,44 93 53 19,44	10,90
43	252 369	E W	12,194 17,718 — 5,524	— 7 15,14	60 22 12,11 33 35 23,81 93 57 35,92	10,39
46	498 641	W E	22,878 6,227 — 16,651	— 21 51,65	37 40 30,64 56 31 41,29 94 12 11,93	10,14
50	858 28 071	E W	12,018 17,016 — 4,998	— 6 33,71	32 2 58,48 61 53 55,73 93 56 54,21	10,25
56	304 378	W E	20,341 9,994 — 10,347	— 13 35,08	62 4 6,49 31 59 49,09 94 3 55,58	10,25
59	574 669	E W	16,199 13,921 + 2,278	+ 2 59,44	52 6 22,10 41 40 58,62 93 47 20,72	10,08
63	865 29 066	W E	23,543 18,089 — 5,454	— 7 9,62	50 7 30,04 43 49 59,87 93 57 29,91	10,14

Tabelle 5 (4. Fortsetzung).

Paar	Boss Nr.	Okular	$m_E - m_W$	$R_0 (m_E - m_W) + (r_S - r_N)$	$\delta_S + \delta_N$	φ_b
September 11.						
56	28 304 378	W	19 ^R 824		62° 4' 6 ⁷ 74	46°55, 10 ⁷ 35
		E	9, 474		31 59 49, 27	
			<u> </u>	- 13' 35 ⁷ 30	<u> </u>	
			- 10, 350		94 3 56, 01	
59	574 669	E	16, 069		52 6 22, 34	10, 39
		W	13, 789		41 40 58, 84	
			<u> </u>	+ 2 59, 60	<u> </u>	
			+ 2, 280		93 47 21, 18	
62	854 975	W	24, 627		41 30 8, 57	10, 51
		E	4, 495		52 46 38, 29	
			<u> </u>	- 26 25, 84	<u> </u>	
			- 20, 132		94 16 46, 86	
65	29 065 219	E	20, 775		46 26 15, 52	9, 72
		W	11, 021		47 11 15, 57	
			<u> </u>	+ 12 48, 35	<u> </u>	
			+ 9, 754		93 37 31, 09	
September 12.						
24	25 705 837	W	12 ^R 856		60°59' 23 ⁷ 04	46°55' 9 ⁷ 74
		E	17, 514		32 44 49, 51	
			<u> </u>	+ 6' 6 ⁷ 63	<u> </u>	
			+ 4, 658		93 44 12, 55	
27	26 059 169	E	17, 374		38 11 18, 92	9, 72
		W	14, 021		55 34 36, 41	
			<u> </u>	+ 4 24, 12	<u> </u>	
			+ 3, 353		93 45 55, 33	
31	290 454	W	11, 248		53 18 31, 36	9, 75
		E	20, 261		40 19 58, 17	
			<u> </u>	+ 11 49, 97	<u> </u>	
			+ 9, 013		93 38 29, 53	
36	537 792	E	12, 605		57 36 20, 21	9, 84
		W	17, 308		36 20 9, 93	
			<u> </u>	- 6 10, 46	<u> </u>	
			- 4, 703		93 56 30, 14	
38	864 960	W	19, 189		57 54 35, 83	10, 20
		E	11, 159		36 6 17, 12	
			<u> </u>	- 10 32, 54	<u> </u>	
			- 8, 030		94 0 52, 95	
41	27 068 213	E	16, 465		51 6 39, 45	10, 03
		W	14, 367		42 40 55, 35	
			<u> </u>	+ 2 45, 27	<u> </u>	
			+ 2, 098		93 47 34, 80	
44	294 401	W	8, 979		55 19 27, 90	9, 98
		E	20, 560		38 15 39, 80	
			<u> </u>	+ 15 12, 26	<u> </u>	
			+ 11, 581		93 35 7, 70	
46	498 641	E	7, 111		37 40 30, 98	10, 02
		W	23, 775		56 31 41, 73	
			<u> </u>	- 21 52, 67	<u> </u>	
			- 16, 664		94 12 12, 71	

