

Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz

herausgegeben von der

Schweizerischen Geodätischen Kommission

(Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft)

Sechszwanzigster Band

Lotabweichungen, Geoid und Meereshöhen
in den Schweizer Alpen

bearbeitet von N. Wunderlin.

Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz

herausgegeben von der

Schweizerischen Geodätischen Kommission

(Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft)

Sechszwanzigster Band

Lotabweichungen, Geoid und Meereshöhen
in den Schweizer Alpen

bearbeitet von N. Wunderlin

1967

Inhaltsverzeichnis

<i>Einleitung</i>	9
1. Die Höhenwinkelbeobachtungen	
1.1 Allgemeines	11
1.2 Bemerkungen zum Koordinatenverzeichnis	11
1.3 Bemerkungen zu den Tabellen der Beobachtungsergebnisse	12
1.4 Bemerkungen zu den Beobachtungen	12
Koordinatenverzeichnis	15
Beobachtungsergebnisse	33
2. Die astronomischen Lotabweichungsbestimmungen	
2.1 Einleitung	67
2.2 Übernommene ältere Lotabweichungsbestimmungen	67
2.3 Längenbestimmungen	68
2.3.1 Längenbestimmungen aus Meridiandurchgängen, von <i>H. Müller</i>	68
2.3.2 Längenbestimmungen nach Zinger, von <i>W. Keller</i>	77
2.4 Breitenbestimmungen nach Sterneck, von <i>H. Müller</i>	87
2.5 Azimutbestimmungen mit Polaris, von <i>W. Fischer</i>	97
2.6 Die Lotabweichungen	105
3. Die Auswertung	
3.1 Grundlagen	114
3.1.1 Allgemeines	114
3.1.2 Die Höhendifferenzformel	114
3.1.3 Die Fehlergleichungen für Lotabweichungen und ellipsoidische Höhen	116
3.1.4 Das Algol-Programm	117
3.1.5 Die Fehlergleichungen für geoidische Höhen	117
3.1.6 Die Berücksichtigung der Lotkrümmung	118
3.2 Die Durchführung der Ausgleichungen	119
3.2.1 Allgemeines	119
3.2.2 Die Ausgleichungen für ellipsoidische Höhen und Lotabweichungen	119
3.2.3 Untersuchungen über möglichst günstige Zahl und Anordnung der astronomisch bestimmten Lotabweichungen	121
3.2.4 Die Ausgleichungen für geoidische Höhen	121
3.3 Resultate	122
3.3.1 Ausgleichungen von Höhenwinkeln für ellipsoidische Höhen und Lotabweichungen	122
3.3.2 Untersuchungen über Zahl und Anordnung der astronomisch bestimmten Lotabweichungen	123
3.3.3 Ausgleichungen von Höhendifferenzen für geoidische Höhen	124
3.3.4 Berechnung der Geoiderhebungen und Zusammenstellung der Resultate	124
3.4 Bemerkungen zu den Resultaten	125
3.4.1 Die Beobachtungsfehler der Höhenwinkel	125
3.4.2 Die Verbesserungen der Höhenwinkel aus den Ausgleichungen für Lotabweichungen und ellipsoidische Höhen	125
3.4.3 Die Gewichtsannahme für die Höhenwinkel	126
3.4.4 Die Lotabweichungen mit ihren mittleren Fehlern und die mittleren Fehler der ellipsoidischen Höhendifferenzen	127
3.4.5 Netzaufbau und Anzahl und Verteilung der Punkte mit astronomisch bestimmter Lotabweichung	127
3.4.6 Die Lotkrümmungen	128
3.4.7 Die mittleren Fehler der geoidischen Höhen	128
3.4.8 Bemerkungen zur Refraktion	129
3.5 Gesamtergebnis	129
<i>Verzeichnis der zitierten Literatur</i>	135
<i>Tabellen</i>	137
<i>Beilagen</i>	149

Vorwort

Die Schweizerische Geodätische Kommission hat seit Jahrzehnten als eine ihrer Hauptaufgaben – vielleicht als ihre wichtigste, wenn auch nicht immer als ihre dringlichste – die Bestimmung des Geoides im Gebiet der Schweiz betrachtet. Vor mehr als einem Jahrhundert schon ist vermutet worden, dass das Geoid gegenüber einem für die Schweiz gut gelagerten Ellipsoid unter dem Jura und unter den Alpen aufgewölbt sein müsse, während es unter dem Mittelland tiefer als dieses Ellipsoid liege. Man vermutete zudem, dass die Beträge der Geoidundulationen hier beträchtlicher sein würden als irgendwo sonst in Europa, weil die höchsten Erhebungen der Alpen und die grössten Gegensätze in der Oberflächengestaltung im Gebiet der Schweiz auftreten. Ziel mancher Studien der Schweizerischen Geodätischen Kommission war daher seit langem, die Grösse des Aufwölbens und des Absinkens des Geoides zu bestimmen. Später sollte das durch diese Untersuchungen ermittelte kleine Geoidstück Bestandteil eines europäischen Geoides bilden, sobald in den Nachbarländern ähnliche Messungen und Ergebnisse vorliegen. Mag vielleicht auch das Geoid in den neuesten Studien zur theoretischen Geodäsie gegenüber früheren Erkenntnissen an Bedeutung verloren haben, so wird es doch nach wie vor die Fläche bleiben, auf die sich sinnvolle Meereshöhen, die mit den physikalischen Erscheinungen auf der Erdoberfläche in Übereinstimmung sind, beziehen müssen. Untersuchungen über das Geoid dürfen daher nach wie vor als wertvoll betrachtet werden.

Die erste grosse Untersuchung über das Geoid in der Schweiz war die Messung und Berechnung des astronomischen Nivellementes im Meridian des St. Gotthard. Die astronomischen Beobachtungen erfolgten in den Jahren 1916–1918. Sie sind im Band XIX der «Astronomisch-geodätischen Arbeiten in der Schweiz», der im Jahr 1932 erschien, publiziert. Der Band XX dieser Publikationsreihe enthält die zugehörigen Berechnungen; er konnte erst im Jahre 1939 herausgegeben werden. Die lange Zeitspanne zwischen Beobachtungen und Berechnung ist darauf zurückzuführen, dass für zahlreiche nicht beobachtete Punkte die Lotabweichungen aus Massen berechnet werden mussten und dass zudem durch ähnliche Rechnungen der Nichtparallelität der Niveauflächen Rechnung getragen wurde. Der bedeutende Aufwand an Rechnung hat sich jedoch gelohnt. Erstmals gewann man in diesem Meridianprofil quer zu Jura und Alpen zuverlässige Angaben über die Geoidform im grossen und im kleinen, und erstmals auch konnte am praktischen Beispiel gezeigt werden, dass im Gebirge bei derartigen Untersuchungen die Nichtparallelität der Niveauflächen berücksichtigt werden muss.

Dieser ersten Untersuchung im Meridian des St. Gotthard folgte eine zweite im Parallelkreis der Sternwarte von Zürich. Die Beobachtungen wurden in den Jahren 1934–1936 durchgeführt. Ihre Publikation, zusammen mit den Ergebnissen der Berechnung, bildet den Inhalt von Band XXII, der im Jahre 1944 herausgegeben wurde. Das Geoidprofil im Meridian des St. Gotthard hatte ein sehr starkes Absinken des Geoides in der Gegend von Locarno gezeigt. Eine Fortsetzung der Untersuchungen in diesem Meridianprofil in den Raum südlich von Locarno erschien besonders interessant. Um alle Beobachtungen auf schweizerischem Territorium durchführen zu können, wählte man zur Fortsetzung des bei Locarno endenden Gotthardprofils den Meridian von Lugano. Die hier ausgeführten Beobachtungen wurden durch ein Profil im Parallelkreis von Locarno mit dem Profil des St. Gotthard verbunden. Das bereits in Locarno festgestellte sehr starke Absinken des Geoides wurde bestätigt. Über diese Untersuchung wurde in Band XXIV der «Astronomisch-geodätischen Arbeiten in der Schweiz» berichtet.

Nach Fertigstellung dieser Arbeiten beabsichtigte die Kommission, weitere Profile quer zu Jura, Mittelland und Alpen ähnlich wie das des St. Gotthard zu untersuchen. Vorgesehen waren Messungen im Meridian des Grossen St. Bernhard und im Meridian des Julier. Zur Ausführung dieser Projekte kam es jedoch nicht, weil man sich wohl mit Recht vor der kaum übersehbaren Arbeit fürchtete. Man hoffte, eine Methode zu finden, bei der die astronomischen Beobachtungen auf Hochgebirgsgipfeln wegfielen oder wenigstens stark reduziert werden konnten.

Angeregt durch die Studien von *R. Finsterwalder*, beschloss die Schweizerische Geodätische Kommission im Jahr 1950, einen Versuch mit der Methode gegenseitiger Zenitdistanzen zu unternehmen. Im Flachland ist sie zweifellos nicht anwendbar, weil die Refraktion nicht genau genug erfasst werden kann. Die Publikationen von *R. Finsterwalder* und eigene Erfahrungen der Kommission berechtigten jedoch zur Annahme, dass bei freien Visuren im Hochgebirge die Refraktionsschwankungen nur gering sein würden und dass daher die beobachteten Winkel vom Refraktionseinfluss befreit werden könnten.

Der erwähnte Versuch wurde in einem Stück des Gotthardprofils durchgeführt. Er sollte zeigen, mit welcher Genauigkeit das aus astronomischen Beobachtungen hergeleitete Geoid mit dem aus Zenitdistanzen bestimmten übereinstimmte, um so Einblick in die Anwendbarkeit der Methode zu gewinnen. Die Höhenwinkelbeobachtungen besorgten während des Sommers 1950 die Herren *A. Charles* und *E. Hauser*, Ingenieure der Eidgenössischen Landestopographie. Beide Herren sowie der Unterzeichnete führten Berechnungen durch. Diese zeigten einerseits eine bemerkenswerte Übereinstimmung zwischen den Geoidprofilen aus den älteren astronomischen Beobachtungen und aus den neueren Zenitdistanzmessungen. Sie gaben andererseits einen ersten Aufschluss über die wünschbare Distanz zwischen Punkten mit astronomischen Beobachtungen, in die Punkte mit beobachteten Zenitdistanzen eingeschaltet werden. Über diesen Versuch im Meridian des St. Gotthard wurde in der Schrift von *F. Kobold*, «Die Bestimmung der Lotabweichungskomponenten im Meridian des St. Gotthard aus Höhenwinkelmessungen – Annexe au procès-verbal de la 95^e séance de la Commission géodésique suisse», Neuchâtel 1951, berichtet.

Die günstigen Ergebnisse dieses ersten Versuchs veranlassten die Schweizerische Geodätische Kommission, für ein grösseres Gebiet das Geoid nach der Methode der Zenitdistanzen mit einzelnen astronomischen Punkten zu bestimmen. Gewählt wurde die Gegend zwischen Spiez am Thunersee (668 m) und Brig (681 m), weil sich hier Teile der höchsten Gebirge der Schweiz befinden und weil eine grössere Zahl hoher Punkte mit Bergbahnen leicht erreichbar ist. Zudem konnten einige bereits früher astronomisch bestimmte Punkte in das Netz einbezogen werden. Hatte man im Gotthardmeridian nach der Profilmethode gearbeitet, so ging man im Berner Oberland zur Flächenmethode über. Die Beobachtungen im Netz Spiez–Brig erfolgten in den Jahren 1953, 1955 und 1956. Sie befriedigten in so hohem Masse, dass die Kommission den Beschluss fasste, an dieses Netz einen Ast in östlicher Richtung durch Oberwallis und Bedrettal anzuschliessen, um auf diese Art das Berner-Oberländer Netz mit dem Gotthardmeridian zu verbinden. Die Höhenwinkel- und astronomischen Beobachtungen wurden in den Sommermonaten der Jahre 1961–1964 durchgeführt, die Berechnungen erfolgten in den Wintermonaten 1964/65. Über den Stand der Arbeiten in den einzelnen Jahren wurde in den «Procès-verbaux» der Schweizerischen Geodätischen Kommission berichtet.

An den Beobachtungen der Höhenwinkel waren in erster Linie die Ingenieure *E. Hauser* und *V. Untersee* der Eidgenössischen Landestopographie sowie die Ingenieure *W. Fischer* und *N. Wunderlin* vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der Eidgenössischen Technischen Hochschule, die sich seit Jahren zur Hauptsache mit den von der Schweizerischen Geodätischen Kommission gestellten Aufgaben befassen, beteiligt. Die astronomischen Beobachtungen und Berechnungen stammen ausser von den beiden zuletzt genannten Herren von *Dr. P. Engi*, einem früheren Ingenieur der Kommission, dipl. Ing. *W. Keller*, dipl. Ing. *F. Klingenberg*, dipl. Ing. *F. Knoll*, Prof. *Dr. H. Müller*, dipl. Ing. *H. Schudel* und dipl. Ing. *H. R. Schwendener*, alle Mitarbeiter des Institutes für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH.

Die sehr umfangreichen Berechnungen besorgte fast ausschliesslich Herr *Wunderlin*. War auch das Vorgehen für die Bestimmung der Lotabweichungen und der verschiedenen Arten von Höhen grundsätzlich bekannt, so folgte der Bearbeiter im einzelnen häufig eigenen neuen Gedanken und bereicherte die ganze Untersuchung durch vertiefte Studien zu Einzelproblemen.

Die Schweizerische Geodätische Kommission ist ihm für die bemerkenswerte Arbeit zu besonderem Dank verpflichtet. Sie steht heute vor dem glücklichen Abschluss von Untersuchungen, die manche Jahre beanspruchten. Mag die Dauer dieser Arbeiten lange erscheinen, so darf nicht übersehen werden, dass der Personalbestand immer gering war. Namentlich aber darf nicht ausser acht gelassen werden, dass fast alle Beobachtungspunkte im Hochgebirge lagen und damit besondere Anstrengungen erforderten. Der höchstgelegene Punkt, auf dem Höhenwinkel gemessen wurden, war die Jungfrau mit 4158 m, und die höchstgelegenen astronomischen Stationen waren die Sphinx mit 3569 m und der nicht leicht zugängliche Basodino mit 3274 m. Trägt man diesen Umständen Rechnung und berücksichtigt man zudem die oft ungünstigen Witterungsverhältnisse im Hochgebirge, so darf man feststellen, dass die im gesamten aufgewendete Zeit verhältnismässig kurz war.

Allen den Herren, die an den Beobachtungen oder Berechnungen mitgewirkt haben, ist die Kommission zu aufrichtigem Dank verpflichtet. Wesentlich unterstützt wurden die Arbeiten durch die Herren Direktoren *S. Bertschmann* und *E. Huber* von der Eidgenössischen Landestopographie. Die Mitarbeit einzelner Ingenieure dieses Amtes hat viel zur Beschleunigung der Arbeiten beigetragen. Dank schulden wir auch der Direktion der Maggia-Werke in Locarno, insbesondere Herrn Direktor *Lüthi* sowie dem Beauftragten, Herrn dipl. Ing. *U. Meier*, für die Bereitschaft zur Koordination ihrer Triangulierungsarbeiten mit unseren Beobachtungen im Gebiet des Nufenenpasses und des Bedrettotales.

Die Untersuchungen der Schweizerischen Geodätischen Kommission über Lotabweichungen, Geoid und Meereshöhen im Berner Oberland, Oberwallis und Bedrettal bilden den Inhalt des vorliegenden Bandes XXVI der Publikationsreihe «Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz». Die Redaktion lag in den Händen von Herrn

Wunderlin. Für einzelne Abschnitte in Teil 2 sind die dort aufgeführten Herren verantwortlich. Dank gebührt den Herren *A. Berchtold* von der Schweizerischen Geodätischen Kommission für seine Mitwirkung bei den verschiedensten Arbeiten seit Beginn der Untersuchungen und *W. Schneibel* vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH für die Gestaltung der Tabellen und Beilagen.

Der Präsident der
Schweizerischen Geodätischen Kommission
Prof. Dr. *F. Kobold*

Einleitung

Die folgende kurze Einleitung möge als gedrängte Übersicht über die Probleme dienen, die zu lösen waren bei den Lotabweichungs- und Geoidbestimmungen aus Höhenwinkeln in den Schweizer Alpen, welche den Inhalt des vorliegenden Bandes XXVI der «Astronomisch-geodätischen Arbeiten in der Schweiz» bilden.

Als diese Arbeiten von der Schweizerischen Geodätischen Kommission auf Initiative von Prof. Dr. *F. Kobold* kurz nach 1950 begonnen wurden, waren erst die Grundgedanken – z. B. aus den Veröffentlichungen von *R. Finsterwalder* [7, 8] –, wie sich Lotabweichungen aus Höhenwinkeln bestimmen lassen, bekannt. Sie lassen sich etwa folgendermassen umreissen.

Nach Umrechnung der beobachteten, sich auf die Lotrichtung im Beobachtungspunkt beziehenden Höhenwinkel auf die zugehörige Normale des Referenzellipsoides lassen sich mit den üblichen Höhendifferenzformeln in aller Strenge ellipsoidische Höhen ableiten. Die für diese Umrechnung der Höhenwinkel auf jedem Stationspunkt benötigten Lotabweichungskomponenten ξ , η müssen zwar auf einer Anzahl von Punkten gegeben sein (etwa aus astronomischen Beobachtungen), können aber auf andern als Unbekannte – meist gemeinsam mit den ebenfalls unbekanntem ellipsoidischen Höhen – bestimmt werden*, sei es schrittweise für Einzelpunkte, sei es gemeinsam für mehrere Punkte, wobei in beiden Fällen überschüssige Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate auszugleichen sind.

Die Geoiderhebungen über dem Referenzellipsoid lassen sich dann – einfacher und korrekter als nach der klassischen Ableitung aus Lotabweichungen in Profilen und Netzen von Profilen – als Differenzen ellipsoidischer und genähert geoidischer Höhen bestimmen. Diese letztern werden nach der üblichen Methode der trigonometrischen Höhenbestimmung erhalten, entweder (in einer ersten Näherung) aus den unkorrigierten beobachteten Höhenwinkeln oder (in besserer Approximation) aus Höhenwinkeln, die mit Hilfe der Lotkrümmungen von der Lotrichtung im Oberflächenpunkt umgerechnet wurden auf die Lotrichtung im zugehörigen Geoidpunkt.

Praktische Erfahrungen auf diesem Gebiet lagen zu jenem Zeitpunkt allerdings erst wenige vor [7, 8, 15], so dass bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Beobachtungen sich noch manche Fragen stellten. Es sei hier auf die wichtigsten hingewiesen.

Vorbereitungen, Netzaufbau:

- Visurlängen
- Anzahl und Verteilung der Visuren auf den Stationen
- Anzahl und Anordnung der Punkte mit astronomisch bestimmten Lotabweichungen

Messung der Höhenwinkel:

- Instrumente
- Signale
- Wiederholungszahlen
- beste Beobachtungszeiten
- meteorologische Beobachtungen

Astronomische Lotabweichungsbestimmungen:

- Instrumente
- Methoden

Auswertung:

- Aufteilung des Gesamtnetzes in Teilnetze oder sogar Einzelpunkte**

* Z. B. aus Beobachtungsgleichungen von der allgemeinen Form

$$d \cdot \operatorname{tg}(\beta + \nu - \cos \alpha \cdot \xi - \sin \alpha \cdot \eta) + (I - S) + (E - R) = H_{\text{Zielp.}} - H_{\text{Stat.}}$$

** Es stand anfänglich noch keine elektronische Rechenanlage zur Lösung grosser Gleichungssysteme zur Verfügung.

- Ausgleichungsprobleme (Form der Fehlergleichungen, Gewichte usw.)
- Behandlung der Refraktion
- Bestimmung und nachherige Einführung der Lotkrümmungen
- Einpassen der geoidischen Höhen in Punkte mit festen – nivellierten oder orthometrischen – Höhen
- Gegenseitige Lagerung von Ellipsoid und Geoid in Höhe

Neben der möglichst vollständigen Darstellung der Beobachtungen und der Zusammenstellung aller Resultate in Tabellen und graphischen Darstellungen bilden daher die Beschreibungen der bei der Behandlung dieser Probleme im vorliegenden praktischen Fall angewendeten Verfahren – die keineswegs immer eigene, neue Lösungen darstellen – den Hauptinhalt dieses Bandes.

Alle diese Arbeiten, von den Vorbereitungen über die Periode der Beobachtungen der Höhenwinkel, der astronomischen Lotabweichungsbestimmungen und der schon bald einsetzenden ersten Auswertungen (vgl. [16, 17]) bis zu der vorliegenden endgültigen Form, erfolgten unter der Leitung von Prof. Dr. *F. Kobold*, dessen ständiger Förderung sie Wesentliches verdanken.

1. Die Höhenwinkelbeobachtungen

1.1 *Allgemeines*

Im folgenden 1. Teil dieses Bandes sind die Resultate der in den Jahren 1953–1964 zum Zwecke der Bestimmung von Lotabweichungen und Geoiderhebungen in den Schweizer Alpen ausgeführten Höhenwinkelbeobachtungen zusammengestellt. Da die Publikation der einzelnen Kreisablesungen oder auch nur der sich daraus ergebenden einzelnen Höhenwinkelwerte wegen ihrer grossen Zahl aus Kostengründen zu weit geführt hätte, sind nur die Mittel aus allen Beobachtungen jeder Visur samt einigen weiteren charakterisierenden Angaben aufgeführt. Ebenso ist aus der grossen Zahl von Thermometer- und Psychrometerablesungen und Feldbuchnotizen über die Witterung, die zu Refraktionsuntersuchungen auf den meisten Stationen vorhanden sind, für jeden Beobachtungstag nur eine minimale Auswahl getroffen worden. Dagegen sind als Ergänzungen der Beobachtungen ein vollständiges Koordinatenverzeichnis aller Stations- und Zielpunkte sowie Netzpläne auf Karten 1 : 100000 (Beilagen 2, 3, 4) und auf einer Übersichtskarte 1 : 250000 (Beilage 1) beigegeben. Endlich sollen einige Flugaufnahmen aus dem Arbeitsgebiet eine Vorstellung der Natur des Geländes vermitteln (S. 131–134).

1.2 *Bemerkungen zum Koordinatenverzeichnis*

Das alphabetische Koordinatenverzeichnis soll alle denkbaren Berechnungen und Korrekturen bei Höhenwinkelmessungen ermöglichen, wie z. B. Berechnungen von Distanzen, Umrechnungen von Höhenwinkeln von exzentrischen Stations- oder Zielpunkten auf zentrische Bezugspunkte, Umrechnungen von verschiedenen Signalthöhen auf eine gemeinsame Bezugsmarke, Berechnungen geographischer Koordinaten für astronomische Stationen usw. Es ist deshalb vollständig, d. h., es umfasst die Koordinaten sämtlicher Stations- und Zielpunkte und, sofern nicht unter diesen schon enthalten, der trigonometrischen Zentren, weiterer Bezugspunkte und endlich der astronomischen Stationen.

Die Punktbeschreibung gibt für jeden Punkt einen Namen; sofern es sich um einen trigonometrischen Punkt I.–III. Ordnung der Schweizerischen Landesvermessung handelt, ist es die offizielle Bezeichnung (mit zwei Ausnahmen: Pfingstegg und Grosse Scheidegg); bei Punkten IV. Ordnung und neu bestimmten Punkten wurden nahe liegende Geländennamen gewählt. Die einzelnen Punkte jeder zusammengehörigen Punktgruppe wurden mit Grossbuchstaben *A*, *B*, ... versehen, mit denen auch die Stations- und Zielpunkte in den Tabellen der Höhenwinkelbeobachtungen bezeichnet sind. Bei demjenigen Punkt einer Gruppe, für den eine Höhenangabe oder Signalthöhen gegeben sind, ist auch der Bezugspunkt, auf den sich diese Werte beziehen, aufgeführt.

Die Koordinaten sind als ebene, rechtwinklige Koordinaten im Projektionssystem der Schweizerischen Landesvermessung auf cm genau angegeben. Wo die Angabe der cm fehlt (bei einigen astronomischen Stationen) bedeutet dies, dass die Station nicht genauer eingemessen wurde.

Die Quellenangabe nennt die Organisation, welche die Koordinaten lieferte. Beim grössten Teil handelt es sich um Punkte der Landstriangulation, deren Koordinaten von der Eidgenössischen Landestopographie (L \oplus T) stammen. Im Raume von Grindelwald wurden die Koordinaten einiger bestehender, aber noch nicht definitiv triangulierter Punkte und dreier Neupunkte von Assistenten des Institutes für Geodäsie und Photogrammetrie und Diplomanden der Abteilung für Vermessung und Kulturtechnik der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) bestimmt. Je ein Neupunkt im Wallis und je ein gerutschter Triangulationspunkt im Bedrettetal wurden neu bestimmt durch die Officine Idrolettriche della Maggia (OFIMA) und die Schweizerische Geodätische Kommission (SGK).

Die Angaben der Kolonne «Höhe» sind die aus den Punktprotokollen entnommenen «Gebrauchshöhen» der Schweizerischen Landesvermessung. Höhenunterschiede zwischen Punkten einer und derselben Punktgruppe sind auf mm oder cm genau angegeben, um Instrumenten- und Signalthöhen einwandfrei auf andere Bezugspunkte umrechnen zu können.

Die Signalhöhen geben die Höhen der drei markantesten Punkte der Signalbretter über dem im Verzeichnis auf der gleichen Linie stehenden Punkt der Punktgruppe (sofern nicht ein anderer Bezugspunkt ausdrücklich bezeichnet ist). Es bedeuten:

UU unterste Kante

MM Signalmitte

OO oberste Kante

Die verschiedenen verwendeten Signaltypen sind in Abschnitt 1.4 beschrieben.

1.3 Bemerkungen zu den Tabellen der Beobachtungsergebnisse

Die Tabellen geben in alphabetischer Reihenfolge für jede Station die folgenden Angaben:

- Stationsbezeichnung
Für Messungen mit lage- oder höhenmässig verschiedener Stationierung oder bei grossem zeitlichem Abstand sind für die gleiche Visur getrennte Mittel gebildet worden. Verschiedene Stationierungsstellen beim gleichen Punkt sind mit Buchstaben *A, B, ...* bezeichnet, welche denjenigen des Koordinatenverzeichnisses entsprechen.
- Instrumentenhöhe
Höhe der Fernrohrkippachse mit Angabe des zur betr. Station gehörenden Höhenbezugspunktes.
- Beobachter
- Instrument
Der überwiegende Teil der Messungen erfolgte mit Sekundentheodoliten der höhern Leistungsstufe Kern DKM3 und Wild T3. 1955 wurden bei astronomischen Lotabweichungsbestimmungen einige Visuren mit dem astronomischen Theodolit Wild T4 beobachtet.
- Datum und Zeit des Beginns und des Endes der Beobachtungen
- Bemerkungen zur Witterung, evtl. Temperatur und relative Feuchtigkeit der Luft

Die eigentlichen Messergebnisse sind in 7 Kolonnen mit den folgenden Bedeutungen aufgeführt (von links nach rechts):

1. Kol. Zielpunktbezeichnung mit den Namen und Buchstaben des Koordinatenverzeichnisses
2. Kol. Signalhöhe, d. h. Höhe des angezielten Punktes über dem zum Zielpunkt gehörenden Höhenbezugspunkt
3. Kol. Mittel aus allen *n* Beobachtungen des betreffenden Höhenwinkels
4. Kol. Mittlerer Fehler dieses Mittels:

$$m_M = \frac{m_B}{\sqrt{n}}$$

5. Kol. Anzahl *n* der einzelnen Messungen
6. Kol. Mittlerer Fehler einer Einzelmessung:

$$m_B = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$$

7. Kol. Schiefe Distanz Stationspunkt → Zielpunkt

Als Ergänzung sind für die 3 Stationen Aeschiallmen, Eggishorn, Nufenenstock in graphischer Darstellung *alle* Einzelbeobachtungen in ihrem zeitlichen Verlauf dargestellt (S. 61–66). Diese 3 Stationen (vgl. Abb. 1, 2, 3, S. 67) wurden nicht im Hinblick auf die Qualität der Messungen ausgewählt, sondern um möglichst viele Beobachter in möglichst verschiedenen Netzteilen, in verschiedenen Jahren und an möglichst vielen Tagen mit sämtlichen verwendeten Instrumententypen «zu Wort» kommen zu lassen. Sie zeigen die üblichen Verhältnisse bezüglich Streuung der Messungen, Übereinstimmung bei verschiedenen Beobachtern und zwischen verschiedenen Tagen, Tagesleistungen usw.

1.4 Bemerkungen zu den Beobachtungen

Das Gesamtnetz ist nicht in einem Zuge und auf einheitliche Art beobachtet worden, sondern zerfällt beobachtungsmässig in 3 deutlich verschiedene Teile.

A Das Netz im Berner Oberland und Aletschgebiet (Spiez–Sphinx–Brig)

Auf Grund der guten Resultate eines ersten Versuches der Lotabweichungsbestimmung aus Höhenwinkeln im «Gott-hardmeridian» [15] entschloss sich die Schweizerische Geodätische Kommission, zwischen Thunersee und Simplon-

pass eine grössere flächenhafte Bestimmung von Lotabweichungen und Geoiderhebungen in Angriff zu nehmen. Wie im «Gotthardmeridian» besorgten Ingenieure der Eidgenössischen Landestopographie die Messung der Höhenwinkel, während die Kommission die hier noch vorzunehmenden astronomischen Lotabweichungsbestimmungen durchführte. Wegen der im «Gotthardmeridian» 1950 festgestellten, im allgemeinen vorzüglichen Konstanz der Refraktion im Verlaufe eines ganzen Tages wurde die äusserst aufwendige gleichzeitige Messung jedes Höhenwinkels auf beiden Endpunkten der Visur aufgegeben. Immerhin wurde angeordnet, dass die Messungen nicht vor etwa 9^h und nicht nach etwa 16^h vorgenommen werden dürften, um im Bereich möglichst konstanter Refraktion zu bleiben. Auch die Signalisierung wurde vereinfacht, indem zentrische, fest aufgestellte Signale vom Typ «Gebirgssignal» mit 40 cm hohen gekreuzten Zielbrettern 2 m über Boden (vgl. Abb. 1, 2, S. 67) benützt wurden, deren untere oder obere Kante angezielt wurde. Die Beobachtungen erfolgten normalerweise auf exzentrischen Standpunkten.

Im Jahre 1953 wurde ein sehr weitmaschiges Netz beobachtet: Spiez-Bühl, Niesen, Aeschialmend, Niederhorn, Briener Rothorn, Sulegg (nicht stationiert), Daube, Männlichen, Lauberhorn, Sphinx bzw. Jungfrauoch-Hotelfels, Jungfrau, Faulberg, Eggishorn, Riederhorn, Rosswald. Die Erfahrungen dieses Jahres zeigten, dass auch im Gebirge Visuren von mehr als etwa 10 km grosse Beobachtungsschwierigkeiten boten und unsichere Werte für die Höhenwinkel ergaben. Deshalb wurde in den Jahren 1955 und 1956 der Netzpunkt Briener Rothorn und damit auch Jungfrauoch-Hotelfels fallengelassen und das verbleibende Netz wesentlich verdichtet. Leider fielen dann aber die beiden Stationen Fusshorn und Dreieckhorn äusserst schlechten Wetterverhältnissen zum Opfer und konnten auch in den folgenden Jahren nicht mehr erledigt werden. Bei allen diesen Beobachtungen wurde die Lufttemperatur gemessen.

B Das Netz im Oberwallis (Goms) und obersten Tessintal (Val Bedretto)

Im Jahre 1961 wurde durch das Kraftwerkconsortium Officine Idroelettriche della Maggia (OFIMA) im Gebiet Griesgletscher–Nufenenpass–Bedrettototal–oberstes Bavonatal eine Neutriangulierung durchgeführt. Die Schweizerische Geodätische Kommission benützte die Gelegenheit, von der erstellten Signalisierung und einer möglichen Arbeitsteilung bei gleichzeitiger Beobachtung von Lage- und Höhenwinkeln Nutzen zu ziehen und eine Verbindung der Geoidbestimmungen im Berner Oberland und Aletschgebiet mit dem Geoidprofil im «Gotthardmeridian» herzustellen. Daraus entstand das Verbindungsnetz vom Eggishorn bis Airolo, dessen östliche Hälfte im Jahre 1961, zum Teil in Zusammenarbeit mit der OFIMA, dessen westliche Hälfte im folgenden Jahr durch die Schweizerische Geodätische Kommission allein beobachtet wurde. – Weil die «Gebirgssignale» bei grösseren Distanzen für Höhenwinkelmessungen nicht völlig befriedigt hatten, kam in diesem Netzteil ein grösserer Signaltyp zur Verwendung mit 3 übereinander angebrachten, je gekreuzten Brettern von 30 cm, 25 cm, 30 cm Breite, die aus jeder Blickrichtung ein völlig symmetrisches Bild boten und deshalb normalerweise ebenfalls «symmetrisch», d. h. bei *MM* (Mitte des mittleren Brettes oder – bei bestimmten Blickrichtungen – der entsprechenden Lücke), angezielt wurden (vgl. Abb. 3, 4, S. 67). Im Hinblick auf allfällige Refraktionsuntersuchungen wurden in diesem Netzteil mit Schleuderpsychrometern die Lufttemperatur und der Dampfdruck während der Winkelmessungen bestimmt und zudem Notizen über Bewölkungsgrad und Windstärke gemacht.

C Das Erweiterungsnetz von Grindelwald

In den Jahren 1961 und 1962 beobachteten Diplomanden der Abteilung für Kulturtechnik und Vermessung der Eidgenössischen Technischen Hochschule unter Mithilfe von Assistenten des Institutes für Geodäsie und Photogrammetrie im Talkessel von Grindelwald ein Triangulationsnetz, das sich als Fortsetzung des Berner-Oberländer Höhennetzes eignete und in dem deshalb auch die Höhenwinkel gemessen wurden, allerdings nicht mit den hohen Wiederholungszahlen der Jahre 1953, 1955, 1956 im Netz Spiez–Sphinx–Brig. Die Messungen erfolgten meist exzentrisch. Als Signale wurden 1961 die unter A erwähnten «Gebirgssignale» verwendet, während 1962 die in B beschriebenen Signale benützt wurden. Meteorologische Messungen wurden nicht ausgeführt. Zwei Visuren (Lauberhorn → Eigerwand und Burg → Eigerwand) wurden 1964 anlässlich astronomischer Lotabweichungsbestimmungen auf Lauberhorn wiederholt bzw. nachgeholt. Sie sind hier ebenfalls aufgeführt. Für die Verbindung der Nachbarpunkte Daube und Schynige Platte – erwünscht zum Zusammenschluss mit dem Netzteil A – konnten zwei gegenseitige Höhenwinkelbeobachtungen der Landestriangulation aus früheren Jahren verwendet werden.

In der Tabelle der nächsten Seite sind die wichtigsten Merkmale der verschiedenen Netzteile zusammengestellt.

Der Netzteil C ist nicht mit den Netzen A und B vergleichbar. Es wurden hier durchschnittlich nur 4 Winkelmessungen pro Visur ausgeführt, gegenüber dem etwa Vierfachen in A und B, weil gleichzeitig noch Horizontalwinkel und Richtungen beobachtet wurden und auch weil es sich nicht um geübte Beobachter handelte (Studenten).

	A Spiez-Brig 1953/55/56	B Eggishorn- Airolo 1961/62	C Grindelwald 1961/62/64	Gesamtnetz 1953-64
Visuren*	172	182	71	425**
Länge der Visuren (km)				
Min.	2.1	2.3	0.9	
Mittel	7.3	5.8	6.2	6.5
Max.	27.8	10.5	13.8	
Höhenwinkelbeobachtungen	2925	2529	280	5734
Beobachtungstage	102	40	28	170
Winkelmessungen pro Tag	29	63	10	34
Visuren pro Beobachtungstag	1.7	4.5	2.5	2.5
Beobachtungen pro Visur				
Min.	1	9	2	
Mittel	17	14	4	13.5
Max.	45	20	12	

* «Hin» und «Rück» einzeln gezählt

** 7 Visuren betreffen identische Netzverbindungen (Nahtlinien), die aber in den verschiedenen Netzteilen getrennt beobachtet wurden

Die Gegenüberstellung der vergleichbaren Netzteile A (Spiez-Sphinx-Brig) und B (Eggishorn-Nufenenstock-Airolo) zeigt in B eine doppelt so grosse Anzahl Winkelmessungen pro Beobachtungstag und damit – bei etwas kleinerer Anzahl Beobachtungen pro Visur – auch zwei- bis dreimal mehr erledigte Visuren pro Tag. Die Gründe für diese Leistungssteigerung liegen nicht in unterschiedlicher Leistung der Beobachter oder der Ausrüstung, sondern es müssen dafür – nach abnehmender vermuteter Wirksamkeit aufgezählt – etwa die folgenden Ursachen angeführt werden:

- Bedeutend besseres Wetter 1961/62 als 1953/55/56
- Durchschnittlich kürzere und hauptsächlich keine extrem lange Visuren im Netz B; Visuren im Netz B durchschnittlich auch weniger hoch gelegen (weniger Wolken!)
- Weniger schwieriges Gelände im Netz B gegenüber A
- Grössere, besser sichtbare Signale

Ein Qualitätsunterschied lässt sich zwischen den Messungen A und B nicht feststellen; über C kann nichts ausgesagt werden, weil zu wenig Beobachtungen pro Visur vorliegen.

Koordinatenverzeichnis

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	IM	OO	
<u>Aeschiall</u>								
A Trig.Zentrum Stein	+ 22 433.03	- 33 904.03	1121.82	L+T	2.105		00	
B Astr.Station 1955	427.07	901.72						2.506
C Astr.Station 1964	427.0	901.8						
D Astr.Station 1964	433.0	902.75						
<u>Airolo</u> (Δ 11, Op.275)								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 91 255.64	- 46 689.72	1165.83	L+T				
B Exzentrum SGK 1961 Bolzen	221.06	659.05		SGK	2.00	2.45	2.90	3.673 m höher als A
C Exz. Station 1961	218.80	657.06						
D Astr. Station 1916	257.9	683.4						
E Astr. Station 1963	259.2	674.95						
<u>Axpunkt Nord</u> (Simplon)								
A Trig.Zentrum Pfeiler mit Rohr	+ 43 592.18	- 69 251.49	680.70 niv.	L+T				
B Exz.Stat. + Sign. 1956 Pflöck	590.78	250.43			2.084			2.484 0.880 m tiefer als A
C Astr.Station (Observatorium) Pfeiler	568.34	230.76						
<u>Basodino</u>								
A Trig.Zentrum Pfeiler IGM	+ 79 179.04	- 59 459.79	3273.87	L+T				
B Station+Signal 1961 Bolzen	179.84	457.30			1.993	2.444	2.895	1.04 m tiefer als A

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	MM	OO	
<u>Bellwald</u>								
A Trig. Zentrum	+ 55 358.17	- 58 590.43	1539.31	L+T	2.00	2.45	2.90	
B Exz. Station 1962	360.69	588.42						
C Astr. Station 1963	351.0	580.1						
<u>Bettelmatthorn</u>								
A Trig. Zentrum	+ 70 116.78	- 56 240.44	3043.72	L+T	1.996	2.448	2.900	0.765 m tiefer als A
B Signal 1961/62	120.59	240.69						
C Exz. Station 1961	122.98	241.52						
D Exz. Station 1962	114.85	241.21						
<u>Bietenhorn</u>								
A Trig. Zentrum 1953	+ 32 662.44	- 41 490.71	2756.3	L+T	2.018		2.418	
B Exz. Station 1955	663.68	487.89						
<u>Blinnenhorn</u>								
A Trig. Zentrum	+ 66 803.06	- 58 015.51	3373.84	L+T	2.29	2.74	3.19	bis 3. 8. 62
B Exz. Station 1962	806.25	014.80			1.75	2.00	2.25	ab 19. 8. 62

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	MM	OO	
<u>Poncione di Braga</u>								
A Trig. Zentrum Lochbolzen	+ 84 877.98	- 56 838.95	2864.16	L+T	1.995	2.446	2.898	bis 18.8.1961
B Stat.+Sign.(ab 18.8.)1961 Bo.	849.28	853.59			1.995	2.446	2.898	2.512 m tiefer als A
<u>Brudelhorn</u>								
A Trig. Zentrum Lochbolzen	+ 67 019.44	- 53 367.66	2790.90	L+T	2.003	2.453	2.903	
B Exz. Station 1962	021.68	371.48						
<u>Burg</u>								
A Trig. Zentrum Lochbolzen	+ 41 529.05	- 32 925.05	2207.4	ETH				
B Exz. Signal 1961/62	533.66	917.73			1.78		1.98	über Punkt A
C Exz. Station 1961	532.27	916.95						
<u>P.Cavagnoli</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 80 362.58	- 54 108.55	2836.65	L+T				
B Exz. Signal 1961 Bolzen	363.22	108.95			1.996	2.448	2.899	0,075 m höher als A
C Exz. Station 1961	364.61	106.73						

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	MM	OO	
<u>P.dil Corno</u>								
A Trig. Zentrum Lochbolzen	+ 91 111.90	- 50 312.06	2500.59	L+T	2.00	2.45	2.90	
B Exz. Station 1961	109.38	310.98						
C Astr. Station 1917	169.	320.	2473.					
<u>Cristallina</u>								
A Trig. Zentrum Lochbolzen	+ 84 345.07	- 53 474.55	2911.66	L+T	1.994	2.448	2.898	
B Exz. Station 1961	352.50	468.47						
<u>Därliigrat</u>								
A Trig. Zentrum Stiftloch	+ 29 175.17	- 33 897.42	1815.40	L+T				
B Exz. Station+Signal 1955	171.54	904.64			1.992		2.392	0.401m höher als A
<u>Daube</u>								
A Trig.Zentrum Nord Lochbolzen	+ 35 849.00	- 32 681.80	2076.32	L+T	2.085		2.435	
B Trig.Zentrum Süd Lochbolzen	849.91	700.20						
C Exz. Station 1953	847.40	691.59						
D Exz. Station 1955	845.94	692.21						
E Astr. Station 1953	846.85	693.34					2.204	0.64m tiefer als A
F Astr. Station 1964	851.4	698.3						

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	MM	OO	
<u>Dreieckhorn</u>								
A Trig.Zentrum	+ 44 657.37	- 52 430.91	3810.70	L+T	2.00		2.40	
<u>Dreispietz</u>								
A Trig.Zentrum	+ 24 597.24	- 39 784.51	2520.05	L+T	2.00		2.40	
B Exz. Station 1955	598.54	781.13						
<u>Eggishorn</u>								
A Trig.Zentrum	+ 50 391.57	- 57 567.42	2926.70	L+T	2.088		2.488	1953-1956
B Alpkreuz	388.9	564.4			2.01		2.91	1962
C Exz.Station 1953	383.51	565.12			3.54		3.65	über A
D Exz.Station 1956	390.42	566.55						
E Exz.Station 1962	390.11	566.15						
F Astr.Station 1954	389.86	565.08						
<u>Eigerwand ETH</u>								
A Trig.Zentrum 1921	+ 43 304.14	- 40 933.69	2865.5	ETH				
B Trig.Zentrum ETH 1962	304.77	935.07						0,07m höher als A
C Exz.Signal 1962 + 1964	304.30	934.25			{ 1962: 1.435		1.435	über B
					{ 1964: 1.47		1.47	

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	MM	OO	
<u>Enge</u> (Neupunkt ETH 1962)								
A Zentrum	+ 49 395.49	- 35 383.52	1726.6	ETH	1.395 1.596	1.997 2.197	4 gekreuzte Bretter übereinander
B Exz.Station 1962	390.73	379.28						
<u>Engelalp</u>								
A Trig.Zentrum	+ 22 254.84	- 37 418.04	1774.52	L+T	1.985		2.385	
<u>Faulberg</u>								
A Trig.Zentrum	+ 47 672.52	- 49 845.31	3242.59	L+T	2.16			
B Exz.Station 1953	674.29	843.35						
<u>Faulhorn</u> (Grindelwald)								
A Trig.Zentrum	+ 42 883.31	- 30 556.70	2680.70	L+T				
B Exz.Signal 1961/62	875.55	568.69						
C Astr.Station 1961	384.63	559.41			-1.04		-0,84	Bezügl. A

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	MM	OO	
<u>P. Gallina</u> (Δ 81, Op.248)								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 73 193.96	- 50 270.15	3060.57	L+T	1.994	2.446	2.896	
B Exz.Station am 25. 8. 61	193.10	271.65						
C Exz.Station am 1. 9. 61	205.92	274.08						
<u>Piano del Gheisc</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 83 431.88	- 47 407.11	1897.95	SGK	1.995	2.447	2.899	Punkt gerutscht
B Exz. Station 1961	432.96	406.41						
<u>San Giacomo</u>								
A Trig.Zentrum Stein	+ 77 387.76	- 53 688.80	2498.58	L+T				
B Signal 1961 (+I)	385.53	687.73						
C Exz.Station 1961	383.65	684.83			2.000	2.450	2.900	0,118m tiefer als A
D Astr.Station 1964	383.3	685.2						
<u>Giubin</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 91 699.96	- 42 290.36	2776.36	L+T	1.995	2.445	2.895	
B Exz.Station 1961	695.70	293.10						
C Astr.Station 1917	642.	221.	2770					

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	MM	OO	
<u>Glishorn</u>								
A Trig.Zentrum Stein	+ 42 369.36	- 73 765.54	2469.10	L+T	2.090		2.485	
<u>Grindelwald ETH (Neupkt. ETH 1962)</u>								
A Zentrum Boizen	+ 42 451.21	- 36 914.62	1007.19 niv.	ETH	2.005	2.460	2.91	2.555m tiefer als A
B Exz.Station 1962 (Exz. "Ost")	477.11	902.58						
C Astr.Station 1962 (Exz. "West")	458.12	917.12						
D Astr.Station 1964	449.5	912.3						
<u>Gürmschbühl</u>								
A Trig.Zentrum Stein	+ 37 827.55	- 41 654.98	1898.9	L+T	1.995 2.020		2.395	für Bietenhorn
<u>Hölzlihorn</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 62 271.93	- 60 520.68	2986.56	L+T	2.06	2.51	2.96	
B Exz.Station 1962	268.27	514.58						
<u>Jungfrau</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 40 192.86	- 45 924.68	4158.19	L+T	2.16		2.485	
B Exz.Station 1953	193.37	922.75						

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	MM	OO	
<u>Konkordia</u> (Δ 269, Op.392)								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 47 116.83	- 49 919.48	2819.80	L+T	2.08	2.41		
B Astr.Station 1958	118.53	919.55						
<u>Längsee</u> (Neupkt. SGK 1962)								
A Zentrum nicht versichert	+ 55 485.26	- 53 281.35	2957.7	SGK	2.00	2.45	2.90	
B Exz.Station 1962	486.09	283.45						
<u>Lauberhorn</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 39 027.51	- 39 750.04	2472.0	L+T	2.08	2.28	1953	
B Exz.Station 1953	030.95	740.82			1.995	2.395	1955	
C Exz.Station 1955	023.27	759.89			2.00	2.20	1961	
D Exz.Station 1961	029.90	751.51			2.00	2.45	1962	
E Exz.Station 1962	028.96	754.98						
F Astr.Station 1964	030.83	747.34						
<u>Mannliboden</u>								
A Trig.Zentrum Stein	+ 62 156.55	- 56 353.94	2452.52	L+T	2.005	2.455	2.905	
B Mannliboden "Ost" Lochbolzen	236.42	344.15			2.005	2.455	2.905	10,47m höher als A