Die Genauigkeit der Polhöhe aus einem Paar ist abhängig von der Beobachtungsgenauigkeit und der Genauigkeit der Deklinationen. Die Beobachtungsgenauigkeit ist gegeben durch die Genauigkeit der Einstellung des beweglichen Fadens auf den Stern und der Niveau- und Schraubenablesungen. Sie ist ferner beeinflusst von einer eventuellen Abweichung der Refraktionsverhältnisse von den in der Formel vorausgesetzten. Die Beobachtungsgenauigkeit kann nachgewiesen werden durch den Vergleich der φ_b ein und desselben Paares an verschiedenen Abenden. In den Tabellen 6 und 7 sind die beobachteten Polhöhen zusammengestellt und sowohl abendweise als in den Paaren gemittelt.

Zusammenstellung der φ_b und ihrer m. F. für Bern

Tabelle 6.

$$\varphi_b = 46^{\circ} 57' +$$

Paar	Juli 25	Juli 27	Juli 28	Juli 29	Juli 30	Aug. 1	Aug. 2	Mittel	n_p	m_p
4		7",29	7",29	7",99				7",52	3	$\pm 0",40$
6	6",95		6,57	7,16		7",28		6,99	4	31
7							6",66	6,66	1	—
10	6,52	6,93	6,98	7,47		7,59		7,10	5	44
11							6,72	6,72	1	—
12	6,81		7,48	7,23		7,40		7,23	4	30
14	7,51		6,87	7,68		7,25		7,33	4	35
16		6,71				7,62		7,16	2	64
17	7,56		7,09					7,32	2	33
18		7,43	7,29	7,12	7",72	6,95		7,30	5	29
20	7,17	7,39	7,35	6,82				7,18	4	26
21					6,37	6,72		6,54	2	25
22	6,66	6,77	7,38	7,34	7,25			7,08	5	34
23		6,68			7,44			7,06	2	54
25					7,71		7,03	7,37	2	48
28					7,69		7,80	7,74	2	7
Mittel	7,03	7,03	7,14	7,35	7,36	7,26	7,05	7,18	3,0	$\pm 0,37$
n_a	7	7	9	8	6	7	4	6,9	48	
m_a	$\pm 0,40$	$\pm 0,33$	$\pm 0,29$	$\pm 0,36$	$\pm 0,52$	$\pm 0,33$	$\pm 0,52$	$\pm 0,39$		

Aus den Abweichungen der einzelnen φ_b von den Abendmitteln erhalten wir den m. F. m_a der Polhöhe aus einem Paar an einem bestimmten Abend, aus den Abweichungen der Einzelwerte von den Paarmitteln den von den Deklinationsfehlern unabhängigen m. F. m_p der Beobachtung eines Paares an verschiedenen Abenden. Die quadratischen Mittel der m_p sind kleiner als diejenigen der m_a , was die Bedeutung der Deklinationsfehler hervorhebt. In der folgenden Zusammenstellung sind die quadratisch gemittelten m. F. m_a und m_p für alle drei Statio-

Zusammenstellung der φ_b und ihrer m. F. für Gurten

Tabelle 7.

$\varphi_b = 46^{\circ} 55' +$

Paar	Aug.16	Aug.18	Aug.19	Aug.23	Aug.24	Aug.25	Sept. 1	Sept.10	Sept.11	Sept.12	Mittel	n_p	m_p
11			9,64	10,23							9,93	2	$\pm 0,42$
12		9,65	9,55	10,05							9,75	3	26
14	10,38	10,18									10,28	2	14
16			10,20	10,00							10,10	2	14
17	10,21	10,35									10,28	2	10
18			10,22		10,20	10,07					10,16	3	9
19	10,91	10,95		10,71							10,86	3	13
20							10,18				10,18	1	—
21	9,82			10,23	9,66						9,90	3	29
22	9,97	10,49		10,17	10,50	9,85					10,20	5	30
23	10,46	10,62		10,28	10,11	10,74					10,44	5	25
24										9,74	9,74	1	—
25	10,39	9,93		10,20	9,76	10,24					10,10	5	26
27	10,17	10,16		10,44		10,15				9,72	10,13	5	26
28			10,73		10,50						10,61	2	16
31	9,90	9,96				9,81					9,85	4	9
33			10,47								10,47	1	—
35					10,29			10,12			10,20	2	12
36										9,84	9,84	1	—
37			10,37			9,73		10,25			10,12	3	35
38					10,34		9,91			10,20	10,15	3	22
39			10,19			9,90		10,90			10,33	3	51
41					10,51		10,51			10,03	10,35	3	28
43			10,29					10,39			10,34	2	7
44										9,98	9,98	1	—
45							10,66				10,66	1	—
46								10,14		10,02	10,08	2	8
47							9,41				9,41	1	—
50							10,20	10,25			10,22	2	4
54							10,12				10,12	1	—
56								10,25	10,35		10,30	2	7
57										9,63	9,63	1	—
59								10,08	10,39		10,23	2	22
62									10,51		10,51	1	—
63								10,14			10,14	1	—
65										9,72	9,72	1	—
Mittel	10,25	10,25	10,18	10,26	10,21	10,07	10,06	10,28	10,24	9,91	10,17	2,3	$\pm 0,24$
n_a	9	9	9	9	9	9	6	9	4	9	8,2	82	
m_a	$\pm 0,34$	$\pm 0,40$	$\pm 0,38$	$\pm 0,21$	$\pm 0,31$	$\pm 0,31$	$\pm 0,45$	$\pm 0,25$	$\pm 0,35$	$\pm 0,17$	$\pm 0,32$		

nen gegeben. Es bedeuten dort ferner p die Anzahl der mehrmals beobachteten Paare und n'_p die Anzahl der auf sie fallenden Beobachtungen.

	Zürich	Bern	Gurten
m_a	$\pm 0,46$	$\pm 0,39$	$\pm 0,32$
m_p	$\pm 0,45$	$\pm 0,37$	$\pm 0,24$
p	7	14	24
n'_p	24	46	70

Aus den m_u und noch deutlicher aus den m_p der drei Stationen ersieht man eine beträchtliche Verbesserung der Genauigkeit der Beobachtungen mit der Zeit, was wohl mit der zunehmenden Übung des Beobachters zusammenhängen mag.

6. Ableitung der Polhöhen.

Die nach der Methode der Beobachtung des Durchganges eines polnahen Sterns in der größten Digression ermittelten Schraubenwerte (Seite 86) zeigen so erhebliche Unterschiede, dass es nicht ratsam erschien, diese Werte als endgültig zu betrachten. Mittelt man z. B. die so gefundenen Schraubenwerte mit den durch ihre m. F. ausgewiesenen Gewichten, so ist der m. F. dieses Mittels $\pm 0,23\%$ des Schraubenwertes. Das Gewichtsmittel der Polhöhenwerte erführe aus dieser Unsicherheit einen Beitrag zu dessen m. F. von $\pm 0,05$ für Bern bzw. $\pm 0,09$ für Gurten. Diese Fehlerbeiträge könnten herabgemindert werden, wenn man so viele Paare wegliesse, bis die Summe der Zenitdistanzdifferenzen nahezu oder ganz verschwände. Das würde für Bern die Preisgabe von mindestens 6 (12,5%), für Gurten von mindestens 11 (13,4%) Paaren erfordern.

Es lag daher nahe, den Schraubenwert neben der Polhöhe als Unbekannte in eine Ausgleichung der beobachteten Zenitdistanzdifferenzen einzuführen. Nimmt man für die beiden Unbekannten Näherungswerte φ_0 und R_0 an und bezeichnet die unbekanntenen Verbesserungen mit $\Delta\varphi$ und ΔR , so haben wir die Fehlergleichungen

$$v = \Delta\varphi - \frac{1}{2}(m_E - m_W)\Delta R + (\varphi_0 - \varphi_b).$$

Das Gewicht der Beobachtungen ergibt sich aus den beiden Fehlerquellen: Unsicherheit der Deklination und der Beobachtung. Der Fehlerbeitrag aus den Deklinationsunsicherheiten wurde nach den Angaben des Boss-Kataloges für die Epoche 1938,7 berechnet. Ist ϵ_S bzw. ϵ_N der wahrscheinliche Fehler des südlichen bzw. nördlichen Sterns zu dieser Epoche, so findet man den (mittleren) Fehlerbeitrag aus der Unsicherheit der Deklination nach der Formel

$$m_b^2 = \frac{1,4826^2}{4} (\epsilon_S^2 + \epsilon_N^2).$$

Ist das Paar n_p mal beobachtet worden, so ergibt sich der m. F. der gemittelten Polhöhen dieses Paares aus

$$\mu^2 = \frac{m_p^2}{n_p} + 0,54952 (\epsilon_S^2 + \epsilon_N^2).$$

Die Berechnung der m_b^2 , der μ^2 und der Gewichte $p = \frac{1000}{\mu^2}$ der Paarmittel ist in der Tabelle 8 dargestellt.