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	MM	OO	
<u>Männlichen</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 38 254.06	- 36 888.19	2342.6	L+T	2.093	2.493	1953-56	
B Exz.Station 1953	257.13	883.48			2.00	2.20	1961/62	
C Astr.Station 1955	255.07	886.38						
<u>Poncione di Manio</u> (pne di Manegorio L+T)								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 76 573.48	- 50 014.68	2924.51	L+T	1.993	2.446	2.899	
B Exz.Station 1961	585.41	023.19						
<u>Moosfluh</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 46 902.95	- 61 562.54	2333.43	L+T	2.00	2.405		
<u>Morgenberghorn</u>								
A Trig.Zentrum Stein	+ 27 184.79	- 36 500.65	2248.78	L+T	2.00	2.40		
B Astr.Station 1964	184.54	503.84						
<u>Nessel</u> (Δ 75, Op. 392)								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 40 880.46	- 67 336.31	1993.28	L+T	2.080	2.470		

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen		Bemerkungen
					UU	MM	
<u>Niederhorn</u>							
A Trig.Zentrum, Stein m. Stiftloch	+ 25 596.25	- 26 664.80	1949.76	L+T	2.070	2.475	
B Exz.Station 1953	585.38	673.13					
C Astr.Station 1955	598.14	661.80					
D Astr.Station 1964	594.3	665.25					
<u>Niesen</u>							
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 16 367.29	- 33 867.40	2362.35	L+T	3.786	4.185*	*UK schwarzes Feld
B Exz.Station 1953 (Bolzen B)	367.49	880.91					
C Exz.Station 1953(Weststation) Zugleich Astr.Station 1953	359.61	862.61					
D Astr.Station 1964 Pfeiler	359.53	862.57					
<u>Nufenenstock VS</u>							
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 72 933.82	- 53 364.44	2865.62	L+T	1.996	2.447	2.898
B Exz.Station 1961	932.56	362.88					
C Astr.Station 1963	939.2	360.6					

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	MM	OO	
<u>Oberried</u>								
A Trig.Zentrum.Pfeiler mit Röhre Zugleich astr. Station 1901	+ 44 126.22	- 67 002.72	1383.87	L+T	1.095		1.495	
B Exz.Station 1956 (Stationbolzen)	121.01	004.63						2.286m tiefer als A
C Exz.Station+Signal 1956 (Pflöck)	131.64	- 66 985.38			1.630		2.030	4.559m höher als A
<u>Olmenhorn</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 47 150.02	- 55 106.05	3314.02	L+T	2.002		2.402	
<u>Pfingstegg (Widderbodmi S L+T)</u>								
A Trig.Zentrum Δ - Bolzen	+ 47 332.78	- 36 904.93	1392.5	ETH	2.003	2.45	2.915	
B Exz.Station 13. 8. 62	332.31	897.73						
C Exz.Station 9.8.62+Sig. (Pflöck)	318.87	924.83			2.00		2.20	0.240m tiefer als A
<u>Räuft</u>								
A Trig.Zentrum Stein	+ 64 697.00	- 53 398.42	2275.71	L+T	2.00	2.45	2.90	
B Astr.Station 1963	699.5	407.4						

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	MM	OO	
<u>Richinen</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 55 942.00	- 55 757.05	2432.58	L+T	2.005	2.455	2.905	
B Exz.Station 1962	944.54	755.17						
C Exz.Station + Signal 1962	+ 56 030.83	710.39			2.00			4.776m tiefer als A
D Astr.Station 1963	+ 55 937.8	753.4						
<u>Riederhorn</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 44 434.99	- 64 268.02	2230.34	L+T	2.090		2.494	
B Exz.Station 1953	434.31	272.31						
C Exz.Station 1956	425.32	273.46						
D Astr.Station 1955	425.50	274.38						
<u>Ritzingeralp (Δ 120, Op.395)</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 59 292.32	- 52 870.30	2247.07	L+T	2.01	2.46	2.91	
B Exz.Station 1962 (I - II)	291.91	867.07						
<u>Rosswald</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 47 426.95	- 71 279.86	2088.19	L+T	2.088		2.485	
B Exz.Stat.u.Sign.1956 Pflöck	419.20	268.50			2.094			1.892m tiefer als A
C Astr.Station 1901 Pfeiler (zerstört)	421.63	269.83	2088.4					

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	MM	OO	
<u>Poncione di Rovino</u>								
A Trig.Zentrum Kreuz	+ 79 043.56	- 48 210.12	2964.58	OFIMA	1.995	2.448	2.900	Punkt gerutscht
B Exz.Station 1961	044.64	213.35						
<u>Grosse Scheidegg</u> (Schlafhobel L+T)								
A Trig.Zentrum 1921 Lochbolzen	+ 50 923.42	- 32 719.07	2035.39	L+T	2.00		2.20	1.919m tiefer als A
B Exz.Station 1961/62 Pflöck	909.27	716.99						
C Astr.Station 1961	922.09	718.71						
<u>Schüssellaunen (Neupkt. ETH 1962)</u>								
A Zentrum Kleiner Bolzen	+ 45 840.38	- 38 115.08	1544.7	ETH	1.40	2.00	4 gekreuzte Bretter übereinander
B Exz.Stat. + Sign.1962 Pflöck	827.86	116.49			1.60		1.80	2.231m höher als A
<u>Schwaltern</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 28 972.43	- 39 745.91	2777.02	L+T	2.00		2.40	

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	MM	OO	
<u>Schynige Platte</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 36 032.72	- 33 022.91	2067.5	L+T	2.00		2.40	
B Exz.Station 1961	036.43	013.58						
C Astr.Station 1964	039.05	024.6						
D Astr.Station 1964	033.75	021.8						
<u>Sparrhorn</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 41 946.99	- 60 631.68	3020.88	L+T	2.00		2.40	
B Exz.Station 1956	948.97	631.32						
<u>Sphinx</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 41 900.93	- 44 719.05	3569.04	L+T	2.087		2.487	1953
B Exz.Stat. 1953+1955 (Stat.bolzen) Zugleich astr.Station 1954	906.16	719.45			2.00		2.40	1955/56
C Exz.Station 1956	905.47	719.49						2.335m höher als A
<u>Spiez-Bühl (Bühl-Spiez L+T)</u>								
A Trig.Zentrum Stein	+ 18 100.58	- 29 531.46	669.25 niv.	L+T				
B Exz.Stat. + Sign. 1953	187.69	589.20	668.14 niv.					
C Astr.Station 1953	190.56	587.47			2.069		2.468	
D Astr.Station 1964	175.73	591.34						

Punkt	Y	X	H	Quelle	Signalhöhen			Bemerkungen
					UU	MM	OO	
<u>Stand</u>								
A Trig.Zentrum Stein	+ 58 485.51	- 59 590.81	2343.38	L+T	2.00	2.45	2.90	
B Exz.Station 1962	495.90	583.00						
<u>Strahlgrat (Δ 265, Op.392)</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 50 435.01	- 53 644.41	3183.92	L+T	2.00	2.455	2.40	1956
B Exz.Station 1956	435.91	643.60			2.005		2.905	1962
C Exz.Station 1962	439.42	638.80						
<u>Sulegg</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 31 645.90	- 36 569.90	2413.0	L+T	1.980		2.380	ab 3. Okt. 1955
B Schiefes Signal (bei UU)	645.98	570.07			2.025			Sent.bis3.Okt.55
<u>Poncione di Vespero</u>								
A Trig.Zentrum Lochbolzen	+ 87 705.04	- 49 539.15	2717.36	L+T	2.00	2.45	2.90	
B Exz.Station 1961 (Bolzen B")	708.62	541.54						

Beobachtungsergebnisse

AESCHIALLMEND A

1.408 m über A

Wild T 3 Nr. 29732

V. Untersee

31. Juli 1953 0815 - 1625 vorwiegend bedeckt, 11° - 17°C

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Engelalp A	1.985	+11	66	80.7	1.4	5	3.2	3.58
Niederhorn A	2.070	+ 6	62	05.0	0.8	29	4.5	7.94
Niesen A	4.185	+12	84	30.6	0.5	19	2.0	6.19
Spiez - Bühl B	2.069	- 4	78	00.2	0.6	36	3.5	6.07

AESCHIALLMEND B

0.501 m über A

Wild T 4 Nr. 33112

W. Fischer, H. Trnka, N. Wunderlin

20. Aug. 1955 1650 - 1820 gewitterhaft
 22. Aug. 1955 0825 - 1520 schön
 23. Aug. 1955 0755 - 1710 leicht bewölkt

	m	o	"	"	"	km		
Därliggrat B	1.992	+ 5	51	35.5	0.4	18	1.8	6.78
Dreispietz A	2.000	+12	33	21.3	0.4	15	1.5	6.43
Engelalp A	1.985	+10	30	34.8	0.3	18	1.2	3.58
Morgenberghorn A	2.000	+11	44	04.3	0.6	19	2.5	5.54

AIROLO C

1.225 m über B

Wild T 3 Nr. 29882

N. Wunderlin

29. Juli 1961 0840 - 1445 stark bewölkt, N-Wind, 15°
 21. Aug. 1961 1025 - 1630 bewölkt, 18°, 75 - 80%

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
P. dil Corno A	2.000	+22	21	96.4	1.1	20	4.9	3.89
Fibbia A	2.455	+15	20	76.0	0.7	20	3.2	6.63
Piano del Gheisc A	2.447	+ 5	88	48.9	1.4	19	6.2	7.85
Giubin A	1.995	+22	30	92.2	0.9	20	3.9	4.68
Pne.di Vespero A	2.900	+20	89	75.2	1.1	20	4.8	4.80

AXPUNKT NORD B

0.614 m über A

Kern DKM 3 Nr. 42748

E. Hauser

5. Juli 1956 1145 - 1550 leicht bewölkt, 27°
 6. Juli 1956 0905 - 1435 leicht bewölkt, 25°

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Glishorn A	2.090	+23	24	75.2	0.5	15	2.1	5.01
Nessel A	2.080	+23	99	11,6	0.8	14	2.9	3.57
Oberried A	1.095	+18	80	94.8	0.6	16	2.5	2.41
Rosswald B	0.202	+19	99	35.9	0.7	16	2.8	4.55

BASODINO B

1.565 m über B

Kern DKM 3 Nr. 53570

A. Elmiger

20. Sept. 1961 1245 - 1650
 21. Sept. 1961 1000 - 1550

schön
 schön

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Bettelmatthorn B	2.448	- 1	56	04.8	1.7	11	5.7 9.61
Poncione di Braga B	2.446	- 4	20	88.9	1.0	12	3.5 6.25
P. dei Cavagnoli B	2.448	- 5	07	41.2	1.1	12	4.0 5.50
Cristallina A	2.448	- 2	93	44.3	1.2	12	4.2 7.91
Faulhorn (Gries) A	2.100	- 3	08	96.3	1.4	11	4.7 10.14
San Giacomo B	2.450	- 8	13	36.7	1.4	12	5.0 6.10
Nufenenstock VS A	2.447	- 3	00	32.3	1.4	12	5.0 8.74

BELLWALD B

1.904 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

P. Burkhalter, W. Fischer, N. Wunderlin

26. Juli 1962 0815 - 1435

zuerst schön, dann zunehmend bewölkt,
 14^h Schauer, 20 - 25^o, 85%

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Eggishorn A	2.460	+16	97	81.1	1.1	18	4.8 5.26
Mannliboden A	2.455	+ 8	05	27.6	1.1	18	4.8 7.21
Richinen A	2.455	+19	07	54.9	1.3	19	5.7 3.03
Stand A	2.450	+15	29	04.8	1.1	18	4.8 3.38
Strahlgrat A	2.455	+14	70	59.0	1.5	14	5.5 7.17

BETTELMATTHORN C

1.080 m über B

Kern DKM 3 Nr. 74851

A. Elmiger

30. Aug. 1961 1130 - 1700, schön

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Basodino B	2.444	+ 1	48	90.6	0.8	12	2.7 9.61
P. dei Cavagnoli B	2.448	- 1	29	24.0	1.3	12	4.4 10.47
Faulhorn (Gries) A	2.000	- 6	69	38.4	1.2	12	4.2 2.42
P. Gallina A	2.446	+ 0	14	99.0	1.1	12	3.7 6.72
Nufenenstock VS A	2.447	- 2	79	86.7	1.1	12	3.7 4.03

BETTELMATTHORN D

1.955 m über B

Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, N. Wunderlin

20. Aug. 1962 0935 - 1030, wolkenlos, windstill, 8^oC, 80%

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Blindenhorn A	1.750	+ 5	56	67.8	1.0	12	3.4 3.77

BIETENHORN A

1.561 m über A

Kern DKM 3 Nr. 53570

E. Hauser

18. Sept. 1956 0935 - 1530 wolkenlos, fast windstill, 9° - 12°C

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Männlichen A	2.093	- 3	65	85.7	1.4	13	5.1 7.25
Morgenberghorn A	2.000	- 4	38	40.5	0.5	11	1.7 7.43
Schwalmern A	2.000	+ 0	30	92.1	1.0	15	3.7 4.08
Sphinx A	2.000	+ 5	23	48.7	0.5	18	2.3 9.83

BIETENHORN B

1.64 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

E. Hauser

29. Sept. 1955 1130 - 1200 schön, kalt
30. Sept. 1955 0900 - 1505 schön

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Gürmschbühl A	2.020	-10	48	35.2	1.4	12	4.8 5.24
Lauberhorn A	1.995	- 2	76	42.5	2.2	13	7.9 6.60
Männlichen A	2.093	- 3	65	89.3	1.4	12	4.9 7.25
Morgenberghorn A	2.000	- 4	38	35.1	1.2	12	4.2 7.43
Schwalmern A	2.000	+ 0	30	89.2	1.5	14	5.6 4.08
Sulegg B	2.025	- 4	36	34.2	1.0	12	3.4 5.03

BLINDENHORN B

1.785 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, N. Wunderlin

19. Aug. 1962 0840 - 1140 wolkenlos, windstill, 4° - 10°C, 80%

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Bettelmatthorn B	2.448	- 5	59	32.8	1.1	12	3.7 3.77
Brudelhorn A	2.453	- 7	94	54.2	0.9	12	3.0 4.69
Faulhorn A	2.100	- 6	57	76.6	0.7	12	2.5 5.70
Hölzlihorn A	2.510	- 4	76	14.6	1.8	12	6.3 5.19
Mannliboden B	12.925	-11	79	14.3	1.2	12	4.0 4.95
Ritzingeralp A	2.460	- 7	86	93.9	1.0	12	3.6 9.19

PONCIONE DI BRAGA B

1.428 m über B

Kern DKM 3 Nr. 53570

A. Elmiger, H. Walser

18. Aug. 1961 1510 - 1630 schön, Wind
19. Sept. 1961 1300 - 1800 schön

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Basodino B	2.444	+ 4	17	36.9	0.7	12	2.4 6.25
P. Cavagnoli B	2.448	- 0	31	50.3	1.1	12	3.7 5.26
P. dil Corno A	2.450	- 2	57	12.5	0.5	12	1.9 9.06
Cristallina A	2.297	+ 0	93	22.0	1.5	12	5.1 3.42
Pne di Vespero A	2.450	- 1	19	87.4	0.9	12	3.2 7.85

BRUDELHORN B

1.731 m über A Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, N. Wunderlin

3. Aug. 1962

0745 - 1530

stark bewölkt, Gipfelnebel,
später aufhellend, 6^o- 13^o, 95 - 90%

	m	g	c	cc	cc		cc	km
Blindenhorn A	2.740	+ 7	92	90.5	1.2	12	4.1	4.69
Faulhorn (Gries) A	2.100	- 0	06	93.6	1.2	12	4.3	3.72
P. Gallina A	2.446	+ 2	45	73.0	1.0	12	3.5	6.91
Mannliboden A	2.455	- 3	78	65.2	1.0	13	3.6	5.71
Nufenenstock VS A	2.447	+ 0	78	44.2	1.6	12	5.5	5.91
Räuft A	2.000	-13	88	25.8	1.1	12	3.8	2.38
Ritzingeralp A	2.460	- 4	48	74.1	1.4	12	4.9	7.76

BURG C

1.288 m über A Kern DKM 3 Nr. 42748

Eidenbenz, Morvay, Spindler

9. Aug. 1961

1315 - 1910

wechselnd bewölkt

10. Aug. 1961

0900 - 0915

schön nach Regen

	m	g	c	cc	cc		cc	km
Faulhorn B	-1.040	+10	96	06.8	2.4	5	5.3	2.77
Lauberhorn A	2.000	+ 2	29	31.3	2.7	5	6.0	7.29
Männlichen A	2.000	+ 1	66	26.8	3.1	6	7.6	5.15
Schnyge Platte A	2.000	- 1	63	34.5	1.9	5	4.2	5.50

BURG A

1.600 m über A

Horner, Koch, Rudaz

14. Aug. 1962

1800 - 1810

schön

15. Aug. 1962

0900 - 0910

bedeckt

	m	g	c	cc	cc		cc	km
Grindelwald A	2.00	-11	93	86.2	2.8	2	3.9	6.46
Pfingstegg A	2.30	- 7	36	05.7	1.0	2	1.4	7.08
Schüssellauen A	1.60	- 6	25	56.3	0.0	2	0.0	6.78

BURG A

1.510 m über A Kern DKM 3 - A Nr. 64908

F. Knoll, H. Schudel

10. Sept. 1964

1320 - 1510

sonnig, 15^o

	m	g	c	cc	cc		cc	km
Eigerwand C	1.47	+ 4	33	32.3	0.2	12	0.8	8.23

P. DEI CAVAGNOLI C

1.08 m über B

Kern DKM 3 Nr. 53570

A. Elmiger

11. Sept. 1961 1345 - abends schön
 12. Sept. 1961 1015 - 1405 bewölkt

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Basodino B	2.444	+ 5	04	64.6	0.7	12	2.4 5.50
Bettelmatthorn B	2.448	+ 1	21	61.3	1.5	12	5.2 10.47
Poncione di Braga B	2.446	+ 0	29	50.2	1.4	12	5.0 5.26
Cristallina A	2.448	+ 1	19	05.2	0.9	12	3.0 4.03
Piano del Gheisc A	2.447	- 8	08	57.8	0.9	12	3.2 7.44
San Giacomo B	2.450	- 7	11	07.8	0.7	12	2.6 3.03
Poncione di Manio A	2.446	+ 0	99	22.3	1.0	12	3.6 5.56
Poncione di Rovino A	2.448	+ 1	33	05.8	1.4	12	4.7 6.04

P. DIL CORNO B

1.455 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

N. Wunderlin

25. Juli 1961 0935 - 1525 bewölkt, sonnig, 9° - 12°, 80 - 65%

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Airolo B	2.000	-22	24	78.6	1.0	16	3.8 3.89
Poncione di Braga A	4.506	+ 2	52	53.9	1.9	16	7.7 9.06
Cristallina A	1.994	+ 3	47	11.6	1.7	16	6.7 7.48
Fibbia A	2.005	+ 1	81	58.9	1.3	16	5.2 8.20
Giubin A	1.995	+ 2	14	99.2	1.3	16	5.0 8.05
Pne. di Vespero A	2.000	+ 3	93	99.8	1.4	16	5.8 3.50

CRISTALLINA B

1.07 m über A

Kern DKM 3 Nr. 74851

A. Elmiger

22. Aug. 1961 1230 - 1705 bewölkt - bedeckt
 23. Aug. 1961 0830 - 1410 schön

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Basodino B	2.444	+ 2	87	85.4	2.2	15	8.7 7.91
Poncione di Braga B	2.446	- 0	92	17.8	0.7	15	2.9 3.42
P. dei Cavagnoli B	2.448	- 1	17	99.1	0.8	15	2.9 4.03
P. dil Corno A	2.45	- 3	52	55.5	0.9	15	3.6 7.48
Fibbia A	2.455	- 1	29	39.8	1.1	15	4.2 8.71
Poncione di Manio A	2.446	+ 0	06	66.1	2.4	15	9.2 8.50
Pne. di Rovino A	2.448	+ 0	42	43.3	1.5	15	5.9 7.48
Pne. di Vespero A	2.45	- 2	40	06.7	1.1	15	4.1 5.16

DAERLIGGRAT B

1.631 m über B Wild T 3 Nr. 28

E. Hauser

3. Aug. 1955	1335 - 1610	bewölkt, Gipfelnebel, 15°- 18°
5. Aug. 1955	1110 - 1220	sonnig, Hang - Gipfelnebel, 16°
6. Aug. 1955	0915 - 1115	sonnig, Hang - Gipfelnebel, 11°-12°
9. Aug. 1955	0955 - 1345	Gipfelnebel, 4°- 8°
10. Aug. 1955	0910 - 1450	schön - bedeckt, 8° - 12°

	m	o	'	"	"	"	km	
Aeschiallmen A	2.105	- 5	54	02.7	0.4	15	1.5	6.78
Daube A	2.085	+ 2	10	27.0	0.3	11	0.9	6.79
Engelalp A	1.985	- 0	19	58.7	0.6	13	2.1	7.76
Morgenberghorn A	2.00	+ 7	31	57.9	1.0	16	3.8	3.30
Niederhorn A	2.07	+ 0	55	34.0	0.4	14	1.4	8.09
Sulegg A	1.98	+ 9	18	44.5	0.4	12	1.4	3.68

DAUBE C

1.264 m über A Wild T 3 Nr. 29732

V. Untersee

14. Aug. 1953	0840 - 1630	leicht bewölkt, ab 14 ^h gewitterhaft 16° - 24°
15. Aug. 1953	0930 - 1230	schön nach Gewitternacht, 14° - 18°

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Lauberhorn A	2.08	+ 3	22	20.1	0.6	15	2.3	7.75
Männlichen A	2.093	+ 3	48	74.6	1.0	16	3.8	4.84
Niederhorn A	2.07	- 0	72	24.7	0.8	19	3.6	11.90
Niesen A	3.786	+ 0	85	86.5	1.2	22	5.8	19.51
Sphinx A	2.087	+ 6	97	04.9	0.6	16	2.2	13.52
Sulegg A	1.98	+ 3	72	74.3	0.9	13	3.2	5.74

Beobachtungen nach dem Punkt Schynige Platte (Dist. = 0.39 km) fehlen.
Es mussten zwei von der Eidgenössischen Landestopographie beobachtete
Höhenwinkel verwendet werden:

1922	IH = 1.640 m	SH = 2.200 m	B = - 1° 14' 23",8
1926	IH = 1.64 m	SH = 1.80 m	B = - 1° 44' 05",8

DAUBE D

1.221 m über A Wild T3 Nr. 29882

E. Hauser

14. Okt. 1955	0940 - 1515	wolkenlos, Nebelmeer, windstill
---------------	-------------	---------------------------------

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Därliggrat B	1.992	- 2	46	28.7	0.8	17	3.4	6.79

DREISPITZ B

1.480 m über A

Wild T 3 Nr. 28

E. Hauser

16. Juli 1955

1220, (nur 1 Beob.), schön, Gipfel im Nebel, 16°

18. Juli 1955

1140 - 1540 leicht bewölkt, fast windstill, 18°-20°

	m	o	'	"	"	"	km	
Aeschiallmen A	2.105	-12	36	06.8	0.3	13	1.2	6.43
Engelalp A	1.985	-12	37	42.4	0.5	14	1.7	3.41
Morgenberghorn A	2.00	- 3	43	34.6	0.5	12	1.6	4.19
Schwalmern A	2.00	+ 3	20	59.0	0.3	12	1.2	4.38

EGGISHORN C

0.174 m unter A

Wild T 3 Nr. 29732

V. Untersee

1. Sept. 1953

0805 - 1650

schön, 5° - 16°

2. Sept. 1953

0745 - 1000

schön, 8°

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Faulberg A	2.16	+ 2	43	72.6	0.7	26	3.7	8.19
Jungfrau A	2.16	+ 4	99	18.0	1.1	27	5.9	15.53
Riederhorn A	2.09	- 4	96	14.6	0.6	28	3.2	8.99
Sphinx A	2.087	+ 2	59	12.4	1.1	27	5.5	15.40

EGGISHORN D

1.614 m über A

Kern DKM 3 Nr. 42748

E. Hauser

13. Aug. 1956

0955 - 1550

wolkenlos, windstill-leicht bewölkt,
mässiger Wind, 5° - 11°

14. Aug. 1956

0930 - 1000

stark bewölkt, mässiger Wind, 7° - 8°

16. Aug. 1956

0930 - 1545

klar, Hangnebel, 6° - 12°

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Dreieckhorn A	2.00	+ 7	24	67.2	0.8	12	2.8	7.75
Fusshorn A	2.00	+ 5	96	73.6	0.8	13	3.0	7.44
Konkordia A	2.08	- 0	85	18.9	0.8	15	2.9	8.32
Moosfluh A	2.00	- 7	11	12.5	0.9	12	3.0	5.34
Olmenhorn A	2.002	+ 6	02	95.2	0.9	12	3.1	4.09
Riederhorn A	2.09	- 4	97	22.0	1.9	4	3.7	8.99
Sparrhorn A	2.00	+ 0	62	89.5	1.6	18	6.7	8.99
Strahlgrat A	2.00	+ 4	15	80.0	0.8	14	3.0	3.93

EGGISHORN E

1.537 m über A Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, P. Burkhalter

24. Juli 1962 0915 - 1630 schön, Wolken über dem Gipfel 11° - 16°
80 - 70%

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Bellwald A	2.45	-17	00	53.4	1.0	15	3.9
Längsee A	2.45	+ 0	27	60.0	2.1	15	8.3
Richinen A	2.455	- 5	38	88.3	1.9	15	7.5
Stand A	2.45	- 4	47	11.7	1.8	12	6.2
Strahlgrat A	2.455	+ 4	16	57.9	1.2	15	4.7

EIGERWAND B

1.64 m über B

R.Kägi, E. Knecht, F. Knoll

24. Aug. 1962 1600 - 1740 schön
25. Aug. 1962 0900 - 1130 bewölkt, kalt

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Burg B	1.98	- 5	11	83.9	1.6	4	3.2
Faulhorn B	-0.84	- 1	18	61.3	2.8	5	6.3
First A	2.90	- 5	12	45.3	2.6	5	5.9
Lauberhorn A	2.60	- 5	63	15.1	1.2	5	2.6
Männlichen A	2.20	- 5	14	86.6	2.1	5	4.7

ENGE B

1.993 m unter A

Schubiger, Widmer

15. Aug. 1962 neblig, regnerisch

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Burg B	1.78	+ 3	70	81.2	0.5	2	0.8
First A	2.00	+ 6	83	66.4	1.4	2	2.0
Pfingstegg A	2.00	- 8	16	79.5	1.1	2	1.6
Schüssellauen A	1.40	- 2	54	85.3	1.9	2	2.7

ENGELALP A

1.555 m über A Wild T 3 Nr. 28

E. Hauser

13. Juli 1955 1610 - 1630 bewölkt, gewitterhaft, 16°
14. Juli 1955 1045 - 1420 bewölkt, dunstig, sonnig, 14³⁰Gewitter
15° - 20°

	m	°	'	"	"	"	km
Aeschiall A	2.105	-10	30	46.3	0.6	10	1.8
Därliggrat B	1.992	+ 0	16	33.5	0.6	8	1.7
Dreispitz A	2.00	+12	36	35.3	0.6	10	1.7
Morgenberghorn A	2.00	+ 5	23	10.1	0.5	8	1.4
Niesen A	3.786	+ 4	52	46.5	0.5	10	1.6

FAULBERG B

1.38 m über A

Wild T 3 Nr. 29715

E. Hauser

28. Aug. 1953

0840 - 1415

schön, Talnebel, Gipfelwolken 0° - 7°

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Eggishorn A	2.088	- 2	48	64.6	0.9	23	4.2
Jungfrau A	2.16	+ 6	83	75.1	0.8	20	3.8
Spinx A	2.087	+ 2	65	78.7	0.6	20	2.8

FAULHORN (GRINDELWALD) A

1.760 m über A

Kern DKM 3 Nr. 53570

Fuchs, Hartmann, Lutz

9. Aug. 1961

1730 - 1935

wechselnd bewölkt, windig

10. Aug. 1961

0600 - 1145

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Burg B	1.78	-10	98	45.8	2.6	5	5.8
First A	2.00	- 7	59	70.5	3.0	4	6.0
Lauberhorn A	2.00	- 1	37	53.5	3.4	4	6.9
Männlichen A	2.00	- 2	77	48.0	3.1	4	6.2
Gr. Scheidegg A	2.00	- 4	95	75.5	2.6	4	5.2
Schynige Platte A	2.00	- 5	37	92.0	3.5	4	7.1

FAULHORN (GRINDELWALD) A

1.775 m über A

Schubiger, Widmer

8. Aug. 1962

neblig

	m	g	c	cc	cc	cc	km
First A	2.30	- 7	59	36.2	6.8	4	13.7
Gr.Scheidegg A	2.10	- 4	95	71.3	1.7	3	3.0

FAULHORN (GRIES) B

1.536 m über A

Kern DKM 3 Nr. 74851

A. Elmiger

31. Aug. 1961

1130 - 1600

schön

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Bettelmatthorn B	1.996	+ 6	70	49.1	0.9	12	3.2
Brudelhorn A	2.453	+ 0	05	46.0	1.7	12	5.9
P. Gallina A	2.446	+ 3	93	91.3	1.4	12	4.8
Nufenenstock VS A	2.447	+ 2	18	56.5	1.0	12	3.6

FAULHORN (GRIES) C

2.142 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

N. Wunderlin

20. Aug. 1962 1515 - 1600 wolkig

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Blindenhorn A	2.00	+ 6	52	50.3	1.5	12	5.3 5.70

FIBBIA B

1.59 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

N. Wunderlin

28. Juli 1961 0810 - 1315 bedeckt, viel Nebel, 6° - 9°, 95%

19. Aug. 1961 1035 - 1100 bewölkt, Gipfelnebel 2°

22. Aug. 1961 1230 - 1630 wechselnd bewölkt, 7°, 90 - 80%

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Airolo B	2.45	-15	23	18.2	1.3	16	5.1 6.63
P. dil Corno A	2.45	- 1	87	58.9	1.3	16	5.3 8.20
Cristallina A	2.448	+ 1	23	36.1	0.8	16	3.3 8.71
Piano del Gheisc A	1.995	-16	94	66.0	0.7	16	2.7 3.20
Giubin A	1.980	+ 0	31	22.6	1.3	16	5.2 7.10
Poncione di Rovino A	2.448	+ 2	04	95.5	1.1	16	4.4 6.93
Pne. di Vespero A	2.45	- 0	26	13.0	0.8	16	3.3 5.44

FIRST B

3.448 m über A

Wild T 3 Nr. 72

Meier, Muggli

9. Aug. 1961 0930 - 1300 bewölkt

	m	o	r	"	"	"	km
Faulhorn B	-1.04	+ 6	45	04.4	0.8	4	1.7 4.74
Gr. Scheidegg A	2.00	- 1	17	11.9	0.7	4	1.3 3.74

FIRST C

3.301 m über A

Schubiger, Widmer

13. Aug. 1962 sehr schön

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Eigerwand C	1.435	+ 5	04	69.2	2.2	2	3.2 9.37
Enge A	1.40	- 6	80	41.1	1.7	2	2.4 3.68
Faulhorn B	-1.04	+ 7	50	37.6	3.5	5	7.8 4.74
Grindelwald A	2.31	-15	37	59.8	0.1	2	0.1 4.64
Lauberhorn A	2.00	+ 2	00	72.8	2.0	2	2.8 10.94
Männlichen A	2.10	+ 1	38	76.7	2.5	2	3.5 9.98
Pfingstegg A	2.003	-10	31	71.2	3.5	2	5.0 4.50
Gr. Scheidegg A	2.00	- 1	42	65.4	3.2	4	6.4 3.74
Schüssellauen A	2.20	- 6	28	12.1	1.1	2	1.6 5.84

P.GALLINA B

1.45 m über A

Kern DKM 3 Nr. 74851

A. Elmiger

25. Aug. 1961 1100 - 1130 schön

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Bettelmatthorn B	2.448	- 0	18	63.8	1.5	3	2.7 6.72
Faulhorn (Gries) A	2.10	- 3	95	55.6	1.0	3	1.7 4.40
S. Giacomo B	2.45	- 6	60	48.8	2.6	3	4.5 5.43
Poncione di Manio A	1.993	- 2	55	91.4	2.2	3	3.8 3.39
Nufenenstock VS A	2.447	- 3	98	35.6	1.3	3	2.3 3.11

P.GALLINA C

0.710 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

N. Wunderlin

1. Sept. 1961 0945 - 1510 schön, Cumuli, dunstig, 8°-12°, 85 - 90%

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Bettelmatthorn B	2.448	- 0	18	01.1	1.2	14	4.4 6.72
Brudelhorn A	2.453	- 2	49	49.4	0.9	14	3.3 6.91
Faulhorn (Gries) A	2.10	- 3	94	02.5	0.7	10	2.4 4.40
S. Giacomo B	2.45	- 6	61	00.4	1.1	14	4.2 5.43
Poncione di Manio A	2.446	- 2	54	66.1	1.1	14	4.3 3.38
Nufenenstock VS A	2.447	- 3	97	04.9	1.0	14	3.7 3.11

PIANO DEL GHEISC B

1.48 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, N. Wunderlin

18. Aug. 1961 0940 - 1535 wolkenlos, windstill, Neuschnee bis 2000 m,
10°-14°, 80-70%

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Airolo B	2.45	- 5	93	47.2	1.2	16	4.7 7.85
P. dei Cavagnoli B	2.448	+ 8	03	88.4	0.8	16	3.4 7.44
Fibbia A	2.455	+16	93	85.7	1.2	16	5.0 3.20
San Giacomo B	2.45	+ 4	34	62.4	0.5	16	2.0 8.74
Poncione di Rovino A	2.448	+14	91	96.3	1.1	16	4.3 4.59
Poncione di Vespero A	2.00	+10	80	59.8	1.7	16	6.7 4.85

SAN GIACOMO C

1.600 m über B Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, N. Wunderlin

23. Aug. 1961 1055 - 1615 schön, unregelmässige Bise, 6° - 9°, 80%
 28. Aug. 1961 1450 - 1520 schön, 16°, 80%

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Basodino B	2.444	+ 8	08	95.1	1.0	19	4.2
P. dei Cavagnoli B	1.996	+ 7	11	69.4	1.3	19	5.8
P. Gallina A	2.446	+ 6	57	99.6	1.5	19	6.5
Piano del Gheisc A	2.447	- 4	40	82.7	1.4	19	5.9
Poncione di Manio A	2.446	+ 7	18	03.6	1.0	19	4.3
Nufenenstock VS A	2.447	+ 5	21	87.0	1.2	19	5.0
Poncione di Rovino A	1.995	+ 5	14	96.2	1.1	19	4.8

GIUBIN B

1.265 m über A Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, N. Wunderlin

25. Aug. 1961 0945 - 1400 Cumuli über den Bergen, 6° - 8°, 85 - 90%

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Airolo B	2.45	-22	32	93.9	0.9	16	3.5
P. dil Corno A	2.45	- 2	20	61.4	1.2	16	5.0
Fibbia A	2.455	- 0	36	10.2	1.4	15	5.4
Pne. di Vespero A	2.45	- 0	48	01.5	0.8	15	3.2

GLISHORN A

1.501 m über A Kern DKM 3 Nr. 42748

E. Hauser

10. Juli 1956 1050 - 1420 bewölkt, gewitterhaft, windig, 13°

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Axpunkt Nord B	1.204	-23	26	69.9	0.7	12	2.6
Nessel A	2.08	- 4	59	91.9	0.7	12	2.3
Oberried A	1.095	- 9	83	69.1	0.8	13	3.1
Rosswald B	0,202	- 4	33	45.1	0.8	13	2.7

GRINDELWALD B

0.975 m unter A

Blum, Knöpfli, Schneeberger

13. Aug. 1962 1515 - 1900 wechselnd bewölkt, windig
 14. Aug. 1962 0700 - 1300 sehr schön

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Burg B	1.78	+11	89	23.2	9.2	3	16.0
First A	2.00	+15	43	11.8	5.3	3	9.1
Lauberhorn A	2.00	+11	55	18.7	9.3	3	16.1
Männlichen A	2.00	+10	23	64.5	7.9	3	13.7
Pfingstegg C	1.76	+27	48	12.9	2.7	5	6.1
Gr. Scheidegg A	2.00	+10	62	81.4	6.7	5	14.9
Schüssellauenen B	3.83	+23	89	15.3	1.6	5	3.6

GUERMSCHBUEHL A

1.463 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

E. Hauser

6. Okt. 1955 1045 - 1545 regnerisch, Nebel
 12. Okt. 1955 1450 - 1525 bedeckt, windstill
 13. Okt. 1955 1000 - 1225 wolkenlos, Nebelmeer, später Nebel

	m	g	c	cc	cc		cc	km
Bietenhorn A	2.018	+10	45	42.6	1.1	13	4.0	5.24
Lauberhorn A	1.995	+15	86	97.3	0.8	10	2.5	2.31
Männlichen A	2.093	+ 5	87	14.2	0.9	14	3.3	4.80
Sphinx A	2.00	+20	13	47.3	0.9	11	2.9	5.36

HOELZLIHORN B

1.386 m über A

Wild T3 Nr. 29882

P. Burkhalter, W. Fischer, N. Wunderlin

1. Aug. 1962 0735 - 1315 wolkenlos, zuerst windig, später windstill,
 8°-14°, 65 - 75%

	m	g	c	cc	cc		cc	km
Blindenhorn A	2.74	+ 4	74	20.1	1.0	15	4.0	5.19
Mannliboden A	2.455	- 8	12	64.1	1.0	15	3.7	4.20
Räuft A	2.45	- 6	02	51.2	1.1	15	4.1	7.55
Richinen A	2.455	- 4	47	18.3	1.1	15	4.3	7.95
Ritzingeralp A	2.46	- 5	75	00.8	0.8	15	3.2	8.25
Stand A	2.45	-10	41	96.5	1.2	15	4.5	3.94

JUNGFRAU B

2.045 m über A

Wild T 3 Nr. 29715

E. Hauser

20. Aug. 1953 0840 - 1250 schön, zunehmender Wind, 0°

	m	g	c	cc	cc		cc	km
Eggishorn B	3.54	- 5	12	08.6	1.2	11	3.9	15.53
Faulberg A	2.16	- 6	91	12.1	1.1	18	4.6	8.50
Niesen A	3.786	- 4	38	46.9	1.9	4	3.8	26.67
Sphinx A	2.087	-17	49	94.6	1.3	15	5.0	2.18

KONKORDIA A

1.535 m über A

Kern DKM 3 Nr. 53570

E. Hauser

11. Sept. 1956 1325 - 1435 bedeckt, neblig, regnerisch,
 zunehmender Wind, 5°

	m	g	c	cc	cc		cc	km
Eggishorn A	2.088	+ 0	78	37.8	1.5	4	3.0	8.32
Olmenhorn A	2.002	+ 6	03	01.7	0.8	3	1.4	5.20
Sphinx A	2.00	+ 6	41	99.6	-	1	-	7.40
Strahlgrat A	2.00	+ 4	61	86.5	2.3	4	4.6	5.00

LAENGSEE B

0.976 m über A Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, N. Wunderlin

28. Juli 1962 0845 - 1200 stark bewölkt, regnerisch, 8° - 10°, 85 - 90%

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Eggishorn A	2.46	- 0	31	03.7	1.1	9	3.4
Mannliboden A	2.455	- 4	38	98.2	1.8	12	6.1
Richinen A	2.455	-13	07	47.3	0.7	12	2.3
Ritzingeralp A	2.46	-11	67	58.3	1.0	12	3.6
Strahlgrat A	2.455	+ 2	83	84.2	1.1	12	3.9

LAUBERHORN B

1.504 m über A Wild T 3 Nr. 29715

E. Hauser

28. Juli 1953 0830 - 1455 schön, Hangnebel, später Nebel, 10° - 14°

31. Juli 1953 0850 - 1555 schön, Talnebel, später bedeckt+Nebel,
6° - 10°

1. Aug. 1953 1005 - 1100 bewölkt, neblig, später Nebel, 12° - 8°

5. Aug. 1953 0850 - 1435 schön, Cirrusgewölk, 8° - 12°

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Bietenhorn A	2.018	+ 2	71	73.0	1.7	8	4.9
Daube A	2.085	- 3	27	75.7	1.2	32	6.7
Männlichen A	2.093	- 2	78	31.7	1.0	36	6.3
Sphinx A	2.487	+11	98	92.2	1.2	22	5.5

LAUBERHORN C

0.542 m über A

Wild T 3 Nr. 28*

Nr. 29882**

E. Hauser

*11. Aug. 1955 1500 - 1640 Gipfelnebel, 13°

*12. Aug. 1955 0915 - 0935 bedeckt, neblig, 6°

*13. Aug. 1955 0900 - 1005 neblig, 7°

** 8. Okt. 1955 1205 - 1445 wolkenlos, Bise, Neuschnee bis 1500 m

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Bietenhorn A	2.018	+ 2	73	31.8	1.1	14	4.1
Gürmschbühl A	1.995	-15	90	88.2	4.2	18	17.7
Sulegg A	1.980	- 0	48	78.1	1.3	13	4.7

LAUBERHORN D

1.356 m über A Kern DKM 3 Nr. 42748

Eidenbenz, Spindler

8. Aug. 1961 0705 - 1615 zunehmend bewölkt, neblig, regnerisch

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Burg B	1.78	- 2	34	27.8	2.5	4	4.9 7.30
Faulhorn B	-1.04	+ 1	27	42.4	3.4	5	7.6 9.96
Männlichen A	2.00	- 2	77	25.6	2.7	4	5.5 2.97
Gr.Scheidegg A	2.00	- 2	06	84.6	1.5	4	3.1 13.81
Schynige Platte A	2.00	- 3	51	88.9	3.4	4	6.8 7.38

LAUBERHORN E

1.052 m über A Kern DKM 3

Horner, Koch, Rudaz

6. Aug. 1962 1600 schön
 8. Aug. 1962 1030 bedeckt, Nebel

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Eigerwand C	1.435	+ 5	61	88.3	0.3	2	0.4 4.45
First A	2.00	- 2	10	53.4	2.6	2	3.7 10.94
Grindelwald A	2.005	-11	62	98.2	0.4	2	0.6 8.11
Pfingstegg A	2.003	- 7	82	13.6	1.8	2	2.5 8.85

LAUBERHORN F

1.62 m über A Kern DKM 3-A Nr. 64908

F. Klingenberg, F. Knoll

8. Sept. 1964 1315 - 1345, 1520 - 1550, wechselnd bewölkt

	m	o	'	"	"	"	km
Eigerwand C	1.47	+ 5	02	59.0	0.4	12	1.2 4.45

MANNLIBODEN A

1.35 m über A Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, N. Wunderlin

16. Aug. 1962 1040 - 1525 Cumulusgewölk über den Bergen,
 zeitweise windig, 8° - 14°, 95 - 85%

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Bellwald A	2.45	- 8	09	84.7	1.2	10	3.8 7.21
Brudelhorn A	2.453	+ 3	75	48.8	2.2	12	7.5 5.71
Hölzlihorn A	2.51	+ 8	10	62.6	1.2	12	4.0 4.20
Längsee A	2.45	+ 4	35	25.5	1.0	12	3.4 7.36
Räuft A	2.45	- 2	88	46.9	1.1	12	3.7 3.90
Richinen A	2.455	- 0	21	64.8	1.0	12	3.5 6.25
Ritzingeralp A	2.46	- 2	89	79.8	1.2	12	4.2 4.51
Stand A	2.45	- 1	42	79.5	1.3	12	4.5 4.88

MAENNLICHEN B

1.447 m über A Wild T 3 Nr. 29715

E. Hauser

6. Aug. 1953	0815 - 1400	zunehmend bewölkt, zuletzt Nebel, 8° - 13°
8. Aug. 1953	0800 - 1325	klar, windstill, 11° - 14°
10. Aug. 1953	1335 - 1705	zunehmend bewölkt, Gipfel im Nebel, 14° - 16°
11. Aug. 1953	0810 - 1600	schön, Bewölkung zunehmend, dunstig, 12° - 17°

	m	g	c	cc	cc	cc	km		
Daube B	1.362	-	3	52	88.9	0.6	28	3.1	4.84
Lauberhorn A	2.08	+	2	77	14.8	0.6	25	3.1	2.97
Niederhorn A	2.07	-	1	60	18.2	1.2	29	6.4	16.27
Niesen A	4.185	-	0	02	89.3	1.0	23	4.6	22.18
Sphinx A	2.087	+	8	93	74.4	0.8	26	4.2	8.74
Sulegg A	1.98	+	0	65	41.8	1.5	9	4.5	6.61

MAENNLICHEN C

1.682 m über A Wild T 4 Nr. 33112

W. Fischer, H. Trnka, N. Wunderlin

5. Aug. 1955	1620 - 1710	neblig
6. Aug. 1955	0755 - 1005, 1625 - 1630,	neblig
9. Aug. 1955	1500 - 1510	
10. Aug. 1955	0800 - 1125, 1525, 1715,	Sonne, dunstig, Nebel
11. Aug. 1955	0835 - 1450	schön, dann zunehmend bewölkt

	m	o	'	"	"	"	km		
Bietenhorn A	2.018	+	3	14	38.0	0.3	25	1.6	7.25
Gürmschbühl A	2.395	-	5	18	19.4	0.6	28	3.0	4.80

PONCIONE DI MANIO B

0.896 m über A Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, N. Wunderlin

30. Aug. 1961	1035 - 1625	schön, Cumuli, windstill, 9° - 12°, 80 - 75%
---------------	-------------	--

	m	g	c	cc	cc	cc	km		
P. dei Cavagnoli B	2.448	-	1	01	11.7	0.8	14	3.1	5.56
Cristallina A	2.448	-	0	12	17.3	1.2	14	4.4	8.50
P. Gallina A	2.446	+	2	55	80.9	1.0	14	3.8	3.39
San Giacomo B	2.45	-	7	18	73.7	0.8	14	3.0	3.78
Nufenenstock VS A	2.447	-	0	75	69.9	0.6	14	2.3	4.95
Poncione di Rovino A	1.995	+	0	83	63.6	1.3	14	4.8	3.05

MOOSFLUH A

1.472 m über A Kern DKM 3 Nr. 42748

E. Hauser

1. Aug. 1956	1000 - 1425	Hangnebel, sonnig, 7° - 12°
3. Aug. 1956	1030 - 1515	neblig, starker Wind, 7° - 9°
4. Aug. 1956	1010 - 1250	Hang-, Gipfelnebel, windstill, 5° - 6°

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Eggishorn A	2.088	+ 7	07	44.0	0.6	16	2.3
Fusshorn A	2.00	+14	71	21.0	1.2	8	3.5
Olmenhorn A	2.002	+ 9	56	32.5	0.9	16	3.7
Riederhorn A	2.09	- 1	79	73.7	0.7	14	2.5
Sparrhorn A	2.00	+ 8	60	68.4	0.7	14	2.8

MORGENBERGHORN A

1.570 m über A Wild T 3 Nr. 28

E. Hauser

21. Juli 1955	1320 - 1405	Gipfelwolken, später Regen, 15°
26. Juli 1955	0920 - 1015	stark bewölkt, Gipfel-, Hangnebel, 15°
1. Aug. 1955	1015 - 1210	leicht, dann zunehmend bewölkt, zuletzt Gewitter, 13° - 17°
2. Aug. 1955	1340 - 1425	stark bewölkt nach Gewitter, Gipfelnebel, 11° - 13°

	m	o	'	"	"	"	km
Aeschiallmend A	2.105	-11	46	15.4	0.6	8	1.8
Bietenhorn A	2.018	+ 3	53	25.6	0.5	7	1.4
Därliigrat B	1.992	- 7	32	57.8	1.2	9	3.7
Dreispietz A	2.00	+ 3	41	59.2	0.6	5	1.5
Engelalp A	1.985	- 5	25	00.1	0.6	8	1.7
Schwalmern A	2.00	+ 8	06	12.0	0.4	6	1.1
Sulegg A	1.98	+ 2	05	37.7	0.3	8	0.9