Bestimmung der Gewichte der Polhöhenbeobachtungen.

(Einheit der Fehlermaße 0,01; $m_p^2 = 1342,8$ Bern)
 ($m_p^2 = 596,1$ Gurten)

Tabelle 8.

Paar	Stern Nr.	ϵ^2	$\epsilon_s^2 + \epsilon_x^2$	m_D^2	Station	n	$m_p^2 : n$	μ^2	p
4	22 135	302,0	449,2	246,8	Bern	3	447,6	694,4	1,44
	251	147,2			Gurten	—	—	—	—
6	662	92,0	1274,0	700,1	Bern	4	335,7	1035,8	0,97
	782	1182,0			Gurten	—	—	—	—
7	715	394,6	436,0	239,6	Bern	1	1342,8	1582,4	0,63
	871	41,4			Gurten	—	—	—	—
10	23 073	79,0	667,4	366,7	Bern	5	268,6	635,3	1,57
	229	588,4			Gurten	—	—	—	—
11	302	23,4	284,1	156,1	Bern	1	1342,8	1493,9	0,67
	564	260,7			Gurten	2	298,0	454,1	2,20
12	651	604,1	630,5	346,5	Bern	4	335,7	682,2	1,47
	726	26,4			Gurten	3	198,7	545,2	1,83
14	939	1510,8	1597,2	877,7	Bern	4	335,7	1213,4	0,82
	24 059	86,4			Gurten	2	298,0	1175,7	0,85
16	093	126,2	185,5	101,9	Bern	2	671,4	773,3	1,29
	342	59,3			Gurten	2	298,0	399,9	2,50
17	253	84,7	352,0	193,4	Bern	2	671,4	864,8	1,16
	428	267,3			Gurten	2	298,0	491,4	2,04
18	495	241,9	445,9	245,0	Bern	5	268,6	513,6	1,95
	607	204,0			Gurten	3	198,7	443,7	2,25
19	554	935,5	2491,8	1369,3	Bern	—	—	—	—
	848	1556,3			Gurten	3	198,7	1568,0	0,64
20	916	23,2	523,6	287,7	Bern	4	335,7	623,4	1,60
	25 025	500,4			Gurten	1	596,1	883,8	1,13
21	24 973	161,4	1318,4	724,5	Bern	2	671,4	1395,9	0,72
	25 145	1157,0			Gurten	3	198,7	923,2	1,08
22	233	143,8	628,0	345,0	Bern	5	268,6	613,6	1,63
	406	494,2			Gurten	5	119,2	464,2	2,15
23	553	228,6	290,7	159,7	Bern	2	671,4	831,1	1,20
	635	62,1			Gurten	5	119,2	278,9	3,59
24	705	134,0	240,6	132,2	Bern	—	—	—	—
	837	106,6			Gurten	1	596,1	728,3	1,37
25	757	113,4	357,0	196,2	Bern	2	671,4	867,6	1,15
	906	243,6			Gurten	5	119,2	315,4	3,17
27	26 059	212,8	282,0	155,0	Bern	—	—	—	—
	169	69,2			Gurten	5	119,2	274,2	3,64
28	074	264,0	402,0	220,9	Bern	2	671,4	892,3	1,12
	266	138,0			Gurten	2	298,0	518,9	1,93
31	290	41,4	278,1	152,8	Bern	—	—	—	—
	454	236,7			Gurten	4	149,0	301,8	3,31

Tabelle 8 (Fortsetzung).