NESSSEL A

1.642 m über A Kern DKM 3 Nr. 42748

E. Hauser

18. Juli 1956	1400 - 1425	leicht bewölkt, 16°
19. Juli 1956	0955 - 1150	bedeckt, windstill, später Regen, 12° - 14°
20. Juli 1956	1225 - 1600	stark bewölkt, Gipfelnebel, 8° - 11°
21. Juli 1956	0945 - 1205	neblig, 9°
23. Juli 1956	1105 - 1525	Gipfel- und Hangnebel, 11° - 13°

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Axpunkt Nord B	1.604	-23	98	92.8	0.8	14	3.0
Glishorn A	2.09	+ 4	56	19.4	0.5	15	2.0
Oberried C	6.189	-11	65	17.0	0.8	14	3.0
Riederhorn A	2.09	+ 3	19	79.1	0.9	15	3.4
Rosswald B	0.202	+ 0	75	32.5	0.9	15	3.3
Sparrhorn A	2.00	+ 9	53	47.0	0.9	15	3.4

NIEDERHORN B

0.184 m unter A Wild T 3 Nr. 29732

V. Untersee

11. Aug. 1953 1355 - 1640 schön, Gewittergewölk, 17° - 20°
 12. Aug. 1953 0820 - 1605 schön, dunstig, 14° - 21°
 13. Aug. 1953 0810 - 0945 schön, Bise, Hochalpen im Nebel, 14°

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Aeschiallmend A	2.105	- 6	67	03.6	0.9	23	4.4 7.94
Daube A	2.085	+ 0	63	61.7	0.7	24	3.7 11.90
Männlichen A	2.093	+ 1	47	34.2	0.7	22	3.5 16.27
Niesen A	3.786	+ 2	21	82.8	0.5	39	3.4 11.71
Sphinx A	2.087	+ 4	13	04.2	1.0	17	4.3 24.39
Spiez-Bühl B	2.069	-10	18	70.2	0.6	23	3.1 8.08

NIEDERHORN C

2.265 m über A Wild T 4 Nr. 33112

W. Fischer, H. Trnka, N. Wunderlin

17. Aug. 1955 0950 , 1040, 1705 - 1805, wolkenlos, dunstig
 18. Aug. 1955 1015 - 1020, 1640 - 1750, schön, Föhngewölk, windstill,
 dunstig

	m	o	'	"	"	"	km
Därliigrat B	1.992	- 0	59	01.2	0.3	18	1.1 8.09

NIESEN B

1.180 m über A Wild T 3 Nr. 29732

V. Untersee

5. Aug. 1953 0605 - 1825 schön, 5°-18°-11°
 8. Aug. 1953 0805 - 1445 schön, 9° - 16°

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Aeschiallmend A	2.105	-12	85	53.3	1.0	24	4.8 6.19
Daube A	2.085	- 1	01	22.0	0.8	26	4.3 19.51
Engelalp A	1.985	- 5	45	57.3	0.9	24	4.5 6.90
Jungfrau A	2.16	+ 4	16	34.4	1.2	20	5.5 26.67
Männlichen A	2.093	- 0	14	74.9	0.9	21	4.0 22.18
Sulegg A	1.98	+ 0	14	54.9	1.6	17	6.5 15.52

NIESEN C

1.329 m über A Wild T 3 Nr. 29732

V. Untersee

6. Aug. 1953 0810 - 1040 wolkig, Wind, Gipfel im Nebel, 14°
 8. Aug. 1953 1525 - 1725 schön, am Schluss wolkig, 14° - 13°
 9. Aug. 1953 0800 - 1020 bedeckt, neblig, 11° - 13°
 10. Aug. 1953 0905 - 1445 schön, Gipfelwolken, 10° - 16°

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Niederhorn A	2.07	- 2	28	49.5	0.5	27	2.7 11.71
Spiez-Bühl B	2.069	-22	25	86.0	0.5	45	3.5 4.95

NUFENENSTOCK VS B

1.845 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

N. Wunderlin

15. Sept. 1961

1045 - 1730

bewölkt, zum Teil neblig, windstill,
7° - 12°, 92%

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Basodino B	2.444	+ 2	93	19.2	0.9	10	3.0	8.74
Bettelmatthorn B	2.448	+ 2	79	36.2	1.0	13	3.8	4.03
Brudelhorn A	2.453	- 0	82	50.5	0.9	13	3.1	5.91
Faulhorn (Gries) A	2.10	- 2	17	38.6	0.8	13	2.7	2.29
P. Gallina A	2.446	+ 3	98	79.1	0.8	13	3.0	3.11
San Giacomo B	2.45	- 5	23	61.5	1.8	13	6.3	4.48
Poncione di Manio A	2.446	+ 0	74	19.3	1.2	13	4.5	4.95

OBERRIED B

0.702 m unter A

Kern DKM 3 Nr. 42748

E. Hauser

12. Juli 1956

1000 - 1530

leicht bewölkt, 13° - 19°

13. Juli 1956

0945 - 1015

schön, 22°

16. Juli 1956

1325 - 1455

bewölkt, Wind, 13°

17. Juli 1956

0930 - 1515

bewölkt, Höhen neblig, 12° - 17°

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Axpunkt Nord B	1.604	-18	78	00.0	0.6	16	2.3	2.41
Glishorn A	2.09	+ 9	81	13.5	0.6	16	2.5	7.07
Rosswald B	0.202	+ 8	26	31.6	1.3	31	7.1	5.44

OBERRIED C

6.114 m über A

Kern DKM 3 Nr. 42748

E. Hauser

13. Juli 1956

1105 - 1515

bewölkt, 22° - 23°

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Nessel A	2.08	+11	63	55.5	1.1	15	4.3	3.32

OLMENHORN A

1.442 m über A

Kern DKM3 Nr. 53570

E. Hauser

7. Sept. 1956

0950 - 1550

bewölkt, Hang- und Gipfelnebel, 3°

8. Sept. 1956

1015 - 1330

klar, windstill, 4°

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Dreieckhorn A	2.00	+ 8	58	40.8	0.7	12	2.4	3.69
Eggishorn A	2.088	- 6	04	57.7	0.8	12	2.6	4.09
Fusshorn A	2.00	+ 4	02	51.7	0.6	8	1.8	4.93
Konkordia A	2.08	- 6	06	33.2	0.9	13	3.2	5.20
Moosfluh A	2.00	- 9	61	12.2	0.7	13	2.7	6.54
Strahlgrat A	2.00	- 2	30	66.8	0.7	12	2.6	3.60

PFINGSTEGG B

0.009 m unter A

Horner, Koch, Rudaz

13. Aug. 1962

0930 , 1600

schön

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Burg B	1.78	+ 7	33	10.3	1.3	2	1.8	7.08
Enge A	1.60	+ 8	29	26.0	1.6	2	2.3	2.58
First A	2.00	+10	31	95.2	2.0	2	2.8	4.50
Lauberhorn A	2.00	+ 7	76	43.1	3.0	2	4.2	8.85
Männlichen A	2.00	+ 6	61	48.1	0.3	2	0.4	9.14
Gr. Scheidegg A	2.00	+ 7	39	57.6	2.4	2	3.5	5.55
Schüssellauenen A	1.40	+ 5	06	83.4	1.6	2	2.2	1.93

PFINGSTEGG C

1.48 m über A

Schneeberger

9. Aug. 1962

1230, 1430

wechselnd bewölkt, warm

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Grindelwald A	2.91	-26	51	42.5	1.9	2	2.7	0.95

RAEUFT A

1.44 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, N. Wunderlin

15. Aug. 1962

0905 - 1120

zuerst leicht bewölkt, später bedeckt,
zuletzt Regen, 14°, 85%

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Brudelhorn A	2.453	+13	90	64.8	0.6	12	2.0	2.38
Hölzlihorn A	2.51	+ 5	96	83.7	1.2	12	4.0	7.55
Mannliboden A	2.455	+ 2	88	35.2	0.7	12	2.4	3.90
Ritzingeralp A	2.46	- 0	34	51.2	0.8	12	2.9	5.42
Stand A	2.45	+ 0	45	82.8	1.1	12	3.7	8.75

RICHINEN B

1.034 m über A Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, N. Wunderlin

27. Juli 1962 1015 - 1545 bewölkt, starker Wind, 15° - 21°, 90 - 75%

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Bellwald A	2.45	-19	03	15.5	2.0	12	7.0	3.03
Eggishorn A	2.46	+ 5	36	05.2	1.1	12	3.9	5.85
Hölzlihorn A	2.51	+ 4	42	52.0	1.1	12	4.0	7.95
Längsee A	2.45	+13	11	63.2	1.6	12	5.7	2.57
Mannliboden A	2.455	+ 0	19	17.0	1.0	12	3.6	6.25
Stand A	2.45	- 1	23	19.8	1.1	12	3.7	4.60
Strahlgrat A	2.455	+ 8	04	94.3	0.9	12	3.3	5.94

RICHINEN C

3.291 m unter A Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, N. Wunderlin

27. Juli 1962 1605 - 1655 bewölkt, Wind, 18° - 14°, 75 - 80%

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Ritzingeralp A	2.46	- 2	66	58.6	1.4	12	4.9	4.33

RIEDERHORN B

0.977 m über A Wild T 3 Nr. 29732

V. Untersee

28. Aug. 1953 1400 - 1630 schön, 12°

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Eggishorn A	2.088	+ 4	90	02.2	0.7	17	3.0	8.99
Rosswald A	2.09	- 1	20	70.4	0.6	17	2.6	7.62

RIEDERHORN C

1.206 m über A Kern DKM 3 Nr. 42748

E. Hauser

28. Juli 1956 0955 - 1425 bewölkt, windstill - bedeckt,
starker Wind, 14° - 16°

31. Juli 1956 1000 - 1620 einzelne Hangnebel, 8° - 13°

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Fusshorn A	2.00	+13	03	73.3	1.3	13	4.6	6.86
Moosfluh A	2.00	+ 1	78	36.1	1.0	17	4.1	3.66
Nessel A	2.08	- 3	22	56.4	0.9	13	3.3	4.69
Rosswald B	0.202	- 1	22	60.1	0.9	13	3.3	7.60
Sparrhorn A	2.00	+11	29	27.4	0.4	13	1.3	4.48

RITZINGERALP B

2.435 m über A Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, N. Wunderlin

14. Aug. 1962 0915 - 1635 meist wolkenlos, 18° - 22°, 85 - 70%
 21. Aug. 1962* 1120, 1550 - 1650, zuerst bedeckt, regnerisch,
 (nur Visur Räuft) 16h Aufhellung, 11° - 8°, 100%

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Blindenhorn A	2.74	+ 7	80	22.3	0.8	15	3.1	9.19
Brudelhorn A	2.453	+ 4	43	20.9	0.8	15	2.9	7.76
Hölzlihorn A	2.51	+ 5	68	50.7	0.9	15	3.4	8.25
Längsee A	2.45	+11	66	11.6	1.3	15	5.1	3.90
Mannliboden A	2.005	+ 2	87	47.2	0.8	15	3.3	4.51
Räuft A*	2.41	+ 0	31	56.8	0.9	16	3.8	5.42
Richinen C	-2.676	+ 2	63	27.3	1.5	15	5.9	4.33
Stand A	2.45	+ 0	87	81.3	0.5	15	2.1	6.76

ROSSWALD A

1.680 m über A Wild T 3 Nr. 29732

V. Untersee

26. Aug. 1953 1315 - 1545 vormittags Nebel, dann Aufhellung,
 19° - 15°

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Riederhorn A	2.09	+ 1	15	77.6	0.4	25	2.2	7.62

ROSSWALD B

0.303 m unter A Kern DKM 3 Nr. 42748

E. Hauser

7. Juli 1956 0935 - 1425 wolkenlos, 14° - 20°
 9. Juli 1956 1130 - 1400 schön, dann regnerisch, windig,
 zuletzt Gewitter, 15°

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Axpunkt Nord B	1.204	-20	01	45.3	1.9	11	6.4	4.55
Glishorn A	2.09	+ 4	30	37.3	1.0	14	3.8	5.65
Nessel A	2.08	- 0	80	20.5	0.7	12	2.6	7.64
Oberried A	1.095	- 8	27	78.7	1.0	14	3.9	5.44
Riederhorn A	2.09	+ 1	17	71.1	1.0	12	3.6	7.60

PONCIONE DI ROVINO B

0.285 m über A Wild T 3 Nr. 29882

W. Fischer, N. Wunderlin

29. Aug. 1961 1250 - 1815 wechselnd bewölkt, neblig, später
 aufhellend, 10° - 12°, 92 - 82%

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
P. dei Cavagnoli B	2.448	- 1	34	56.6	0.8	10	2.5	6.04
Cristallina A	2.448	- 0	45	89.8	0.7	10	2.1	7.48
Fibbia A	2.455	- 2	08	28.4	0.8	10	2.7	6.93
Piano del Gheisc A	2.447	-14	92	36.7	1.1	10	3.4	4.59
San Giacomo B	2.45	- 5	17	05.8	1.3	10	4.1	5.74
Poncione di Manio A	2.446	- 0	79	61.2	0.5	10	1.6	3.05
Pne. di Vespero A	2.45	- 1	81	41.8	1.4	10	4.5	8.76

GROSSE SCHEIDEGG B

0.354 m unter A Wild T 3 Nr. 72

Meier, Muggli

10. Aug. 1961 0630, 0830, 1030, 1230, 1300, bewölkt

	m	o	"	"	"	km
Faulhorn B	-1.04	+ 4	23 50.8	0.7	5 1.7	8.34
First A	2.00	+ 1	16 35.6	0.4	4 0.9	3.73

GROSSE SCHEIDEGG B

0.26 m unter A

Schneeberger, Knöpfli

11. Aug. 1962 0700 - 0800, sehr schön
 15. Aug. 1962 0945 - 1015, 1215 - 1235, bedeckt, Wind, Nebel

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Faulhorn B	-1.04	+ 4	88 62.2	2.1	4 4.2	8.34	
First A	2.30	+ 1	42 30.2	2.7	3 4.7	3.73	
Grindelwald A	2.31	-10	59 44.4	4.7	5 10.5	6.20	
Pfingstegg A	2.003	- 7	39 99.8	2.6	5 5.8	5.54	
Schüssellauenen A	1.40	- 4	23 12.9	3.1	3 5.4	7.44	

SCHUESSELAUENEN B

3.955 m über A

Blum, Knöpfli, Schneeberger

6. Aug. 1962 1800 - 1835
 8. Aug. 1962 0800 - 0840, 1000, 1130, 1400, wechselnd bewölkt

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Burg B	1.78	+ 6	18 66.2	0.2	2 0.2	6.77	
Enge A	1.60	+ 2	52 25.6	2.1	2 3.0	4.49	
First A	2.00	+ 6	20 44.2	2.4	3 4.1	5.84	
Grindelwald A	2.61	-24	12 22.2	0.8	2 1.1	1.47	
Pfingstegg A	2.003	- 5	08 26.4	2.6	2 3.6	1.94	
Gr. Scheidegg A	2.00	+ 4	15 72.2	0.4	2 0.6	7.44	

SCHWALMERN A

1.659 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

E. Hauser

2. Okt. 1955 1025 - 1500 schön, wenig Wind

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Bietenhorn A	2.018	- 0	33 71.2	0.6	12 2.2	4.08	
Dreispitz A	2.00	- 3	74 84.1	0.7	10 2.1	4.38	
Morgenberghorn A	2.00	- 9	02 34.1	0.9	12 3.0	3.74	
Sulegg B	2.025	- 5	58 11.6	1.1	12 3.7	4.16	

SCHYRNIGE PLATTE B

1.778 m über A Kern DKM 3 Nr. 53570

Fuchs, Hartmann, Lutz

7. Aug. 1961 1750 - 1830
 8. Aug. 1961 0515 - 0610, 0900 - 0910, 1045 - 1135, 1545 - 1705
 bedeckt, dunstig, windig

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Burg B	1.78	+ 1	59	40.2	2.0	5	4.5
Faulhorn B	-1.04	+ 5	30	54.2	2.9	5	6.4
Lauberhorn A	2.00	+ 3	46	08.4	4.2	5	9.3
Männlichen A	2.00	+ 3	90	27.6	3.2	5	7.2

Beobachtungen nach dem Punkt Daube A (Dist. = 0.39 km) fehlen. Es mussten zwei von der Eidgenössischen Landestopographie beobachtete Winkel verwendet werden:

1922 IH = 1.513 m SH = 2.307 m B = + 1° 25' 56",9
 1926 IH = 1.51 m SH = 1.81 m B = + 1g 50c 96cc

SPARRHORN B

1.23 m über A Kern DKM 3 Nr. 42748

E. Hauser

24. Juli 1956 1130 - 1600 schön, leichte Hangnebel, Wind, 6° - 9°
 25. Juli 1956 1055 - 1600 schön, Hang- Gipfelnebel, windstill, 9° - 15°
 26. Juli 1956 1010 - 1535 wolkenlos, windstill, 10° - 16°

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Eggishorn A	2.088	- 0	69	75.9	0.7	17	2.9
Fusshorn A	2.00	+12	32	71.3	0.7	17	3.0
Moosfluh A	2.00	- 8	63	71.2	0.7	16	2.6
Nessel A	2.08	- 9	58	16.7	0.5	16	2.1
Riederhorn A	2.09	-11	30	73.0	0.9	16	3.5

SPHINX B

3.995 m über A Wild T 3 Nr. 29715

E. Hauser

12. Aug. 1953 1525 - 1640 leicht bewölkt, fast windstill, 12°
 13. Aug. 1953 0820 - 1635 einzelne Wolken, später Gewitterwolken, 4° - 12°
 14. Aug. 1953 0800 - 1510 dünne Wolken, später Gewitterbildung, 5° - 8°
 15. Aug. 1953 0815 - 1100 Gipfelwolken, Neuschnee bis 3400 m, 2° - 9°

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Daube A	2.085	- 7	09	01.4	0.8	22	3.5
Eggishorn A	2.088	- 2	73	67.4	1.2	22	5.6
Faulberg A	2.16	- 2	74	42.5	0.8	20	3.7
Jungfrau A	2.16	+17	38	56.0	0.9	21	4.3
Lauberhorn A	2.08	-12	05	87.7	1.2	22	5.4
Männlichen A	2.093	- 9	02	57.4	0.8	21	3.8
Niederhorn A	2.07	- 4	34	05.8	1.0	24	5.1
Niesen A	3.786	- 2	88	74.5	0.8	23	3.9

SPHINX B

4.040 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

E. Hauser

11. Okt. 1955 1135 - 1500 neblig von Süden, windstill, kalt

	m	g	c	cc	cc		cc	km
Gürmschbühl A	1.995	-20	18	22.1	1.0	15	3.9	5.36

SPHINX C

3.895 m über A

Kern DKM 3 Nr. 53570

E. Hauser

20. Sept. 1956 0855 - 1535 wolkenlos, fast windstill, 3° - 5°

21. Sept. 1956 0955 - 1150 wolkenlos, mässiger Wind, 0° - 2°

	m	g	c	cc	cc		cc	km
Bietenhorn A	2.418	- 5	32	00.1	1.3	19	5.9	9.83
Dreieckhorn A	2.00	+ 1	82	50.7	1.1	17	4.4	8.19
Konkordia A	2.08	- 6	50	61.6	1.3	17	5.3	7.40

SPIEZ-BUEHL B

1.580 m über B

Wild T 3 Nr. 29732

V. Untersee

28. Juli 1953 1330 - 1630 zuerst schön, dann zunehmende Gewitterbewölkung, 23° - 22°

29. Juli 1953 1330 - 1730 Gewittergewölk, 23°

	m	g	c	cc	cc		cc	km
Aeschiallmen A	2.105	+ 4	74	17.5	1.1	32	6.2	6.07
Niederhorn A	2.07	+10	12	71.0	0.6	30	3.3	8.08
Niesen A	3.786	+22	24	84.8	0.7	21	3.4	4.95

STAND B

1.405 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

P. Burkhalter, W. Fischer, N. Wunderlin

30. Juli 1962 1020 - 1600 schön, Wolken über den Bergen, 8° - 14°,
85 - 80%

	m	g	c	cc	cc		cc	km
Bellwald A	2.45	-15	24	45.2	1.1	15	4.3	3.38
Eggishorn A	2.46	+ 4	41	50.8	1.1	15	4.4	8.36
Hölzlihorn A	2.51	+10	42	61.0	1.5	15	5.9	3.94
Mannliboden A	2.455	+ 1	41	41.7	0.9	15	3.7	4.88
Räuft A	2.45	- 0	52	44.7	1.0	15	3.7	8.75
Richinen A	2.455	+ 1	23	35.1	0.9	15	3.4	4.60
Ritzingeralp A	2.46	- 0	92	52.9	0.7	15	2.7	6.76

STRAHLGRAT B

1.49 m über A

Kern DKM 3 Nr. 42748

E. Hauser

17. Aug. 1956 1305 - 1420 bedeckt, Westwind, 6°
 22. Aug. 1956 1120 - 1240 bedeckt, neblig, 4°
 30. Aug. 1956 1230 - 1545 Gipfel klar, Hangnebel, Neuschnee -4° bis -1°
 31. Aug. 1956 1105 - 1340 stark bewölkt bis bedeckt, windstill, 3°

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Dreieckhorn A	2.00	+ 6	71	13.3	1.0	18	4.3
Eggishorn A	2.088	- 4	17	30.7	0.8	14	3.0
Konkordia A	2.08	- 4	65	41.1	1.1	17	4.5
Olmenhorn A	2.002	+ 2	29	70.4	1.0	15	3.8

STRAHLGRAT C

2.003 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

N. Wunderlin

25. Juli 1962 1245 - 1500 schön, Hangnebel, dunstig, 13° - 16°, 83%

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Bellwald A	2.45	-14	75	71.3	1.4	12	4.7
Eggishorn A	2.46	- 4	17	03.6	1.1	12	3.9
Längsee A	2.45	- 2	86	32.1	0.8	12	2.7
Richinen A	2.455	- 8	08	96.0	1.1	12	3.6

SULEGG A

1.730 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

E. Hauser

3. Okt. 1955 0920 - 1505 schön, kalt, windstill, am Schluss wolkg,
zuletzt Nebel

	m	g	c	cc	cc	cc	km
Bietenhorn A	2.018	+ 4	32	33.1	0.7	12	2.3
Därliigrat B	1.992	-10	36	85.4	1.3	12	4.6
Daube A	2.085	- 3	75	67.7	0.7	12	2.6
Lauberhorn A	1.995	+ 0	43	49.7	1.1	10	3.5
Männlichen A	2.093	- 0	70	15.4	1.1	12	4.0
Morgenberghorn A	2.00	- 2	35	63.3	1.5	12	5.3
Schwalmen A	2.00	+ 5	55	06.1	1.8	7	4.8

PONCIONE DI VESPERO B

1.675 m über A

Wild T 3 Nr. 29882

N. Wunderlin

26. Juli 1961

1030 - 1530

zuerst wolkenlos, später Gipfelwolken,
8° - 12°, 90%

	m	g	c	cc	cc	cc	km	
Airolo B	2.00	-20	91	37.5	1.0	15	3.7	4.80
Poncione di Braga A	4.957	+ 1	16	31.3	1.6	12	5.6	7.85
P. dil Corno A	2.00	- 3	95	88.9	1.5	15	5.6	3.50
Cristallina A	1.994	+ 2	36	96.3	1.4	15	5.5	5.16
Fibbia A	2.005	+ 0	22	98.4	1.7	15	6.5	5.44
Piano del Gheisc A	1.995	-10	82	32.9	1.2	15	4.8	4.85
Giubin A	1.995	+ 0	42	17.7	1.3	15	4.9	8.29
Poncione di Rovino A	2.448	+ 1	75	81.9	1.3	15	4.8	8.76

Zeitlicher Verlauf der einzelnen Höhenwinkelbeobachtungen auf drei Stationen

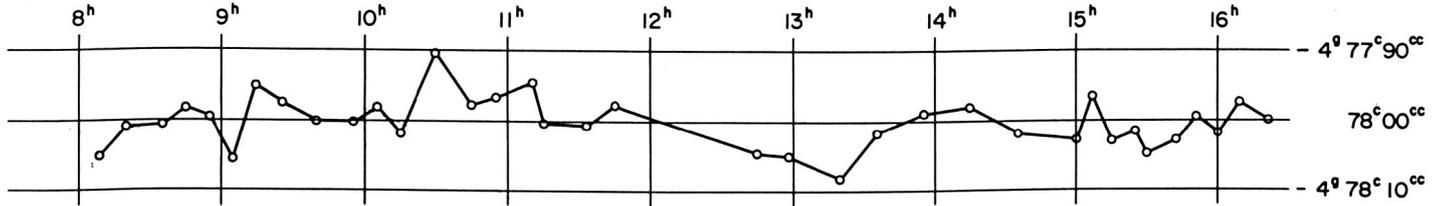
(vgl. Abschnitt 1.3, S. 12)

Aeschialmend A

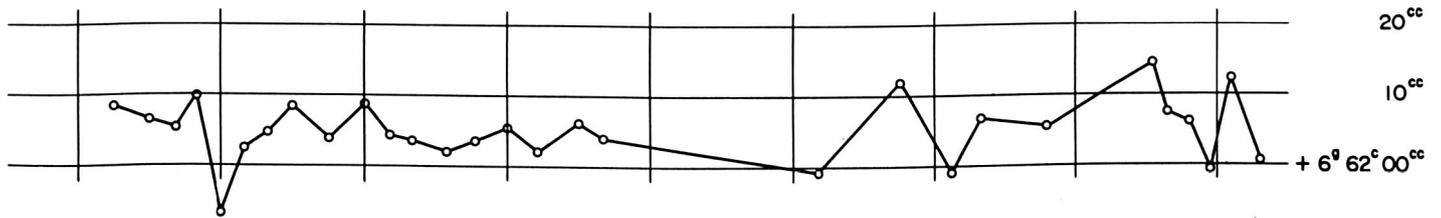
31. Juli 1953

Beobachter: Untersee

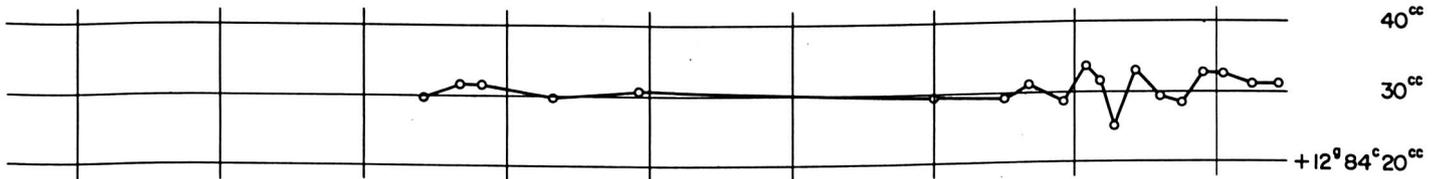
Spiez - Bühl



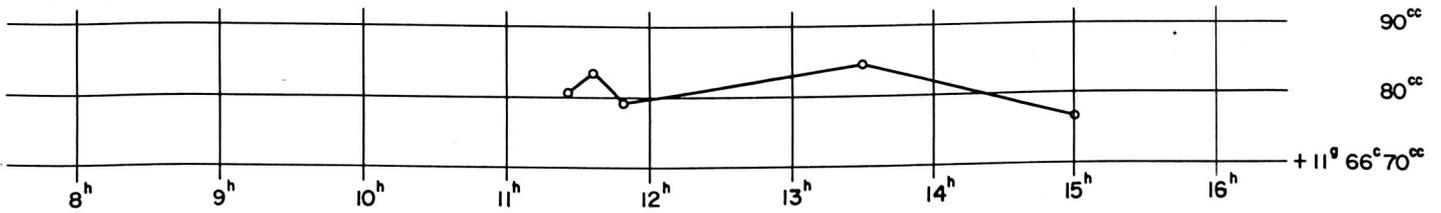
Niederhorn



Niesen



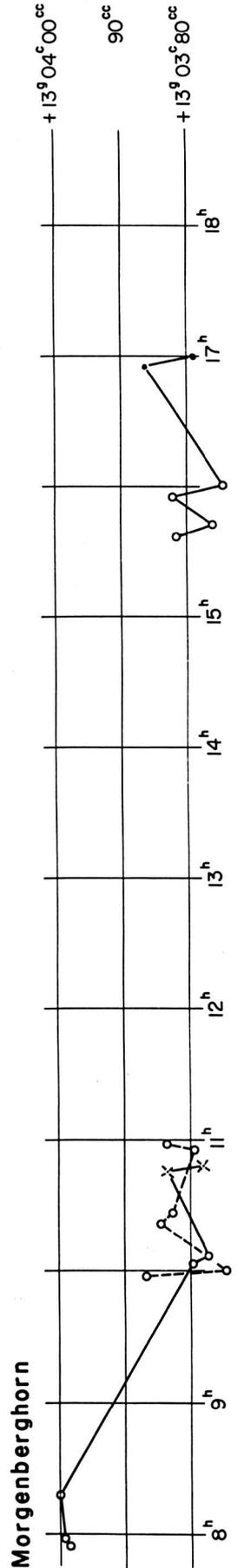
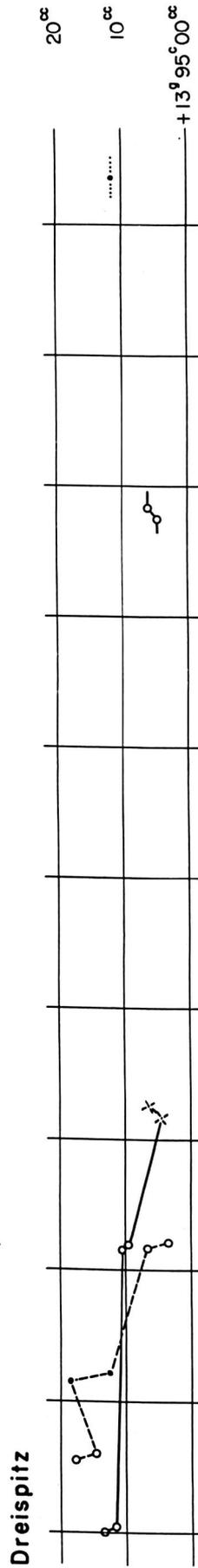
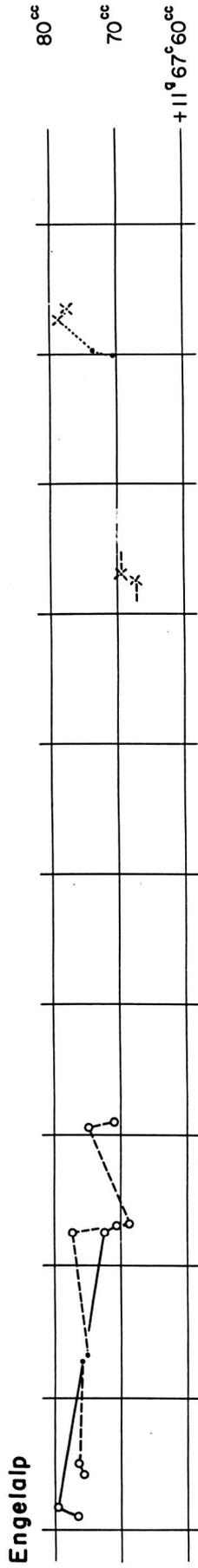
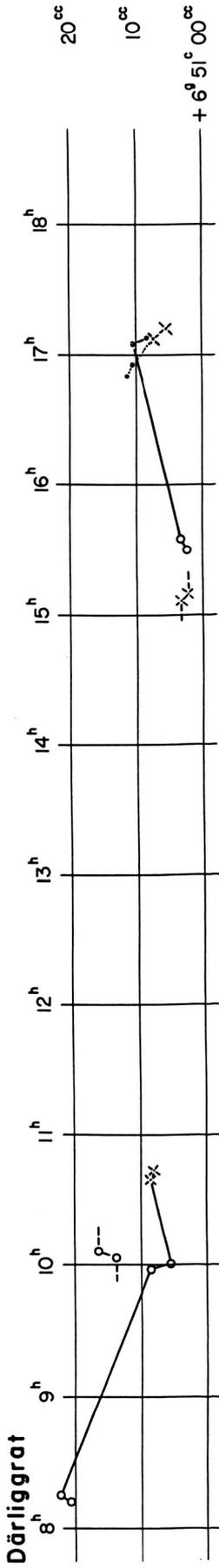
Engelalp



Aeschallmend B

..... 20. Aug. 1955
 --- 22. Aug. 1955
 — 23. Aug. 1955

Beobachter: Fischer ×
 Trnka •
 Wunderlin ◦

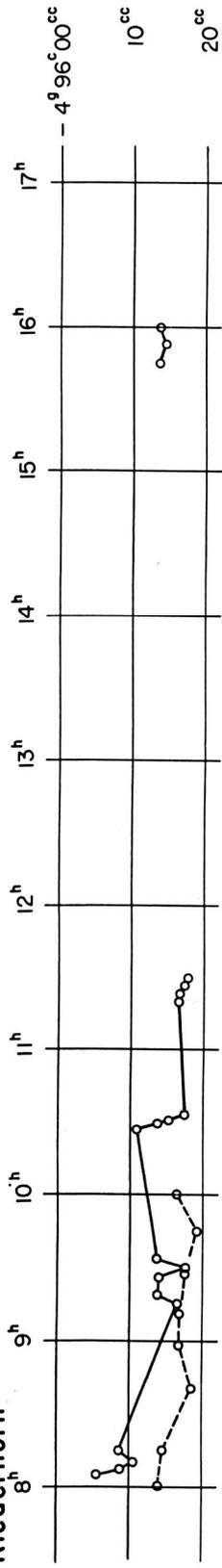


Eggishorn C

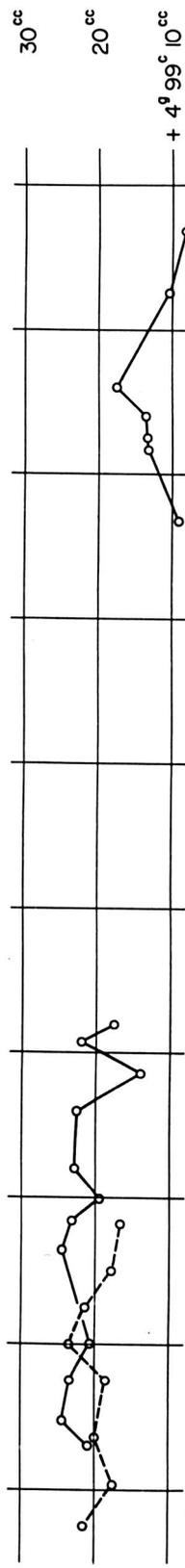
— 1. Sept. 1953
 - - - 2. Sept. 1953

Beobachter: Untersee

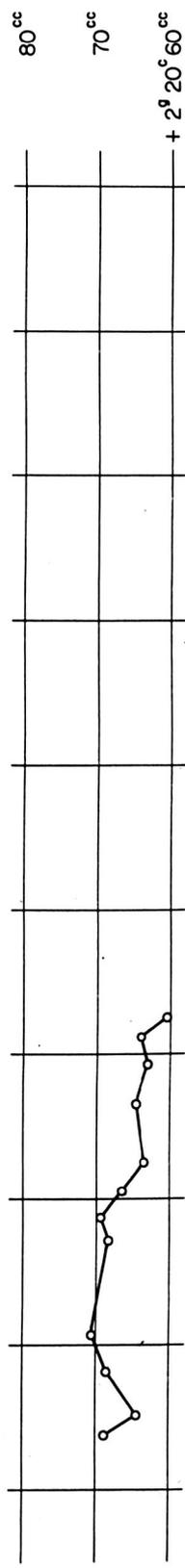
Riederhorn



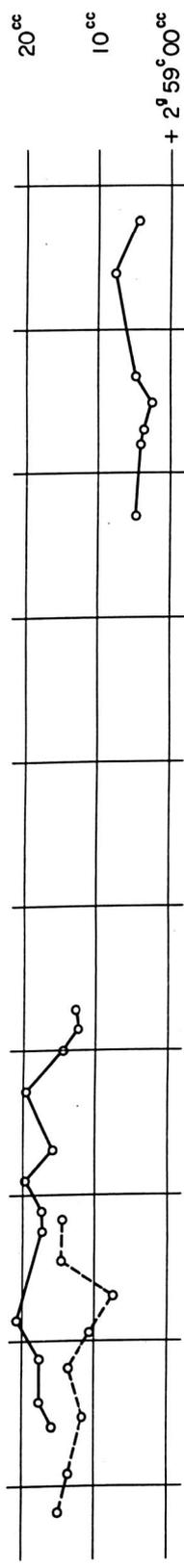
Jungfrau



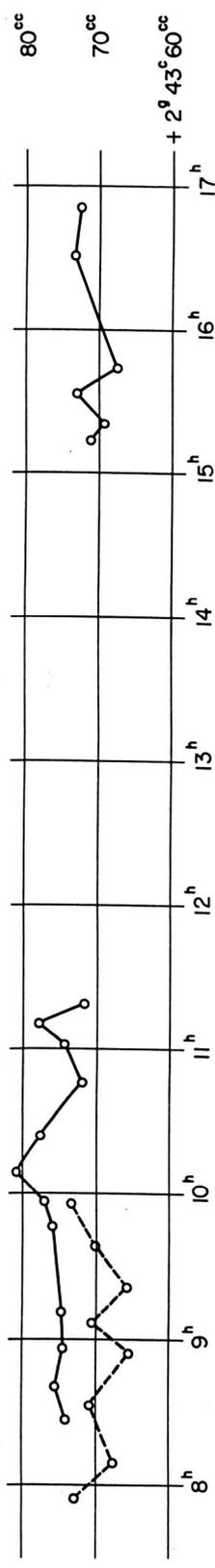
Jungfraujoch



Sphinx



Faulberg

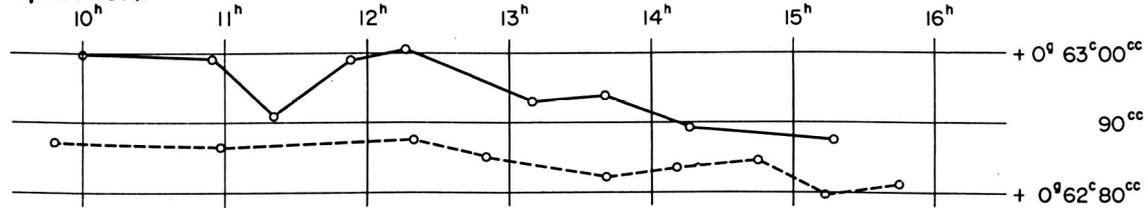


Eggishorn D

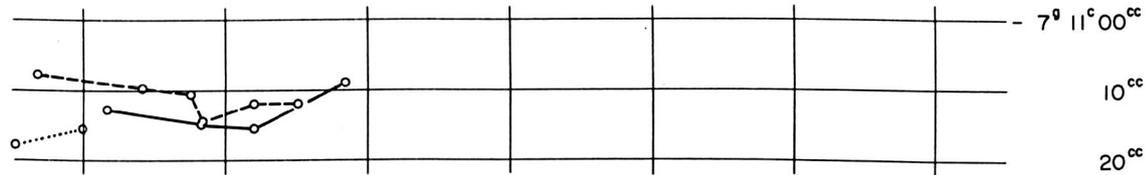
— 13. Aug. 1956
 14. Aug. 1956
 - - - 16. Aug. 1956