Paar	Stern Nr.	ϵ^2	$\epsilon_s^2 + \epsilon_x^2$	m_D^2	Station	n	$m_p^2 : n$	μ^2	p
33	26 449	67,0	967,2	531,5	Bern	—	—	—	—
	562	900,2			Gurten	1	596,1	1127,6	0,89
35	475	45,1	617,6	339,4	Bern	—	—	—	—
	670	572,5			Gurten	2	298,0	637,4	1,57
36	537	83,8	385,0	211,6	Bern	—	—	—	—
	792	301,2			Gurten	1	596,1	807,7	1,24
37	739	390,0	432,5	237,7	Bern	—	—	—	—
	846	42,5			Gurten	3	198,7	436,4	2,29
38	864	251,7	499,5	274,5	Bern	—	—	—	—
	960	247,8			Gurten	3	198,7	473,2	2,11
39	947	17,4	141,8	77,9	Bern	—	—	—	—
	27 070	124,4			Gurten	3	198,7	276,6	3,62
41	068	110,0	155,8	85,6	Bern	—	—	—	—
	213	45,8			Gurten	3	198,7	284,3	3,52
43	252	443,3	514,1	282,5	Bern	—	—	—	—
	369	70,8			Gurten	2	298,0	580,5	1,72
44	294	958,5	1317,3	723,9	Bern	—	—	—	—
	401	358,8			Gurten	1	596,1	1320,0	0,76
45	305	41,8	1731,8	951,7	Bern	—	—	—	—
	430	1690,0			Gurten	1	596,1	1547,8	0,65
46	498	627,5	913,5	502,0	Bern	—	—	—	—
	641	286,0			Gurten	2	298,0	800,0	1,25
47	571	74,4	198,8	109,2	Bern	—	—	—	—
	724	124,4			Gurten	1	596,1	705,3	1,42
50	858	73,0	133,7	73,5	Bern	—	—	—	—
	28 071	60,7			Gurten	2	298,0	371,5	2,69
54	160	101,6	483,8	265,9	Bern	—	—	—	—
	261	382,2			Gurten	1	596,1	862,0	1,16
56	304	96,8	181,1	99,5	Bern	—	—	—	—
	378	84,3			Gurten	2	298,0	397,5	2,52
57	379	366,8	430,4	236,5	Bern	—	—	—	—
	456	63,6			Gurten	1	596,1	832,6	1,20
59	574	283,0	514,2	282,6	Bern	—	—	—	—
	669	231,2			Gurten	2	298,0	580,6	1,72
62	854	89,0	162,7	89,4	Bern	—	—	—	—
	975	73,7			Gurten	1	596,1	685,5	1,46
63	865	108,2	153,4	84,3	Bern	—	—	—	—
	29 066	45,2			Gurten	1	596,1	680,4	1,47
65	065	453,8	624,4	343,1	Bern	—	—	—	—
	219	170,6			Gurten	1	596,1	939,2	1,06

Die Ausgleichung der mit diesen Gewichten versehenen Zenitdistanzdifferenzen ergab die nachfolgend zusammengestellten Schraubenwerte und Polhöhen und deren m. F. Die ausgeglichenen Polhöhen sind noch auf den mittleren Pol zu reduzieren, was mit Hilfe der von dem internationalen Breitendienst gegebenen Koordinaten des Momentanpoles im Jahre 1938 sowohl rechnerisch als auch graphisch erfolgte.

Die Polhöhen der Zentra der Stationen erhalten wir mittels der Zentrierungsmasse der Stationen. Als Zentrum gilt in Zürich der Kern'sche Meridiankreis der Eidgenössischen Sternwarte ¹⁾, in Bern der durch einen Stein versicherte, als Ursprung der Landesvermessung geltende, 1869 entfernte Meridiankreis der ehemaligen Sternwarte ²⁾ und auf dem Gurten der trigonometrische Hauptpunkt „Gurten Ost (B)“ ³⁾.

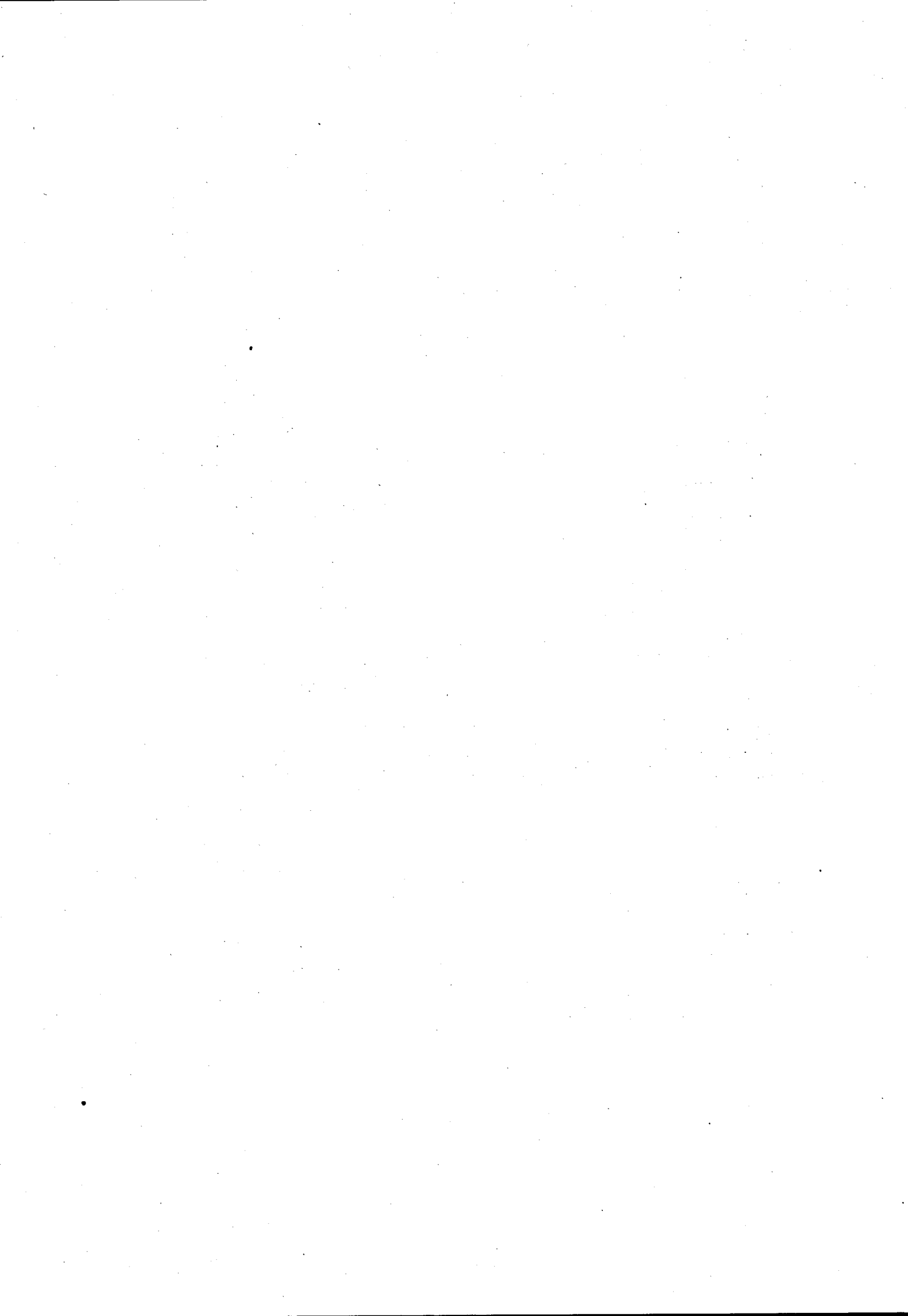
Ableitung der Endergebnisse.

	Zürich	Bern	Gurten
Ausgeglichener Schraubenwert m. F. des Schraubenwertes	78,77 ± 0,03	78,75 ± 0,02	78,77 ± 0,01
Ausgeglichene Polhöhe des Pfeilers Reduktion auf den mittleren Pol Zentrierung	47° 22' 38,96 - 0,05 - 0,47	46° 57' 7,19 - 0,08 + 0,78	46° 55,10,13 - 0,12 - 0,10
<u>Polhöhe des Zentrums</u> m. F. der Polhöhe	<u>47° 22' 38,44</u> ± 0,10	<u>46° 57' 7,89</u> ± 0,07	<u>46° 55' 9,91</u> ± 0,04

¹⁾ Situation siehe Band XXII, Tafel 4.