Beobachter: Hauser

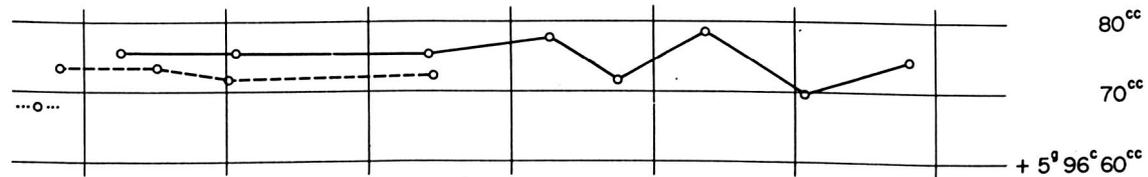
Sparrhorn



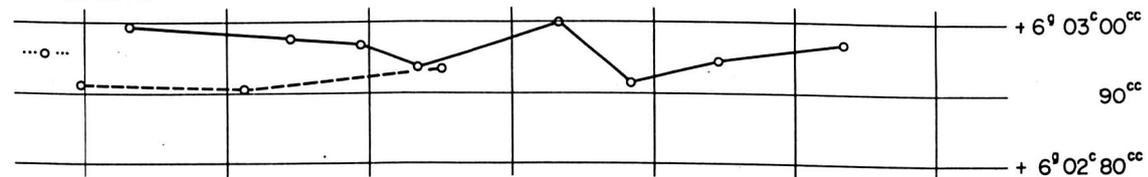
Moosfluh



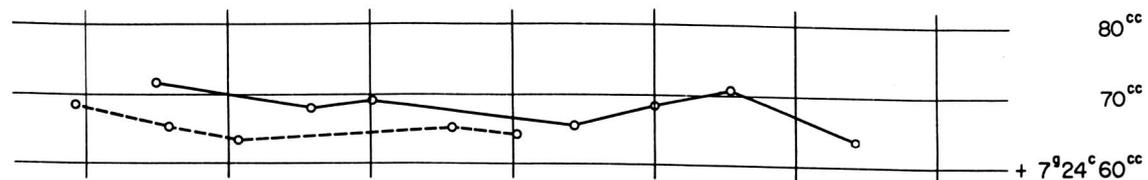
Fusshorn



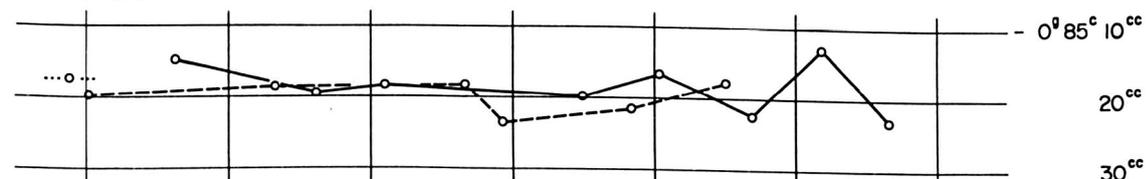
Olmenhorn



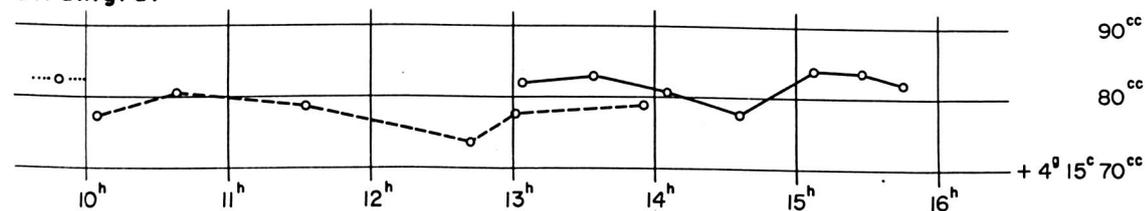
Dreieckhorn



Konkordia



Strahlgrat

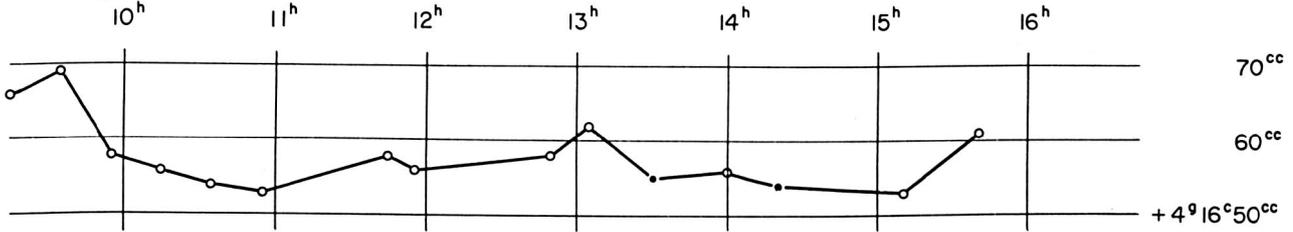


Eggishorn E

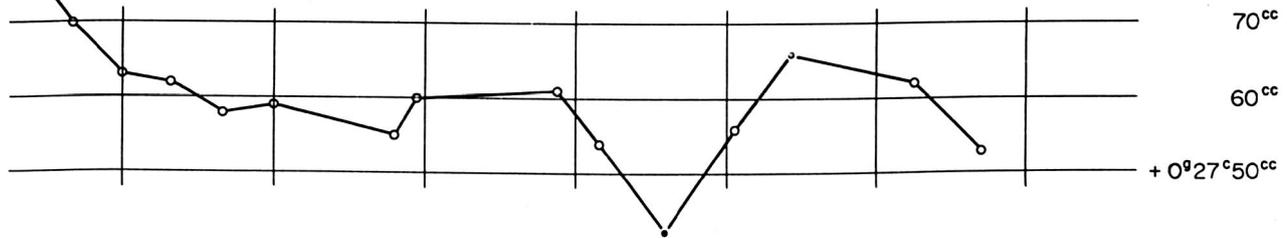
24. Juli 1962

Beobachter: • Burkhalter
 ○ Fischer

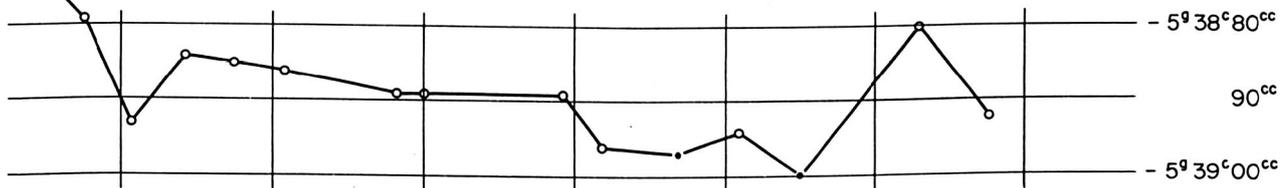
Strahlgrat



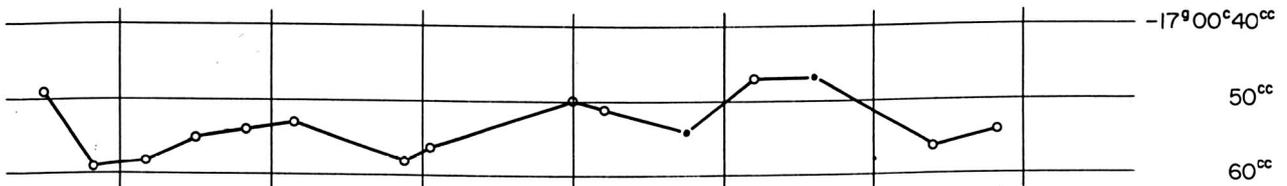
Längsee



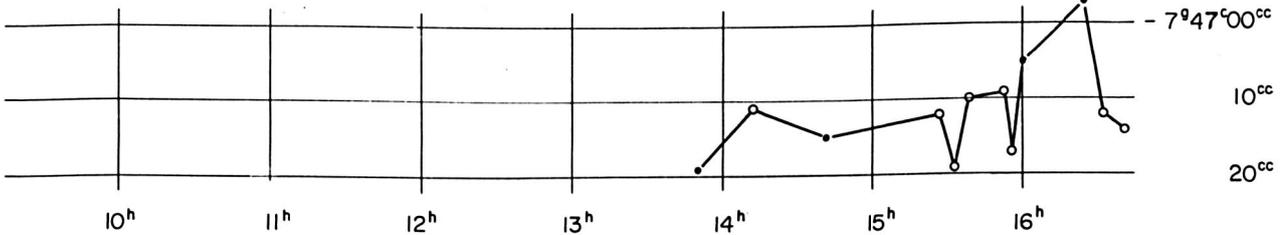
Richinen



Bellwald



Stand

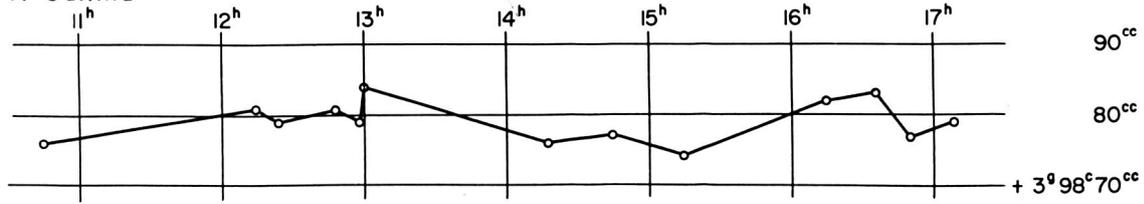


Nufenenstock VS B

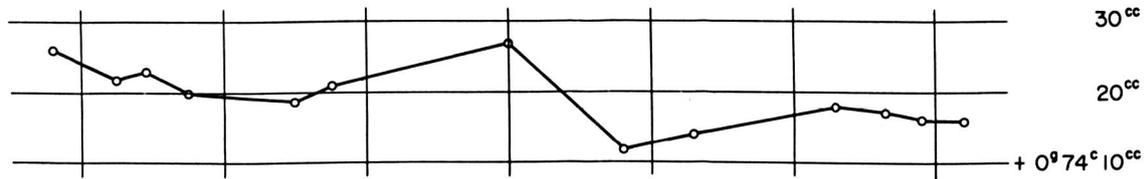
15. Sept. 1961

Beobachter: Wunderlin

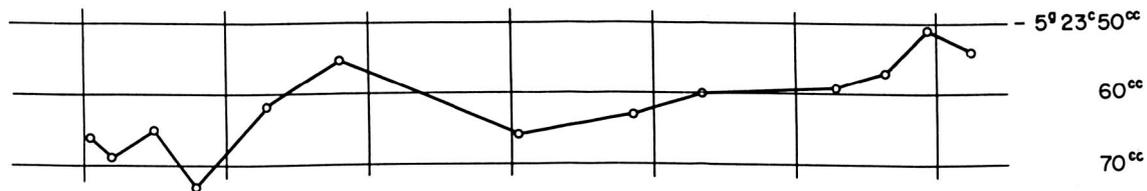
P. Gallina



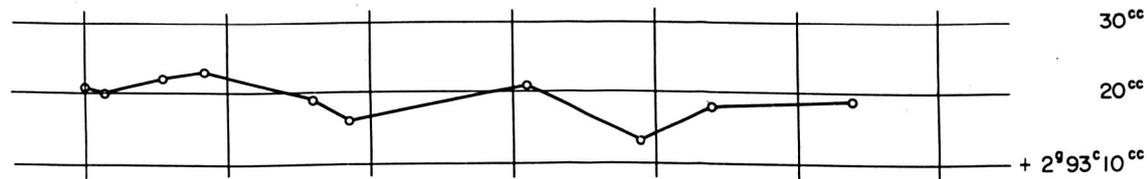
P^{ne} di Monio



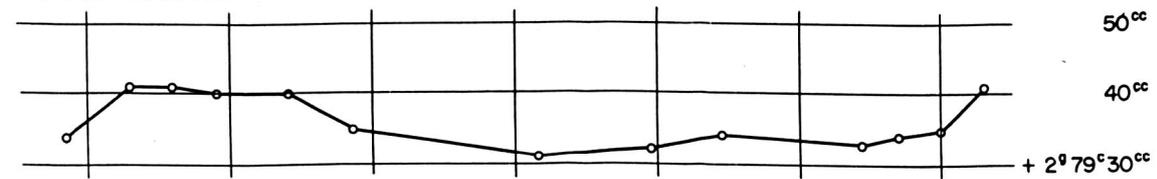
S. Giacomo



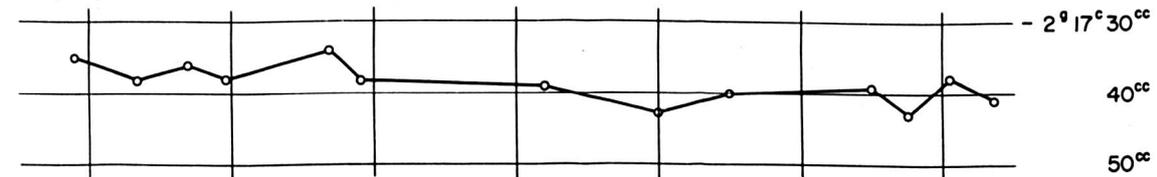
Basodino



Bettelmatthorn



Faulhorn



Brudelhorn

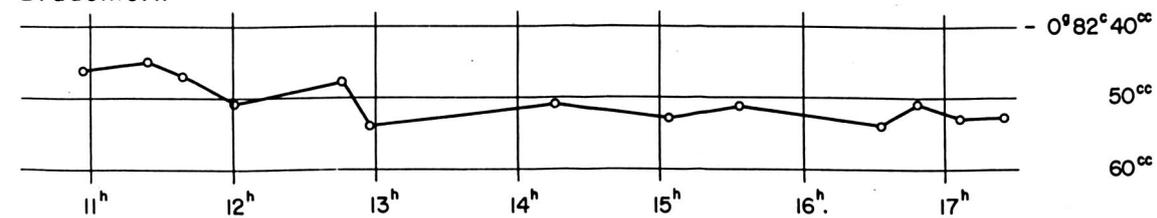




Abb.1 Aeschiall Mend

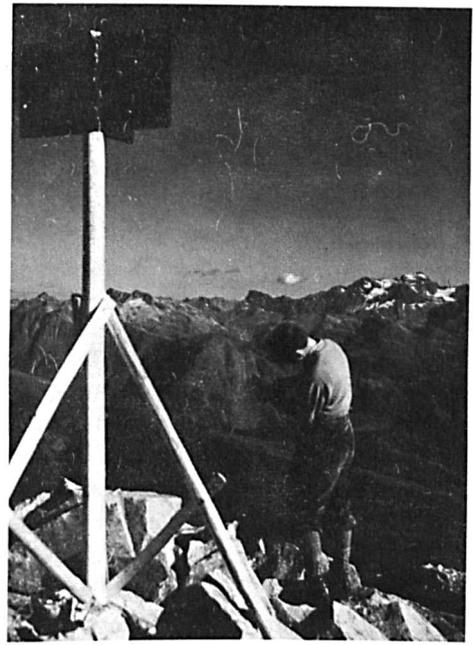


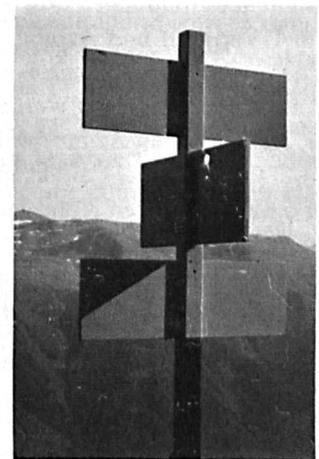
Abb.2 Eggishorn



Abb.3 Nufenenstock
Astr. Station mit Windschutzwand



Abb.4 Ritzingeralp
Signaltyp 1961-62



2. Die astronomischen Lotabweichungsbestimmungen

2.1 Einleitung

Der folgende zweite Teil dieses Bandes enthält die Beschreibung der astronomischen Längen-, Breiten- und Azimutbeobachtungen, die von der Schweizerischen Geodätischen Kommission durchgeführt wurden zur Beschaffung von praktisch fehlerfreien Lotabweichungen, die in Höhenwinkelnetzen zur Bestimmung von ellipsoidischen Höhen und Lotabweichungen neben den aus Höhenwinkeln zu bestimmenden als «Stützwerte» notwendig sind.

Mit Ausnahme einiger Breiten- und Azimutbeobachtungen, die um die Jahrhundertwende bei der Triangulierung für den Simplontunnel ausgeführt worden waren (Axpunkt Nord, Oberried, Rosswald), einer Längenbestimmung aus dem schweizerischen Längennetz 1. Ordnung (Axpunkt Nord), einer Längen- und einer Azimutbestimmung auf dem Laplace-Punkt Niesen und der Breitenbestimmungen auf 3 Punkten des Geoidprofils im Meridian des St. Gotthard (Giubin, Airolo, P. dil Corno), handelt es sich bei sämtlichen Stationen um neue, speziell zu dem genannten Zweck durchgeführte Beobachtungen.

In den ersten Jahren, 1953–1961, wurden durchweg Breiten- und Azimutbestimmungen ausgeführt, hauptsächlich weil der Zeitdienst im Hochgebirge damals noch Schwierigkeiten verursachte. Die nicht befriedigende Genauigkeit der aus den Azimutbeobachtungen abgeleiteten η -Komponenten der Lotabweichung (vgl. [17]) – wobei die Ursache eher in den aus Netzzwängen entstandenen Verfälschungen der *geodätischen* Azimute vermutet werden muss als bei fehlerhaften *astronomischen* – führte dann dazu, dass 1963/64 im letzten noch mit astronomischen Beobachtungen zu versehenen Netzteil Eggishorn–Airolo und nachträglich auf einigen schon beobachteten Punkten des Berner Oberlandes Längenbeobachtungen zur Bestimmung der η -Komponente unternommen wurden. Im Netzteil Eggishorn–Airolo kam wegen der schwierigen Zugänge zu den meisten Punkten auch noch ein Wechsel des Instrumentes und damit der Beobachtungsmethode gegenüber den früheren Beobachtungen hinzu.

Im folgenden sind, getrennt nach den verschiedenen Beobachtungsverfahren (wobei jedoch alle übernommenen älteren Messungen und sämtliche Breitenbestimmungen je in einem einzigen Abschnitt zusammengefasst wurden), kurze Beschreibungen der Methode und Zusammenstellungen der erreichten Resultate zu finden, welche von den in erster Linie verantwortlichen Leitern der entsprechenden Arbeiten verfasst sind. Den Schluss bildet eine nach Stationen geordnete Übersicht der geodätischen und astronomischen Elemente und der sich aus ihnen ergebenden Lotabweichungskomponenten.

2.2 Übernommene ältere Lotabweichungsbestimmungen

Auf den Stationen Axpunkt Nord, Oberried, Rosswald, die zu dem für die Absteckung des Simplontunnels angelegten Triangulationsnetz gehörten, sind in den Jahren 1899 (Axpunkt Nord) und 1901 (Oberried und Rosswald) Breitenbestimmungen (aus Zenitdistanzmessungen in der Nähe des Meridians und aus Durchgangsbeobachtungen im 1. Vertikal) und Azimutbestimmungen (mit Polaris) nach weiteren Punkten des Netzes vorgenommen worden. Diese von *Th. Niethammer* mit einem Repsoldschen Universalinstrument durchgeführten Beobachtungen sind ausführlich veröffentlicht worden [28].

Die aus den Azimutbeobachtungen abgeleiteten Lotabweichungskomponenten η ([28], S. 268/269) konnten aus zwei Gründen nicht direkt übernommen werden: Erstens beziehen sich die damals zur Berechnung der geodätischen Azimute benützten Koordinaten der Stations- und Zielpunkte *nicht* auf das heutige Koordinatensystem der Schweizerischen Landesvermessung, d. h., das Referenzellipsoid der damaligen Lotabweichungen ist nicht völlig identisch mit demjenigen der heutigen Lotabweichungen, zweitens erfolgte die Berechnung der Lotabweichungen nur nach der Näherungsformel $\eta = (a_{astr.} - a_{geod.}) \operatorname{ctg} \varphi$ ohne Berücksichtigung der ziemlich grossen Neigungen der Visuren. Die η -Komponenten sind deshalb unter Verwendung der ursprünglich beobachteten astronomischen Azimute neu berechnet worden.

Im Jahre 1920 sind durch die Beobachter *E. Brunner* und *E. Hunziker* die Längendifferenzen Axpunkt Nord–Sternwarte Zürich und Axpunkt Nord–Sternwarte Genf aus Meridiandurchgängen mit Bambergischen Durchgangs-

instrumenten bei telegraphischer Uhrvergleichung bestimmt worden. Die Beobachtungen, ihre Verwendung bei der Ausgleichung des Schweizerischen Längennetzes und die daraus resultierende Länge für Axpunkt Nord sind dargestellt in [29] bzw. [32].

Aus den Breitenbeobachtungen des astronomischen Nivellements im Meridian des St. Gotthard konnten diejenigen der Punkte Giubin, Airolo, P. dil Corno, beobachtet respektive in den Jahren 1917, 1916, 1917 durch *E. Hunziker* mit einem Jobinschen Prismenastrolab, übernommen werden [30]. Die in [30] publizierten Lotabweichungen der Punkte Giubin und P. dil Corno sind allerdings nicht unverändert verwendet worden. Weil die alten Astropunkte in ziemlicher, auch topographisch bedeutsamer Entfernung von den Höhenwinkelstationen gelegen sind, wurden die Lotabweichungen auf beiden Punkten für die beiden verschiedenen Stationierungen «aus sichtbaren Massen» rechnerisch bestimmt und die auf diese Weise erhaltenen Differenzen als Umrechnungskorrektur vom astronomischen Punkt auf den Höhenwinkelpunkt an der «beobachteten» Lotabweichung aus [30] angebracht.

2.3 Längenbestimmungen

2.3.1 Längenbestimmungen aus Beobachtungen von Meridiandurchgängen, von *H. Müller*

Beobachtungsmethode

Auf einigen Punkten sind die Längen aus Beobachtungen von Meridiandurchgängen von Sternen gewonnen worden. Die Durchführung der Methode samt der Auswertung soll im folgenden kurz dargelegt werden. Beobachtet wurde im allgemeinen mit dem Universalinstrument Wild T4, in einem Fall ist auch ein Prototyp des DKM3-A von Kern benutzt worden. Die Instrumente waren meist auf einem sehr stabilen Stativ aufgestellt, wobei entsprechend den jeweiligen Bodenverhältnissen durch eingerammte Holzpflocke oder gut fundierte Steine dafür Sorge getragen wurde, dass sich die Neigung der Instrumentenachsen während der Beobachtungszeit möglichst wenig änderte. Gelegentlich stand auch ein Pfeiler für die Aufstellung zur Verfügung. Nachdem das Instrument in der üblichen Weise aufgestellt und horizontalisiert war, wurde mit Hilfe des Polarsterns die Meridianrichtung ermittelt und der Horizontalkreis danach eingestellt. Der Azimutfehler des Beobachtungsmeridians betrug höchstens einige Zeitsekunden, in den meisten Fällen sogar weniger als eine Zeitsekunde.

Die Beobachtungen wurden mit dem unpersönlichen Mikrometer durchgeführt. In der Regel wurden vor und nach dem Meridiandurchgang 3 volle Schraubenrevolutionen registriert, was je 31 Kontakte ergab; für das Umlegen stand dann die Zeit von 4 Revolutionen zur Verfügung. Um den Einfluss von anomalen Refraktionsstörungen zu verringern, wurden nur Sterne mit einer Zenitdistanz von weniger als 20° benutzt, was bei einer Breite von 46° dem Deklinationsbereich von 26° bis 66° entspricht. Das bedeutet, dass man für das Umlegen 45 bis 98 Sekunden Zeit hatte. Diese Zeitspanne reichte selbst für Sterne niedriger Deklination aus, wenn man nach dem vollzogenen Richten des Fernrohrs in der ersten Lage am Einstellkreis bereits die Zenitdistanz des Sterns für die zweite Lage eingestellt hatte. Nach der Azimutänderung um 180° brauchte man dann nur noch das Fernrohr so weit herumzuschwenken, bis die mit dem Einstellkreis verbundene Libelle einspielte. Nachdem man dann den Stern im Gesichtsfeld nahe an den horizontalen Mittelfäden gebracht hatte, empfahl es sich, doch stets vor Beginn des Registrierens die Azimuteinstellung noch einmal zu kontrollieren.

Die Kontakte des Mikrometers wurden im allgemeinen auf einem Favag-Schreibchronographen registriert; in einem Fall wurden sie auf Tonband aufgenommen. Die auf dem Tonband gespeicherten Zeitimpulse wurden dann später mit dem Druckchronographen vom Typ Chronotypogines ausgedruckt*. Gleichzeitig wurden die Kontakte einer Uhr registriert, in einem Fall wurde auch direkt das Zeitzeichen HBB von Neuenburg als Uhrzeit aufgenommen. Die nach Sternzeit regulierte Uhr wurde im übrigen durch das Zeitzeichen HBB, das vor, nach und noch mehrmals während der Beobachtungsserie gleichzeitig mit der Uhr auf dem Chronographenstreifen registriert wurde, ständig unter Kontrolle gehalten. Als Uhr stand ein Marinechronometer von Nardin zur Verfügung, einmal auch nur ein Deckchronometer von Nardin. Das Zeitzeichen HBB von Neuenburg wurde jeweils auf Anforderung hin von Radio Schweiz über den Sender Münchenbuchsee auf der Frequenz 96,05 kHz ausgestrahlt.

Zur Ermittlung der Achsenneigung diente ein Hängeniveau, das während einer Beobachtungsserie nie umgehängt wurde. Es wurde stets vor dem Umlegen kurz vor dem Beginn des Nachfahrens abgelesen und nach dem Umlegen gleich nach Beendigung des Nachfahrens. War bei den langsamer laufenden Sternen höherer Deklination genügend Zeit vorhanden, so erfolgte ein weiteres Ablesen der Niveaubläse auch noch gleich nach Beendigung des

* Eine ausführliche Beschreibung dieses Druckchronographen und seiner Anwendung findet sich in [35]

Nachfahrens vor dem Umlegen und kurz vor Beginn des Nachfahrens nach dem Umlegen. Dieses zweimalige Ablesen wurde ebenfalls durchgeführt, wenn noch ein Hilfsbeobachter dafür vorhanden war. Der Parswert des Achsen-niveaus war stets vor und nach der ganzen Beobachtungsperiode am Niveauprüfer des Institutes bestimmt worden, damit man eine Kontrolle über etwaige Änderungen des Parswertes hatte. Entsprechend hatte man auch vorher bzw. nachher den Wert von Kontaktbreite einschliesslich des toten Ganges überprüft, und auch während der Beobachtungsperiode wurde meist nach Stationswechsel der Betrag des toten Ganges kontrolliert, um sicher zu sein, dass sich durch den Transport nichts geändert hatte.

Für die Längenbestimmung einer Beobachtungsserie wurden möglichst 12 Sterndurchgänge beobachtet; meist waren es sogar 1 bis 2 mehr, während man sich bei ungünstigem Wetter auch gelegentlich mit etwas weniger begnügen musste. Es waren stets vor der Beobachtung umfangreiche Sternlisten für jede Station vorbereitet worden, aus denen man die Zeit des Durchganges und die Zenitdistanz direkt entnehmen konnte; dadurch konnte die Beobachtung selber ohne Verzögerungen vonstatten gehen. Man achtete im übrigen darauf, dass die Summen der Zenitdistanzen der Sterne einer Serie, die Zenitdistanz nach Norden in diesem Fall negativ gerechnet, nicht allzu sehr von Null verschieden war. Praktisch liess sich das je nach der Wetterlage keineswegs immer erreichen, und auch ist es theoretisch keineswegs streng erforderlich. Die Beobachtungen wurden bevorzugt in den frühen Abendstunden durchgeführt, nur selten später in der Nacht, wenn es das Wetter vorerst vereitelt hatte. Für eine Längenbestimmung zur Ermittlung der Lotabweichungen wurden 3 Beobachtungsabende als erstrebenswert und ausreichend angesehen. In einem Fall, auf dem Niesen, lagen weit mehr Beobachtungsserien vor, da es sich hier um einen Laplace-Punkt handelte.

Um die persönlich-instrumentelle Gleichung bestimmen und berücksichtigen zu können, wurden vor und nach der Gesamtheit der Beobachtungen auf den Feldstationen in der gleichen Weise Referenzbeobachtungen auf einem Punkt bekannter astronomischer Länge ebenfalls jeweils an 3 Abenden durchgeführt. Da auf den Feldstationen sich im allgemeinen 2 Beobachter von Serie zu Serie abgewechselt hatten, so musste auch jeder der beiden Beobachter je 3 Referenzbeobachtungsserien durchführen. Es wurde hierbei die Sternwarte Zürich* als Referenzstation gewählt, deren Länge durch Anschluss an mehrere europäische Stationen gut gesichert ist. Werden die Referenzbeobachtungen möglichst kurz vor und nach den Beobachtungen auf den Feldstationen absolviert, so kann man hoffen, dass sich die persönliche Gleichung des Beobachters inzwischen nur wenig geändert hat.

Als einzige Ausnahme gegen dieses allgemeine Prinzip der Längenbestimmungen wären die Beobachtungen des Triangulationspunktes bei den Konkordiahütten im Sommer 1958 zu erwähnen. Auf diesen schwer zugänglichen Platz war der DKM3-A und das übrige Material mit einem Gletscherflugzeug transportiert worden. Gleich am ersten Beobachtungsabend zeigte sich eine ernsthafte Störung am Instrument. Bei Drehung der Alhidade wurde der Teilkreis mitgeschleppt, und beim Drehen des Ablesemikrometers bewegte sich die Alhidade; auch wies die Stehachse eine gewisse Instabilität auf, da teilweise die Alhidade von den Kugeln des Kugellagers abgehoben wurde. An Stelle der ursprünglich vorgesehenen Azimutbeobachtungen, die durch diesen Defekt verunmöglicht waren, wurden nun einige behelfsmässige Längenbeobachtungen durchgeführt. Das Instrument wurde mit Hilfe der Soll-Beobachtungszeiten einiger Sterne so gut wie möglich in den Meridian gebracht. Bei festgeklemmter Alhidade, also ohne Lagewechsel zwischen den Beobachtungen vor und nach dem Meridiandurchgang und auch ohne Umlegen zwischen den Beobachtungen der einzelnen Sterne, wurden für 12 Sterne die Durchgangszeiten mit dem unpersönlichen Mikrometer auf dem Chronographen registriert. Danach wurde das Instrument in die andere Lage gebracht, die Meridianrichtung wurde in der beschriebenen Weise neu bestimmt, und nun wurden abermals die Durchgänge von 12 Sternen registriert. Ausser einer zweiten derartigen Doppelserie an einem andern Abend wurden auch noch einmal in der Dämmerung 8 Sterndurchgänge mit Lagewechsel des Instrumentes zwischen den Beobachtungen der einzelnen Sterne registriert, wobei das Azimut jeweils mit Hilfe einer in der Dämmerung sichtbaren Felszacke so gut wie möglich eingestellt wurde. Der Uhgang des hierbei benützten Deckchronometers Nardin wurde jeweils durch Vergleich mit dem Moskauer Zeitzeichen RWM (Empfang auf Kurzwelle) bestimmt.

Auswertung

Die Auswertung der Beobachtungen erfolgte allgemein gemäss der bekannten Mayerschen Formel, die in der Form:

$$U + \Delta U - \alpha = -(iI + kK + cC)$$

geschrieben sein soll. Die einzelnen Glieder haben dabei folgende Bedeutung:

* $\lambda = 34^m 12^s,286$ (Meridiankreis Kern)

U ist die beobachtete Durchgangszeit in Ortssternzeit, wobei die Ortssternzeit für einen Ortsmeridian der Länge λ_0 gilt; λ_0 ist also der angenommene Näherungswert der Länge der Beobachtungsstation. Wurde bei der Beobachtung eine Sternzeituhr benutzt, so errechnet sich U durch Mittelbildung sämtlicher registrierter Kontaktzeiten, ist also im allgemeinen das Mittel aus 31 beobachteten Durchgangswerten, das noch verbessert ist wegen der Korrektur der benutzten Sternzeituhr, wobei diese Uhrkorrektur aus dem Vergleich mit dem Zeitzeichen HBB gewonnen wurde. Das Zeitzeichen HBB liefert Weltzeit (TU), die mit der Länge λ_0 in Ortssternzeit verwandelt wird. Wird das Zeitzeichen HBB direkt als Beobachtungsuhr benutzt, so braucht man nur den Mittelwert aller registrierten Kontaktzeiten mit der Länge λ_0 in Ortssternzeit zu verwandeln.

ΔU ist die Korrektur der beobachteten Sternzeit des Durchganges, die der Verbesserung der angenommenen Länge λ_0 entspricht. Ist λ die richtige Länge der Station, positiv nach Osten gezählt, so gilt $\Delta U = \lambda - \lambda_0$; ΔU ist die eine Unbekannte obiger Gleichung.

α ist die scheinbare Rektaszension des Sterns, die man aus den Apparent Places of Fundamental Stars durch strenge Interpolation und mit Berücksichtigung der kurzperiodischen Nutation entnimmt. Diese Sternörter stehen im System des FK4.

i ist die mittlere Neigung der Horizontalachse, positiv definiert, wenn das Westende der Achse höher liegt, also über dem Horizont. Man kann i auch die Stehachsenschiefe nennen. Da das Achsenniveau während einer Beobachtungsserie nie umgehängt wurde und da man es stets so aufhängte, dass der Nullpunkt der Niveauskala am Okularende der Achse war, so gilt für i die Beziehung:

$$i = \frac{1}{2} p_N (m_E - m_W) = \frac{1}{4} p_N (\Sigma E - \Sigma W)$$

Hierbei ist mit p_N der Parswert des Niveaus bezeichnet, mit m_E, m_W die Ablesung der Blasenmitte, wenn sich das Okular im Osten bzw. im Westen befindet, und entsprechend mit $\Sigma E, \Sigma W$ die Summen der Ablesungen der Blasenenden.

k ist das Instrumentenazimut, für das folgende Definition gilt. Das von Süden gezählte Azimut des Westendes der Horizontalachse ist $90 - k$. Die Grösse k ist die zweite Unbekannte in der Mayerschen Formel.

c umfasst die halbe Summe von Kontaktbreite und totem Gang sowie die tägliche Aberration. Da die tägliche Aberration zum Wert von α addiert werden muss, so ist sie gemäss obiger Formel in der Klammer mit negativem Vorzeichen einzuführen. Es ist also:

$$c = \frac{1}{2} (\text{Kontaktbreite} + \text{toter Gang}) - 0^s,0213 \cos \varphi$$

Für die Grössen I, K, C schliesslich gelten die bekannten Beziehungen:

$$I = \frac{\cos(\varphi - \delta)}{\cos \delta}, K = \frac{\sin(\varphi - \delta)}{\cos \delta}, C = \frac{1}{\cos \delta}$$

wobei δ aus den Apparent Places of Fundamental Stars entnommen wird.

Setzt man noch zur Abkürzung für die bekannten Grössen:

$$f = (U - \alpha + iI + cC)$$

so lauten nun die Fehlergleichungen:

$$\Delta U + kK + f = v$$

Diese Gleichungen werden schliesslich noch mit Gewichten versehen. Die Beobachtungsgenauigkeit der Durchgangszeiten hängt zum grossen Teil von der Geschwindigkeit des Sterns, also von seiner Deklination ab, andererseits hat die Erfahrung gezeigt, dass bei Südsternen mit zunehmender Zenitdistanz die Fehler doch wieder etwas grösser werden, was wohl in der Hauptsache durch die Nichtkonstanz des Horizontalachsenazimutes verursacht ist. Um diese Abhängigkeit von der Zenitdistanz mitzuberechnen, ist es üblich geworden, für die Gewichte p' folgenden Ansatz zu machen (vgl. [35]):

$$p' = q \cos^2 \delta \cdot \cos^4 z$$

Die sodann in der üblichen Weise durchgeführte Ausgleichung der mit den genannten Gewichten versehenen Fehlergleichungen liefert dann für jede Beobachtungsserie von rund 12 Sternen die Werte der Unbekannten ΔU und k ;

ferner erhält man daraus den mittleren Fehler der Gewichtseinheit m_e und die mittleren Fehler der Unbekannten $m_{\Delta U}$ und m_k .

An den daraus gewonnenen Werten von ΔU müssen aber noch einige Korrekturen angebracht werden. Die von Neuenburg gelieferte Zeit TU_A wird durch Addition einer Korrektur $D = TU_2 - TU_A$ in die provisorisch gleichförmige Weltzeit TU_2 verwandelt. Der Wert von D wird auf folgende Weise gefunden. Zahlreiche Sternbeobachtungen in Neuenburg ergeben die beobachtete Weltzeit TU_0 und damit $TU_0 - TU_A$. Fügt man den Einfluss der jahreszeitlichen Schwankung der Erdrotation ΔT_s und den Einfluss der durch die Polwanderung verursachten Verlagerung des Ortsmeridians $\Delta \lambda_p$ hinzu, so erhält man die provisorisch gleichförmige Weltzeit $TU_2 = TU_0 + \Delta T_s + \Delta \lambda_p$ und damit $TU_2 - TU_A$. Die auf diese Weise direkt erhaltenen Werte werden dann noch ein wenig geglättet, um Beobachtungsfehler auszugleichen, und werden mit einer Verzögerung von einigen Monaten im Bulletin von Neuenburg als Korrekturen D publiziert. Die Vergleiche der von verschiedenen Zeitbestimmungsobservatorien ermittelten provisorischen Zeiten TU_2 führen schliesslich zur definitiven Zeit TU_2 , die erst nach geraumer Zeit bekanntgegeben werden kann. Indes sind die Unterschiede zwischen dieser definitiven Zeit TU_2 und der provisorischen Neuenburger Zeit TU_2 meist so klein, dass man sie kaum berücksichtigen muss. Ebenfalls sehr klein ist die Korrektur $TU_A - T_{Signal}$, die Differenz zwischen der Neuenburger Zeit TU_A und der wirklich vom Sender ausgestrahlten Zeit T_{Signal} , die ebenfalls im Bulletin von Neuenburg laufend publiziert wird. Man kann diese Korrektur berücksichtigen, kann sie aber auch vernachlässigen; da sie nämlich über längere Zeiträume hin konstant ist, geht sie als konstanter Betrag in die Beobachtungen der Feldstationen und der Referenzstation ein und ist somit in der persönlich-instrumentellen Gleichung enthalten.

Die vorliegenden Beobachtungen beruhen auf den Durchgangszeiten durch den momentanen Ortsmeridian, verglichen mit der Zeit TU_A bzw. TU_2 ; wir haben also $T_{Beob} - TU_A$. Da wir aber mit der wirklichen Erduhr, also mit TU_0 , vergleichen müssen, so ist von T_{Beob} noch der Einfluss der jahreszeitlichen Schwankung ΔT_s und der Polverlagerung $\Delta \lambda_p$ abzuziehen. Es gilt:

$T_{Beob} - TU_A = T_{Beob} - TU_2 + D = T_{Beob} - TU_0 - \Delta T_s - \Delta \lambda_p + D$, und da gemäss unserer Ausgangsgleichung eine positive Korrektur an U eine negative an ΔU bedeutet, so ergibt sich für die Korrektur an dem aus der Ausgleichung gefundenen ΔU der Betrag: $\Delta T_s + \Delta \lambda_p - D$. Der Wert von $\Delta T_s + \Delta \lambda_p$ kann dabei direkt aus dem erwähnten Bulletin von Neuenburg entnommen werden. Wegen der geringen Entfernung der Beobachtungsstationen von Neuenburg hat $\Delta \lambda_p$ praktisch den gleichen Wert in Neuenburg und auf den Stationen.

Schliesslich sind für die endgültigen Berechnungen der Längen noch die persönlich-instrumentellen Gleichungen der Beobachter zu bestimmen und zu berücksichtigen. Man kann diese Gleichung direkt aus den Beobachtungen auf der Referenzstation entnehmen, kann aber auch, was zweckmässiger erscheint und auch hier so gemacht wurde, sämtliche Beobachtungen auf allen Stationen, wo sich stets zwei Beobachter abwechselten, verwenden und eine vermittelnde Ausgleichung durchführen; die Unbekannten bei dieser Ausgleichung sind die Längenkorrekturen der Feldstationen und die persönlich-instrumentellen Gleichungen der Beobachter. Bezeichnet man mit $\Delta \lambda$ die gesuchte Längenkorrektur der Feldstation gegen die angenommene Länge λ_0 , mit $\Delta U_{korr.}$ die aus der Beobachtung gefundene und in der beschriebenen Weise korrigierte Uhrkorrektur, mit n_B die persönlich-instrumentelle Gleichung des Beobachters, so liefert jede Beobachtungsserie eine Fehlergleichung der Form:

$$-n_B + \Delta \lambda - \Delta U_{korr.} = v$$

Die Länge der Referenzstation ist dabei gegeben und nicht verbesserungsbedürftig. Die Gewichte der Gleichungen werden durchweg als 1 angesetzt. Die Ausgleichung liefert ferner den mittleren Fehler der Gewichtseinheit m_e und die mittleren Fehler $m_{\Delta \lambda}$ der Längenkorrektur und m_n der persönlichen Gleichungen.

Beobachtungsergebnisse

AESCHIALLMEND

Stationen Punkt C : astron. Nordazimut_{C→A} = 110° 50', e = 6.41 m
 Punkt D : astron. Nordazimut_{D→A} = 177° 16', e = 1.28 m

Die ΔU sind auf Punkt A reduziert: +0^s.019 für C, 0^s.000 für D

Instrument Wild T4 Nr.33112 auf Stativ

Marinechronometer Nardin, Favag-Chronograph

Beobachter W. Keller, H. Müller

Literatur Procès-verbal de la 111^e séance de la Commission géod. suisse 1965

Datum	Beob.	Sterne	ΔU	m.F.	ΔU _{korr.}	v	pers.Gl.	Bemerkungen
1964			s	s	s	s	s	
28.Aug.	Ke	14	+0.017	±0.014	+0.106	-0.035	+0.025	Punkt C
30.Aug.	Mü	14	-0.033	19	+0.056	+ 31	+ 9	Punkt D
1.Sept.	Ke	14	+0.074	16	+0.066	+ 5	+ 25	Punkt D
					+0 ^s .096	±0 ^s .016		
					λ = 30 ^m	55 ^s .096		

DAUBE

Station Punkt F : astron. Nordazimut_{F→B} = 218° 50', e = 2.39 m

Instrument Wild T4 Nr.33112 auf Stativ

Marinechronometer Nardin, Favag-Chronograph

Beobachter W. Keller, H. Müller

Literatur Procès-verbal de la 111^e séance de la Commission géod. suisse 1965

Datum	Beob.	Sterne	ΔU	m.F.	ΔU _{korr.}	v	pers.Gl.	Bemerkungen
1964			s	s	s	s	s	
6.Aug.	Mü	13	-1.820	±0.019	-1.733	-0.001	+0.009	
12.Aug.	Ke	13	-1.868	16	-1.780	+ 30	+ 25	
14.Aug.	Mü	11	-1.787	17	-1.699	- 35	+ 9	
14.Aug.	Ke	11	-1.844	13	-1.756	+ 6	+ 25	
					-1 ^s .725	±0 ^s .015		
					λ = 31 ^m	36 ^s .275		

GRINDELWALD ETH

Station Punkt D : astron. Nordazimut_{D→A} = 153° 28', e = 2.90 m
 Instrument Wild T4 Nr.33112 auf Stativ
 Marinechronometer Nardin, Favag-Chronograph
 Beobachter W. Keller, H. Müller
 Literatur Procès-verbal de la 111^e séance de la Commission géod. suisse 1965

Datum	Beob.	Sterne	ΔU	m.F.	$\Delta U_{\text{korr.}}$	v	pers.Gl. Bemerkungen
1964			s	s	s	s	s
17. Aug.	Ke	14	+0.257	±0.016	+0.345	+0.028	+0.025
20. Aug.	Mü	17	+0.346	8	+0.435	- 46	+ 9
24. Aug.	Ke	19	+0.267	9	+0.356	+ 17	+ 25
					+0 ^s .398	±0 ^s .016	
					$\lambda = 32^m$	09 ^s .398	

KONKORDIA

Station Punkt B : astron. Nordazimut_{B→A} = 272° 06'.4, e = 1.70 m
 Instrument Kern DKM3-A Nr.42749 auf Stativ
 Deckchronometer Nardin, Favag-Chronograph
 Beobachter N. Wunderlin
 Literatur Procès-verbal de la 104^e séance de la Commission géod. suisse 1959

Datum	Sterne	Länge	m.F.	Gewicht
1958		m s	s	
31. Juli	25	32 11.909	±0.023	1.0
4. Aug.	8	816	58	0.2
4. Aug.	24	934	25	1.0
		32 ^m 11 ^s .912	±0 ^s .025	

NIEDERHORN

Station Punkt D : astron. Nordazimut_{D→A} = 77° 36', e = 2.04 m

Instrument Wild T4 Nr.33112 auf Stativ

Marinechronometer Nardin, Favag-Chronograph

Beobachter W. Keller, H. Müller

Literatur Procès-verbal de la 111^e séance de la Commission géod. suisse 1965

Datum	Beob.	Sterne	ΔU	m.F.	$\Delta U_{\text{korr.}}$	v	pers.Gl. Bemerkungen
1964			s	s	s	s	s
25.Aug.	Mü	14	+0.311	+0.013	+0.400	+0.022	+0.009
26.Aug.	Ke	14	+0.306	10	+0.395	+ 11	+ 25
27.Aug.	Mü	13	+0.366	18	+0.455	- 33	+ 9
					+0. ^S 431	±0. ^S 016	
					$\lambda = 31^{\text{m}}$	04. ^S 431	

NIESEN

Station Punkt D (Pfeiler 1964)

Instrument Wild T4 Nr. 86968

Zeitzeichenregistriereinrichtung (Zeichen HBB als Uhr) Druckchronograph

Beobachter Frau H. Bergt, N. Wunderlin

Literatur Procès-verbal de la 111^e séance de la Commission géod. suisse 1965

Datum	Beob.	Sterne	ΔU	m.F.	$\Delta U_{\text{korr.}}$	v	pers.Gl. Bemerkungen
1964			s	s	s	s	s
20.Aug.	Be	12	-0.162	±0.015	-0.073	+0.021	+0.131
20.Aug.	Wu	13	-0.021	12	+0.068	- 21	+ 32
25.Aug.	Be	12	-0.198	15	-0.109	+ 57	+ 131
25.Aug.	Wu	12	-0.047	10	+0.042	+ 5	+ 32
26.Aug.	Be	12	-0.112	24	-0.024	- 28	+ 131
26.Aug.	Wu	12	-0.057	9	+0.031	+ 16	+ 32
27.Aug.	Be	12	-0.114	13	-0.025	- 27	+ 131
27.Aug.	Wu	12	-0.002	9	+0.087	- 40	+ 32
2.Sept.	Wu	12	+0.034	7	+0.026	+ 21	+ 32
					+0. ^S 079	±0. ^S 015	
					$\lambda = 30^{\text{m}}$	37. ^S 079	

SCHYNIGE PLATTE

Stationen Punkt C : astron. Nordazimut_{C→A} = 285° 40', e = 6.56 m
 Punkt D : astron. Nordazimut_{D→A} = 223° 20', e = 1.51 m
 Die ΔU sind auf Punkt A zentriert : -0.^S020 für C, -0.^S003 für D

Instrument Wild T4 Nr.33112 auf Stativ
 Marinechronometer Nardin, Favag-Chronograph

Beobachter W. Keller, H. Müller

Literatur Procès-verbal de la 111^e séance de la Commission géod. suisse 1965

Datum	Beob.	Sterne	ΔU	m.F.	ΔU _{korr.}	v	pers.Gl.	Bemerkungen
1964			s	s	s	s	s	
30.Juli	Ke	14	-1.124	±0.014	-1.036	+0.014	+0.025	Punkt C
4.Aug.	Mü	14	-1.055	22	-0.968	- 38	+ 9	Punkt C
5.Aug.	Ke	14	-1.133	11	-1.046	+ 24	+ 25	Punkt D
					-0. ^S 997	±0. ^S 016		
					λ = 31 ^m	37. ^S 003		

SPIEZ-BUEHL

Station Punkt D (Rückwärtseinschnitt 1964)

Instrument Wild T4 Nr.33112 auf Stativ
 Marinechronometer Nardin, Favag-Chronograph

Beobachter W. Keller, H. Müller

Literatur Procès-verbal de la 111^e séance de la Commission géod. suisse 1965

Datum	Beob.	Sterne	ΔU	m.F.	ΔU _{korr.}	v	Pers.Gl.	Bemerkungen
1964			s	s	s	s	s	
2.Sept.	Mü	13	+0.399	±0.018	+0.392	+0.014	+0.009	
3.Sept.	Ke	10	+0.412	8	+0.405	- 15	+ 25	
4.Sept.	Mü	14	+0.399	16	+0.393	+ 13	+ 9	
7.Sept.	Ke	15	+0.405	12	+0.402	- 12	+ 25	
					+0. ^S 415	±0. ^S 015		
					λ = 30 ^m	42. ^S 415		

2.3.2 Längenbestimmungen nach Zinger, von W. Keller

Einleitung

Nach der Methode von Zinger [21, 22] wurden die Längen folgender Stationen bestimmt:

- 1963: Bellwald (1539 m ü. M.), Richinen (2433), Räuft (2276), Nufenenstock (2866), Piano del Gheisc (1898), Airolo (1170)
- 1964: Passo di S. Giacomo (2499), Basodino (3273), Eggishorn (2927), Morgenberghorn (2249), Lauberhorn (2472)

Bei der Auswahl der Stationen und der Instrumente waren die schwierigen topographischen und klimatischen Verhältnisse des schweizerischen Hochgebirges zu berücksichtigen. Die langen Anmarschwege bedingten eine möglichst leichte Ausrüstung: astronomischer Theodolit Kern DKM3-A, Holzstativ, Favag-Spitzenchronograph, Zeitzeichenempfänger und weiteres Zubehör. Die örtlichen Verhältnisse sind auf einem Teil der Punkte so, dass mit vernünftigem Aufwand keine stabile Aufstellung des Instrumentes erreicht werden kann (z. B. lose Felsblöcke, vgl. Abb. 2). Auch bei der Wahl der Beobachtungsmethode war zu berücksichtigen, dass sich die besondern Schwierigkeiten, Topographie und Wetter, in der Nacht verstärkt dem Beobachter entgegenstellen.

Mit dem DKM3-A sind erfahrungsgemäss Breitenbestimmungen mit mittleren Fehlern kleiner als $0''{,}3$ möglich. Damit die E-W-Komponente der Lotabweichung $\Delta\lambda \cos \varphi$ gleich genau wird wie die N-S-Komponente $\Delta\varphi$, war die Länge mit einem mittleren Fehler kleiner als $0^s{,}03$ zu bestimmen ($\varphi \approx 47^\circ$). Die angegebene Genauigkeit lässt sich in der Regel an einem Abend erreichen. Schlechte Erfahrungen mit Refraktionsanomalien und Gründe der Zweckmässigkeit führten dazu, dass in der Regel auf einer Station an zwei Abenden beobachtet wurde.

Vorteile der Methode von Zinger

Bei der Methode von Zinger werden die Durchgangszeiten eines Ost- und eines Weststernes durch den gleichen, aber beliebigen Almukantarat beobachtet; dabei ist die Differenz der Höhenwinkel der Zielachse zu bestimmen. Diese Differenz wird klein gehalten. Daraus ergeben sich für *Beobachtungen mit dem DKM3-A* Vorteile der Methode von Zinger im Vergleich mit andern Methoden der Längenbestimmung.

Bei Längenbestimmungen aus Vertikaldurchgängen (Meridianmethode und Methode von Döllen) ist mit einer als Reiterlibelle ausgebildeten Alhidadenlibelle (Parswert $1-2''$) die Stehachsenschiefe zu bestimmen. Es hat sich bei Versuchen im Felde herausgestellt, dass die DKM3-A-Reiterlibelle bei Wind ungenaue Resultate liefert; bei stärkerem, böigem Wind spielt sogar die Libelle nicht mehr ein. Bei den Messungen 1963 wurde die Höhenwinkel-differenz doppelt bestimmt mit einem Horrebowniveau (mit 2 parallelen Libellen) und aus Höhenwinkel-messungen. Es zeigte sich bei der Horrebowlibelle der gleiche Effekt wie bei der Reiterlibelle, während die windgeschützte Höhenlibelle stets gleich genaue Werte lieferte. Durchschnittliche Beobachtungen der Horrebowlibelle sind etwa gleich genau wie Höhenwinkel-messungen. Deshalb wurden 1964 nur Höhenwinkel gemessen.

Parswertänderungen und Schlifffehler der Horrebowlibelle bzw. Höhenkreis- und Mikrometerfehler spielen bei der Methode von Zinger keine Rolle, da man mit der Höhenfeinstellschraube die Höhenwinkeldifferenz der Zielachse beliebig klein machen kann. Ferner haben Fehler der Steh- und Kippachse ebenfalls keinen Einfluss.

Unter den gegebenen Beobachtungsbedingungen fallen die geringen Forderungen hinsichtlich Stabilität, die die Methode von Zinger auszeichnen, besonders ins Gewicht. Es muss nicht wie bei Meridianmethoden vorausgesetzt werden, dass die Orientierung des Instrumentes während längerer Zeit konstant bleibt; die Zielachse darf sich bei der Methode von Zinger während eines Durchgangs nicht ändern, und der Winkel zwischen Ziel- und Libellenachse muss für ein Sternpaar konstant sein.

Der Vergleich mit Längenbestimmungen aus Almukantaratdurchgängen (Höhenwinkel-messungen nach Sternen in der Nähe des 1. Vertikals, Durchgänge durch den Almukantarat $z = 30^\circ$ usw.) zeigt folgendes: Die Methode des 1. Vertikals hat den in bezug auf den DKM3-A theoretischen Nachteil, dass Teilkreis- und Mikrometerfehler die Resultate verfälschen können. Die Korrekturen der Durchgangszeiten wegen Änderung der Geschwindigkeitskomponente senkrecht zum Horizontalstrich der Strichplatte heben sich bei der Methode von Zinger auf, falls beide Sterne eines Paares ungefähr durch die Mitte des Gesichtsfeldes laufen [22]. Dagegen müssen sie bei der Methode des 1. Vertikals berücksichtigt werden.

Die Methode mit dem Almukantarat $z = 30^\circ$ hat den Nachteil, dass der Winkel zwischen Ziel- und Libellenachse für längere Zeit als konstant vorausgesetzt werden muss. Der Beobachter muss sich an ein ziemlich starres Programm halten, was bei den erwähnten Verhältnissen nicht günstig ist.

Endlich ist wegen der Verteilung der Beobachtungen bezüglich des Zenits bei der Methode von Zinger eine gute Ausmittlung der Refraktionseinflüsse zu erwarten. Neben den angeführten Gründen gaben Überlegungen, die

das Rechnen von Hand betrafen, den Ausschlag zur Methode von Zinger. Die Programmieretechnik moderner Computer ist so einfach, dass diese Überlegungen heute nicht mehr aufgeführt werden müssen.