²⁾ Situation Seite 50.

³⁾ Situation Seite 51.



Adressen

der Mitglieder der Schweizerischen Geodätischen Kommission.

Präsident: Professor Dr. Ing. h. c. C. F. BÄSCHLIN, Zollikon bei Zürich.

Vizepräsident und 1. Sekretär: Professor Dr. TH. NIETHAMMER, Direktor der Astronomisch-meteorologischen Anstalt der Universität Basel, Binningen bei Basel.

2. Sekretär: M. le professeur G. TIERCY, directeur de l'observatoire de Genève, Genève.

Kassier: Dipl. Ing. Dr. h. c. H. ZELLY, Chefingenieur an der Eidgenössischen Landestopographie, Wabern/Bern.

Professor Dr. W. BRUNNER, Direktor der Eidgenössischen Sternwarte in Zürich.

Dr. F. GASSMANN, a. o. Professor für Geophysik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich.

Dipl. Ing. M. DE RÊMY, Sektionschef an der Eidgenössischen Landestopographie, Wabern/Bern.

Dienstliche Postsendungen sind erbeten an den Präsidenten oder an die Sekretäre.

Zusendungen von Veröffentlichungen an die Adresse:

Schweizerische Geodätische Kommission, p. Adr. Eidgenössische Landestopographie,
Wabern/Bern.

Pour les correspondances officielles, adresser au président ou aux secrétaires.

Pour les envois de publications:

Commission géodésique suisse, p. adr. Service topographique fédérale, Wabern/Bern.

Bisherige Publikationen der Schweizerischen Geodätischen Kommission (zu beziehen durch den Kartenverlag der Eidgenössischen Landestopographie in Wabern/Bern):

Wolf, Dr. Rud., Geschichte der Vermessungen in der Schweiz, als historische Einleitung zu den Arbeiten der Schweiz. geodätischen Kommission bearbeitet. Mit einem Titelbilde. Zürich 1879, in 4°. Fr. 10.—

Das schweizerische Dreiecknetz, herausgegeben von der Schweiz. geodät. Kommission:

- I. Band. Die Winkelmessungen und Stationsausgleichungen. Zürich 1881, in 4°. Fr. 10.—
- II. Band. Die Netzausgleichung und die Anschlussnetze der Sternwarten und astronomischen Punkte. Zürich 1885, in 4°. Fr. 10.—
- III^{me} Vol. La mensuration des bases. Lausanne 1888, in 4°. Fr. 10.— (vergriffen).
- IV. Band. Die Anschlussnetze der Grundlinien. Zürich 1889, in 4°. Fr. 10.—
- V. Band. Astronomische Beobachtungen im Tessiner Basisnetze, auf Gäbris und Simplon; definitive Dreieckseitenlängen; geographische Koordinaten. Mit einer Karte. Zürich 1890, in 4°. Fr. 10.—
Als Separatabdruck aus Bd. V: Definitive Seitenlängen und geographische Koordinaten der Punkte des schweiz. Dreiecknetzes und der Anschlussnetze. Mit einer Karte. Zürich 1890, in 4°. Fr. 2.—
- VI. Band. Lotabweichungen in der Westschweiz. Mit einer Tafel. Zürich 1894, in 4°. Fr. 10.—
- VII. Band. Relative Schwerebestimmungen. I. Teil. Mit 3 Tafeln. Zürich 1897, in 4°. Fr. 10.—
- VIII. Band. Lotabweichungen in der mittleren und nördlichen Schweiz. Mit einer Tafel. Zürich 1898, in 4°. Fr. 10.—
- IX. Band. Polhöhen- und Azimutmessungen. Das Geoid der Schweiz. Mit vier Tafeln. Zürich 1901, in 4°. Fr. 10.—

Die Fortsetzung unter dem Titel: **Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz.**

- X. Band. Relative Lotabweichungen gegen Bern und telephonische Uhrvergleichen am Simplon. Mit zwei Karten und zwei Tafeln. Zürich 1907, in 4°. Fr. 15.—
- XI^{me} r. Vol. Mesure de la base géodésique du tunnel du Simplon. Avec 35 figures. Zurich 1908, in 4°. Fr. 10.—
- XII. Band. Schwerebestimmungen in den Jahren 1900—1907. — Das Nivellements-polygon am Simplon. Mit 13 Tafeln. Zürich 1910, in 4°. Fr. 15.—
- XIII. Band. Polhöhen- und Schwerebestimmungen bis zum Jahre 1910. Mit fünf Tafeln und einer Karte. Zürich 1911, in 4°. Fr. 12.—
- XIV. Band. Telegraphische Bestimmung der Längenunterschiede zwischen schweizerischen Sternwarten 1912—1914. Zürich 1915, in 4°. Fr. 10.—
- XV. Band. Schwerebestimmungen in den Jahren 1911—1914. Mit fünf Tafeln und einer Karte. Zürich 1916, in 4°. Fr. 10.—
- XVI. Band. Schwerebestimmungen in den Jahren 1915—1918. Mit einer Textfigur, acht Tafeln und einer Karte. Basel 1921, in 4°. Fr. 9.—
- XVII^{me} Vol. Déviations de la Verticale et Isostasie. Avec 3 figures et 2 planches. Bâle 1925, in 4°. Fr. 8.—
- XVIII. Band. Telegraphische Bestimmung der Längenunterschiede zwischen schweizerischen Stationen 1919—1923. Mit 6 Figuren und 1 Karte. Basel 1929, in 4°. Fr. 10.—
- XIX. Band. Das astronomische Nivellement im Meridian des St. Gotthard. I. Die beobachteten Lotabweichungen. Mit 8 Figuren und 1 Karte. Basel 1932, in 4°. Fr. 10.—
- XX. Band. Das astronomische Nivellement im Meridian des St. Gotthard. II. Die berechneten Geoiderhebungen und der Verlauf des Geoidschnittes. Mit 2 Figuren, 1 Tafelbeilage und 28 Tafeln in besonderem Umschlag. Brugg 1939, in 4°. Fr. 12.—
- XXI. Band. Bestimmung von Längenunterschieden erster Ordnung mit drahtloser Uhrvergleichen in den Jahren 1924—1930. Mit 10 Abbildungen. Brugg 1936, in 4°. Fr. 12.—
- XXII. Band. I. Das Geoidprofil im Parallelkreis der Eidgenössischen Sternwarte zu Zürich. Mit 2 Abbildungen, 6 Tafeln, 1 Karte und 1 Beilage. II. Die Aufnahme rhythmischer Zeitzeichen mit Hilfe der Methode des Koizidenzen-Bildes. Mit 2 Abbildungen. Brugg 1944, in 4°. Fr. 12.—
- XXIII. Band. I. Die Basis-Messung und das Basis-Anschlussnetz von Ostermundigen 1913. Mit 13 Abbildungen. II. Bestimmung der Längendifferenz zwischen dem Koordinaten-Nullpunkt der Schweizerischen Landesvermessung und dem Trigonometrischen Hauptpunkt „Gurten Ost (B)“. Mit 2 Abbildungen. III. Bestimmung der Polhöhe des Koordinaten-Nullpunktes der Schweizerischen Landesvermessung und des Trigonometrischen Hauptpunktes „Gurten Ost (B)“. Brugg 1945, in 4°. Fr. 12.—

Nivellement de précision de la Suisse. Livraison I—X. 1867—1891 in 4°. Chaque livraison Fr. 3.— (Livraison I vergriffen.)

Catalogue des Hauteurs suisses. Second volume (X^e Livr.) de « Nivellement de précision de la Suisse ». 1901, in 4°. Fr. 3.—

Bericht der Abteilung für Landestopographie an die schweizerische geodätische Kommission über die Arbeiten am Präzisionsnivellement der Schweiz in den Jahren 1893—1903. Bearbeitet von Dr. J. Hilfiker. Mit einer Übersichtskarte. Zürich 1905, in 4°. Fr. 2.50.

Nivellement und Schwere als Mittel zur Berechnung wahrer Meereshöhen. Von Th. Niethammer. Mit 6 Figuren und 25 Tafeln. Basel 1932, in 4°. Fr. 8.—