Beobachtungsmethode

Für die Beobachtungen wurde anhand der Ephemeride von Zwetkow ein fortlaufendes, möglichst lückenloses Programm zusammengestellt. Dabei wurden weggelassen:

- Paare mit Sternen, die im Katalog von Eichelberger, aber nicht in den Apparent Places enthalten sind, denn die Ephemeriden von Zwetkow wurden auf Grund des Kataloges von Eichelberger gerechnet
- Paare mit grosser oder kleiner Zenitdistanz. Bis auf wenige Ausnahmen ist $20^\circ < z < 40^\circ$
- Paare mit sehr hellen Sternen. In fast allen Fällen liegt die Helligkeit der Sterne zwischen 2,0 und 4,5

Die Änderungen der Sternkoordinaten seit 1950,0, der Epoche der Zwetkow-Ephemeride, wurden berücksichtigt, damit die Sterne mit genügender Genauigkeit durch die Mitte des Gesichtsfeldes liefen. Im Durchschnitt können nach dem verwendeten Programm 4 Sternpaare pro Stunde beobachtet werden. Mit einer elektronischen Rechenanlage lässt sich sicher eine günstigere Ephemeride zusammenstellen.

Die Durchgangszeiten wurden mit dem unpersönlichen Mikrometer bestimmt, dessen Kontakte mit einem Favag-Spitzenchronographen registriert wurden. Jedem Stern wurde etwa über vier Revolutionen nachgefahren. Für die Bestimmung der Durchgangszeiten wurden 30 Kontaktzeiten verwendet. Die Kontakte wurden so gewählt, dass die Stellungen des beweglichen Striches zu diesen Zeiten nahezu symmetrisch zum festen Horizontalstrich der Strichplatte waren. Zur Kontrolle meldete der Beobachter den Durchgang des Sternes durch den Horizontalstrich, worauf der Sekretär die Zeit notierte.

Die Höhenwinkeldifferenz der Zielachse wurde 1963 mit der Horrebowlibelle und aus Höhenwinkelmessungen bestimmt. Es wurde folgende Messanordnung beachtet:

1. Ablesung des Höhenkreises bei einspielender Kollimationslibelle durch den Beobachter
2. Ablesung der beiden Horrebowlibellen durch einen Hilfsbeobachter, eventuell durch den Beobachter
3. Registrierung des Durchganges. Der Hilfsbeobachter beobachtet die Libelle
4. wie 2.
5. wie 1.

Bei den Messungen 1964 wurden die Libellenbeobachtungen weggelassen.

Für die Bestimmung der Uhrstände bezüglich Ortssternzeit Greenwich diente gewöhnlich ein Ebauches-Empfänger für DCF 77 (77,5 kHz, Deutsches Hydrographisches Institut Hamburg). 1963 musste wegen Empfangsschwierigkeiten oft ein älterer Kurzwellenempfänger eingesetzt werden, mit dem die Zeitzeichen von DIZ (4528 kHz, Geodätisches Institut Potsdam) und OMA (3170 kHz, Praha-Satalice) empfangen wurden. Normalerweise gelang es, alle Stunden Zeitzeichen zu registrieren. Für die Beobachtungen 1964 wurde der Ebauches-Empfänger umgebaut, der dann einwandfrei funktionierte.

Um die persönlichen Gleichungen zu bestimmen, wurden vor und nach den Feldbeobachtungen auf der Längestation 1. Ordnung: Eidgenössische Sternwarte Zürich, Zentrum des Meridiankreises von Kern mit $\lambda = 34^m 12^s,286 \pm 0^s,007$ östlich Greenwich [32] Referenzbeobachtungen ausgeführt. Umfang und Verteilung der Beobachtungen gehen aus der Tabelle am Schluss dieses Abschnittes hervor.

Auswertung

Die Berechnung wurde von Hand mit Hilfe von 5stelligen Logarithmen durchgeführt. Es wurde das Formelsystem aus [22] benützt. Heute steht für diese Rechnung am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH ein Algol-Programm für die elektronische Rechenanlage CDC 1604-A der ETH zur Verfügung.

Der Berechnungsgang war der folgende:

- a) Bestimmung der Durchgangszeiten anhand des Chronographenstreifens. Für jeden Sterndurchgang wurden 30 Kontakte abgelesen und in der üblichen Weise gemittelt
- b) Die Uhrstände wurden unter Berücksichtigung der Zeitzeichenkorrekturen der Bulletins A und D des Observatoriums von Neuchâtel in Funktion der Uhrzeit aufgetragen. Aus dieser Darstellung wurden die Uhrkorrekturen entnommen und an den Durchgangszeiten angebracht. Damit wurde auch die Polschwankung berücksichtigt (vgl. auch Abschnitt 2.3.1)
- c) Bestimmung der Sternkoordinaten anhand der Apparent Places durch lineare Interpolation und mit Vernachlässigung der kurzperiodischen Nutation
- d) Berechnung der Längen nach dem erwähnten Formelsystem [22]
- e) Gesamtausgleichung zur Bestimmung der persönlichen Gleichungen und Längendifferenzen der Stationen gegenüber dem Referenzpunkt Zürich (siehe nächsten Abschnitt)

Längenbestimmungen 1963/4 nach Zinger mit Kern DKM3-A

Station	λ_0	Datum	Beob.	1963 A			1963 B		
				Höhenkreissystem	Paare		Horreborniveau	Paare	
				f	v	f	v	v	
				ms	ms	ms	ms	ms	
Eidgen. Sternwarte		30. Juli	Ke			7	+ 54	+21	
Zürich		26. Aug.	Ke			7	+ 94	+61	
	34 ^m 12 ^s .265 *)	15. Okt.	Ke	6	+ 38	+ 5	6	+ 19	-14
		21. Nov.	Ke	5	+ 65	+32	5	- 9	-42
		15. Okt.	Sch	7	- 33	-57	7	- 13	-13
		21. Okt.	Sch	8	+ 87	+63	8	+ 59	+59
		22. Okt.	Sch	7	+ 9	-15	7	- 21	-21
		21. Nov.	Sch	7	+ 57	+33	7	- 9	- 9
		30. Juli	Ge				5	- 1	+ 7
		21. Okt.	Ge	7	+ 34	+ 7	7	- 41	-33
		22. Okt.	Ge	7	- 11	-38	7	- 41	-33
		21. Nov.	Ge	7	0	-27	7	- 12	- 4
Bellwald	32 ^m 38 ^s	2. Sept.	Ke				2	+ 53	+30
		3. Sept.	Ge				6	- 36	-18
		3. Sept.	Ke				8	+ 61	+38
		12. Sept.	Ke	4	- 22	-36	4	- 23	-46
		13. Sept.	Ke	7	+ 39	+25	7	+ 5	-18
		13. Sept.	Sch	8	+ 1	- 4	8	- 3	+ 7
Richinen	32 ^m 40 ^s	10. Sept.	Ke	12	-668	-16	12	-722	-30
		10. Sept.	Sch	6	-699	-38	6	-729	- 4
		10. Sept.	Ge	9	-643	+15	9	-672	+61
		11. Sept.	Ke	15	-634	+18	15	-702	-10
Räuft	33 ^m 6 ^s	14. Sept.	Ke	7	-748	+11	7	-707	+39
		14. Sept.	Sch	7	-754	+14	7	-794	-15
		15. Sept.	Ge	6	-794	-29	6	-815	-28
Nufenenstock	33 ^m 33 ^s	22. Sept.	Ke	6	-406	0	6	-374	0
Airolo	34 ^m 31 ^s	10. Okt.	Ke	7	-337	+ 2	7	-345	+17
		10. Okt.	Ge	8	-290	+55	8	-377	+26
		11. Okt.	Ke	7	-381	-42	7	-398	-36
		11. Okt.	Sch	7	-373	-25	7	-405	-10
P. ^o del Gheisc	34 ^m 7 ^s	12. Okt.	Ke	6	-368	-26	6	-336	-22
		12. Okt.	Sch	6	-349	+ 2	6	-345	+ 2
		13. Okt.	Ke	6	-336	+ 6	6	-283	+31
		13. Okt.	Sch	6	-333	+18	6	-359	-12

Resultate

Mittlere Fehler der Gewichtseinheit

$\pm 0^s.095$

$\pm 0^s.090$

Persönliche Gleichungen

Ge	+0 ^s .027	$\pm 0^s.017$	-0 ^s .008	$\pm 0^s.014$
Ke	+ 33	± 17	+ 33	± 13
Sch	+ 24	± 15	0	± 13

Längen

	m	s	s	m	s	s
Bellwald	32	38.019	± 0.026	32	38.010	± 0.019
Richinen	32	40.685	± 20	32	40.725	± 18
Räuft	33	6.792	± 25	33	6.779	± 22
Nufenenstock	33	33.439	± 42	33	33.407	± 39
Airolo	34	31.372	± 22	34	31.395	± 20
Piano del Gheisc	34	7.375	± 24	34	7.347	± 21

*) Referenzlänge der Beobachtungsstation, abgeleitet aus der Länge 34^m 12^s.286 für das Zentrum des Meridiankreises Kern

Längenbestimmungen 1963/4 nach Zinger mit Kern DKM3-A

(Fortsetzung)

Station	λ_0	Datum	Beob.	1964 Höhenkreissystem		
				Paare	f	v
					ms	ms
Eidg.Sternwarte		6.Juli	Kn	8	+ 54	+36
Zürich		6.Juli	Kl	9	- 55	+54
	34 ^m 12 ^s .265 *)	30.Juli	Sch	6	+ 14	- 9
		30.Juli	Kn	7	+ 31	+13
		30.Juli	Kl	7	-155	-46
		14.Sept.	Kl	7	-172	-63
		14.Sept.	Sch	7	+ 42	+19
		15.Sept.	Kn	7	- 2	-20
		15.Sept.	Kl	7	-107	+ 2
		15.Sept.	Sch	6	+ 56	+33
		22.Sept.	Kn	7	- 19	-37
Eggishorn	32 ^m 23 ^s	4.Aug.	Kl	6	-400	+43
		4.Aug.	Sch	7	-366	-55
		5.Aug.	Kl	7	-419	+24
		5.Aug.	Kn	5	-322	- 6
San Giacomo	33 ^m 47 ^s	19.Aug.	Sch	6	-610	+126
		19.Aug.	Kl	6	-763	+105
		23.Aug.	Kn	5	-728	+13
		23.Aug.	Kl	8	-949	-81
		24.Aug.	Sch	14	-793	-57
Basodino	33 ^m 53 ^s	25.Aug.	Sch	5	-281	+18
		25.Aug.	Kn	7	-321	-17
		25.Aug.	Kl	6	-426	+ 5
Morgenberghorn	31 ^m 9 ^s	1.Sept.	Sch	7	-553	+ 4
		1.Sept.	Kn	7	-574	-12
		2.Sept.	Sch	7	-557	0
		2.Sept.	Kl	7	-680	+ 9
Lauberhorn	31 ^m 46 ^s	9.Sept.	Kl	6	-161	+25
		9.Sept.	Sch	7	- 51	+ 3
		10.Sept.	Kn	7	- 32	+27
		10.Sept.	Kl	7	-239	-53

Resultate

Mittlerer Fehler der Gewichtseinheit

| ±0^s.137

Persönliche Gleichungen

Kl	-0 ^s .109 ±0 ^s .020
Kn	+ 18 ± 20
Sch	+ 23 ± 22

Längen

	m	s	s
Eggishorn	32	23.334	±0.032
San Giacomo	33	47.759	± 28
Basodino	33	53.322	± 36
Morgenberghorn	31	9.580	± 31
Lauberhorn	31	46.077	± 31

Resultate und ihre Genauigkeit

Zur Berechnung der Längen wurden für jeden Beobachter und jeden Abend die Paarwerte gemittelt. Die Mittelwerte λ wurden als Beobachtungen mit dem Gewicht gleich der Anzahl der Einzelwerte in eine vermittelnde Ausgleichung eingeführt. Die Fehlergleichungen wurden folgenderweise gebildet:

$$v = -(\text{persönl. Gleichung}) + \Delta\lambda + f \quad \text{mit } f = \lambda_0 - \lambda$$

Für die Feldstationen ist λ_0 ein Näherungswert der Länge, und $\Delta\lambda$ ist seine unbekannte Verbesserung. Dagegen fällt für die Referenzstation das $\Delta\lambda$ weg, und λ_0 ist der Referenzwert. Es ist zu beachten, dass die mittleren Fehler der Unbekannten, die sich aus der Ausgleichung ergeben, mittlere Fehler an den Längendifferenzen gegenüber der Referenzstation bedeuten.

1963 wurden zwei Ausgleichungen gerechnet: Für die Bestimmung der Höhenwinkeldifferenz der Zielachse wurden für die Ausgleichung A Höhenwinkelablesungen benützt, für die Ausgleichung B wurden die Beobachtungen des Horreborniveaus verwendet. Diese Ausgleichungen sind in der Tabelle S. 79/80 dargestellt.

In den folgenden Tabellen der Beobachtungsergebnisse sind in der Kolonne «Länge» die Mittel der Paarwerte für den betreffenden Abend und Beobachter angegeben; «m.F.» sind die mittleren Fehler an diesem Mittel, gerechnet aus den Abweichungen der Einzelwerte vom erwähnten Mittel. Die Werte in den Kolonnen «v» und «pers. Gl.» sind die Verbesserungen und persönlichen Gleichungen, die aus den oben beschriebenen Ausgleichungen hervorgegangen sind.

Bei der Beurteilung der Resultate sollte man beachten, dass keiner der Beobachter vorher Längenbestimmungen mit einem unpersönlichen Mikrometer ausgeführt hat und dass die Beobachtungsverhältnisse zum Teil wirklich schwierig waren. Die Station Nufenenstock (Abb. 3) musste wegen ausgiebigen Schneefalls abgebrochen werden. Beim Punkt S. Giacomo könnte die Refraktion mitgespielt haben, da sich die Wetterlage zwischen dem 19. und 23./24. August vollständig geändert hat, wobei am ersten Abend bei starkem Wind beobachtet wurde.

Beobachtungsergebnisse

Airolo

Station Punkt E, astron. Nordazimut_{E→A} = 194° 25', e = 15.2m
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908 auf Stativ
 Deckchronometer Nardin, Favag-Chronograph
 Beobachter R.Gehrig, W.Keller, H.Schudel
 Literatur Procès-verbal de la 110^e séance de la Commission géod. suisse 1964

Datum	Beob.	Stern- paare	Höhenkreissystem				Horreborniveau					
			Länge	m.F.	v	pers. Gl.	Länge	m.F.	v	pers. Gl.		
1963			m	s	s	s	m	s	s	s		
10.Okt.	Ke	7	34	31.337	±0.031	+0.002	+0.033	34	31.345	±0.038	+0.017	+0.033
10.Okt.	Ge	8		.290	39	+55	+27		.377	32	+26	- 8
11.Okt.	Ke	7		.381	17	-42	+33		.398	16	-36	+33
11.Okt.	Sch	7		.373	29	-25	+24		.405	34	-10	0
			m	s	s			m	s	s		
			34	31.372	±0.022			34	31.395	±0.020		

Basodino

Station Punkt A, Pfeiler des Istituto Geografico Militare
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908
 Quarzchronometer Ebauches+Deckchronometer Nardin, Favag-Chronograph
 Beobachter F.Klingenberg, F.Knoll, H.Schudel
 Literatur Procès-verbal de la 111^e séance de la Commission géod. suisse 1965

Datum	Beob.	Stern- paare	Höhenkreissystem				pers. Gl.
			Länge		m.F.	v	
1964			m	s	s	s	s
25.Aug.	Sch	5	33	53.281	+0.033	+0.018	+0.023
25.Aug.	Kn	7		.321	16	-17	+18
25.Aug.	Kl	6		.426	29	+ 5	-109
			m	s	s		
			33	53.322	+0.036		

Bellwald

Station Punkt C, astron. Nordazimut $C \rightarrow A = 145^{\circ} 57'$, $e = 12.6m$
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908 auf Stativ
 Deckchronometer Nardin, Favag-Chronograph
 Beobachter R.Gehrig, W.Keller, H.Schudel
 Literatur Procès-verbal de la 110^e séance de la Comm. géod. suisse 1964

Datum	Beob.	Stern- paare	Höhenkreissystem				Horreborniveau				
			Länge		m.F.	v	Länge		m.F.	v	pers. Gl.
1963			m	s	s	s	s				
2.Sept.	Ke	2					32	37.947		+0.030	+0.033
3.Sept.	Ge	6						38.036	+0.042	-18	- 8
3.Sept.	Ke	8						37.939	38	+38	+33
12.Sept.	Ke	4	32	38.022	+0.020	-0.036	+0.033	38.023	29	-46	+33
13.Sept.	Ke	7		37.961	16	+25	+33	37.995	20	-18	+33
13.Sept.	Sch	8		37.999	19	- 4	+24	38.003	18	+ 7	0
			m	s	s			m	s	s	
			32	38.019	+0.026			32	38.010	+0.019	

Eggishorn

Station Punkt A
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908 auf Stativ
 Quarzchronometer Ebauches + Deckchronometer Nardin, Favag-Chronograph
 Beobachter F.Klingenberg, F.Knoll, H.Schudel
 Literatur Procès-verbal de la 111^e séance de la Comm. géod. suisse 1965

Datum	Beob.	Stern- paare	Höhenkreissystem				pers. Gl.
			Länge		m.F.	v	
1964			m	s	s	s	s
4.Aug.	Kl	6	32	23.400	±0.033	+0.043	-0.109
4.Aug.	Sch	7		.366	17	-55	+23
5.Aug.	Kl	7		.419	41	+24	-109
5.Aug.	Kn	5		.322	61	- 6	+18
			m	s	s		
			32	23.334	±0.032		

Piano del Gheisc

Station Punkt A
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908 auf Stativ
 Deckchronometer Nardin, Favag-Chronograph
 Beobachter W.Keller, H.Schudel
 Literatur Procès-verbal de la 110^e séance de la Comm. géod. suisse 1964

Datum	Beob.	Stern- paare	Höhenkreissystem				pers. Gl.	Horreborniveau				pers. Gl.
			Länge		m.F.	v		Länge		m.F.	v	
1963			m	s	s	s	s	m	s	s	s	s
12.Okt.	Ke	6	34	07.368	±0.015	-0.026	+0.033	34	07.336	±0.016	-0.022	+0.033
12.Okt.	Sch	6		.349	22	+ 2	+24		.345	19	+ 2	0
13.Okt.	Ke	6		.336	37	+ 6	+33		.283	47	+31	+33
13.Okt.	Sch	6		.333	46	+18	+24		.359	53	-12	0
			m	s	s			m	s	s		
			34	07.375	±0.024			34	07.347	±0.021		

San Giacomo

Station Punkt D, magn. Nordazimut_{D→A} = 132° e = 5.7m
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908 auf Stativ
 Quarzchronometer Ebauches + Deckchronometer Nardin, Favag-Chronograph
 Beobachter F.Klingenberg, F.Knoll, H.Schudel
 Literatur Procès-verbal de la 111^e séance de la Comm. géod. suisse 1965

Datum	Beob.	Stern- paare	Höhenkreissystem			pers. Gl.
			Länge	m.F.	v	
1964			m	s	s	s
19.Aug.	Sch	6	33 47.610	±0.039	+0.126	+0.023
19.Aug.	Kl	6	.763	53	+105	-109
23.Aug.	Kn	5	.728	58	+ 13	+ 18
23.Aug.	Kl	8	.949	103	- 81	-109
24.Aug.	Sch	14	.793	27	- 57	+ 23
			m	s	s	
			33 47.759	±0.028		

Lauberhorn

Station Punkt F: 3.5m östlich und 2.5m nördlich von Punkt A
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908 auf Stativ
 Quarzchronometer Ebauches + Deckchronometer Nardin, Favag-Chronograph
 Beobachter F.Klingenberg, F.Knoll, H.Schudel
 Literatur Procès-verbal de la 111^e séance de la Comm. géod. suisse 1965

Datum	Beob.	Stern- paare	Höhenkreissystem			pers. Gl.
			Länge	m.F.	v	
1964			m	s	s	s
9.Sept.	Kl	6	31 46.161	±0.049	+0.025	-0.109
9.Sept.	Sch	7	.051	35	+ 3	+ 23
10.Sept.	Kn	7	.032	32	+ 27	+ 18
10.Sept.	Kl	7	.239	32	- 53	-109
			m	s	s	
			31 46.077	±0.031		

Morgenberghorn

Station Punkt B: 0.5m westlich und 3.2m südlich von Punkt A
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908 auf Stativ
 Quarzchronometer Ebauches + Deckchronometer Nardin, Favag-Chronograph
 Beobachter F.Klingenberg, F.Knoll, H.Schudel
 Literatur Procès-verbal de la 111^e séance de la Comm. géod. suisse 1965

Datum	Beob.	Stern- paare	Höhenkreissystem				pers. Gl.
			Länge	m.F.	v		
1964			m	s	s	s	s
1.Sept.	Sch	7	31 09.553	±0.020	+0.004	+0.023	
1.Sept.	Kn	7	.574	32	- 12	+ 18	
2.Sept.	Sch	7	.557	34	0	+ 23	
2.Sept.	Kl	7	.680	36	+ 9	-109	
			m	s	s		
			31 09.580	±0.031			

Nufenenstock

Station Punkt C, astron. Nordazimut_{C→A} = 235° , e = 6.6m
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908 auf Stativ
 Deckchronometer Nardin, Favag-Chronograph
 Beobachter W.Keller
 Literatur Procès-verbal de la 110^e séance de la Comm. géod. suisse 1964

Datum	Beob.	Stern- paare	Höhenkreissystem				Horreborniveau			
			Länge	m.F.	v	pers. Gl.	Länge	m.F.	v	pers. Gl.
1963			m	s	s	s	s	s	s	s
22.Sept.	Ke	6	33 33.406	±0.040	0.000	+0.033	33 33.374	±0.038	0.000	+0.033
			m	s	s		m	s	s	
			33 33.439	±0.042			33 33.407	±0.039		

Räuft

Station Punkt B, astron. Nordazimut_{B→A} = 344° 18', e = 9.3m
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908 auf Stativ
 Deckchronometer Nardin, Favag-Chronograph
 Beobachter R.Gehrig, W.Keller, H.Schudel
 Literatur Procès-verbal de la 110^e séance de la Comm. géod. suisse 1964

Datum	Beob.	Stern- paare	Höhenkreissystem					Horreborniveau				
			Länge	m.F.	v	pers. Gl.	Länge	m.F.	v	pers. Gl.		
1963			m	s	s	s	s	m	s	s	s	s
14.Sept.	Ke	7	33 06.748	±0.017	+0.011	+0.033	33 06.707	±0.016	+0.039	+0.033		
14.Sept.	Sch	7	.754	36	+ 14	+ 24	.794	48	- 15	0		
15.Sept.	Ge	6	.794	24	- 29	+ 27	.815	34	- 28	- 8		
			m	s	s		m	s	s			
			33 06.792	±0.025			33 06.779	±0.022				

Richinen

Station Punkt D, astron. Nordazimut_{D→A} = 131° 20', e = 5.6m
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908 auf Stativ
 Deckchronometer Nardin, Favag-Chronograph
 Beobachter R.Gehrig, W.Keller, H.Schudel
 Literatur Procès-verbal de la 110^e séance de la Comm. géod. suisse 1964

Datum	Beob.	Stern- paare	Höhenkreissystem					Horreborniveau				
			Länge	m.F.	v	pers. Gl.	Länge	m.F.	v	pers. Gl.		
1963			m	s	s	s	s	m	s	s	s	s
10.Sept.	Ke	12	32 40.668	±0.025	-0.016	+0.033	32 40.722	±0.028	-0.030	+0.033		
10.Sept.	Sch	6	.699	24	- 38	+ 24	.729	18	- 4	0		
10.Sept.	Ge	9	.643	23	+ 15	+ 27	.672	26	+ 61	- 8		
11.Sept.	Ke	15	.634	20	+ 18	+ 33	.702	24	- 10	+ 33		
			m	s	s		m	s	s			
			32 40.685	±0.020			32 40.725	±0.018				

2.4 Breitenbestimmungen nach Sterneck, von H. Müller

Beobachtungsmethode

Bei allen Breitenbestimmungen wurde die Methode der Meridianzenitdistanzmessungen von Sternpaaren möglichst gleicher Zenitdistanz beidseits des Zenits (Methode von Sterneck) angewandt. In einigen Fällen wurde auch die Methode der Zirkummeridianzenitdistanzen benutzt. Für die Breitenbestimmung eines Abends hielt man in der Regel die Beobachtung von 8 Sternpaaren für ausreichend. Dabei sollte die Zenitdistanz nicht grösser als 30° sein, damit sich Refraktionseinflüsse in relativ engen Grenzen hielten. Um den Zenitpunktfehler zu eliminieren, wurde in üblicher Weise zwischen den beiden Sternen eines Paares die Kreislage gewechselt. Da sich das Beobachtungsookular und das Kreisablesungsookular beim Universalinstrument T4 auf den entgegengesetzten Enden der Horizontalachse befinden, erschien es zweckmässig, um allzu häufigen Platzwechsel des Beobachters zu vermeiden, dass zwei Beobachter sich in der Weise in die Beobachtung teilten, dass der eine das Einstellen und Beobachten des Sterns übernahm, der andere das Einspielen der Kollimationslibelle sowie das Ablesen des Kreises und der Libelle besorgte. Die Rollen des Beobachters wurden dann am nächsten Beobachtungsabend vertauscht. Diese Aufteilung ist auch deshalb angebracht, weil sich gezeigt hatte, dass die Libelle, auch wenn sie beim Eintreten des Sterns in das Gesichtsfeld gut eingespielt war, oft, und zwar recht unmotiviert ihre Stellung merklich änderte, wenn der Stern die Mitte des Gesichtsfeldes passierte. Waren in der genannten Weise zwei Beobachter vorhanden, so konnte nun das Einspielen der Libellenblase laufend korrigiert werden. – Temperatur und Barometerstand wurden während einer Beobachtungsserie mehrfach abgelesen.

Auswertung

Die Reduktion der Beobachtungen erfolgte in bekannter Weise durch Berücksichtigung der Niveauekorrektion und der Refraktion. War die Methode der Zirkummeridianzenitdistanzen angewandt worden, so musste auch noch mit Hilfe der bei der Beobachtung abgelesenen Sternzeit die Reduktion auf den Meridian gerechnet werden. Die Deklination der Sterne wurde aus den Apparent Places of Fundamental Stars streng interpoliert; auch die kurzperiodische Nutation wurde berücksichtigt. In manchen Fällen wurde darauf verzichtet, die kurzperiodische Nutation anzubringen, auch beschränkte man sich dann auf lineares Interpolieren.

Die Ergebnisse der einzelnen Sternpaare einer Beobachtungsserie lassen beim Universalinstrument T4 häufig ein beträchtliches Variieren des Zenitpunktfehlers erkennen. Wahrscheinlich steht dies im Zusammenhang mit dem eben erwähnten starken und unregelmässigen Wandern der Blase der Kollimationslibelle. Man kann vermuten, dass Temperatureinflüsse auf die Libelle hierbei die wesentliche Ursache darstellen; vielleicht sollte die Kollimationslibelle besser dagegen geschützt werden.

Die schliesslich aus der Beobachtung erhaltenen Werte der Breite wurden dann noch auf die Lage des mittleren Pols_{1900–1905} reduziert, sobald die Koordinaten des momentanen Pols vom International Polar Motion Service (IPMS) in Mizusawa veröffentlicht worden waren. Diese Reduktion errechnet sich aus der Formel:

$$\Delta\varphi = \varphi_{\text{mittl.}} - \varphi_{\text{moment.}} = -(x \cos \lambda - y \sin \lambda),$$

wenn λ positiv nach Osten gezählt wird; x , y sind die veröffentlichten Koordinaten.

Da bei den Breitenbestimmungen nur durchschnittlich 3 Beobachtungsserien vorliegen, bisweilen auch weniger, wurde dann auf die Bildung eines mittleren Fehlers aus den Abweichungen der Abendwerte vom Gesamtmittel verzichtet und der mittlere Fehler des Gesamtmittels φ_M irgendwie geschätzt, z.B. bei etwa gleicher Anzahl Sternpaare pro Abend zu:

$$m_{\varphi_M} = \frac{\bar{m}_\varphi}{\sqrt{n}}$$

\bar{m}_φ Durchschnitt der mittleren Fehler der Abendwerte

n Anzahl der Abendwerte

Beobachtungsergebnisse

Die Gewichte der einzelnen Abendwerte bei der Bildung der Gesamtmittel entsprechen der Anzahl der Sternpaare (oder der Anzahl der Einzelsterne bei Zirkummeridian-Beobachtungen), nicht den mittleren Fehlern der Abendwerte.

Aeschiallmen

Station	Punkt B (Stativ)	Sterne*			
		Datum	Paare	Breite	m.F.
Instrument	Wild T4 Nr.33112	1955		o ' " "	
Beobachter	W.Fischer, H.Trnka	20.Aug.	8	46 39 09.8	±0.4
Literatur	Procès-verbal SGK 1956	20.Aug.	8*	10.3	3
		21.Aug.	8	10.3	3
		21.Aug.	8	10.1	2
		22.Aug.	8	10.9	2
		22.Aug.	8	10.0	4
				10.23	
				+ 0.06 $\Delta\phi_{Pol}$	
				o ' " "	
				46 39 10.3	±0.2

Stationen	Punkt C (Stativ)	Datum Paare Breite m.F.			
		Datum	Paare	Breite	m.F.
	Zentriert auf PunktA:-0.07	1964		o ' " "	
	Punkt D (Stativ)	28.Aug.	8	46 39 10.43	±0.4
	Zentriert auf PunktA:-0.04	30.Aug.	8	11.46	3
Instrument	Wild T4 Nr.33112	1.Sept.	8	11.31	4
				11.07	
Beobachter	W.Keller, H.Müller			- 0.22 $\Delta\phi_{Pol}$	
Literatur	Procès-verbal SGK 1965			o ' " "	
				46 39 10.85	±0.2

Basodino

Station	Punkt A (Pfeiler IGM)	Datum Paare Breite m.F.			
		Datum	Paare	Breite	m.F.
Instrument	Kern DKM3-A Nr.64908	1964		o ' " "	
Beobachter	F.Klingenberg, H.Schudel	25.Aug.	15	46 24 37.7	±0.2
				37.7	
Literatur	Procès-verbal SGK 1965			- 0.27 $\Delta\phi_{Pol}$	
				o ' " "	
				46 24 37.4	±0.2

Bellwald

Station	Punkt C (Stativ)	Datum	Paare	Breite	m.F.
Instrument	Kern DKM3-A Nr.64908	1963		o ' " "	
Beobachter	W.Keller, H.Schudel	30.Aug.	8	46 25 11.8	±0.6
Literatur	Procès-verbal SGK 1964	2.Sept.	5	11.1	3
		3.Sept.	8	12.2	4
				11.79	
				- 0.19	$\Delta\phi_{Pol}$
				o ' " "	
				46 25 11.60	±0.3

Daube

Station	Punkt E (Stativ)	Datum	Paare	Breite	m.F.
Instrument	Wild T4 Nr.33112	1953		o ' " "	
Beobachter	P.Engi	29.Aug.	8	46 39 42.4	±0.4
Literatur	Procès-verbaux SGK 1954, 1955	30.Aug.	8	43.0	4
		30.Aug.	8	42.6	5
		31.Aug.	8	42.5	3
				42.62	
				- 0.12	$\Delta\phi_{Pol}$
				o ' " "	
				46 39 42.50	±0.2

Station	Punkt F (Stativ)	Datum	Paare	Breite	m.F.
Instrument	Wild T4 Nr.33112	1964		o ' " "	
Beobachter	W.Keller, H.Müller	6.Aug.	10	46 39 42.67	±0.2
Literatur	Procès-verbal SGK 1965	12.Aug.	9	42.22	3
				42.46	
				- 0.22	$\Delta\phi_{Pol}$
				o ' " "	
				46 39 42.24	±0.2

Eggishorn

Station Punkt F (Stativ)
 Instrument Kern DKM3-A Nr.42749
 Beobachter W.Fischer, J.Fischer,
 H.Gutzwiller
 Literatur Procès-verbal SGK 1955

* Zirkummeridian-Zenitdistanzen

Sterne*			
Datum	Paare	Breite	m.F.
1954		0 ' " "	"
10.Sept.	5	46 25 45.77	±0.5
16.Sept.	3	45.12	6
22.Sept.	5	45.54	7
22.Sept.	5*	45.44	3
23.Sept.	5	45.97	2
23.Sept.	6*	45.62	7
23.Sept.	6*	46.10	2
			45.69
			+ 0.03 $\Delta\phi_{Pol}$
<hr/>			
0 ' " "			
46 25 45.72 ±0.2			

Station Punkt A (Stativ)
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908
 Beobachter F.Klingenberg, F.Knoll,
 H.Schudel
 Literatur Procès-verbal SGK 1965

Datum	Paare	Breite	m.F.
1964		0 ' " "	"
4.Aug.	7	46 25 46.5	±0.4
5.Aug.	4	46.1	4
			46.35
			- 0.25 $\Delta\phi_{Pol}$
<hr/>			
0 ' " "			
46 25 46.10 ±0.3			

Faulhorn (Grindelwald)

Station Punkt C (Stativ)
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908
 Beobachter H.R.Schwendener, F.Knoll
 Literatur Interner Bericht ETH

Datum	Paare	Breite	m.F.
1961		0 ' " "	"
28./29.Aug.	8	46 40 52.0	±0.4
			52.0
			- 0.02 $\Delta\phi_{Pol}$
<hr/>			
0 ' " "			
46 40 52.0 ±0.4			

Piano del Gheisc

Station Punkt A (Stativ)
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908
 Beobachter W.Keller, H.Schudel
 Literatur Procès-verbal SGK 1964

Datum	Paare	Breite	m.F.
1963		0 ' " "	"
12.Okt.	8	46 31 02.0	±0.4
13.Okt.	8	02.9	4
			02.45
			- 0.07 $\Delta\phi_{Pol}$
<hr/>			
0 ' " "			
46 31 02.38 ±0.3			

San Giacomo

Station Punkt D (Stativ)
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908
 Beobachter F.Knoll, H.Schudel
 Literatur Procès-verbal SGK 1965

Datum	Paare	Breite	m.F.
1964		0 ' "	"
19.Aug.	8	46 27 56.6	±0.2
23.Aug.	4	56.6	3
24.Aug.	8	56.5	2
		56.56	
		- 0.27	$\Delta\phi_{Pol}$
		0 ' "	"
		46 27 56.29	±0.1

Grindelwald ETH

Stationen Punkt B und Punkt C
 Zentrierung auf A: -0",4 +0",1
 Instrumente Kern DKM3-A
 Beobachter Assistenten und Studenten
 Eidg. Techn. Hochsch.

Datum	Paare	Breite	m.F.
1962		0 ' "	"
20.Aug.	3	46 37 28.4	-
23.Aug.	6	29.4	-
		29.07	
		- 0.12	$\Delta\phi_{Pol}$
		0 ' "	"
		46 37 28.95	±0.4

Station Punkt D (Stativ)
 Instrument Wild T4 Nr.33112
 Beobachter W.Keller, H.Müller
 Literatur Procès-verbal SGK 1965

Datum	Paare	Breite	m.F.
1964		0 ' "	"
17.Aug.	12	46 37 29.95	±0.3
20.Aug.	12	29.83	3
24.Aug.	12	29.75	3
		29.84	
		- 0.21	$\Delta\phi_{Pol}$
		0 ' "	"
		46 37 29.63	±0.2

Konkordia

Station Punkt B (Stativ)
 Instrument Kern DKM3-A Nr.42749
 Beobachter W.Keller, N.Wunderlin
 Literatur Procès-verbal SGK 1959

Datum	Paare	Breite	m.F.
1958		0 ' "	"
30.Juli	8	46 29 58.71	±0.4
30.Juli	8	58.59	3
31.Juli	8	59.20	6
1.Aug.	8	57.93	4
5.Aug.	8	58.41	3
5.Aug.	8	58.38	4
		58.54	
		- 0.27	$\Delta\phi_{Pol}$
		0 ' "	"
		46 29 58.27	±0.2

Lauberhorn

Station Punkt F (Stativ)
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908
 Beobachter M.Gatti, F.Klingenberg
 F.Knoll, H.Schudel
 Literatur Procès-verbal SGK 1965

Datum	Paare	Breite	m.F.
1964		0 ' "	"
8.Sept.	6	46 35 59.2	±0.4
9.Sept.	10	59.4	5
10.Sept.	11	59.0	4
		59.19	
		- 0.28	$\Delta\phi_{Pol}$
		0 ' "	"
		46 35 58.91	±0.2

Männlichen

Station Punkt C (Stativ)
 Instrument Wild T4 Nr.33112
 Beobachter W.Fischer, H.Trnka
 Literatur Procès-verbal SGK 1956

Datum	Paare	Breite	m.F.
1955		0 ' "	"
5.Aug.	6	46 37 30.7	±0.5
9.Aug.	8	31.4	3
9.Aug.	8*	32.4	3
10.Aug.	6	31.6	4
11.Aug.	8	31.5	2
11.Aug.	4*	33.0	3
		31.70	
		+ 0.03	$\Delta\phi_{Pol}$
		0 ' "	"
		46 37 31.73	±0.4

* Zirkummeridian-Zenitdistanzen

Morgenberghorn

Station Punkt B (Stativ)
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908
 Beobachter F.Klingenberg, F.Knoll,
 H.Schudel
 Literatur Procès-verbal SGK 1965

Datum	Paare	Breite	m.F.
1964		0 ' "	"
1.Sept.	8	46 37 47.9	±0.2
2.Sept.	11	48.1	3
		48.02	
		- 0.28	$\Delta\phi_{Pol}$
		0 ' "	"
		46 37 47.74	±0.2

Niederhorn

Station	Punkt C (Stativ)	Sterne*			
Instrument	Wild T4 Nr.33112	Datum	Paare	Breite	m.F.
Beobachter	W.Fischer, H.Trnka	1955		o ' " "	
Literatur	Procès-verbal SGK 1956	16. Aug.	8	46 42 46.9	±0.1
		16. Aug.	8*	47.3	2
		17. Aug.	8	47.4	2
		17. Aug.	8*	47.6	2
		18. Aug.	8	47.0	3
		18. Aug.	7*	46.7	2
				47.15	
				+ 0.05	$\Delta\phi_{Pol}$
				o ' " "	
				46 42 47.20	±0.1

* Zirkummeridian-Zenitdistanzen

Station	Punkt D (Stativ)	Sterne*			
Instrument	Wild T4 Nr.33112	Datum	Paare	Breite	m.F.
Beobachter	W.Keller, H.Müller	1964		o ' " "	
Literatur	Procès-verbal SGK 1965	25. Aug.	8	46 42 46.44	±0.3
		26. Aug.	8	47.30	3
		27. Aug.	8	47.67	2
				47.14	
				- 0.23	$\Delta\phi_{Pol}$
				o ' " "	
				46 42 46.91	±0.2

Niesen

Station	Punkt C (Stativ)	Sterne*			
Instrument	Wild T4 Nr.33112	Datum	Paare	Breite	m.F.
Beobachter	P.Engi	1953		o ' " "	
Literatur	Procès-verbal SGK 1954	17./18. Aug.	8	46 39 08.6	±0.2
		19. Aug.	8	08.6	5
		20. Aug.	8	08.0	5
		20./23. Aug.	8	07.9	5
				08.28	
				- 0.06	$\Delta\phi_{Pol}$
				o ' " "	
				46 39 08.22	±0.2

Nufenenstock

Station	Punkt C (Stativ)	Datum	Paare	Breite	m.F.
Instrument	Kern DKM3-A Nr.64908	1963		0 ' "	"
Beobachter	W.Keller	22.Sept.	8	46 28 08.1	±0.2
Literatur	Procès-verbal SGK 1964			08.1	
				- 0.13 $\Delta\phi_{Pol}$	
				0 ' "	"
				46 28 08.0	±0.2

Räuft

Station	Punkt B (Stativ)	Datum	Paare	Breite	m.F.
Instrument	Kern DKM3-A Nr.64908	1963		0 ' "	"
Beobachter	R.Gehrig, W.Keller	14.Sept.	8	46 28 16.6	±0.2
Literatur	Procès-verbal SGK 1964	15.Sept.	8	17.0	3
				16.80	
				- 0.15 $\Delta\phi_{Pol}$	
				0 ' "	"
				46 28 16.65	±0.2

Richinen

Station	Punkt D (Stativ)	Datum	Paare	Breite	m.F.
Instrument	Kern DKM3-A Nr.64908	1963		0 ' "	"
Beobachter	R.Gehrig, W.Keller,	6.Sept.	2	46 26 35.3	-
	H.Schudel	7.Sept.	8	35.3	±0.4
		7.Sept.	7	35.5	2
Literatur	Procès-verbal SGK 1964	9.Sept.	7	35.6	2
				35.45	
				- 0.17 $\Delta\phi_{Pol}$	
				0 ' "	"
				46 26 35.28	±0.2

Riederhorn

		Sterne*			
Station	Punkt D (Stativ)	Datum	Paare	Breite	m.F.
Instrument	Wild T4 Nr.33112	1955		o ' " "	
Beobachter	W.Fischer, H.Trnka	29.Aug.	8	46 22 05.7	±0.2
Literatur	Procès-verbal SGK 1956	29.Aug.	8	06.2	2
		1.Sept.	8	06.1	3
		1.Sept.	8*	06.0	3
		2.Sept.	8	06.7	4
		2.Sept.	8*	06.0	3
				06.12	
				+ 0.07	$\Delta\phi_{\text{Pol}}$
				o ' " "	
				46 22 06.19	±0.1

* Zirkummeridian-Zenitdistanzen

Grosse Scheidegg

Station	Punkt C (Stativ)	Datum	Paare	Breite	m.F.
Instrument	Kern DKM3-A Nr.64908	1961		o ' " "	
Beobachter	H.R.Schwendener, F.Knoll	21./22.Aug.	5	46 39 44.2	±0.2
Literatur	Interner Bericht ETH			44.2	
				- 0.02	$\Delta\phi_{\text{Pol}}$
				o ' " "	
				46 39 44.2	±0.2

Schynige Platte

Stationen	Punkt C (Stativ)	Datum	Paare	Breite	m.F.
	zentriert auf Pkt.A: +0.06	1964		o ' " "	
	Punkt D (Stativ) 5.Aug.	30.Juli	8	46 39 26.12	±0.5
	zentriert auf Pkt.A: -0.04	31.Juli	2	28.85	1.0
		4.Aug.	12	27.30	3
Instrument	Wild T4 Nr. 33112	5.Aug.	8	28.26	2
Beobachter	W.Keller, H.Müller	5.Aug.	8	28.65	6
Literatur	Procès-verbal SGK 1965			27.62	
				- 0.21	$\Delta\phi_{\text{Pol}}$
				o ' " "	
				46 39 27.41	±0.3

Sphinx

Station	Punkt B (Stativ)	Sterne*			
Instrument	Wild T4 Nr.33112	Datum	Paare	Breite	m.F.
Beobachter	W.Fischer, E.Hauser	1954		o ' " "	
Literatur	Procès-verbal SGK 1955	5.Aug.	10*	46 33 11.7	±0.3
		7.Aug.	18*	11.9	2
		11.Aug.	15	13.3	3
		28.Okt.	6	12.5	3
		28.Okt.	9*	12.7	4
		29.Okt.	12	12.3	3
		29.Okt.	11*	13.1	2
		31.Okt.	14	15.5	4
		31.Okt.	7*	13.0	3
				12.94	
				+ 0.07	$\Delta\phi_{Pol}$
				o ' " "	
				46 33 13.01	±0.4

* Zirkummeridian-Zenitdistanzen

Spiez-Bühl

Station	Punkt C (Stativ)	Datum Paare Breite m.F.			
Instrument	Wild T4 Nr.33112	1953		o ' " "	
Beobachter	P.Engi	9./10.Aug.	8	46 41 21.9	±0.6
Literatur	Procès-verbal SGK 1954, 1955	10.Aug.	8	22.0	4
		11.Aug.	8	22.3	4
		11./13.Aug.	8	22.4	4
				22.15	
				- 0.02	$\Delta\phi_{Pol}$
				o ' " "	
				46 41 22.13	±0.2

Station	Punkt D (Stativ)	Datum Paare Breite m.F.			
Instrument	Wild T4 Nr.33112	1964		o ' " "	
Beobachter	W.Keller, H.Müller	2.Sept.	8	46 41 24.54	±0.4
Literatur	Procès-verbal SGK 1965	4.Sept.	5	24.91	2
		7.Sept.	8	23.75	5
				24.33	
				- 0.23	$\Delta\phi_{Pol}$
				o ' " "	
				46 41 24.10	±0.2

2.5 Azimutbestimmungen mit Polaris, von W. Fischer

Beobachtungsmethode

Die einfachste Methode zur Bestimmung der E-W-Komponente der Lotabweichung besteht in der Beobachtung eines astronomischen Azimuts mit dem Polarstern und dessen Vergleich mit dem aus der Landstriangulation abgeleiteten geodätischen Azimut. Sie wurde sozusagen bei allen bisherigen Lotabweichungsbestimmungen der Schweizerischen Geodätischen Kommission angewandt, so denjenigen von *J.B. Messerschmitt* in den Jahren 1885–1898 [25, 26, 27] und denjenigen von *Th. Niethammer* in den Jahren 1899–1904 [28]. Auch bei der vorliegenden Untersuchung wurde ihr der Vorrang gegeben, da sie in bezug auf die instrumentelle Ausrüstung geringere Anforderungen stellt als die Längenbestimmung, was besonders bei den hochgelegenen Gebirgsstationen entscheidend ist.

Die Bestimmung des Azimuts erfolgte durch Winkelmessung zwischen dem Polarstern und dem irdischen Objekt. Als solches wurde auf jeder Station ein möglichst entferntes und günstig gelegenes Hochgebirgssignal benützt, das für die Höhenwinkelmessung aufgestellt worden war. Damit war auch festgelegt, dass die Beobachtungen am Tag stattfinden sollten. Ferner war es erwünscht, die Messungen an mehreren Tagen zu wiederholen sowie auf die Morgen- und Abendstunden zu verteilen. Auf einzelnen Stationen mussten je nach den Sichtverhältnissen verschiedene Zielpunkte gewählt werden, die nachträglich durch einen Richtungssatz untereinander in Beziehung gebracht wurden.

Bei der Winkelmessung war die übliche Reihenfolge einzuhalten, also in 1. Kreislage Zielung nach dem Objekt und nach dem Polarstern, in 2. Kreislage Zielung nach dem Polarstern und nach dem Objekt. Zur Elimination allfälliger Kreisteilungsfehler sollten die Winkelmessungen bei sechs verschiedenen Kreisständen durchgeführt werden. Die mittlere Neigung der Horizontalachse war durch Ablesen eines Hänge- oder Reiterniveaus (das nicht umgesetzt wurde) zu bestimmen, bei der Zielung nach dem Polarstern in der Regel vor- und nachher, bei der Zielung nach dem irdischen Objekt nur einmal. Schliesslich sollte der Zeitpunkt der Sternanzielung an einem Deckchronometer abgelesen werden, der periodisch mit einem Zeitzeichen (meist GBR um 11^h und 19^h MEZ) zu vergleichen war.

Als Beobachtungsinstrument war in der Regel das Universalinstrument Wild T4 vorgesehen, auf schwer zugänglichen Stationen das leichtere Instrument Kern DKM3-A. Für alle Beobachtungen konnte ein Stativ benützt werden, das eine genügende Stabilität gewährleistete.

Auswertung

Zur Berechnung des Azimuts A_P des Polarsterns wurde die übliche Formel benützt, wie sie in [2], S. 95, angegeben ist:

$$\operatorname{tg} A_P = -\frac{\operatorname{ctg} \delta \sec \varphi \sin t}{1 - \operatorname{ctg} \delta \operatorname{tg} \varphi \cos t}$$

Zur Vereinfachung der Rechnung wurde von der Hilfstafel 30 in [2] Gebrauch gemacht, welche den Ausdruck

$$\log \frac{1}{1 - \operatorname{ctg} \delta \operatorname{tg} \varphi \cos t} = \frac{1}{\log 1 - a}$$

als logarithmisches Additament zum Ausdruck im Zähler (in Einheiten der 6. Dezimalstelle) gibt. Darin bedeuten:

- δ die für die Beobachtungsepoche aus Apparent Places of Fundamental Stars interpolierte Deklination von Polaris
- φ die genäherte Breite der Station
- t der Stundenwinkel von Polaris, gerechnet als $t = u + \Delta u - \alpha$, wobei
- u abgelesene Uhrzeit (in Sternzeit)
- Δu durch graphische Interpolation der Uhrvergleiche bestimmte Uhrkorrektur
- α die für die Beobachtungsepoche aus Apparent Places of Fundamental Stars interpolierte Rektaszension von Polaris

Ausnahmsweise und vor allem zur Zweitberechnung des Azimuts wurden auch die Neperschen Analogien benützt, wie sie z. B. in [24], S.344, festgehalten sind:

$$\operatorname{tg} \frac{A+S}{2} = - \frac{\cos \frac{\varphi-\delta}{2}}{\sin \frac{\varphi+\delta}{2}} \cdot \operatorname{ctg} \frac{t}{2} \qquad \operatorname{tg} \frac{A-S}{2} = - \frac{\sin \frac{\varphi-\delta}{2}}{\cos \frac{\varphi+\delta}{2}} \cdot \operatorname{ctg} \frac{t}{2}$$

Das Azimut A_S nach dem irdischen Objekt ergab sich hierauf aus der Beziehung:

$$A_S = A_P - K_P - i_P \cdot \operatorname{ctg} z_P + K_S + i_S \cdot \operatorname{ctg} z_S$$

worin K die Kreisablesung, i die aus den Niveauablesungen und dem mittleren Parswert bestimmte mittlere Neigung der Horizontalachse (positiv, wenn das linke Achslager höher ist) und z die Zenitdistanz der Visur bedeutet, für den Polarstern mit P , für das Signal mit S bezeichnet.

An den berechneten Azimuten sind folgende Korrekturen anzubringen:

1. wegen der Abweichung der Pollage vom mittleren Pol₁₉₀₀₋₁₉₀₅
2. wegen der täglichen Aberration
3. wegen Exzentrizität der Beobachtungsstation und des Zielpunktes

Die Korrektur am Azimut wegen der Lage des Momentanpoles für die Beobachtungsepoche ist nach [5], S. 869:

$$A_0 - A = - (x \sin \lambda + y \cos \lambda) \sec \varphi$$

wenn x und y die Polkoordinaten und λ die Länge der Beobachtungsstation (positiv nach Osten) ist. Diese Korrektur wird erst am Mittelwert der Azimute in der Zusammenstellung der Beobachtungsergebnisse angebracht.

Der Einfluss der täglichen Aberration auf das Azimut des Polarsterns ist nach [2], S. 100:

$$+0'',32 \cdot \cos \varphi \cdot \operatorname{cosec} z_P = +0'',32$$

Dieser Betrag wird für alle Azimute in der Zusammenstellung der Beobachtungsergebnisse berücksichtigt.

Da das geodätische Azimut mit den Koordinaten der exzentrischen Punkte berechnet wird, kann auf die Zentrierung des astronomischen Azimuts verzichtet werden.

Beobachtungsergebnisse

Die Gewichte der einzelnen Tageswerte bei der Bildung des Gesamtmittels einer Visur sind gleich der Anzahl von Winkelbeobachtungen gewählt worden und nicht entsprechend den mittleren Fehlern der Tageswerte,

Aeschi Allmend

Station Punkt B
Instrument Wild T4 Nr.33112 auf Stativ
Beobachter W.Fischer, H.Trnka
Literatur Procès-verbal de la 101^e séance de la Commission géod. suisse 1956

Datum	Zielpunkt	Winkel	Azimut	m.F.	Bemerkungen
1955			o ' "	"	
22.Aug.	Niederhorn A	12	23 51 42.0	±0.6	Vormittag
22.Aug.		12	41.5	5	Nachmittag
23.Aug.		12	42.9	3	
			42.13		
			+ 0.01		$\Delta\alpha_{\text{Pol}}$
			+ 0.32		$\Delta\alpha_{\text{Aberration}}$
			o ' "	"	
			23 51 42.46	±0.3	

Daube

Station Punkt E
Instrument Wild T4 Nr.33112 auf Stativ
Beobachter P.Engi
Literatur Procès-verbaux de la 99^e et 100^e séances de la Commission géod. suisse 1954,1955

Datum	Zielpunkt	Winkel	Azimut	m.F.	Bemerkungen
1953			o ' "	"	
29.Aug.	Jungfrau A	2	162 09 13.4		
29.Aug.	Brienzer Rothorn	8	36 14 22.6	±0.6	
30.Aug.	Jungfrau	2	162 09 16.9		
30.Aug.	Brienzer Rothorn	4	36 14 23.2	±0.5	
31.Aug.	Jungfrau	2	162 09 15.2		
Jungfrau		6	15.17		
Brienzer Rothorn		12	22.80		
			- 0.87		$\Delta\alpha_{\text{Pol}}$
			+ 0.32		$\Delta\alpha_{\text{Aberration}}$
			o ' "	"	
Jungfrau A			162 09 14.62	±1.0	
Br. Rothorn (Zentrum)			36 14 22.25	±0.4	

Eggishorn

Station Punkt F
 Instrument Kern DKM3-A Nr.42749 auf Stativ
 Beobachter W.Fischer, J.Fischer, H.Gutzwiller
 Literatur Procès-verbal de la 100^e séance de la Comm. géod. suisse 1955

Datum	Zielpunkt	Winkel	Azimut		m.F.	Bemerkungen
			o	'	"	"
1954						
10.Sept.	Sphinx A	6	327	01	36.33	±0.69
11.Sept.		8			34.55	1.25
16.Sept.		8			31.18	1.35
23.Sept.		6			34.86	1.93
24.Sept.		3			37.87	2.15
			34.41			
			- 0.42			$\Delta\alpha_{\text{Pol}}$
			+ 0.32			$\Delta\alpha_{\text{Aberration}}$
			o	'	"	"
			327	01	34.31	±0.65

Faulhorn (Grindelwald)

Station Punkt C
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908 auf Stativ
 Beobachter H.R.Schwendener
 Literatur Interner Bericht Institut für Geodäsie und Photogrammetrie
 Eidgen. Techn. Hochschule 1961

Datum	Zielpunkt	Winkel	Azimut		m.F.	Bemerkungen
			o	'	"	"
1961						
29.Aug.	Lauberhorn A	12	203	10	21.19	±0.5 Morgen
			21.19			
			- 0.24			$\Delta\alpha_{\text{Pol}}$
			+ 0.32			$\Delta\alpha_{\text{Aberration}}$
			o	'	"	"
			203	10	21.3	±0.5

Männlichen

Station Punkt C
 Instrument Wild T4 Nr.33112 auf Stativ
 Beobachter W.Fischer, H.Trnka
 Literatur Procès-verbal de la 101^e séance de la Comm. géod. suisse 1956

Datum	Zielpunkt	Winkel	Azimut			m.F.	Bemerkungen
1955			o	'	"	"	
5.Aug.	Gürmschbühl A	14	185	28	58.1	±0.4	
5.Aug.	Laucherhorn	4	357	22	25.5	6	
6.Aug.		4			29.4	4	
10.Aug.		6			28.5	4	
10.Aug.	Daube B	5	330	28	51.0	7	
11.Aug.	Niederhorn A	6	309	16	44.6	6	
11.Aug.		3			48.6	1.8	
			185	28	58.1		
			357	22	27.90		
			330	28	51.0		
			309	16	46.03		
					+ 0.02		$\Delta\alpha_{Pol}$
					+ 0.32		$\Delta\alpha_{Aberration}$
			o	'	"	"	
	Gürmschbühl A		185	28	58.4	±0.4	
	Laucherhorn Zentrum		357	22	28.24	±0.3	
	Daube B		330	28	51.3	±0.7	
	Niederhorn A		309	16	46.37	±1	

Niederhorn

Station Punkt C
 Instrument Wild T4 Nr.33112 auf Stativ
 Beobachter W.Fischer, H.Trnka
 Literatur Procès-verbal de la 101^e séance de la Comm. géod. suisse 1956

Datum	Zielpunkt	Winkel	Azimut			m.F.	Bemerkungen
1955			o	'	"	"	
15.Aug.	Aeschiall Mend A	7	203	50	48.1	±0.6	
17.Aug.		17			48.8	3	
18.Aug.		12			51.3	6	Föhnige Bewölkung
					49.50		
					+ 0.02		$\Delta\alpha_{Pol}$
					+ 0.32		$\Delta\alpha_{Aberration}$
			o	'	"	"	
			203	50	49.84	±0.3	

Niesen

Station Punkt C
 Instrument Wild T4 Nr.33112 auf Stativ
 Beobachter P.Engi
 Literatur Procès-verbaux de la 99^e et 100^e séance de la Comm. géod. suisse
 1954, 1955

Datum	Zielpunkt	Winkel	Azimut		m.F.	Bemerkungen
			o	'		
1953						
19.Aug.	Niederhorn A	4	52	13 46.8	±0.9	
23.Aug.		8		48.3	6	
			47.80			
			- 0.80			$\Delta\alpha_{\text{Pol}}$
			+ 0.32			$\Delta\alpha_{\text{Aberration}}$
			o	'	"	"
			52	13 47.32	±0.5	

Station Punkt D (Pfeiler SGK 1964)
 Instrument Wild T4 Nr.86968
 Beobachter N.Danial, N.Wunderlin
 Literatur Procès-verbal de la 111^e séance de la Comm. géod. suisse 1965

Datum	Zielpunkt	Winkel	Azimut		m.F.	Bemerkungen
			o	'		
1964						
24.Aug.	Gurten SGK 1945	12	332	14 05.75	±0.2	Abend
25.Aug.		12		05.74	2	Vormittag
26.Aug.		12		06.22	3	Vormittag
27.Aug.		12		06.72	4	Nachmittag
27.Aug.		12		05.40	2	Abend
28.Aug.		12		05.53	3	Vormittag
1.Sept.		12		05.63	2	Abend
1.Sept.		12		05.20	3	Abend
2.Sept.		12		06.30	3	Vormittag
2.Sept.		16		05.99	3	Abend
			05.85			
			- 0.34			$\Delta\alpha_{\text{Pol}}$
			+ 0.32			$\Delta\alpha_{\text{Aberration}}$
			o	'	"	"
			332	14 05.83	±0.1	Laplace-Azimut

Riederhorn

Station Punkt D
 Instrument Wild T4 Nr.33112 auf Stativ
 Beobachter W.Fischer, H.Trnka
 Literatur Procès-verbal de la 101^e séance de la Comm. géod. suisse 1956

Datum	Zielpunkt	Winkel	Azimut	m.F.	Bemerkungen
1955			o ' " "		
29.Aug.	Eggishorn A	8	42 04 36.6	±0.4	
2.Sept.		6	37.1	5	Vormittag
2.Sept.		12	36.5	3	Nachmittag
3.Sept.		12	37.6	4	
			36.96		
			- 0.03		$\Delta\alpha_{\text{Pol}}$
			+ 0.32		$\Delta\alpha_{\text{Aberration}}$
			o ' " "		
			42 04 37.25	±0.2	

Grosse Scheidegg

Station Punkt C
 Instrument Kern DKM3-A Nr.64908 auf Stativ
 Beobachter H.R.Schwendener
 Literatur Interner Bericht Institut für Geodäsie und Photogrammetrie
 Eidgen. Techn. Hochschule

Datum	Zielpunkt	Winkel	Azimut	m.F.	Bemerkungen
1961			o ' " "		
28.Aug.	Faulhorn A	6	285 26 30.8	±0.5	Morgen
28.Aug.	Lauberhorn A	6	239 53 37.8	6	Morgen
			30.8		
			37.8		
			- 0.24		$\Delta\alpha_{\text{Pol}}$
			+ 0.32		$\Delta\alpha_{\text{Aberration}}$
			o ' " "		
Faulhorn (Grdw.) A			285 26 30.9	±0.5	
Lauberhorn A			239 53 37.9	±0.6	

Sphinx

Station Punkt B (Stationsbolzen)
 Instrument Wild T4 Nr.33112 auf Stativ
 Beobachter W.Fischer, E.Hauser
 Literatur Procès-verbal de la 100^e séance de la Comm. Géod. suisse 1955

Datum	Zielpunkt	Winkel	Azimut		m.F.	Bemerkungen
1954			o	'	"	"
4.Aug.	Daube A	10	333	41	02.89	±0.4
5.Aug.	Niesen A	2			01.39	9
6.Aug.	Daube A	6			02.48	7
13.Aug.		12			03.02	4
					02.76	
					- 0.29	$\Delta\alpha_{\text{Pol}}$
					+ 0.32	$\Delta\alpha_{\text{Aberration}}$
			o	'	"	"
			333	41	02.79	±0.3

Spiez-Bühl

Station Punkt C
 Instrument Wild T4 Nr.33112 auf Stativ
 Beobachter P.Engi
 Literatur Procès-verbaux de la 99^e et 100^e séances de la Comm. géod. suisse
 1954, 1955

Datum	Zielpunkt	Winkel	Azimut		m.F.	Bemerkungen
1953			o	'	"	"
10.Aug.	Niederhorn A	6	68	38	14.8	±0.8
11.Aug.		4			14.3	5
13.Aug.		2			13.5	1
					14.42	
					- 0.69	$\Delta\alpha_{\text{Pol}}$
					+ 0.32	$\Delta\alpha_{\text{Aberration}}$
			o	'	"	"
			68	38	14.05	±0.6

2.6 Die Lotabweichungen

Allgemeine Bemerkungen

Die Lotabweichungskomponenten ξ , η sind mit einem von Dr. N. Danial, A. Elmiger, W. Keller geschriebenen Algol-Programm auf der elektronischen Rechenanlage CDC 1604-A des Rechenzentrums der Eidgenössischen Technischen Hochschule berechnet worden. Als Eingabe treten auf: die ebenen rechtwinkligen Projektionskoordinaten der Schweizerischen Landesvermessung und die genäherten Höhen der Stationspunkte und – bei astronomischen Azimutbeobachtungen – der Zielpunkte sowie die astronomischen Werte für Länge, Breite und Azimut. Die Ausgabe liefert die ellipsoidischen Koordinaten der Stationspunkte, die ellipsoidischen Azimute und die Lotabweichungskomponenten ξ , η . Die Berechnung der η -Komponente erfolgt nach der strengen Formel (vgl. [5], S.289):

$$\eta = \frac{(\alpha_{astr.} - \alpha_{ell.}) - \xi \operatorname{ctg} z_{astr.} \sin \alpha_{ell.}}{\operatorname{tg} \varphi_{astr.} - \operatorname{ctg} z_{astr.} \cos \alpha_{ell.}} \quad z = \text{Zenitdistanz}$$

Bemerkungen zur Tabelle

Die Punktnamen und die Bezeichnungen der Stationspunkte und der Azimut-Zielpunkte entsprechen dem Koordinatenverzeichnis von Teil 1 dieses Bandes.

Die astronomischen Breiten, Längen und Azimute stammen aus den Abschnitten 2.2 bis 2.5, wo auch Quellenangaben und Literaturhinweise zu finden sind. Die Angabe der Dezimalstellen folgt den Abschnitten 2.2 bis 2.5.

Die Lotabweichungskomponenten ξ , η sind einheitlich auf zwei Dezimalstellen angegeben, auch wo die zugrunde liegenden astronomischen Werte nur *eine* Dezimalstelle aufweisen und trotz der Tatsache, dass allgemein die Angabe einer zweiten Stelle im Hinblick auf die Genauigkeit nicht gerechtfertigt ist. Sie erfolgte, um bei mehrfachen Bestimmungen (auch eventuellen zukünftigen!) die Mittelbildung nicht durch vorzeitiges Runden zu beeinflussen.

Die Wahl der Gewichte bei der Mittelung mehrfacher Bestimmungen erfolgte völlig systemlos nach Gutdünken. So sind z. B. alle aus Azimutbeobachtungen abgeleiteten η -Werte gestrichen worden, wenn daneben solche aus Längenbestimmungen vorlagen.

Die bei den Ausgleichungen der Höhenwinkel für Lotabweichungen und ellipsoidische Höhen verwendeten astronomisch bestimmten Lotabweichungen sind nicht völlig identisch mit den in dieser Tabelle aufgeführten. Die Differenzen rühren her von der Ersetzung provisorischer durch definitive Reduktionen auf den mittleren Pol, von neuen Mittelbildungen aus den einzelnen Abendwerten, von Rundungen usw. Sie betragen höchstens 0,1" ausser beim Punkt S. Giacomo, wo infolge einer nachträglichen Neuausgleichung der Längenbeobachtungen mit anderen Gewichtsannahmen eine Abweichung von 0,2" auftritt.

Zusammenstellung der Lotabweichungen

Ellipsoid von Bessel, $\xi = \eta = 0$ für Koordinaten-Nullpunkt Bern

Punkt	Zielpunkt für Azimut	ϕ geod.	ϕ astr.	Jahr	ξ	p	λ geod. α geod.	λ astr. α astr.	Jahr	η (λ) η (α)	p	Bemerkungen
		O ' "	"		"		O ' "	"		"		
<u>Aeschiall Mend</u>												
A Trig. Zentrum		46 38 49.246	70.85	1964	+21.60	1	7 43 57.523	46.44	1964	- 7.60	1	Beob.zentriert
B Astr. Station 1955		49.321	70.3	1955	+20.98	1	57.243					
	<i>Niederhorn A</i>				+21.29		23 51 49.23	42.46	1955	- 7.93 - 7.60	0	
<u>Airolo</u>												
A Trig. Zentrum		46 31 34.080	29.16	1916	- 4.92		8 37 44.811					Beob.zentriert
E Astr. Station 1963		34.557					44.989	50.75	1963	+ 3.97		
<u>Axpunkt Nord</u>												
A Trig. Zentrum		46 19 40.671	35.79	1899	- 5.56		8 00 20.605				1	
C Observatorium		46 19 41.348					8 00 19.498	12.88	1920	- 4.56	0	
	<i>Rosswald C</i>						118 17 61.617	59.50	1899	- 0.45	0	
	<i>Birgischwald</i>						263 00 30.762	22.01	1899	- 9.17 - 4.56	0	
<u>Basodino</u>												
A Trig. Zentrum		46 24 46.059	37.4	1964	- 8.66		8 28 10.296	19.83	1964	+ 6.57		
<u>Bellwald</u>												
A Trig. Zentrum		46 25 22.826					8 09 35.262					
C Astr. Station 1963		23.162	11.60	1963	-11.56		34.931	30.22	1963	- 3.25		
<u>P. dil Corno</u>												
A Trig. Zentrum		46 29 36.844	35.94	1917	- 0.90		8 37 35.494					Beobachtungen zentriert:
					+ 0.37							$\Delta \xi$ Zentr.g = +0".37
					- 0.53							

Punkt	Zielpunkt für Azimut	ϕ geod.	ϕ astr.	Jahr	ξ	P	λ geod.	λ astr.	Jahr	η (λ)	P	Bemerkungen
		o ' "	"		"		o ' "	"		"		
<u>Daube</u>												
A Trig. Zentrum (Nord)		46 39 26.720					7 54 28.806					
E Astr. Station 1953		26.347	42.50	1953	+16.15	1	36 14 38.28	22.25	1953	-15.26	0	
	<i>Rothorn (Brienz)</i>						162 09 32.23	14.62	1953	-15.24	0	
	<i>Jungfrau A</i>						7 54 28.914	04.12	1964	-16.98	1	
F Astr. Station 1964		26.185	42.24	1964	+16.05	1				-16.98		
					+16.10							
<u>Eggishorn</u>												
A Trig. Zentrum		46 25 57.369	46.10	1964	-11.27	1	8 05 43.058	50.01	1964	+ 4.78	1	
F Astr. Station 1954		57.445	45.72	1954	-11.73	1	42.979					
	<i>Spitzsee A</i>				-11.50		327 01 16.64	34.31	1954	+17.03	0	
										+ 4.78		
<u>Faulhorn (Grindelwald)</u>												
A Trig. Zentrum		46 40 34.051					8 00 00.398					
C Astr. Station 1961		33.963	52.0	1961	+18.04		00.459					
	<i>Lauberhorn A</i>						203 10 34.85	21.3	1961	-13.11		
<u>Piano del Gheisc</u>												
A Trig. Zentrum		46 31 14.527	02.38	1963	-12.15		8 31 37.251	50.42	1963	+ 9.06		
<u>San Giacomo</u>												
A Trig. Zentrum		46 27 53.709					8 26 49.897					
D Astr. Station 1964		53.827	56.29	1964	+ 2.46		49.690	56.38	1964	+ 4.61		

Punkt	Zielpunkt für Azimut		φ _{geod.}	φ _{astr.}	Jahr	ξ	P	λ _{geod.} α _{geod.}	λ _{astr.} α _{astr.}	Jahr	η(λ) η(α)	P	Bemerkungen
	φ _{geod.}	φ _{astr.}											
<u>Giubin</u>	0	"	"	"		"		0	"	"	"		
A Trig. Zentrum	46 33	56.331	47.93	1917	- 8.40 - 1.44 - 9.44			8 38 08.808					Beobachtungen zentriert: Δξ _{Zentr.g} = -1.44
<u>Grindelwald ETH 1962</u>													
A Trig. Zentrum	46 37	07.278	28.95	1962	+21.67	1		8 02 45.967					Beob.zentriert
D Astr. Station 1964		07.353	29.63	1964	+22.28	2		45.887	20.97	1964	-17.09		
					+22.08								
<u>Konkordia</u>													
A Trig. Zentrum	46 29	65.922						8 02 72.467					
B Astr. Station 1958		65.919	58.27	1958	- 7.65			72.547	58.68	1958	- 9.52		
<u>Lauberhorn</u>													
A Trig. Zentrum	46 35	37.158						7 56 56.156					
F Astr. Station 1964		37.245	58.91	1964	+21.67			56.313	31.16	1964	-17.24		

Punkt	Zielpunkt für Azimut	ϕ geod.	ϕ astr.	Jahr	ξ	P	λ geod. α geod.	λ astr. α astr.	Jahr	$\eta(\lambda)$ $\eta(\alpha)$	P	Bemerkungen
		O ' "	"		"		O ' "	"		"		
<u>Männlichen</u>												
A Zentrum		46 37 10.006					7 56 20.674					
C Astr. Station 1955		10.065	31.73	1955	+21.67		20.722					
	<i>Gürmschbühl A</i>						185 28 77.071	58.4	1955	-19.46	14	
	<i>Niederhorn A</i>						309 16 64.092	46.37	1955	-16.84	9	
	<i>Daube B</i>						330 28 67.998	51.3	1955	-15.59	5	
	<i>Laucherhorn</i>						357 22 43.697	28.24	1955	-14.30	14	
										-16.71		
<u>Morgenberghorn</u>												
A Trig. Zentrum		46 37 24.511					7 47 40.442					
B Astr. Station 1964		24.408	47.74	1964	+23.33		40.430	23.70	1964	-11.46		
<u>Niederhorn</u>												
A Trig. Zentrum		46 42 43.295					7 46 27.741					
C Astr. Station 1955		43.392	47.20	1955	+ 3.81	1	27.830					
	<i>Aeschiallmend A</i>						203 50 65.902	49.84	1955	-16.73	0	
D Astr. Station 1964		43.281	46.91	1964	+ 3.63	1	7 46 27.649	06.46	1964	-14.50	1	
					+ 3.72					-14.50		
<u>Niesen</u>												
A Trig. Zentrum		46 38 51.067					7 39 12.258					
C Astr. Station 1953		51.223	68.22	1953	+17.00		11.898					
	<i>Niederhorn A</i>						52 13 41.796	47.32	1953	+ 5.55	0	
D Astr. Station 1964		51.224					7 39 11.894	16.18	1964	+ 2.94	1	
	<i>Gurten SGK</i>						332 14 00.705	05.83	1964	+ 4.33	0	
										+ 2.94		

Punkt	Zielpunkt für Azimut	ϕ geod.	ϕ astr.	Jahr	ξ	p	λ geod.	λ astr.	Jahr	η (λ)	η (α)	p	Bemerkungen
		0 ° "	"		"		0 ° "	"		"	"		
<u>Nufenenstock VS</u>													
A Trig. Zentrum		46 28 06.014					8 23 21.332						
C Astr. Station 1963		06.136	08.0	1963	+ 1.86		21.587	21.34	1963	- 0.17			
<u>Oberried</u>													
A Trig. Zentrum		46 20 53.377	34.75	1901	-18.63		8 00 46.342						
	<i>Rosswald C</i>						142 44 27.193	29.72	1901	+ 3.47			
<u>Räuft</u>													
A Trig. Zentrum		46 28 07.962					8 16 55.239						
B Astr. Station 1963		07.671	16.65	1963	+ 8.98		55.352	41.78	1963	- 9.34			
<u>Richinen</u>													
A Trig. Zentrum		46 26 54.415					8 10 03.838						
D Astr. Station 1963		54.534	35.28	1963	-19.25		03.643	10.58	1963	+ 4.77			
<u>Riederhorn</u>													
A Trig. Zentrum		46 22 21.873					8 01 01.725						
D Astr. Station 1955		21.670	06.19	1955	-15.48		01.279						
	<i>Eggishorn A</i>						42 04 35.215	37.25	1955	+ 2.86			

Punkt	ϕ geod.	ϕ astr.	Jahr	ξ	P	λ geod.	λ astr.	Jahr	η (λ)	P	Bemerkungen
	O ' "	"		"		O ' "	"		η (α)		
<i>Zielpunkt für Azimut</i>											
<u>Rosswald</u>											
A Trig. Zentrum	46 18 34.042	"		"		8 03 19.144	"		"		
C Astr. Station 1901	34.368	33.17	1901	- 1.20		18.899					
						229 50 30.472	10.29	1901	-18.31		
<u>Spitzhorn</u>											
<u>Grosse Scheidegg</u>											
A Trig. Zentrum	46 39 21.983					8 06 17.850					
C Astr. Station 1961	21.995	44.2	1961	+22.20		17.787					
						239 53 49.288	37.9	1961	-10.01	2	
						285 26 45.219	30.9	1961	-12.14	1	
									-10.72		
<u>Schnige Platte</u>											
A Trig. Zentrum	46 39 15.637	27.41	1964	+11.77		7 54 37.351	15.04	1964	-15.29		Beobachtungen zentriert
<u>Sphinx</u>											
A Trig. Zentrum	46 32 55.599					7 59 09.529					
B Astr. Station 1954			1954	+17.42		09.774					
						333 41 18.048	02.79	1954	-13.93		
<u>Spiez-Bühl</u>											
A Trig. Zentrum	46 41 11.336					7 40 34.390					
C Astr. Station 1953	09.513	22.13	1953	+12.62	1	38.617					
						68 38 13.819	14.05	1953	- 1.55	0	
						7 40 37.919	36.22	1964	- 1.16	1	
									- 1.16		

3. Die Auswertung

3.1 Grundlagen

3.1.1 Allgemeines

Die theoretischen Grundlagen, wie aus Höhenwinkelbeobachtungen ellipsoidische Höhen und Lotabweichungen einerseits, geoidische oder wenigstens genähert geoidische Höhen andererseits abzuleiten sind, sollen hier nicht dargestellt werden. Es liegen dazu im deutschen Sprachbereich gründliche Untersuchungen vor: [7, 8, 15, 9, 13, 18, 14, 20, 10] und andere. Im folgenden soll nur die Anwendung dieser theoretischen Erkenntnisse auf den vorliegenden praktischen Fall der Studien in den Schweizer Alpen näher erläutert werden.

- Die Aufgabe lautete in ihrer allgemeinsten Form: In einem Netz mit überschüssigen Höhenwinkelbeobachtungen
- die ellipsoidischen Höhen und die Lotabweichungskomponenten der Netzpunkte – soweit nicht gegeben – als Unbekannte nach der Methode der kleinsten Quadrate durch eine Ausgleichung zu bestimmen
 - im gleichen Netz, ebenfalls als Unbekannte in einer Ausgleichung der überschüssigen Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate, geoidische Höhen der Netzpunkte – soweit nicht nivelliert – in möglichst guter Näherung abzuleiten und schliesslich
 - die Geoiderhebungen über dem Referenzellipsoid als Differenzen zwischen ellipsoidischen und geoidischen Höhen zu berechnen

3.1.2 Die Höhendifferenzformel

Allen Ausgleichungen liegt die folgende Formel für die Berechnung einer Höhendifferenz zugrunde:

$$\begin{aligned} \Delta H_{S \rightarrow Z} &= b_0 \left(1 + \frac{H_Z}{r_m} \right) \operatorname{tg} \beta_S \\ &+ \frac{b_0^2}{2r_\alpha} && \text{« Erdkrümmung »} \\ &- \frac{k}{2r_m} \left[b_0^2 \left(1 + \frac{H_Z}{r_m} \right)^2 + (\Delta H)^2 \right] && \text{« Refraktion »} \\ &+ I - S && \text{« Instrumentenhöhe » - « Signalhöhe »} \end{aligned} \quad (1)$$

S, Z Index für Stationspunkt bzw. Zielpunkt

ΔH ellipsoidische Höhendifferenz zwischen Stations- und Zielpunkt im Sinne $H_Z - H_S$

b_0 Ellipsoidbogen zwischen den S und Z zugeordneten Ellipsoidpunkten

H ellipsoidische Höhe

r_m, r_α Krümmungsradius des verwendeten Referenzellipsoides; Mittelwert bzw. Wert im Azimut α

β beobachteter Höhenwinkel

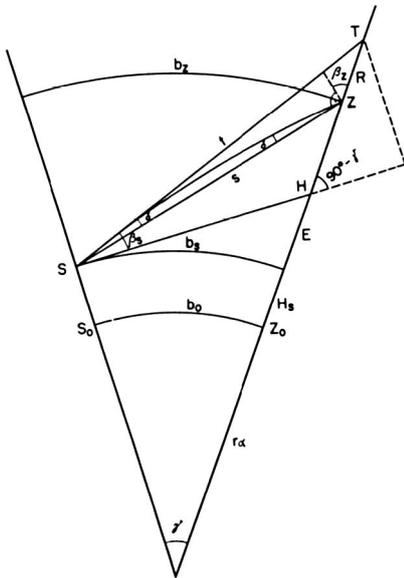
k Refraktionskoeffizient bei Annahme eines kreisförmigen Lichtweges,

$$k = \frac{r_m}{\text{Radius des Lichtweges}}$$

I Höhe der Fernrohrkippachse über demjenigen Punkt, auf den sich die Höhe H_S bezieht

S Höhe des angezielten Punktes über demjenigen Punkt, auf den sich H_Z bezieht

Diese Form der Höhendifferenzformel wurde aus rein praktischen Gründen gewählt (hauptsächlich im Hinblick auf die Programmierung für Rechenautomaten). Sie entspricht im wesentlichen der Wildschen Formel, ist aber mit keiner der am häufigsten verwendeten (aufgeführt etwa in [13], S.12ff.) völlig identisch und soll daher aus der folgenden Figur kurz hergeleitet und in einzelnen Punkten diskutiert werden.



$$\overline{HT} = \frac{t \sin \beta_s}{\cos \gamma} = (r_\alpha + Z_0 T) \operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tg} \beta_s = b_0 \left(1 + \frac{H_s}{r_m} \right) \operatorname{tg} \beta_s \quad (2)$$

$$t = (r_\alpha + Z_0 T) \frac{\sin \gamma}{\cos \beta_s} \quad \operatorname{tg} \gamma = \gamma = \frac{b_0}{r_\alpha}$$

$$E = \frac{r_\alpha + H_s}{\cos \gamma} - (r_\alpha + H_s) = \frac{b_0^2}{2r_\alpha^2} \left(1 + \frac{H_s}{r_\alpha} \right) r_\alpha = \frac{b_0 b_s}{2r_\alpha} = \frac{b_0^2}{2r_\alpha} \quad (3)$$

$$\frac{1}{\cos \gamma} = 1 + \frac{b_0^2}{2r_\alpha^2}$$

$$R = \frac{s \cdot \delta}{\cos \beta_z} = \frac{s \cdot \delta}{\cos \frac{1}{2}(\beta_z + \beta_s)} = \frac{k}{2r_m} \cdot s^2 \approx \frac{k}{2r_m} \left[b_0^2 \left(1 + \frac{H_s}{r_m} \right)^2 + \Delta H^2 \right] \quad (4)$$

$$\delta = \frac{s}{2} \frac{k_\beta}{r_m} \quad s^2 = \left(\frac{b_z + b_s}{2} \right)^2 + \Delta H^2 = b_z^2 + \Delta H^2$$

$$\text{Annahme: } k_{(\beta)} = k \cos \beta$$

$$\overline{HT} + E - R$$

$$\Delta H$$

Die bei den Übergängen von strengen zu genäherten Ausdrücken begangenen Vernachlässigungen sind jeweils unterhalb der Zeile angegeben. Die grösste Verfälschung dürfte bei der Ersetzung von

$$\frac{b_0 b_s}{2r} \text{ durch } \frac{b_0^2}{2r} \text{ entstehen:}$$

sie beträgt für $b_0 = 14$ km und für $H_s = 4000$ m 1 cm. Die Formel wurde jedoch nicht auf möglichst hohe Rechengenauigkeit in den beiden «geometrischen» Gliedern \overline{HT} und E angelegt, weil die willkürliche Annahme eines kreisbogenförmigen Lichtweges und die allgemeine Unsicherheit über den für den Refraktionskoeffizienten k einzuführenden Wert das «physikalische» Glied R so zweifelhaft erscheinen lassen, dass eine übertriebene Rechengenauigkeit der «geometrischen» Glieder daneben nicht sinnvoll erscheint.

Die Länge des Ellipsoidbogens b_0 kann für das Projektionssystem der Schweizerischen Landesvermessung mit genügender Genauigkeit aus der ebenen, mit den Projektionskoordinaten des Stations- und Zielpunktes berechneten Distanz d_0 erhalten werden nach der Formel

$$b_0 \cong d_0 \left(1 - \frac{X_m^2}{2r_m^2} \right) \quad X_m = \frac{X_s + X_z}{2} \quad (5)$$

Für H und ΔH dürfen in den Klammern der Formeln (1) bis (4) natürlich Näherungswerte eingesetzt werden.

Der mittlere Krümmungsradius r_m des Referenzellipsoides der Schweizerischen Landesvermessung (Bessel-Ellipsoid) wurde als in der ganzen Schweiz konstant angenommen und dafür der Wert für die mittlere Breite der Schweiz ($\varphi_m = 46^\circ 45'$) genommen.

$$r_m = (\sqrt{MN})_{\varphi = 46^\circ 45'} = 6378,5 \text{ km} \quad (6)$$

Für den Krümmungsradius r_α des Referenzellipsoides im Azimut α wurde folgender Ausdruck gewählt:

$$r_\alpha = \frac{N_\varphi}{1 + e'^2 \cos^2 \varphi \cos^2 \alpha} \cong N_\varphi (1 - e'^2 \cos^2 \varphi \cos^2 \alpha) \quad (7)$$

wobei für die ganze Schweiz N_φ und $e'^2 \cos^2 \varphi$ als konstant eingesetzt wurden (mit $\varphi_m = 46^\circ 45'$), so dass

$$r_\alpha \cong 6388,7 (1 - 0,00316 \cos^2 \alpha)_{\text{km}} \quad (7')$$

mit einem Fehler $< 0,3$ km innerhalb der Schweiz.

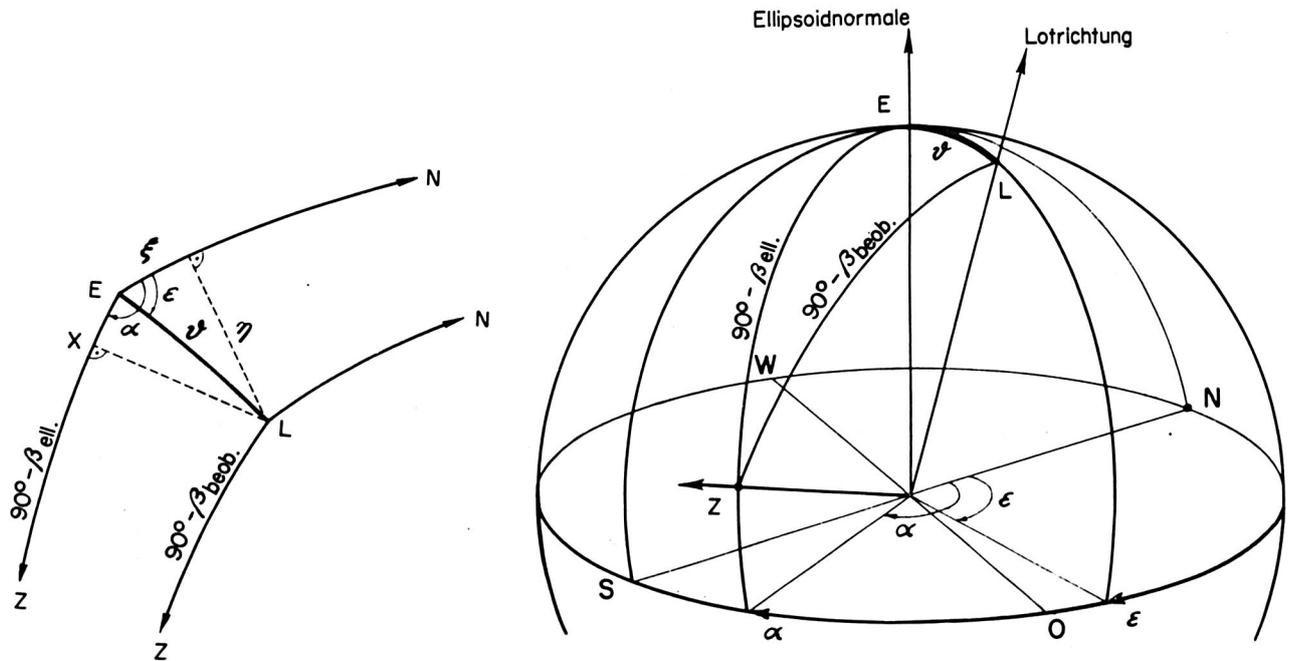
Der Refraktionskoeffizient wurde als veränderlich mit dem Höhenwinkel β betrachtet und als Annahme gesetzt:

$$k(\beta) = \frac{r_m}{(r_{\text{Lichtweg}})_{\beta=0}} \cos \beta = k \cos \beta$$

3.1.3 Die Fehlergleichungen für Lotabweichungen und ellipsoidische Höhen

Um aus der Formel für die Berechnung einer Höhendifferenz «Beobachtungsgleichungen» für eine Ausgleichung zur Bestimmung unbekannter Lotabweichungen und ellipsoidischer Höhen zu erhalten, müssen die beobachteten Größen, die Höhenwinkel β , mit Verbesserungen v versehen und mit Hilfe der beiden Komponenten ξ, η der Lotabweichung von ihrer natürlichen Bezugsebene, der Horizontalebene des Stationspunktes S , auf die Tangentialebene des Referenzellipsoides (im Ellipsoidpunkt, der dem Stationspunkt zugeordnet ist) umgerechnet werden. Diese Korrektur beträgt

$$-\cos \alpha \cdot \xi - \sin \alpha \cdot \eta \quad (8)$$



$$\overline{EX} = \theta \cos(\alpha - \epsilon) = \theta \cos \epsilon \cdot \cos \alpha + \theta \sin \epsilon \cdot \sin \alpha = \xi \cdot \cos \alpha + \eta \cdot \sin \alpha$$

Die Vorzeichen gelten für den Fall, dass

- α das von Nord über Ost laufende Azimut bezeichnet
- ξ positiv ist, wenn der Zenit L der Lotrichtung nördlich des Zenits E der Ellipsoidnormalen liegt
- η positiv ist, wenn L östlich von E liegt

Da die aus astronomischen Beobachtungen abgeleiteten Lotabweichungskomponenten ξ, η sich auf die *geographische* Nordrichtung beziehen, scheint es zweckmässig, diese Richtung als Ausgangsrichtung für die Azimute α zu wählen. α wird in diesem Fall erhalten durch Addition der Meridiankonvergenz μ zum ebenen, aus Projektionskoordinaten erhaltenen Azimut α' . Für das Projektionssystem der Schweizerischen Landesvermessung gilt

$$\mu^{ec} \cong (106,68 + 0,0185 X_{km}) Y_{km} \quad (9)$$

eine Näherung, die hier eher zu genau ist.

Die «Beobachtungsgleichungen» der Ausgleichung lauten nun:

$$b_z \cdot \text{tg}(\beta_s + v - \cos \alpha \cdot \xi - \sin \alpha \cdot \eta) + E - R + I - S = (H_z + dH_z) - (H_s + dH_s) \quad (10)$$

$$b_z = b_0 \left(1 + \frac{H_z}{r_m}\right) \quad E = \frac{b_0^2}{2r_\alpha} \quad R = \frac{k}{2r_m} (b_z^2 + \Delta H^2)$$

$dH = 0$ wenn das betr. H ein gegebener Festwert ist; als Unbekannte durch die Ausgleichung zu bestimmen, wenn das betr. H ein Näherungswert ist

Die Linearisierung dieser Gleichung durch Taylorentwicklung des tg um den Ausgangswert β_s führt zu den folgenden «Fehlergleichungen»:

$$v^{cc} = \cos \alpha \cdot \underline{\xi}^{cc} + \sin \alpha \cdot \underline{\eta}^{cc} + \varrho^{cc} \cdot \frac{\cos^2 \beta}{b_z} (dH_z - dH_s) + \varrho^{cc} \cdot \frac{\cos^2 \beta}{b_z} [(H_z - H_s) - (b_z \cdot \operatorname{tg} \beta_s + E - R + I - S)] \quad (11)$$

Um auch den Refraktionskoeffizienten k als Unbekannte in der Ausgleichung bestimmen zu können, wurde gesetzt:

$$R = \frac{k_0 + dk}{2r_m} (b_z^2 + \Delta H^2) \cong \frac{k_0}{2r_m} (b_z^2 + \Delta H^2) + \frac{dk}{2r_m} \cdot \frac{b_z^2}{\cos^2 \beta} \quad (12)$$

Damit lauten die definitiven Verbesserungsgleichungen:

$$v^{cc} = \cos \alpha \cdot \underline{\xi}^{cc} + \sin \alpha \cdot \underline{\eta}^{cc} + \varrho^{cc} \frac{\cos^2 \beta}{b_z} (dH_z - dH_s) + \frac{\varrho^{cc}}{2r_m} b_z \cdot \underline{dk} + \varrho^{cc} \frac{\cos^2 \beta}{b_z} \left\{ (H_z - H_s) - \left[b_z \operatorname{tg} \beta_s + \frac{b_0^2}{2r_a} - \frac{k_0}{2r_m} (b_z^2 + \Delta H^2) + I - S \right] \right\} \quad (13)$$

wobei die unterstrichenen Grössen Unbekannte sein können.

3.1.4 Das Algol-Programm

Zur numerischen Bildung dieser Fehlergleichungen auf elektronischen Rechenanlagen wurde ein Algol-Programm erstellt. Dieses leistet als Vorarbeit auch die Berechnung der Koordinaten aller exzentrischen Stations- und Zielpunkte, welche für die Berechnung der Distanzen b benötigt werden. Es werden nämlich prinzipiell die Fehlergleichungen für die tatsächlich beobachteten Höhenwinkel aufgestellt, d. h., es werden keine «Zentrierungen» an Höhenwinkeln angebracht, deren Stations- oder Zielpunkte exzentrisch zur betreffenden Höhenmarke liegen. Ebenso erfolgen keine Reduktionen an den Höhenwinkeln wegen Instrumentenhöhe und Zielhöhe, sondern diese Grössen treten im Absolutglied der Fehlergleichungen explizit auf. Dies hat zwar zur Folge, dass für ein und dieselbe Visur manchmal verschiedene Fehlergleichungen aufzustellen sind, wenn Stations- oder Zielpunkt bei verschiedenen Beobachtungen derselben Visur nicht identisch sind oder wenn mit verschiedenen Instrumenten- oder Zielhöhen beobachtet worden ist. Doch erlaubt dieses Vorgehen, die einzelnen Grössen in den Fehlergleichungen besser zu überblicken und auf allfällige grobe Fehler zu überprüfen. Auch bleibt so die Möglichkeit erhalten, lage- oder höhenmässig nicht an gleicher Stelle beobachtete Höhenwinkel mit *verschiedenen*, den tatsächlichen topographischen und meteorologischen Verhältnissen entsprechenden Refraktionskoeffizienten zu versehen.

Die ebenfalls durch das Programm mögliche Bildung der Fehlergleichungen für die Ausgleichung von «beobachteten» oder von «geoidischen» Höhendifferenzen ist in 3.1.5 und 3.1.6 beschrieben.

Die Weiterbehandlung der Fehlergleichungen bis zur Lieferung der Resultate der Ausgleichung (samt invertierter Normalgleichungsmatrix) erfolgte durch ein ebenfalls in Algol geschriebenes, vom Rechenzentrum der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich zur Verfügung gestelltes Bibliotheksprogramm (Verfasser Dr. H.-R. Schwarz, Institut für angewandte Mathematik der ETH).

3.1.5 Die Fehlergleichungen für geoidische Höhen

Werden aus Höhendifferenzen, die nach der hier verwendeten oder einer andern Formel berechnet sind, von einem Stationspunkt mit gegebener Höhe ausgehend, Höhen weiterer Punkte abgeleitet, so beziehen sich alle diese Höhen auf ein Ellipsoid mit den Dimensionen des der betreffenden Formel zugrunde liegenden Rechnungsellipsoides, das so gelagert ist, dass seine Tangentialebene im Punkt, der dem Stationspunkt zugeordnet ist, zu dessen Horizontalebene parallel ist und dass der Abstand dieser beiden Ebenen gleich der gegebenen Höhe des Stationspunktes ist. Sobald nun aber «überschüssige» Höhendifferenzen auftreten, etwa Visuren «Hin» und «Rück» oder Visuren, die geschlossene Figuren bilden, oder Visuren zwischen Punkten mit gegebener Höhe, so müssen offenbar, auch bei völlig von Beobachtungsfehlern freien Höhendifferenzen, Zwänge oder Widersprüche entstehen, sofern sich nicht eine Lagerung des Rechnungsellipsoides finden lässt, bei der für sämtliche Stationspunkte die zugeordneten Ellipsoidtangentialebenen und Stationshorizontalebenen parallel sind, oder, anders ausgedrückt, das Rechnungsellipsoid Orthogonalfläche zu den Lotrichtungen aller Stationspunkte ist.

Ist diese notwendige, aber dann auch hinreichende Bedingung nicht erfüllt, so werden in einer Ausgleichung von in überschüssiger Anzahl vorhandenen Höhendifferenzen diese «Modellzwänge» zusammen mit den aus nicht

fehlerfreien Beobachtungen entstandenen Widersprüchen getilgt einerseits durch Zuweisung von Verbesserungen an die Höhendifferenzen (als «Beobachtungen»), andererseits durch möglichst günstige Wahl der «Höhen» (als Unbekannten), oder, anders formuliert, durch möglichst günstige Lagerung des Rechnungsellipsoides, um die Quadratsumme jener Verbesserungen zu einem Minimum zu machen.

Dass dieses so gelagerte Rechnungsellipsoid normalerweise weder mit dem Referenzellipsoid der Triangulation zusammenfällt (obwohl die *Dimensionen* dieser beiden Ellipsoide meist die gleichen sein werden infolge entsprechender Wahl der Grösse r_z im Erdkrümmungsglied der Formel (1) für die Berechnung von Höhendifferenzen) noch identisch ist mit der «Geoid» genannten Äquipotentialfläche im Meeresniveau (hier betreffen die Abweichungen eher die *Formen*, während die *Lagerung* als Orthogonalfläche im allgemeinen genähert «richtig» sein dürfte) ist einleuchtend. Im übrigen sei zu diesem Thema auf die Literatur verwiesen, z. B. etwa [20] (mit weiteren Literaturhinweisen).

Die Ausgleichung solcher «beobachteter», d. h. aus unkorrigierten beobachteten Höhenwinkeln berechneter Höhendifferenzen mit «Höhen» als Unbekannten kann ebenfalls durch das erwähnte Algol-Programm auf elektronischen Rechenanlagen durchgeführt werden, wobei die folgenden «Fehlgleichungen» zugrunde liegen:

$$v_{\Delta H} = (H_z + dH_z) - (H_s + dH_s) - \Delta H_{S \rightarrow Z} \quad (14)$$

Die Korrekturen dH an den «Höhen» H bedeuten entweder durch die Ausgleichung zu bestimmende Unbekannte, sofern H ein Näherungswert ist, oder sind Null für feste, vorgegebene H . Für die Höhendifferenzen ΔH ist der Ausdruck (1) zu setzen. Das Programm bildet diese Fehlgleichungen nur für gegenseitig beobachtete Höhendifferenzen, d. h., ΔH ist hier stets das Mittel aus $\Delta H_{\text{«Hin»}}$ und $-\Delta H_{\text{«Rück»}}$; auch werden hier Mehrfachbeobachtungen der gleichen Höhendifferenz zusammengezogen.

3.1.6 Die Berücksichtigung der Lotkrümmung

Die so erhaltenen Höhen können nicht nur aus dem schon erwähnten Grund, dass das Geoid in seiner Form sich nur näherungsweise durch das Rechenellipsoid ersetzen lässt und dass, damit im Zusammenhang, auch nur eine *mittlere* Orientierung orthogonal zu den Oberflächenlotrichtungen möglich ist, nicht streng geoidisch sein, sondern auch noch infolge der Tatsache, dass das Geoid ja Orthogonalfläche ist zu den Richtungen der Schwerkraft *auf Höhe der Meere* und nicht zu den Oberflächenlotrichtungen, die wegen der Nichtparallelität der Niveauflächen des Schwerepotentials keineswegs parallel sind zu jenen. Die Berücksichtigung dieser Nichtparallelität der Niveauflächen verschiedener Höhe oder, anders ausgedrückt, der «Lotkrümmungen» bei der Bestimmung des Geoides, ist schon seit rund einem Jahrhundert gefordert und seit *Helmert* bei den «astronomischen Nivellementen» (z. B. [11, 12, 31]) mit ausgezeichnetem Erfolg auch angewendet worden.

Die Verwendung der Lotkrümmungen, unter welchem Ausdruck im folgenden genauer der Unterschied der Lotrichtung im Oberflächenpunkt und der Geoidnormalen im zugeordneten Geoidpunkt verstanden sein soll, bei der Auswertung von Höhenwinkelbeobachtungen hat offenbar in folgender Weise zu geschehen. Sofern die Lotkrümmung in Form von zwei Komponenten $\Delta\xi, \Delta\eta$ in nord-südlicher und ost-westlicher Richtung gegeben ist, kann in Analogie zu Formel (8) die Umrechnung eines Höhenwinkels von seiner ursprünglichen Bezugsrichtung, der Lotrichtung im Stationspunkt, auf die neue Bezugsrichtung, die Geoidnormale im zugeordneten Geoidpunkt, durch Anbringen der Korrektur

$$-\cos \alpha \cdot \Delta\xi - \sin \alpha \cdot \Delta\eta \quad (15)$$

erfolgen, wenn mit $+\Delta\xi$ die nördliche, mit $+\Delta\eta$ die östliche Lage des Zenites der Oberflächenlotrichtung gegenüber dem Zenit der Geoidnormalen definiert ist.

Werden dann mit den so umgerechneten Höhenwinkeln nach Formel (1) Höhendifferenzen gebildet und diese mit den Fehlgleichungen (14) einer vermittelnden Ausgleichung unterworfen, so ist die Nichtparallelität der Niveauflächen berücksichtigt, und es darf erwartet werden, dass die aus einer solchen Ausgleichung erhaltenen Höhen in einem höheren Grade genähert «geoidisch» sind als die aus den beobachteten Höhenwinkeln gefundenen.

Auch diese Art der Auswertung von Höhenwinkeln lässt sich mit dem erwähnten Algol-Programm durchführen, wobei natürlich sämtliche Lotkrümmungskomponenten $\Delta\xi, \Delta\eta$ durch *Eingabe* der Rechenanlage zuzuführen sind und sich nicht wie Lotabweichungskomponenten ξ, η teilweise als Unbekannte berechnen lassen, weil sich sonst die durch die nicht korrekt mögliche mathematische Behandlung des Problems entstandenen «Modellzwänge» auf diese Unbekannten auswirken würden. – Das Vorgehen im Programm besteht im Umrechnen der beobachteten Höhenwinkel mit $-(\cos \alpha \cdot \Delta\xi + \sin \alpha \cdot \Delta\eta)$, Bilden der Höhendifferenzen ΔH mit den korrigierten Höhenwinkeln,

Mittelung entsprechender $\Delta H_{\text{«Hin»}}$ und $\Delta H_{\text{«Rück»}}$ (einseitige Visuren werden weggelassen) und Ausgleichung dieser gemittelten ΔH mit den Fehlergleichungen (14).

Die Bestimmung der Lotkrümmungskomponenten $\Delta\xi, \Delta\eta$ für jeden Stationspunkt erfolgte durch zweimalige Berechnung der Lotabweichungskomponenten ξ, η «aus sichtbaren Massen», einmal für den Oberflächenpunkt und einmal für den zugehörigen Geoidpunkt.

Für diese früher sehr mühsamen und zeitraubenden Berechnungen besteht ebenfalls ein Algol-Programm des Institutes für Geodäsie und Photogrammetrie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule zur Durchführung auf elektronischen Rechenanlagen, verfasst von A. Elmiger und Dr. P. Müller.

Die Differenzen $\xi_{\text{Oberflächenp.}} - \xi_{\text{Geoidp.}}$ bzw. $\eta_{\text{Oberflächenp.}} - \eta_{\text{Geoidp.}}$ ergeben dann die gesuchten Lotkrümmungskomponenten $\Delta\xi, \Delta\eta$, wobei eine höhere Genauigkeit für $\Delta\xi, \Delta\eta$ erwartet werden darf als bei den Lotabweichungskomponenten selbst, weil die bei diesen auftretenden Fehler (infolge fehlerhafter Erfassung der Topographie, nicht der Wirklichkeit entsprechender Dichteannahmen, Rechenunschärfen usw.) für Oberflächen- und Geoidpunkt nicht stark verschieden sind und bei der Differenzbildung weitgehend eliminiert werden.

Die auf diese Weise erhaltenen Lotkrümmungskomponenten $\Delta\xi, \Delta\eta$ sind zusammengestellt in der Tabelle 9. Eine graphische Darstellung der Lotabweichungen der Geoidnormalen gemeinsam mit den Lotabweichungen der Oberflächenlotrichtungen ist als Kartenbeilage 14 gegeben.

3.2 Durchführung der Ausgleichungen

3.2.1 Allgemeines

Die im vorangehenden Abschnitt beschriebenen Ausgleichungen wurden auf der elektronischen Rechenanlage CDC 1604-A des Rechenzentrums der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich durchgeführt. Mit dem erwähnten Programm war die Kapazität beschränkt auf etwa 200 Fehlergleichungen mit 70 Unbekannten.

Das auszugleichende Höhennetz (Beilage 1) ist durch die folgenden Daten charakterisiert:

Tabelle 1

Netzteil	Visuren (Fehlergleichungen)			Gegenseitige Verbindungen	Anzahl Punkte	Unbekannte Lotabweichungskomponenten
	total	ohne einseitige	Mehrfach-Beob'gen			
C Grindelwald	82	72	10	31	$\left. \begin{array}{l} 13 \\ 32 \\ 29 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 3 \text{ gemeinsam} \\ 2 \text{ gemeinsam} \end{array}$	$\left. \begin{array}{l} 12 \\ 30 \\ 38 \end{array} \right\} 2 \text{ gemeinsam}$
A Spiez-Axpunkt N	180	168	8	80		
B Eggishorn-Airolo	187	185	5	90		
ganzes Netz	449	425	23	201 - 1 = 200	74 - 5 = 69	80 - 2 = 78

Die Visur Därliggrat \rightarrow Morgenberghorn musste gestrichen werden. Es handelt sich um eine auf ihrer ganzen Länge bodennahe Sicht entlang einer scharfen Gratkante, die offenbar stark durch abnormale Refraktion beeinflusst war. Die Gegenvisur Morgenberghorn \rightarrow Därliggrat ergab keinen auffälligen Widerspruch und wurde in den Ausgleichungen mitgenommen. Bei der Bildung der Höhenwinkelmittel aus den einzelnen Beobachtungen sind jedoch *keine* Streichungen vorgenommen worden.

3.2.2 Die Ausgleichungen für ellipsoidische Höhen und Lotabweichungen

Es liess sich nicht das ganze Höhenwinkelnetz in einem Guss nach den Gleichungen (13) für Lotabweichungen und ellipsoidische Höhen ausgleichen, da nach der Tabelle 1 zu viele Fehlergleichungen (449) und zu viele Unbekannte (68 Höhen* + 78 Lotabweichungskomponenten) aufgetreten wären.

* 69 - 1 feste Höhe

Es wurden daher für die Ausgleichungen für Lotabweichungen und ellipsoidische Höhen die folgenden Teilnetze gebildet: Spiez–Axpunkt *N*, Eggishorn–Airolo, Grindelwald. Die dabei beteiligten Punkte und Visuren sind aus Tabelle 1 ersichtlich. Es treten die folgenden Verbindungsunbekannten auf:

- zwischen Spiez–Axpunkt *N* und Grindelwald: die Höhen von Daube, Männlichen, Lauberhorn
- zwischen Spiez–Axpunkt *N* und Eggishorn–Airolo: die Höhen von Eggishorn und Strahlgrat, die beiden Lotabweichungskomponenten von Strahlgrat

Der Einfluss des Netzteiles Grindelwald auf die Höhen der drei Nahtpunkte wurde vernachlässigt, d.h. die Ausgleichung des Netzteiles Spiez–Axpunkt *N* wurde ohne jede Berücksichtigung der Visuren des Grindelwaldner Netzes durchgeführt, und umgekehrt wurden bei dessen Ausgleichung die Höhen der 3 Nahtpunkte als unveränderliche Ausgangswerte angenommen. Dieses Vorgehen schien gerechtfertigt wegen der sehr schwachen Verknüpfung der beiden Netzteile durch zum Teil sehr wenige Beobachtungen (Daube–Schynige Platte), oder nur einseitige (Männlichen) oder relativ lange Visuren (Lauberhorn) bei Beobachtungszahlen (und damit Gewichten, s. unten), die klein sind gegenüber jenen des Hauptnetzes.

Zwischen den Netzteilen Spiez–Axpunkt *N* und Eggishorn–Airolo wurde die gegenseitige Beeinflussung auf folgende Weise berücksichtigt. Die Höhe des Punktes Eggishorn wurde (mit gleichem Wert) in beiden Netzteilen als feste Ausgangshöhe eingeführt. Die Höhe und die beiden Lotabweichungskomponenten des zweiten Nahtpunktes Strahlgrat wurden aus einer vorgängigen Ausgleichung eines Teilnetzes Sphinx / Jungfrau–Glishorn / Rosswald–P. Gallina / Nufenenstock bestimmt und dann als feste Werte in die Ausgleichungen der Teilnetze Spiez–Axpunkt *N* und Eggishorn–Airolo übernommen. Die bei diesem Vorgehen überflüssig gewordenen, d.h. keinen Beitrag zu den Normalgleichungen liefernden Visuren Eggishorn ↔ Strahlgrat wurden trotzdem in den Ausgleichungen mitgenommen, um bei der Bildung von

$$\frac{[p_{vv}]}{n-u}$$

ihren Beitrag liefern zu können. Das gleiche gilt im Netzteil Grindelwald für die hier «unnötige» Visur Lauberhorn → Männlichen.

Die für die Fehlergleichungen für Lotabweichungen und ellipsoidische Höhen ins Algol-Programm als Eingabe einzuführenden Gewichte der Beobachtungen, d.h. der Höhenwinkel, wurden zu

$$p = \sqrt{\frac{n}{10}} \quad (n = \text{Anzahl der Einzelmessungen des Höhenwinkels})$$

gewählt. Dieser Ansatz hatte sich aus einer Untersuchung der Verbesserungen provisorischer Ausgleichungen mit den Gewichten

1 und $\frac{n}{10}$ ergeben [17].

Der Refraktionskoeffizient wurde stets als Unbekannte behandelt. Über die Bedingungen für seine Bestimmbarkeit vergleiche man die Abhandlungen [1] oder [10].

Alle auf astronomischen Beobachtungen beruhenden Lotabweichungskomponenten wurden als unveränderliche Festwerte eingeführt. Ausser den Punkten Männlichen, Faulhorn, Grosse Scheidegg, Sphinx, Riederhorn, Oberried, Rosswald sind die η -Komponenten aus Längenbestimmungen abgeleitet worden, während für die genannten Punkte Azimutbeobachtungen verwendet werden mussten. Die Bestimmung der astronomischen Lotabweichungen sind in Abschnitt 2 dieses Bandes dargestellt.

Damit die Normalgleichungssysteme lösbar sind, muss mindestens *eine* Höhe als Festwert definiert sein. Für die Netzteile Spiez–Axpunkt *N* und Eggishorn–Airolo wurde, wie weiter oben erwähnt, die Höhe von Eggishorn als feste Ausgangshöhe gewählt und zugleich auch diejenige von Strahlgrat (mit der aus der vorgängigen Ausgleichung gegenüber Eggishorn erhaltenen Höhendifferenz) fixiert, um keine diesen beiden Netzteilen gemeinsame Verbindungsunbekannte zu erhalten. Als Wert für die ellipsoidische Höhe von Eggishorn wurde – nach den Ausgleichungen – 2929,00 m gewählt, weil sich damit für die drei Punkte Giubin, Airolo, P. dil Corno ellipsoidische Höhen ergeben, die im Mittel gegenüber den geoidischen Höhen (vgl. unten) Differenzen aufweisen, die gleich sind den aus dem astronomischen Nivellement im Meridian des St. Gotthard [31] hervorgehenden Geoidhöhen *N*, wenn für den Punkt Schwerzenbach *N* = 0 angenommen wird. Die zu $H_{\text{Eggishorn}} = 2929,00$ m gehörende ellipsoidische Höhe von Strahlgrat, abgeleitet aus der vorgängigen Ausgleichung im Netz Sphinx / Jungfrau–Rosswald / Glishorn–P. Gallina / Nufenenstock, ergibt sich zu $H_{\text{Strahlgrat}} = 3168,536$ m.

Für das Teilnetz Grindelwald wurden schliesslich die ellipsoidischen Höhen von Daube (2077,055 m), Männlichen (2343,835 m) und Lauberhorn (2473,551 m), wie sie sich aus der Ausgleichung des Netzes Spiez-Axpunkt *N* (mit $H_{Eggishorn} = 2929,000$ m und $H_{Strahlgrat} = 3186,536$ m) ergeben hatten, als feste Ausgangshöhen eingeführt.

3.2.3 Untersuchungen über möglichst günstige Zahl und Anordnung der astronomisch bestimmten Lotabweichungen

Zur Abklärung der Frage, in welcher Zahl und Anordnung in Höhennetzen dieser Art Punkte mit gegebenen, astronomisch bestimmten Lotabweichungen eingestreut sein müssen, um die Lotabweichungen der übrigen Punkte und die ellipsoidischen Höhen mit einer bestimmten Genauigkeit zu erhalten, wurden weitere Ausgleichungen vorgenommen, bei denen gewisse astronomisch bestimmte Lotabweichungen weggelassen, d. h. als Unbekannte bestimmt wurden.

So wurde der ganze Netzteil Eggishorn-Airolo einer zunehmenden «Verdünnung» der astronomisch bestimmten Lotabweichungen unterworfen, indem in einem ersten Schritt die astronomischen Lotabweichungen der vier Punkte Bellwald und Richinen im Westteil, Basodino und Piano del Gheisc im Ostteil weggelassen wurden, in einem nächsten Schritt auch noch diejenigen von Räuft und San Giacomo, und endlich bei Weglassung auch derjenigen von Nufenenstock nur noch die Lotabweichungen der Anfangs- und Endpunkte Eggishorn / Strahlgrat und Airolo / P. dil Corno / Giubin verwendet wurden.

Ein einigermaßen geschlossener Netzteil, in dem *sämtliche* Punkte astronomisch bestimmte Lotabweichungen aufgewiesen hätten, stand als Ausgangssystem für diese Untersuchungen leider nicht zur Verfügung. Immerhin konnte in den 6 Punkten Niesen, Spiez-Bühl, Aeschiallmen, Niederhorn, Därliggrat, Daube ein zusammenhängendes Teilnetz gefunden werden, in dem nur der Punkt Därliggrat keine astronomisch bestimmte Lotabweichung besitzt.

In diesem Netzteil wurden daher als weitere Untersuchung die Ausgleichungen durchgerechnet unter Weglassung der astronomisch bestimmten Lotabweichungen

- eines Punktes (5 Möglichkeiten)
- zweier Punkte (10 Kombinationen)
- dreier Punkte (10 Kombinationen)

und endlich bei Verwendung eines einzigen der 5 Punkte (5 Möglichkeiten). Im letzten Fall durfte natürlich der Refraktionskoeffizient in den Ausgleichungen nicht mehr als Unbekannte auftreten, da sonst die Normalgleichungssysteme unlösbar geworden wären (vgl. [1] und [10]).

3.2.4 Die Ausgleichungen für geoidische Höhen

Die Ausgleichungen mit Höhendifferenzen als Beobachtungen und Höhen als Unbekannten betrafen stets das ganze Netz, da nach Tabelle 1 bei 200 Fehlergleichungen 68 Punkthöhen (69 – 1 Festhöhe) im «freien» Netz und 65 Punkthöhen (69 – 4 Festhöhen) im «gezwängten» Netz (s. unten) als Unbekannte zu bestimmen waren, was die Kapazität der Rechenanlage nicht überschritt. Sie wurden einerseits durchgeführt für die «beobachteten» (nach Formel (1) aus den beobachteten Höhenwinkelmitteln berechneten) Höhendifferenzen, andererseits für die «geoidischen» Höhendifferenzen (aus Höhenwinkeln abgeleitet, welche von den Beobachtungswerten durch Subtraktion der Reduktion $\cos \alpha \cdot \Delta \xi + \sin \alpha \cdot \Delta \eta$ auf die Geoidnormale umgerechnet worden waren). Diese beiden Ausgleichungen wurden je als «gezwängtes» Netz mit festen Höhen für die 4 nivellierten Punkte Spiez-Bühl, Grindelwald, Axpunkt *N* und Airolo und als «freies» Netz mit fester Höhe allein für den Punkt Eggishorn durchgerechnet. Bei den «gezwängten» Ausgleichungen wurden die aus den Nivellementen sich ergebenden Höhen der 4 Höhenfestpunkte eingeführt, nämlich:

- | | | |
|---|-----------|-------------------|
| - Spiez-Bühl, Stationspunkt 1953
nivelliert aus eidgenössischem Nivellement, 1954, L \oplus T | 668,14 m | OK Pflock |
| - Grindelwald, Neupunkt ETH 1962
nivelliert aus kantonalem Nivellement Grindelwald, 1966, ETH | 1007,19 m | OK Bolzen |
| - Axpunkt <i>N</i>
nivelliert im eidgenössischen Nivellement, um 1920, L \oplus T | 680,70 m | Pfeileroberfläche |
| - Airolo, Neupunkt SGK 1961
aus benachbarten nivellierten Punkten trigonometrisch bestimmt,
L \oplus T um 1920 und SGK 1961 | 1169,51 m | OK Bolzen |

Bei den Ausgleichungen als «freies» Netz wurde als Ausgangshöhe für den einzigen Festpunkt Eggishorn der aus der «gezwängten» Ausgleichung der «geoidischen» Höhendifferenzen hervorgegangene Wert 2927,036 m gewählt.

Endlich wurde, allerdings nur mit den «geoidischen» Höhendifferenzen, eine gezwängte Ausgleichung mit *orthometrischen* Höhen für die 4 Festpunkte Spiez-Bühl, Grindelwald, Axpunkt N und Airolo durchgeführt. Für alle 4 Punkte *P* liess sich die geopotentielle Kote

$$K_P = K_A + \sum_A^P g \cdot \Delta Z$$

aus nivellierten Höhendifferenzen ΔZ und aus längs des Nivellementsweges beobachteten Schwerewerten g von einem Ausgangspunkt *A* aus berechnen, der auf einer Schleife des Réseau Européen Unifié de Nivellement (REUN) lag und dessen geopotentielle Kote K_A deshalb bekannt war [4]. Die orthometrischen Höhen wurden dann erhalten durch Division der geopotentiellen Kote mit dem Durchschnittswert \bar{g} der Schwere zwischen Geoid und Oberflächenpunkt in der Lotlinie. Zur Bestimmung von \bar{g} wurden die Schwerewerte auf Geoidhöhe und in halber Stationshöhe* nach folgender Formel berechnet:

$$g_Z = g_H + \Delta g''_H - 0,111 (H - Z) + 0,3086 (H - Z) - \Delta g''_Z$$

- Z* Höhe des Zwischenpunktes, für den g berechnet werden soll
- H* Höhe des Oberflächenpunktes
- $\Delta g''_H$ «topographische Korrektur» für den Oberflächenpunkt wegen Einflusses der «Topographie» über und unter dem Niveau *H*

Tabelle 2

Orthometrische Höhen

	<i>Z</i>	$-0.111(H-Z)$	$+0.3086(H-Z)$	$-\Delta g''_Z$	g_Z	$\bar{g} = \frac{1}{4}(g_0 + 2g_H/2 + g_H)$ orthom. Höhe = $\frac{K}{\bar{g}} \cdot 10^6$
<u>Spiez - Bühl</u>						
nivellierte Höhe <i>H</i> = 668.14m	668	0	0	- 14.2	980 524	980 534 mgal
geopotentielle Kote <i>K</i> = 655.07ugp	334	- 37.1	+103.1	- 41.3	563	
$g_H = 980\ 524$ mgal	0	- 74.1	+206.0	-148.4	522	668.07 m
$\Delta g''_H = + 14.2$ mgal						
<u>Grindelwald</u>						
nivellierte Höhe <i>H</i> = 1007.19 m	1007	0	0	- 38.5	980 404	980 426 mgal
geopotentielle Kote <i>K</i> = 987.48 ⁵ ugp	503	- 55.8	+155.2	-118.7	423	
$g_H = 980\ 404$ mgal	0	-111.8	+310.8	-186.6	455	1007.20 m
$\Delta g''_H = + 38.5$ mgal						
<u>Axpunkt N</u>						
nivellierte Höhe <i>H</i> = 680.70 m	680	0	0	- 28.4	980 424	980 436 mgal
geopotentielle Kote <i>K</i> = 667.43 ug p	510	- 18.9	+ 52.5	- 57.4	429	
$g_H = 980\ 424$ mgal	340	- 37.7	+104.9	- 84.3	435	
$\Delta g''_H = + 28.4$ mgal	170	- 56.6	+157.4	-109.7	443	
	0	- 75.5	+209.8	-134.0	453	680.75 m
<u>Airolo</u>						
Höhe aus Nivellement <i>H</i> = 1169.51 m	1170	0	0	- 24.7	980 376	980 408 mgal
geopotentielle Kote <i>K</i> = 1146.57 ug p	585	- 65.0	+180.6	-108.4	408	
$g_H = 980\ 376$ mgal	0	-130.0	+361.2	-190.9	441	1169.48 m
$\Delta g''_H = + 24.7$ mgal						

* für Axpunkt *N* versuchsweise auch für $\frac{H}{4}$ und $\frac{3H}{4}$

0,111 (H-Z)_{Meter} Anziehung der «Platte» zwischen dem Niveau H und Z, berechnet nach

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{\theta_{\text{Platte}}}{\theta_{\text{Erde}}} \cdot \frac{g}{r} (H-Z)$$

0,3086 (H-Z)_{Meter} «Freiluft»-Korrektion der Schwere beim Übergang vom Niveau H zum Niveau Z

$\Delta g''_Z$ «topographische Korrektion» für den Zwischenpunkt wegen Einflusses der «Topographie» über und unter dem Niveau Z

Die Zahlenwerte dieser Grössen sind für die 4 «Anschlusspunkte» des Netzes in Tabelle 2 zusammengestellt. Die «topographischen Korrekturen» $\Delta g''$ wurden mit dem gleichen Algol-Programm berechnet, das zur rechnerischen Bestimmung der Lotabweichungen «aus sichtbaren Massen» benützt wurde.

Es ist noch zu bemerken, dass bei den Ausgleichungen von Höhendifferenzen (Mittel aus «Hin» und «Rück») im Algol-Programm die Gewichte $p_{\Delta H}$ für die Fehlergleichungen (14) nicht mehr frei wählbar sind, sondern durch das Programm selbst abgeleitet werden aus den Gewichten p_{β} der Höhenwinkel nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz, angewendet auf die Formel (1) für ΔH :

$$p_{\Delta H} = \left(\rho^{\text{cc}} \frac{\cos^2 \beta}{b_Z} \right)^2 \cdot p_{\beta}$$

Auch die Mittelbildung bei mehrfach beobachteten Höhendifferenzen ΔH und die Bildung der Mittel aus $\Delta H_{\text{«Hin»}}$ und $\Delta H_{\text{«Rück»}}$ erfolgt im Programm stets unter Berücksichtigung dieser Gewichte $p_{\Delta H}$.

3.3 Resultate

3.3.1 Ausgleichungen von Höhenwinkeln für ellipsoidische Höhen und Lotabweichungen

Die Tabellen 3 bis 5 geben die Resultate der Ausgleichungen für die drei Teilnetze. Die gegebenen und als Festwerte eingeführten Lotabweichungen und Höhen sind unterstrichen. Die mittleren Fehler der ellipsoidischen Höhen sind natürlich keine Absolutwerte, sondern relative mittlere Fehler gegenüber den Ausgangshöhen. Eine sprechendere Genauigkeitsangabe stellen die ebenfalls angeführten Durchschnitte $\bar{m}_{\Delta H}$ der mittleren Fehler der ausgeglichenen Höhendifferenzen (nur derjenigen, für welche Beobachtungen vorliegen) dar. Ferner sind aufgeführt die als Unbekannte bestimmten Refraktionskoeffizienten k mit ihren mittleren Fehlern, und endlich soll die Angabe des mittleren Fehlers m_e der Gewichtseinheit (eines aus 10 Beobachtungen gemittelten Höhenwinkels) erlauben, aus den angegebenen mittleren Fehlern die entsprechenden reziproken Gewichtskoeffizienten zu rekonstruieren, was zu Vergleichszwecken eventuell erwünscht ist.

3.3.2 Untersuchungen über Zahl und Anordnung der astronomisch bestimmten Lotabweichungen

In Tabelle 6 sind für den Netzteil Eggishorn-Airolo die Resultate der verschiedenen Ausgleichungen mit immer zahlreicheren Weglassungen von astronomisch bestimmten Lotabweichungen zusammengestellt. Als Mass für die zunehmende Ungenauigkeit sind hier ausser den mittleren Fehlern der Unbekannten gegeben:

- für die Lotabweichungen die Summen der Quadrate der Differenzen d_{ξ} , d_{η} gegenüber den astronomisch bestimmten Werten, dividiert durch ihre Anzahl,
- für die Höhen die Quadratsumme der Differenzen d_H gegenüber den aus der Ausgleichung mit sämtlichen astronomischen Lotabweichungen erhaltenen Werten.

Die Differenzen gegenüber den auch in der Ausgleichung mit allen astronomischen Lotabweichungen als Unbekannte bestimmten Lotabweichungskomponenten wurden nicht berücksichtigt, weil sie ja stets aus den gleichen Beobachtungen (Höhenwinkeln) bestimmt wurden und deshalb ebenso wie die mittleren Fehler dieser Ausgleichungen keine Schlüsse auf die tatsächlichen Genauigkeiten gestatten. Dies gilt allerdings auch für die Differenzen der Höhen, aber hier standen eben keine praktisch fehlerfreien Vergleichswerte zur Verfügung, sondern nur die Resultate der «besten» Ausgleichung.

In der Tabelle 7 sind die Resultate der Ausgleichungen im Testnetz «Thunersee» zusammengestellt, welche ebenfalls unternommen wurden, um die Auswirkungen des Weglassens astronomisch bestimmter Lotabweichungen auf die Qualität der Resultate zu untersuchen. Es sind für alle 30 Ausgleichungen gegeben:

- die mittleren Fehler m_ξ , m_η der als Unbekannte bestimmten Lotabweichungskomponenten ξ , η
- die mittleren Fehler m_H der als Unbekannte bestimmten ellipsoidischen Höhen (der Punkt *Niederhorn* war in sämtlichen Ausgleichungen Höhenfestpunkt)
- die Durchschnitte dieser mittleren Fehler
- der Durchschnitt $\bar{m}_{\Delta H}$ der mittleren Fehler aller 22 ausgeglichenen Höhendifferenzen

Alle diese mittleren Fehler beziehen sich auf einen mittleren Gewichtseinheitsfehler $m_e = 1$, um sie vergleichbar zu machen.

Die Anordnung dieser Grössen ist ersichtlich aus dem Feld über der eigentlichen Tabelle, welches – zum Vergleich – die Werte der Ausgleichung *ohne* Weglassung astronomisch bestimmter Lotabweichungen enthält. Die Tabelle selbst ist so angeordnet, dass in der ersten Zeile die Werte bei Weglassen der astronomisch bestimmten Lotabweichungen *eines* Punktes enthalten sind, im Dreieck rechts und oberhalb der Diagonale die Werte bei Weglassen auf 2 Punkten, im Dreieck links und unterhalb der Diagonale bei Weglassen auf 3 Punkten, d.h., wenn nur noch auf 2 Punkten die astronomischen Lotabweichungen in die Ausgleichung eingeführt wurden, und endlich in der untersten Zeile bei Verwendung der astronomischen Lotabweichungen eines einzigen Punktes. Die Anordnung der Zahlen innerhalb der einzelnen Felder ist stets die gleiche wie im Musterfeld über der eigentlichen Tabelle.

3.3.3 Ausgleichungen von Höhendifferenzen für «geoidische» Höhen

Tabelle 8 gibt eine Zusammenstellung der Resultate der folgenden 5 Ausgleichungen:

- als «freies» Netz je für «beobachtete» und für «geoidische» Höhendifferenzen
- als in 4 Festpunkte mit *nivellierten* gegebenen Höhen «gezwängtes» Netz, ebenfalls je für «beobachtete» und «geoidische» Höhendifferenzen
- als in dieselben 4 Festpunkte, aber mit *orthometrischen* Höhen, gezwängtes Netz (nur für «geoidische» Höhendifferenzen)

Die bei der Berechnung der «geoidischen» Höhendifferenzen benützten Werte für die Lotkrümmungskomponenten $\Delta\xi$, $\Delta\eta$ können aus Tabelle 9 entnommen werden als Differenzen der Lotabweichungskomponenten für Oberflächenpunkt und Geoidpunkt im Sinne

$$\Delta\xi, \Delta\eta = \xi, \eta_{\text{Oberfläche}} - \xi, \eta_{\text{Geoid}}$$

Auch hier sind als Genauigkeitsangaben bei jeder Variante angegeben:

- die mittleren Fehler m_H der Punkthöhen (relativ zu den «Ausgangspunkten» mit gegebenen Höhen)
- die Durchschnitte $\bar{m}_{\Delta H}$ sowie grösster und kleinster Wert der mittleren Fehler der ausgeglichenen Höhendifferenzen, für welche Beobachtungen vorliegen
- der mittlere Fehler m_e der Gewichtseinheit (Höhendifferenz, berechnet aus einem Höhenwinkel vom Gewicht 1 – d.h. 10 Beobachtungen –, bei einer Distanz von 6,4 km)

3.3.4 Berechnung der Geoiderhebungen und Zusammenstellung der Resultate

In Tabelle 9 sind als Gesamtergebnis die folgenden Grössen nochmals zusammengestellt:

- die Gebrauchshöhen der Schweizerischen Landesvermessung (aus dem Koordinatenverzeichnis)
- die aus den beobachteten Höhenwinkeln der Jahre 1953–1964 durch Ausgleichung* der daraus berechneten «beobachteten» Höhendifferenzen gefundenen Höhen (aus Tabelle 8, Kolonne 4)
- die aus den mit Lotkrümmungen auf die Geoidnormale reduzierten Höhenwinkeln durch Ausgleichung* der aus ihnen abgeleiteten «geoidischen» Höhendifferenzen erhaltenen Höhen (aus Tabelle 8, Kolonne 5)
- die ellipsoidischen Höhen (aus Tabellen 3–5), berechnet als freies Netz, wobei die Höhe des Ausgangspunktes (Eggishorn) so gewählt ist, dass für die 3 Punkte Giubin, Airolo, P. dil Corno sich die gleichen Geoiderhebungen N ergeben wie im astronomischen Nivellement des Gotthardmeridians (wenn für den Schnittpunkt Schwerzenbach des Geoidprofils im Meridian des St. Gotthard mit dem Parallelkreisprofil von Zürich $N = 0$ gesetzt wird)
- die Geoiderhebungen N als Differenzen der beiden vorangehenden Kolonnen im Sinne $N = H_{\text{ell.}} - H_{\text{geoid.}}$. Diese Grössen N geben also die Höhe des Geoides über einem Bezugsellipsoid, das in Dimension (Bessel) und Orientierung

* Als Gesamtnetz mit vier nivellierten Ausgangshöhen

tierung ($\xi = \eta = 0$ für den Koordinatennullpunkt) identisch ist mit dem Referenzellipsoid der Schweizerischen Landesvermessung und dessen Höhenlage so fixiert wurde, dass für Schwerzenbach Geoid und Ellipsoid sich schneiden

- die Lotabweichungskomponenten ξ , η des Oberflächenpunktes (astronomisch bestimmte Werte unterstrichen, aus Tabellen 3–5) und des Geoidpunktes

3.4 Bemerkungen zu den Resultaten

3.4.1 Die Beobachtungsfehler der Höhenwinkel

In den Höhenwinkelverzeichnissen sind für jede Visur die beiden Fehlermasse

$$m_B = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \text{ und } m_M = \frac{m_B}{\sqrt{n}} \text{ angegeben,}$$

wobei mit v die Abweichungen der einzelnen Beobachtungen (Anzahl n) von ihrem Mittelwert M bezeichnet sind. Bei den Visuren mit kleinen Beobachtungszahlen n – hauptsächlich im Netzteil Grindelwald – sind natürlich sowohl die mittleren Beobachtungsfehler m_B als auch die mittleren Fehler der Mittel Zufallswerte von geringer Aussagekraft, was bei Untersuchungen oder Beurteilung dieser Grössen nicht vergessen werden darf.

Eine gesicherte statistische Abhängigkeit der Beobachtungsfehler m_B konnte weder bezüglich der Beobachter noch der Distanzen Stationspunkt → Zielpunkt nachgewiesen werden. Abhängigkeiten von Witterung, Gelände- profil der Visur, Beobachtungszeit und Beobachtungsdauer sind wahrscheinlich, da die Grössen v keinesfalls ausschliesslich in Instrument und Beobachter ihre Ursache haben, sondern stets in gewissem Masse durch nicht konstante Refraktion während der Beobachtung bedingt sind. Da das Zusammenwirken der genannten Faktoren äusserst komplex ist, sind unsere Untersuchungen zu diesem Problem noch nicht abgeschlossen.

3.4.2 Die Verbesserungen der Höhenwinkel aus den Ausgleichungen für Lotabweichungen und ellipsoidische Höhen

Die folgenden Bemerkungen beziehen sich nur auf die Verbesserungen der Ausgleichungen für Lotabweichungen und ellipsoidische Höhen, weil diejenigen der Ausgleichungen von Höhendifferenzen («beobachtete» wie «geoidische») erstens für bereits aus «Hin» und «Rück» gemittelte Grössen gelten und weiter einen Anteil enthalten, der nicht durch reine Beobachtungsfehler, sondern durch Modellzwänge, d.h. dem Problem nicht völlig entsprechende Form der Fehlergleichungen in der Ausgleichung, verursacht sind.

Diese Verbesserungen sind nicht in Form einer Tabelle zusammengestellt worden, sondern sind graphisch dargestellt in den Beilagen 5, 6 und 7, da ihre räumliche Verteilung neben der blossen Angabe ihres Betrages nicht unwesentlich schien.

Es lässt sich keine Abhängigkeit feststellen

- zwischen den Verbesserungen und den Visurlängen und
- zwischen den Verbesserungen und den mittleren Fehlern m_M der betr. Höhenwinkel.

Die Gewichte durften deshalb *nicht* einfach entsprechend den mittleren Fehlern m_M der Beobachtungen gewählt werden. Da sich allerdings eine Abhängigkeit der Verbesserungen von der Beobachtungszahl n zeigt, wie im nächsten Abschnitt näher beschrieben wird, so ergibt sich indirekt doch ein gewisser Zusammenhang mit den mittleren Fehlern m_M der Höhenwinkel, da ja

$$m_M = \frac{m_B}{\sqrt{n}} \text{ ebenfalls eine Funktion von } n \text{ ist.}$$

Aus den Ausgleichungen der 3 Teilnetze ergeben sich mittlere Fehler m_e der Gewichtseinheit (eines 10mal beobachteten Höhenwinkels) von $5''$ bis $6''$; sie betragen also rund das Fünffache des mittleren Fehlers m_M eines Höhenwinkelmittels aus der gleichen Anzahl Einzelbeobachtungen. Neben Fehlern in den Instrumenten- und Zielhöhen, deren Einflüsse allerdings als sehr gering geschätzt werden dürfen, ist für diese Tatsache hauptsächlich die Refraktion als Erklärung anzunehmen. Da in den Ausgleichungen der Refraktionskoeffizient zwar als noch frei bestimmbare, aber für sämtliche Visuren identische Unbekannte auftrat, verursacht natürlich jedes Abweichen des tatsächlichen Refraktionskoeffizienten von dem durch die Ausgleichung gefundenen günstigsten allgemeinen Wert bei der betreffenden Beobachtung eine entsprechende Verbesserung, welche offenbar durchschnittlich das etwa Fünffache der aus

der Beobachtungsgenauigkeit m_M zu erwartenden betragen. Die Untersuchung der Abhängigkeiten zwischen Verbesserungen einerseits und Geländeprofil, Wetter, Beobachtungszeit usw. andererseits ist äusserst komplex und noch nicht abgeschlossen.

3.4.3 Die Gewichtsannahme für die Höhenwinkel

Wie im vorhergehenden Abschnitt erwähnt, zeigte sich eine deutliche Abhängigkeit der Verbesserungen von der Anzahl Beobachtungen des betreffenden Höhenwinkels. Alle 449 Verbesserungen sind in Beilage 8 graphisch dargestellt in Funktion der Beobachtungszahl n des zugehörigen Höhenwinkels, wobei die 3 Teilnetze durch verschiedene Signaturen unterschieden sind. In der gleichen Darstellung ist auch die Verteilungskurve der in Klassen von der Breite 1^c zusammengefassten Verbesserungen eingetragen.

Diese Verbesserungen sind bei Verwendung der Gewichtsannahme

$$p = \sqrt{\frac{n}{10}} \text{ in den Ausgleichungen entstanden.}$$

Sie ändern sich *nicht* wesentlich bei einer andern Gewichtsannahme, weil die Überbestimmtheit der Ausgleichungen beträchtlich ist und die Verbesserungen hauptsächlich die Widersprüche in den Netzbedingungen darstellen.

Beilage 9 stellt eine Zusammenfassung von Beilage 8 dar, indem für jede Beobachtungszahl n eine mittlere Verbesserung aufgetragen ist, berechnet als

$$\sqrt{\frac{[vy]}{\text{Anzahl}}}$$

Betrachtet man die so entstandene Punktanordnung (mit Gewichten entsprechend der Anzahl der bei der Mittelbildung verwendeten Einzelverbesserungen) als statistische Darstellung einer theoretischen Kurve: mittlere Fehler $m(n)$ der Höhenwinkel als Funktion ihrer Beobachtungszahl n , so ist durch diese Kurve die Gewichtsfunktion $p(n)$

für die Höhenwinkel – wegen $m(n) = \frac{m_e}{\sqrt{p(n)}}$ – definiert.

Natürlich liesse sich die Punktanordnung vom statistischen Gesichtspunkt aus mit genügender Annäherung durch eine *Gerade* darstellen. Als Gewichtsfunktion aber ist eine Gerade nicht erwünscht, weil sie sich nicht über ihren Definitionsbereich hinaus verlängern lässt, ohne ihren Sinn zu verlieren: $m(n)$ nicht ∞ für $n = 0$, $m(n) = 0$ oder sogar negativ für genügend grosse n . Es muss ein Gesetz gewählt werden, das allgemeine Gültigkeit besitzt und nicht nur für den gerade vorliegenden Fall gilt.

Als Gewichtsfunktion wurden die beiden Funktionen

$$m(n) = \frac{a}{\sqrt{\frac{n}{10}}} \text{ und } m(n) = \frac{b}{\sqrt{\sqrt{\frac{n}{10}}}}$$

welche auf einfachste Weise die wichtigsten Bedingungen ($m(n) = \infty$ für $n = 0$ und $m(n) \rightarrow 0$ für $n \rightarrow \infty$) erfüllen, geprüft, indem die Konstanten a bzw. b durch Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate so bestimmt wurden, dass sich die Kurven möglichst gut den Punkten anschmiegen (unter Berücksichtigung von deren Gewichten).

Bei der Kurve

$$m(n) = \frac{4^{cc,2}}{\sqrt{\frac{n}{10}}} \quad \left(p(n) = \frac{n}{10} \right)$$

ergab sich eine mittlere Streuung der Punkte um die Kurve von $\pm 6^{cc,0}$; bei der Kurve

$$m(n) = \frac{4^{cc,6}}{\sqrt{\sqrt{\frac{n}{10}}}} \quad \left(p(n) = \sqrt{\frac{n}{10}} \right)$$

betrug die Streuung $\pm 4^{cc,8}$.

Die Gewichtsannahme

$$p = \sqrt{\frac{n}{10}}$$

ist also, mindestens für das hier verwendete Beobachtungsmaterial, gerechtfertigt.

3.4.4 Die Lotabweichungen mit ihren mittleren Fehlern und die mittleren Fehler der ellipsoidischen Höhendifferenzen

Da die Zusammenstellung der Lotabweichungskomponenten und ihrer mittleren Fehler in Tabellenform (Tabellen 3–5) für ein genaueres Studium wenig übersichtlich ist, sind die Lotabweichungen zusammen mit dem Netz der Höhenwinkel in den Beilagen 10, 11 und 12 auch noch graphisch dargestellt. Zur Veranschaulichung der mittleren Fehler der Gesamtlotabweichung wurden – im gleichen Massstab – die mittleren Fehlerellipsen ihrer Komponenten ξ , η gezeichnet. Sie sollen nicht nur einen raschen Überblick über die erreichten Genauigkeiten gestatten, sondern auch ihren Zusammenhang mit dem Netzaufbau deutlich werden lassen.

Die Lotabweichung des Nahtpunktes Strahlgrat war in den beiden Ausgleichungen der Netzteile Spiez-Bühl-Axpunkt Nord und Eggishorn-Airolo Festwert, obwohl keine astronomischen Beobachtungen vorlagen. Sie wurde, wie in Abschnitt 3.2.2 ausgeführt, aus einer vorausgehenden Ausgleichung eines Teilnetzes erhalten, aus der auch ihre Fehlerellipse genommen werden musste.

Da die Koeffizienten der Unbekannten ξ , η in den Fehlergleichungen (13) – $\cos \alpha$ bzw. $\sin \alpha$ – ähnlich sind denjenigen der rechtwinkligen Koordinaten x , y einer ebenen Lageausgleichung eines trigonometrischen Netzes

$$- \frac{\sin \alpha}{d} \text{ bzw. } + \frac{\cos \alpha}{d}$$

so gelten auch ähnliche Gesetze für die Beziehungen zwischen Netzaufbau und Form und Lage der Fehlerellipsen, mit dem wesentlichsten Unterschied, dass bei der Bestimmung von ξ , η die Längen d der Visuren keine Rolle spielen.

Als Resultat zeigt sich, dass sich Lotabweichungen in Netzen, wie sie hier vorliegen und wie sie wohl auch in andern ähnlichen Fällen kaum entscheidend verbessert werden können, nicht mit wesentlich höherer Genauigkeit aus Höhenwinkeln bestimmen lassen, als diese selbst aufweisen. Für Randpunkte oder sonst ungünstig im Netz gelegene Punkte kann auch diese Genauigkeit in Frage gestellt sein. Andererseits zeigen die bei Weglassen astronomisch bestimmter Lotabweichungen für diese Punkte aus Höhenwinkeln erhaltenen Werte, dass die Abweichungen gegenüber den astronomischen «Sollwerten» selten die mittleren Fehler überschreiten und also bei gutem Netzaufbau und nicht zu grossen Abständen zwischen den astronomischen «Stützwerten» keine wesentlichen *systematischen* Verdrehungen befürchtet werden müssen.

In den gleichen Beilagen 10, 11 und 12 sind für jede beobachtete Netzverbindung die mittleren Fehler der ausgeglichenen ellipsoidischen Höhendifferenz (d. h. der Differenz der als Unbekannte bestimmten ellipsoidischen Höhen der beiden Endpunkte) in natürlicher Grösse dargestellt. Sie geben ein detaillierteres Bild über die erreichte Genauigkeit und ihren Zusammenhang mit dem Netzaufbau als die Angabe der mittleren Fehler der Höhen der Punkte in den Tabellen 3–5, die sich auf den willkürlich als Ausgangspunkt gewählten Punkt Eggishorn beziehen.

3.4.5 Netzaufbau und Anzahl und Verteilung der Punkte mit astronomisch bestimmter Lotabweichung

Tabelle 6 zeigt, dass in einem «starken» Netz wenig astronomisch bestimmte Lotabweichungen nötig sind, hätte doch ihr Weglassen auf 4 oder sogar 6 der im ganzen $10 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$ Astropunkte nur mittlere Abweichungen der als Unbekannte bestimmten Lotabweichungen von den astronomischen Werten und der ellipsoidischen Höhen von den bei Verwendung aller astronomischen Lotabweichungen erhaltenen Resultaten ergeben, die in der Grössenordnung der mittleren Fehler liegen, welche bei solchen Höhenwinkelnetzen allgemein überhaupt erreichbar sind. Erst das Weglassen auch noch des zentralen Punktes Nufenenstock, so dass nur noch die Anfangs- und Endpunkte der ganzen Kette Eggishorn–Airolo mit astronomisch bestimmten Lotabweichungen versehen sind, führt zu spürbaren Verfälschungen besonders der ellipsoidischen Höhen, die übrigens bei Vorliegen eines Festwertes für die ellipsoidische Höhe etwa des Punktes Airolo ebenfalls bedeutend geringer ausfallen würden.

Aus Tabelle 7 lässt sich ablesen, dass auch fehlertheoretisch das für optimale Genauigkeit entscheidende Element nicht in erster Linie die *Anzahl* der Punkte mit astronomisch bestimmten Lotabweichungen ist, sondern die möglichst gute *Verteilung* dieser Punkte über das Netz, d. h. die möglichst enge Nachbarschaft der Punkte ohne astronomische Lotabweichungen mit Astropunkten. Wenige gleichmässig verteilte astronomische Lotabweichungen

können fehlertheoretisch günstiger sein als mehr, aber ungünstig gelegene. Als natürliche Folge dieser absolut den Erwartungen entsprechenden Tatsache ergibt sich, dass bei einer *geringen* Zahl astronomisch bestimmter Lotabweichungen diese auf eher zentral gelegenen Netzpunkten liegen müssen, um die Punkte ohne astronomische Lotabweichungen in möglichst enge Verbindung mit ihnen zu bringen, dass aber bei zunehmender Anzahl der Astropunkte diese mehr und mehr auf die Rand- oder sonst ungünstig gelegene Punkte zu verlegen sind, um fehlertheoretisch die besten Lösungen zu erreichen. Nicht übersehen werden sollte auch, dass unter Umständen eine Verstärkung des Netzes eine grössere Genauigkeitssteigerung zur Folge haben kann als die Beobachtung weiterer astronomischer Lotabweichungen, wobei nicht nur mit grosser Wahrscheinlichkeit Arbeit und Kosten gespart werden können, sondern als willkommene Nebenwirkung auch die Genauigkeit der *geoidischen* Höhen verbessert wird, welche aus astronomischen Beobachtungen keinen Nutzen ziehen. Überhaupt dürfte sich im Sinne einer «Ökonomie der Beobachtungen» das vorgängige Studium etlicher Netzvarianten durch «blindes» Lösen der Normalgleichungen ohne Beobachtungen, d.h. durch Bilden der Matrix der reziproken Gewichtskoeffizienten der Unbekannten, lohnen.

3.4.6 Die Lotkrümmungen

Die für die Umrechnung der Höhenwinkel vom Oberflächenlot auf die Geoidnormale benützten Lotkrümmungen $\Delta\xi$, $\Delta\eta$ sind in Tabelle 9 explizit gegeben; ferner sind sie als *Differenzen* zwischen Oberflächenlotabweichung und «Lot»abweichung der Geoidnormalen zu finden in Beilage 14, wie sie tatsächlich auch bestimmt wurden (vgl. Abschnitt 3.1.6).

Beilage 14 und Tabelle 9 zeigen übrigens, welche grosse Beträge die Lotkrümmungen unter Umständen bei Hangpunkten annehmen können: Eigerwand 66^{cc}, Enge 48^{cc}, Schüssellauen 44^{cc}, Pfingstegg 39^{cc}, Ritzingeralp 35^{cc}, Nessel 32^{cc}, Piano del Gheisc 30^{cc} usw. Ferner ist deutlich ersichtlich, wie im allgemeinen die Lotabweichungen der Geoidnormalen ähnliche Richtungen wie diejenigen der Oberflächenpunkte, aber kleinere Beträge aufweisen. Allerdings kann der Einfluss der nahen «Topographie» auf die Lotrichtung des Oberflächenpunktes auch eine beträchtliche Drehung ihrer Richtung gegenüber der Geoidnormalen bewirken (wenn letztere klein, d.h. das Geoid ungefähr parallel zum Referenzellipsoid ist, z.B. Faulberg), oder es kann der Betrag der Geoidlotabweichung grösser sein als derjenige des Oberflächenpunktes (wenn die nahe «Topographie» beim Oberflächenpunkt dem Einfluss der allgemeinen, grossräumigen Massenverteilung entgegenwirkt und ihn verkleinert, z.B. bei den Punkten Burg und First).

3.4.7 Die mittleren Fehler der geoidischen Höhen

Der Vergleich der «freien» Ausgleichungen «beobachteter» und «geoidischer» Höhendifferenzen (Tabelle 8) ermöglicht eine Abschätzung der Grössenordnung der praktisch auftretenden «Modellzwänge», die in Abschnitt 3.1.5 von der theoretischen Seite kurz beleuchtet wurden. Als Erklärung für die bei den «beobachteten» Höhendifferenzen grösseren mittleren Fehler liegt es ja nahe, anzunehmen, dass es offenbar in weniger guter Annäherung möglich ist, das Rechnungsellipsoid als Orthogonalfläche zu den Oberflächenlotrichtungen zu orientieren als zu den Geoidnormalen, denn die mittleren Fehler können bei den «freien» Ausgleichungen nicht in Anschlusszwängen ihre Ursache haben, sondern eben nur in diesen innern Widersprüchen zwischen Beobachtungen und gewähltem geometrischen Modell. Die überraschend grosse Verringerung dieser Modellzwänge durch die Einführung der Lotkrümmungen bei den «geoidischen» Höhendifferenzen zeigt andererseits, dass eine Lagerung des Rechenellipsoides senkrecht zu den Geoidnormalen offenbar in grosser Annäherung möglich ist. Endlich lässt das ebenfalls erstaunlich gute «Passen» dieser mit Berücksichtigung der Lotkrümmungen erhaltenen Höhen in die Nivellementshöhen der vier weit entfernten Anschlusspunkte bei «gezwängter» Ausgleichung annehmen, dass diese Höhen auch keine grossen *systematischen* Fehler (Fehler, die in der Ausgleichung nicht zu Tage treten, weil sie keine Zwänge und damit keine Verbesserungen verursachen) aufweisen. Die grosse Reduktion der innern Modellzwänge und das gute «Passen» in die von aussen her durch die Anschlusshöhen auferlegten Zwänge führt denn auch dazu, dass die mittleren Fehler der aus der «gezwängten» Ausgleichung «geoidischer» Höhendifferenzen resultierenden (genähert) geoidischen Höhen (Tabelle 8 und Beilage 13) ausserordentlich klein werden: Die mittleren Fehler der ausgeglichenen geoidischen Höhendifferenzen, die sich zu einem Vergleich besser eignen als die mittleren Fehler der Punkthöhen selbst, welche sich auf die als fehlerfrei eingeführten Ausgangshöhen beziehen, sind keineswegs grösser als diejenigen der ellipsoidischen Höhendifferenzen.

Dagegen zeigt der Vergleich der aus «beobachteten» und aus «geoidischen» Höhendifferenzen hervorgehenden Höhen sowohl im freien wie im gezwängten Netz, dass Differenzen auftreten, welche die aus den mittleren Fehlern zu erwartenden wesentlich überschreiten. Wie sich auch aus den theoretischen Überlegungen des Abschnittes 3.1.5

erwarten lässt, ist dies hauptsächlich der Fall in Gebieten mit grossen Lotabweichungen, d.h. starkem Ansteigen oder Fallen des Geoides bezüglich des Referenzellipsoids: Berner Oberland im freien Netz, Eigerwand, Sphinx, Jungfrau im gezwängten Netz. Auch die Einführung fester Stützwerte bei den gezwängten Ausgleichungen kann nicht verhindern, dass in einiger Entfernung von ihnen die aus «beobachteten» Höhendifferenzen abgeleiteten Höhen systematisch verfälscht sind, durch die Ausgleichung die «Modellzwänge» also nicht auf gleiche Art beseitigt werden wie durch Einführung der Lotkrümmungen, wobei letzteres Verfahren wohl der Wirklichkeit näherkommt.

3.4.8 Bemerkungen zur Refraktion

Der zeitliche Verlauf der einzelnen Beobachtungswerte einer Höhenwinkelmessung (welche sich meist über etliche Stunden hinzog) zeigte erneut die im allgemeinen gute Konstanz der Refraktion bei Visuren, die keine längeren Abschnitte mit grosser Bodennähe aufweisen. Allerdings liess sich trotz der für Refraktionsuntersuchungen eher geringen Länge der Visuren in vielen Fällen ein Minimum des Refraktionswinkels nach Mittag erkennen; auch konnten bei Beobachtungen der gleichen Visur an verschiedenen Tagen oft beträchtliche Unterschiede festgestellt werden (vgl. Beilagen S. 61–66). Ferner musste, wie in Abschnitt 3.2.1 erwähnt, die Visur Därliggrat → Morgenberghorn wegen Verfälschung um etwa 30^o, wofür sich keine andere Erklärung als Refraktionseinfluss fand, aufgegeben werden. Und endlich müssen auch die gegenüber den mittleren Beobachtungsfehlern der Höhenwinkel (rund ± 1^o) zu grossen mittleren Fehler der Gewichtseinheit (rund 5^o bis 6^o), die sich aus den Ausgleichungen der Höhenwinkel ergaben, wohl zu einem grossen Teil der mit einem allgemeinen Refraktionskoeffizienten nicht genügend scharf erfassten Refraktion zugeschrieben werden.

Dagegen ergaben sich für diese als Unbekannte bestimmten allgemeinen Refraktionskoeffizienten in den 3 Netzteilen die gleichen Werte, die zudem sehr kleine mittlere Fehler aufweisen:

– Spiez-Bühl–Axpunkt <i>N</i>	0,117	±0,001
– Grindelwald	0,115	±0,003
– Eggishorn–Airolo	0,106	±0,002

Dabei ist allerdings zu beachten, dass diese mittleren Fehler natürlich keineswegs aussagen, die tatsächlich aufgetretenen Refraktionskoeffizienten hätten sich nur im entsprechenden Rahmen bewegt!

Die Verwertung der vorhandenen meteorologischen Daten zur direkten Berechnung der Refraktionswinkel steht noch aus, weil keines der schon vorgeschlagenen Verfahren [6, 19, 14, 3, 23] befriedigte. Vielleicht führt das Studium der aus den Ausgleichungen erhaltenen Verbesserungen im Zusammenhang mit Wetter, Beobachtungszeit und -dauer, Profil der Visur usw. zu einem brauchbareren Vorschlag zur Erfassung der Refraktion.

3.5 Gesamtergebnis

In Tabelle 9 sind die wesentlichen Grössen nochmals in numerischer Form zusammengefasst und einander gegenübergestellt und in Beilage 14 als graphische Darstellung in Zusammenhang mit dem Gelände gebracht. Sie enthalten die wichtigsten Ergebnisse der gesamten Untersuchung in gedrängter Form.

Für die Geoiderhebungen *N* sind in Tabelle 9 keine mittleren Fehler angegeben. Theoretisch hätten sie aus den mittleren Fehlern der ellipsoidischen und geoidischen Höhen, deren Differenzen die *N* sind, gebildet werden können. Aber da diese sich bei ellipsoidischen und geoidischen Höhen nicht auf die gleichen Ausgangshöhen beziehen und nur innere Genauigkeiten darstellen, erschien ihre Kombination sinnlos. Die Geoiderhebungen dürften etwa mittlere Fehler von höchstens 10 cm besitzen und sind denn auch in Beilage 14 nur auf diese Genauigkeit angegeben.

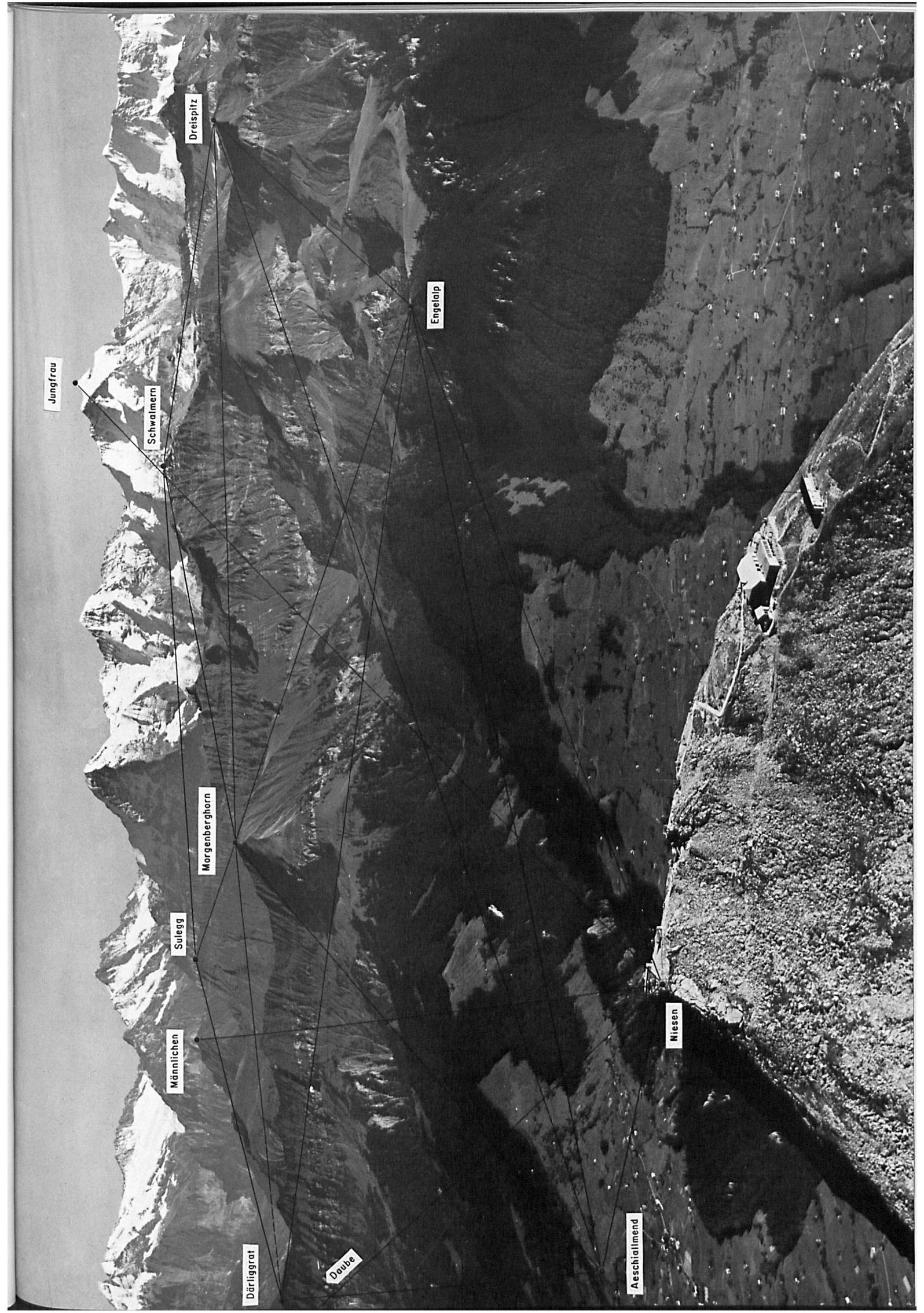
Der ruhige Verlauf der Lotabweichungen der Geoidnormalen lässt darauf schliessen, dass das Geoid selbst unterhalb einer sehr bewegten «Topographie» eine recht glatte Fläche ist. Es schien deshalb eine Darstellung dieser Fläche durch Kurven gleicher Geoiderhebungen *N* durchaus verantwortbar, wobei allerdings diese Höhenkurven eher zur Veranschaulichung der Geoidform dienen sollten als zur Abschätzung von Geoiderhebungen oder gar Lotabweichungen weiterer Punkte.

Zur Karte der Lotabweichungen und Geoiderhebungen (Beilage 14) ist allgemein zu bemerken, dass auch in den seit den Publikationen [16] und [17] neu hinzugekommenen Netzteilen Grindelwald und Eggishorn–Airolo die Lotabweichungen ausgezeichnet übereinstimmen mit den Geländeformen und dass die im Gotthardmeridian und im Höhenwinkelnetz Spiez–Brig festgestellte glückliche Orientierung des Referenzellipsoides der schweizerischen Landesvermessung ($\xi = \eta = 0$ für den Koordinatennullpunkt Bern) in nord-südlicher Richtung sich auch in ost-westlicher Richtung in diesem – allerdings kurzen – Abschnitt Berner Oberland–Airolo wie früher im Parallelprofil von Zürich als nahezu ideal erwies im Sinne einer Minimalisierung von Lotabweichungen und Geoiderhebungen.

Die Ableitung von Lotabweichungen aus Höhenwinkeln wird in Zukunft trotz der guten Erfolge wohl eher nicht mehr weitergeführt werden, weil ihre *rechnerische* Bestimmung aus «sichtbaren Massen» nach Anbringen der notwendigen Korrekturen wahrscheinlich zu ebenso zuverlässigen Resultaten führen, dabei sehr viel rascher und billiger sein wird und zudem nicht nur im Hochgebirge, sondern auch in ebenen Gebieten möglich ist. Immerhin dürfte dieser Versuch gerade auch im Hinblick auf die Bestimmung und die Verifikation der erwähnten Korrekturen der aus «sichtbaren Massen» berechneten Lotabweichungen nicht wertlos sein.

Ferner stellen die aus den Ausgleichungen erhaltenen *Verbesserungen der Höhenwinkel* willkommene Elemente für Refraktionsuntersuchungen dar, weil sie sich auf sehr zuverlässige und unter theoretisch einwandfreien geometrischen Voraussetzungen entstandene ausgeglichene Werte beziehen.

Endlich dürfen, im Vergleich mit den üblichen, aus «beobachteten» Höhendifferenzen abgeleiteten Höhen die aus «geoidischen» Höhendifferenzen, d. h. mit Berücksichtigung der Lotkrümmungen, erhaltenen als von wesentlich besserer Qualität angesehen werden, sowohl was ihre relative, gegenseitige als auch was ihre absolute, im Grad ihrer Annäherung an streng orthometrische Höhen bestehende Genauigkeit betrifft.



Jungfrau

Dreispitz

Schwalmern

Engelalp

Morgenberghorn

Sulegg

Männlichen

Dürliigrat

Doube

Aeschialmend

Niesen





Längsee

Richinen

Bellwald

Strahlgrat

Faulberg

Eiger

Sphinx

Jungfrau

Dreieckhorn

Olmenhorn

Konkordia

Eggishorn

usshorn

Mutschli



Holzlihorn

Blindenhorn

Bettelmatthorn

P. Gallina

Brudelhorn

Mannliboden

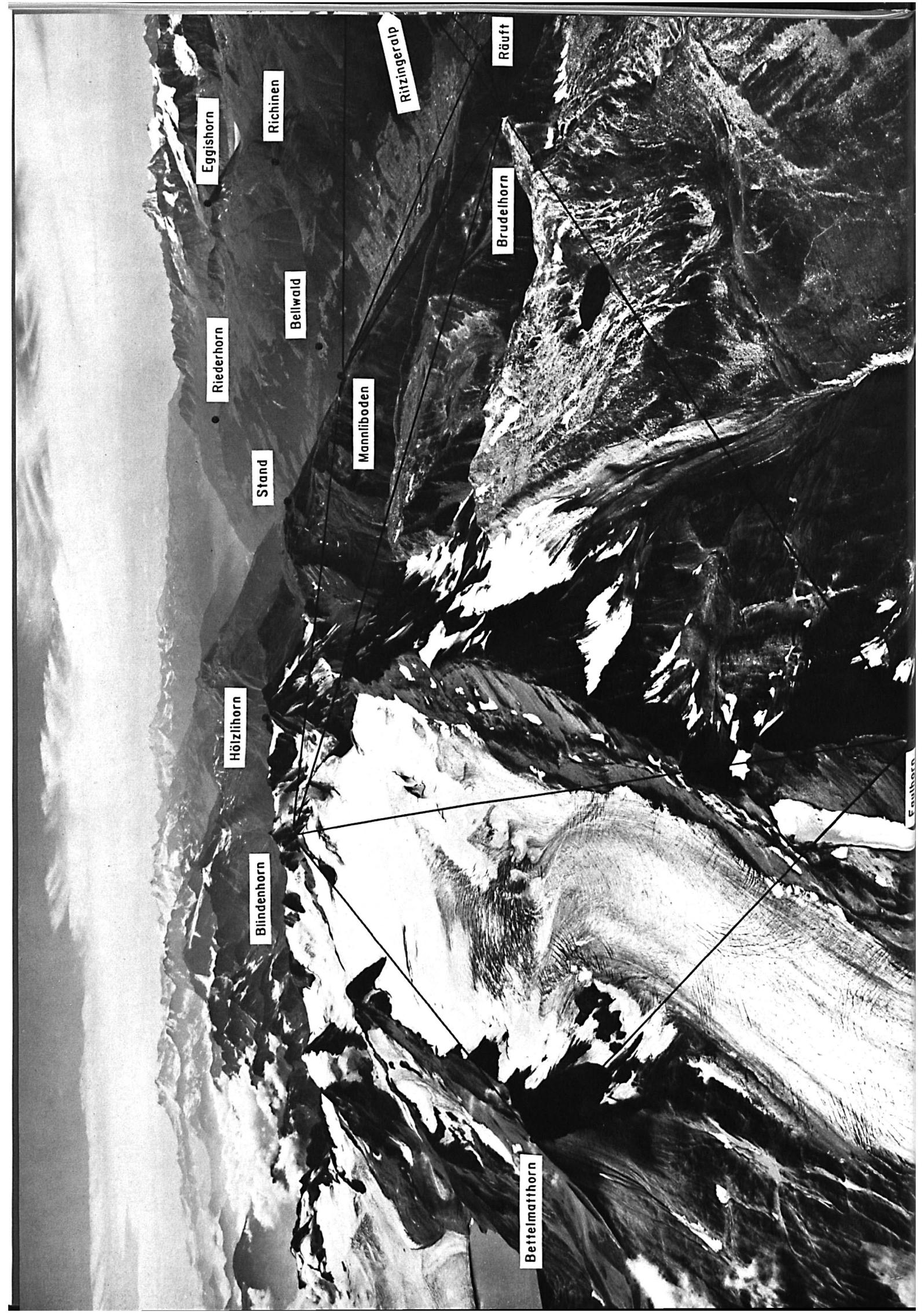
Stand

Rüuff

Ritzingeralp

Rächinen

Bellwald



Eggishorn

Richinen

Ritzingeralp

Räuft

Brudelhorn

Bellwald

Riederhorn

Stand

Mannliboden

Hölzihorn

Blindenhorn

Bettelmatthorn

Emmhorn

Verzeichnis der zitierten Literatur

1. *Alberda, J.E.*: Vertical angles, deviation of the vertical and adjustment. Netherlands Geodetic Commission, Publications on Geodesy New series, Vol. 1, Nr. 1, Delft 1961.
 2. *Albrecht, Th.*: Formeln und Hilfstafeln für geographische Ortsbestimmungen. Engelmann, Leipzig 1908.
 3. *Angus-Leppan, P.V.*: A study of refraction in the lower atmosphere. Empire Survey Review Nrs. 120–122, Tolworth 1961.
 4. Association internationale de Géodésie, Commission internationale des Nivellements européens: Summarizing remarks and list of geopotential numbers. Copenhagen 1960.
 5. *Baeschlin, C.F.*: Lehrbuch der Geodäsie. Orell Füssli, Zürich 1948.
 6. *Brocks, K.*: Meteorologische Hilfsmittel für die geodätische Höhenmessung. Zeitschrift für Vermessungswesen, Hefte 3, 4, 5, Stuttgart 1950.
 7. *Finsterwalder, R.*: Die Bestimmung von Lotabweichungen aus der trigonometrischen Höhenmessung. Zeitschrift für Vermessungswesen, Hefte 13, 14, 16, Stuttgart 1937.
 8. *Finsterwalder, R.*: Über Art und Genauigkeit von trigonometrisch bestimmten Höhen. Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 5, Stuttgart 1951.
 9. *Finsterwalder, R.*: Entwicklung, Stand und Möglichkeiten der trigonometrischen Höhenmessung. Sitzungsberichte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Nr. 10, München 1953.
 10. *Gleinsvik, P.*: Studien über die Ermittlung der Geoidform und die Bestimmung von Meereshöhen aus Höhenwinkeln. Mitteilungen aus dem Geodätischen Institut an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich 1960.
 11. *Helmert, F.R.*: Zur Bestimmung kleiner Flächenstücke des Geoids aus Lothabweichungen mit Rücksicht auf Lothkrümmung. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, Berlin 1900 und 1901.
 12. *Helmert, F.R.*: Die Bestimmung des Geoids im Gebiet des Harzes. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, Berlin 1913.
 13. *Hofmann, W.*: Studien zur trigonometrischen Höhenmessung im Gebirge. Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Neue Folge, Heft 70, München 1955.
 14. *Hradilek, L.*: Bestimmung der relativen Lotabweichungen und des Refraktionskoeffizienten beim Ausgleich trigonometrisch gemessener Höhenetze. *Studia geophysica et geodaetica* 2 (1958), 101; 3 (1959), 334; 4 (1960), 217; 7 (1963), 118.
 15. *Kobold, F.*: Die Bestimmung der Lotabweichungskomponenten im Meridian des St. Gotthard aus Höhenwinkelmessungen. Annexe au procès-verbal de la 95^e séance de la Commission géodésique suisse, Neuchâtel 1951.
 16. *Kobold, F., und Wunderlin, N.*: Die Bestimmung von Lotabweichungen und Meereshöhen im Berner Oberland auf Grund astronomischer Beobachtungen und gegenseitiger Zenitdistanzen. Annexe au procès-verbal de la 105^e séance de la Commission géodésique suisse, Winterthur 1960.
 17. *Kobold, F., und Wunderlin, N.*: Die Bestimmung von Lotabweichungen im Berner Oberland und im Oberwallis. Annexe au procès-verbal de la 109^e séance de la Commission géodésique suisse, Winterthur 1963.
 18. *Ledersteger, K.*: Lotabweichung und Geoid, Kapitel IV, in: *Jordan/Eggert/Kneissl*: Handbuch der Vermessungskunde, Band V, 10. Auflage, Stuttgart 1956.
 19. *Levallois, J.J., et de Masson d'Autume, G.*: Etude sur la réfraction géodésique et le nivellement barométrique. Institut Géographique Nationale, Paris 1953.
 20. *Linkwitz, K.*: Beiträge zur Methodik der trigonometrischen Höhenmessung. Sitzungsberichte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München 1959.
 21. *Mühlig, F.*: Grundlagen und Beobachtungsverfahren der astronomisch-geodätischen Ortsbestimmung. Sammlung Wichmann, Band 20, Berlin 1960.
 22. *Niethammer, Th.*: Die genauen Methoden der astronomisch-geographischen Ortsbestimmung. Birkhäuser, Basel 1947.
 23. *Past, F.*: Kritischer Vergleich der Refraktionsformeln für trigonometrische Höhenmessung und Versuch einer systematischen Ordnung. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Heft 75, München 1965.
 24. *Tardi, P., et Laclavère, G.*: Traité de géodésie, Tome II, Astronomie géodésique de position. 2^e éd., Paris 1955.
- Schweizerische Geodätische Kommission*
25. Das Schweizerische Dreiecksnetz, 6. Band, 1894.
 26. Das Schweizerische Dreiecksnetz, 8. Band, 1898.
 27. Das Schweizerische Dreiecksnetz, 9. Band, 1901.
 28. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, 10. Band, 1907.
 29. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, 18. Band, 1929.
 30. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, 19. Band, 1932.
 31. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, 20. Band, 1939.
 32. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, 21. Band, 1936.
 33. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, 22. Band, 1944.
 34. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, 24. Band, 1951.
 35. Procès-verbal de la 108^e séance de la Commission géodésique suisse, Neuchâtel 1962.

Tabellen

Tabelle 3

Ausgleichung für Lotabweichungen und ellipsoidische Höhen

Netzteil Spiez-Bühl - Sphinx - Axpunkt Nord

Refraktionskoeffizient $k = 0.117 \pm 0.001$

$$m_e = \pm 6.4^{\text{cc}} \quad \bar{m}_{\Delta H} = \pm 0.027 \text{ m} \quad (\text{Min. } \pm 0.013 \text{ m, Max. } \pm 0.047 \text{ m})$$

Punkt	ellipsoidische Höhen		Lotabweichungskomponenten			
	H	m_H	ξ	m_ξ	η	m_η
	m	m	cc	cc	cc	cc
Spiez-Bühl B	667.92	0.057	+42.3		- 3.6	
Niesen A	2362.52	56	+52.5		+ 9.1	
Engelalp A	1775.06	56	+59	5.4	- 46	4.4
Aeschiallmen A	1122.03	54	+65.7		- 23.5	
Dreispietz A	2520.99	59	+36	6.2	- 52	5.2
Niederhorn A	1949.83	55	+11.4		- 44.8	
Morgenberghorn A	2249.56	53	+72.2		- 35.5	
Därliggrat B	1816.32	52	+78	5.1	- 35	3.6
Schwalmern A	2778.29	53	+73	6.0	- 39	4.8
Sulegg A	2413.90	49	+86	4.4	- 16	3.5
Bietenhorn A	2757.91	49	+69	4.8	+ 2	3.0
Daube A	2077.06	48	+49.7		- 52.5	
Männlichen A	2343.84	44	+67.0		- 51.7	
Lauberhorn A	2473.55	44	+67.0		- 53.4	
Gürmschbühl A	1900.46	44	+59	4.8	- 57	4.8
Sphinx A	3571.40	37	+53.7		- 42.9	
Jungfrau A	4160.60	40	+38	6.8	- 47	5.4
Faulberg A	3245.29	44	-12	9.1	- 6	10.8
Konkordia A	2822.47	25	-23.5		- 29.6	
Dreieckhorn A	3813.63	31				
Strahlgrat A	3186.54		-50.7		- 3.2	
Olmenhorn A	3316.66	16	-37	3.8	+ 30	4.5
Eggishorn A	2929.00		-35.6		+ 14.7	
Fusshorn A	3629.32	36				
Sparrhorn A	3022.96	35	-47	4.5	+ 29	5.1
Moosfluh A	2335.32	27	-52	4.6	+ 14	5.1
Riederhorn A	2232.05	31	-47.5		+ 9.0	
Oberried A	1385.46	42	-57.4		+ 10.8	
Nessel A	1994.87	42	-43	4.0	+ 46	4.7
Rosswald A	2089.93	41	- 3.7		- 56.8	
Glishorn A	2470.78	51	+61	4.8	- 17	7.1
Axpunkt Nord A	682.10	42	-17.1		- 14.0	

Tabelle 4

Ausgleichung für Lotabweichungen und ellipsoidische Höhen

Netzteil Eggishorn - Airolo

Refraktionskoeffizient $k = 0.106 \pm 0.002$
 $m_e = \pm 5.2$ ^{cc}
 $\bar{m}_{\Delta H} = \pm 0.021$ m (Min. = ± 0.011 m, Max. = ± 0.036 m)

Punkt	ellipsoidische Höhen		Lotabweichungskomponenten			
	H	m_H	ξ	m_ξ	η	m_η
	m	m	cc	cc	cc	cc
Eggishorn A	<u>2929.00</u>		<u>- 35.6</u>		<u>+ 14.7</u>	
Strahlgrat A	<u>3186.54</u>		<u>- 50.7</u>		<u>- 3.2</u>	
Bellwald A	1541.29	0.016	<u>- 35.8</u>		<u>- 9.9</u>	
Längsee A	2960.16	17	- 48	5.0	+ 8	3.1
Richinen A	2434.81	15	<u>- 59.6</u>		<u>+ 14.8</u>	
Stand A	2345.42	20	+ 6	3.8	- 42	2.8
Ritzingeralp A	2249.30	23	- 50	3.7	+ 37	2.8
Mannliboden A	2454.73	25	+ 21	3.5	- 32	2.9
Hölzlihorn A	2988.86	31	- 11	4.0	- 29	3.6
Räuft A	2277.95	30	<u>+ 27.6</u>		<u>- 28.9</u>	
Blindenhorn A	3376.22	39	- 3	4.7	- 16	3.6
Brudelhorn A	2793.23	34	+ 19	5.0	- 24	3.1
Bettelmatthorn B	3045.38	43	+ 2	4.2	+ 18	3.6
Faulhorn (Gries) A	2789.96	42	+ 22	4.8	+ 7	4.2
Nufenenstock A	2868.06	45	<u>+ 5.6</u>		<u>- 0.5</u>	
P.Gallina A	3062.88	47	+ 12	3.7	- 6	3.2
Pne. di Manio A	2926.77	49	- 6	3.7	+ 6	3.1
San Giacomo B	2500.72	48	<u>+ 7.7</u>		<u>+ 13.6</u>	
Basodino B	3275.22	51	<u>- 26.7</u>		<u>+ 20.2</u>	
P.dei Cavagnoli B	2838.91	50	+ 2	3.0	+ 15	2.8
Pne. di Rovino A	2966.49	52	- 19	3.8	+ 22	3.2
Piano del Gheisc A	1900.06	54	<u>- 37.4</u>		<u>+ 28.0</u>	
Cristallina A	2913.98	53	- 7	3.0	+ 12	2.9
Pne. di Braga B	2863.80	56	- 34	4.4	+ 9	4.3
Fibbia A	2740.82	57	- 17	3.3	+ 27	3.0
Pne. di Vespero A	2719.50	56	+ 16	2.9	+ 10	3.0
P. dil Corno A	2502.67	61	<u>- 1.7</u>		+ 21	4.0
Airolo B	1171.39	60	<u>- 15.2</u>		<u>+ 12.3</u>	
Giubin A	2778.52	64	<u>- 30.3</u>		+ 27	5.6

Tabelle 5

Ausgleichung für Lotabweichungen und ellipsoidische Höhen
Netzteil Grindelwald

Refraktionskoeffizient $k = 0.115 \pm 0.003$

$m_e = \pm 5.6$ ^{cc} $\bar{m}_{\Delta H} = \pm 0.026$ m (Min. = ± 0.008 m, Max. = ± 0.040 m)

Punkt	ellipsoidische Höhen		Lotabweichungskomponenten			
	H	m_H	ξ	m_ξ	η	m_η
	m	m	cc	cc	cc	cc
Daube A	<u>2077.06</u>		<u>+ 49.7</u>		<u>- 52.5</u>	
Schnige Platte A	2068.17	0.003	<u>+ 36.4</u>		<u>- 47.3</u>	
Männlichen A	<u>2343.84</u>		<u>+ 67.0</u>		<u>- 51.7</u>	
Lauberhorn A	<u>2473.55</u>		<u>+ 67.0</u>		<u>- 53.4</u>	
Eigerwand B	2867.63	28	+140	5.0	- 60	5.8
Burg A	2208.33	23	+ 9	3.8	- 44	4.3
Faulhorn (Grwd) A	2681.83	27	<u>+ 55.6</u>		<u>- 40.7</u>	
Schüsselaunen A	1546.59	32	+107	6.2	- 37	7.0
Grindelwald A	1008.72	30	<u>+ 68.2</u>		<u>- 52.8</u>	
Pfingstegg A	1394.09	31	+ 76	6.2	- 66	4.6
First A	2118.78	30	+ 12	4.4	- 31	3.6
Enge A	1728.33	42	+ 59	7.6	- 78	7.5
Grosse Scheidegg A	2037.23	34	<u>+ 68.5</u>		<u>- 36.1</u>	

Tabelle 6

Ausgleichungen für Lotabweichungen und ellipsoidische Höhen
im Netzteil Eggishorn-Airolo
mit Weglassen astronomisch bestimmter Lotabweichungen

Weglassungen	ellipsoidische Höhen				ξ				η			
	(-0)	(-4)	(-6)	(-7)	(-0)	(-4)	(-6)	(-7)	(-0)	(-4)	(-6)	(-7)
Eggishorn	2929.000	000	000	000	-35.6	-35.6	-35.6	-35.6	+14.7	+14.7	+14.7	+14.7
Strahlgrat	3186.536	536	536	536	-50.7	-50.7	-50.7	-50.7	- 3.2	- 3.2	- 3.2	- 3.2
Bellwald	1541.286 ±16	274 ±20	280 ±21	284 ±21	-35.8	-48.0 ±4.5	-46.5 ±4.7	-45.1 ±4.8	- 9.9	-14.6 ±3.1	-14.9 ±3.2	-14.5 ±3.3
Längsee	2960.165 17	169 19	165 21	158 21	-47.7 5.0	-46.8 5.1	-45.8 5.2	-45.0 5.2	+ 7.8 3.1	+ 6.5 3.2	+ 6.6 3.3	+ 7.6 3.4
Richinen	2434.809 15	819 17	819 17	816 18	-59.6	-57.5 3.4	-56.1 3.8	-54.7 3.9	+14.8	+14.8 3.0	+14.7 3.1	+15.3 3.2
Stand	2345.421 20	426 29	439 33	444 33	+ 5.9 3.8	+ 4.9 4.2	+ 7.2 4.8	+ 9.5 5.0	-41.7 2.8	-43.5 3.1	-44.0 3.4	-43.3 3.5
Ritzingeralp	2249.300 23	316 29	308 34	291 36	-49.9 3.7	-50.4 3.9	-48.6 4.5	-46.5 4.7	+36.6 2.8	+35.4 2.9	+35.4 3.4	+36.8 3.8
Mannliboden	2454.725 25	751 34	756 39	744 42	+20.9 3.5	+20.5 3.8	+22.7 4.5	+25.1 4.7	-32.3 2.9	-34.1 3.1	-34.5 3.6	-33.2 3.9
Hölzlihorn	2988.855 31	868 44	889 50	894 52	-10.6 4.0	-11.4 4.3	- 8.8 5.0	- 6.2 5.2	-29.1 3.6	-30.0 3.7	-30.5 4.1	-29.6 4.4
Räuft	2277.947 30	972 39	968 51	938 57	+27.6	+27.6	+31.6 5.5	+33.7 5.6	-28.9	-28.9	-30.7 4.4	-28.8 4.8
Blindenhorn	3376.217 39	234 50	248 61	237 67	- 3.1 4.7	- 0.7 4.9	+ 1.7 5.2	+ 5.3 5.6	-16.0 3.6	-21.4 3.8	-21.5 4.3	-20.1 4.8
Brudelhorn	2793.229 34	255 42	253 58	215 68	+19.3 5.0	+18.7 4.9	+20.5 5.2	+24.1 5.6	-24.4 3.1	-24.8 3.0	-25.0 3.4	-22.8 4.3
Bettelmatth.	3045.384 43	413 52	419 68	390 81	+ 2.1 4.2	+ 2.6 4.1	+ 3.6 4.3	+ 8.3 5.1	+17.6 3.6	+16.2 3.4	+17.6 3.7	+19.8 5.1
Faulhorn	2789.957 42	986 51	985 68	937 85	+22.4 4.8	+22.4 4.6	+23.9 4.8	+28.5 5.4	+ 7.0 4.2	+ 6.2 4.0	+ 6.3 4.1	+ 8.6 5.3
Nufenenstock	2868.056 45	088 53	085 71	025 96	+ 5.6	+ 5.6	+ 5.6	+13.3 4.7	- 0.5	- 0.5	- 0.5	+ 1.8 4.6
Gallina	3062.877 47	910 54	901 73	814 104	+11.7 3.7	+11.4 3.6	+11.8 3.8	+17.1 4.9	- 6.3 3.2	- 6.8 3.0	- 4.8 3.3	- 3.1 4.8
Manio	2926.772 49	807 57	781 77	686 118	- 5.9 3.7	- 6.3 3.6	- 4.1 3.9	- 0.2 4.5	+ 5.9 3.1	+ 5.7 3.0	+ 8.9 3.6	+10.1 4.6
Giacomo	2500.718 48	752 56	738 76	666 117	+ 7.7	+ 7.7	+12.8 3.3	+16.4 3.9	+13.6	+13.6	+19.4 3.4	+20.7 4.5
Basodino	3275.215 51	273 62	273 85	231 129	-26.7	-22.3 4.3	-18.9 4.8	-15.2 5.4	+20.2	+19.8 3.3	+22.4 3.7	+24.3 4.6
Cavagnoli	2838.906 50	941 58	909 81	833 129	+ 2.0 3.0	+ 2.8 3.0	+ 5.2 3.4	+ 8.5 4.0	+14.7 2.8	+15.0 3.0	+17.9 3.4	+19.4 4.2
Rovino	2966.485 52	522 60	473 82	369 131	-18.7 3.8	-19.1 3.7	-16.6 4.0	-13.6 4.3	+22.4 3.2	+23.3 3.5	+26.0 3.8	+26.3 4.3
Gheisc	1900.059 54	089 64	020 90	912 145	-37.4	-40.2 3.8	-38.2 4.0	-35.9 4.2	+28.0	+31.4 3.3	+33.2 3.5	+33.7 3.8
Cristallina	2913.984 53	014 64	964 88	876 144	- 7.4 3.0	- 6.5 3.0	- 4.3 3.4	- 1.7 3.8	+12.5 2.9	+13.7 3.2	+16.2 3.4	+17.2 3.9
Braga	2863.797 56	833 67	792 92	717 148	-33.5 4.4	-32.1 4.5	-29.8 4.8	-27.4 5.0	+ 9.0 4.3	+10.2 4.4	+13.0 4.6	+14.7 5.0
Fibbia	2740.825 57	851 69	774 95	659 153	-16.7 3.3	-16.9 3.4	-15.7 3.5	-14.4 3.6	+27.2 3.0	+28.6 3.2	+29.9 3.3	+30.1 3.5
Vespero	2719.501 56	519 70	446 96	340 155	+16.4 2.9	+16.5 2.8	+17.9 3.0	+19.4 3.1	+10.5 3.0	+11.9 3.2	+13.4 3.3	+14.0 3.4
Corno	2502.665 61	678 76	596 103	485 163	- 1.7	- 1.7	- 1.7	- 1.7	+20.6 4.0	+22.1 4.0	+24.0 4.1	+25.5 4.3
Airolo	1171.389 60	403 75	321 102	209 162	-15.2	-15.2	-15.2	-15.2	+12.3	+12.3	+12.3	+12.3
Giubin	2778.515 64	527 79	442 105	327 166	-30.3	-30.3	-30.3	-30.3	+27.2 5.6	+28.4 5.4	+29.1 5.4	+29.3 5.5

Legende siehe nächste Seite

zu Tabelle 6

Ausgleichungen für Lotabweichungen und ellipsoidische Höhen
im Netzteil Eggishorn-Airolo
mit Weglassen astronomisch bestimmter Lotabweichungen

Refraktionskoeffizienten, mittlere Fehler der Gewichtseinheit, mittlere Abweichungen gegenüber Sollwerten (astronomisch bestimmte Werte für ξ, η - unter Verwendung aller astronomisch bestimmten Lotabweichungen erhaltene Werte für die Höhen H)

	Ausgleichung			
	(0)	(-4)	(-6)	(-7)
Refraktionskoeffizient k	0.106 ±0.002	0.106 ±0.002	0.105 ±0.002	0.105 ±0.002
Mittlerer Fehler der Gewichtseinheit m_e	±5.15 ^{cc}	±4.88 ^{cc}	±4.85 ^{cc}	±4.82 ^{cc}
$\varphi \quad \sqrt{\frac{[d_\xi d_\xi]}{n}}$		±6.7 ^{cc} n = 4	±6.2 ^{cc} n = 6	±7.7 ^{cc} n = 7
$\sqrt{\frac{[d_\eta d_\eta]}{n}}$		±2.9 ^{cc} n = 4	±4.0 ^{cc} n = 6	±4.3 ^{cc} n = 7
$\sqrt{\frac{[d_H d_H]}{n}}$		±0.027 ^m n = 27	±0.035 ^m n = 27	±0.093 ^m n = 27

Legende zu Tabelle 6 :

Weglassen der astronomisch bestimmten Lotabweichungen der Punkte :

- (-0) ———
- (-4) Bellwald, Richinen, Basodino, Gheisc
- (-6) Bellwald, Richinen, Räuft, Giacomo, Basodino, Gheisc
- (-7) Bellwald, Richinen, Räuft, Nufenenstock, Giacomo, Basodino, Gheisc

Tabelle 7						Station	m_{ξ}	m_{η}	$\frac{\bar{m}_{\Delta H}}{m_H}$	
Testnetz „Thunersee“						Niesen Spiez-Bühl Aeschiallmen Niederhorn Därliggrat Daube	$\frac{cm}{H}$			alle Angaben gelten für $m_e = \pm 1^{cc}$
Mittlere Fehler bei Weglassen astronomischer Lotabweichungen							$\frac{cc}{H}$			
Erklärung s. Abschnitt 3.2.3. und 3.3.2						$\frac{cc}{H}$				
	Niesen	Spiez-Bühl	Aeschiallmen	Niederhorn	Daube					
/	0.90 0.77 0.60 0 0 0.48 0 0 0.46 0 0 0 1.20 0.75 0.62 0 0 0.75 1.05 0.76 0.60	0 0 0.57 0.82 0.78 0.55 0 0 0.47 0 0 0 1.19 0.75 0.62 0 0 0.74 1.00 0.76 0.58	0 0 0.54 0 0 0.50 0.84 0.61 0.54 0 0 0 1.22 0.76 0.67 0 0 0.76 1.03 0.68 0.60	0 0 0.65 0 0 0.69 0 0 0.65 0 0 0.66 0.90 0.58 0 1.24 0.77 0.86 0 0 0.96 1.07 0.68 0.76	0 0 0.71 0 0 0.50 0 0 0.47 0 0 0.46 0 0 0 1.20 0.92 0.68 1.71 1.12 1.33 1.46 1.02 0.69	astronomische Lotabweichung <u>weggelassen</u> auf ...				
	Niesen		0.69 0.69 0.90 0.90 0.63 0 0 0.50 0 0 0 1.24 0.75 0.63 0 0 0.75 1.05 0.85 0.68	0.69 0.83 0 0 0.54 0.91 0.66 0.59 0 0 0 1.26 0.76 0.69 0 0 0.78 1.04 0.76 0.69	0.73 0.80 0.90 0.86 0.65 0 0 0.68 1.02 0.60 0 1.25 0.78 0.90 0 0 1.04 1.06 0.75 0.81	0.78 0.70 0 0 0.48 0 0 0.47 0 0 0 1.24 0.95 0.71 1.72 1.25 1.44 1.30 1.01 0.76	Niesen			
Spiez-Bühl	0 0 2.10 0 0 1.62 1.06 1.28 1.20 1.27 1.82 0 1.50 2.54 1.56 1.88 3.73 4.38 1.43 2.34 2.05		0 0 0.64 0.88 0.84 0.61 0.90 0.64 0.59 0 0 0 1.23 0.76 0.69 0 0 0.76 1.00 0.75 0.65	0 0 0.71 0.86 0.80 0.75 0 0 0.74 1.01 0.59 0 1.26 0.77 0.91 0 0 0.99 1.04 0.72 0.84	0 0 0.75 0.85 0.82 0.55 0 0 0.48 0 0 0 1.21 0.95 0.69 1.71 1.19 1.40 1.26 0.99 0.73	Spiez-Bühl				
Aeschiallmen	0 0 1.31 1.09 0.82 1.02 0 0 1.16 1.38 1.00 0 1.32 1.53 1.02 1.83 2.32 2.24 1.40 1.42 1.34	0.98 1.06 0.93 0 0 0.94 0 0 0.99 1.39 0.98 0 1.29 1.53 2.38 1.79 2.46 0.99 1.36 1.51 1.25		0 0 0.74 0 0 0.80 0 0 0.73 0.90 0.64 0.83 1.00 0.62 0 1.32 0.79 0.98 0 0 1.02 1.07 0.68 0.87	0 0 0.78 0 0 0.55 0 0 0.50 0.89 0.63 0.56 0 0 0 1.26 0.96 0.80 1.73 1.21 1.48 1.29 0.93 0.78	Aeschiallmen				
Niederhorn	0 0 0.84 0.89 0.86 0.62 0.94 0.66 0.60 0 0 0 1.27 0.97 0.82 1.74 1.24 1.50 1.21 0.93 0.83	1.08 0.96 0.93 0 0 0.55 1.10 0.66 0.65 0 0 0 1.39 1.01 0.92 1.80 1.48 0.56 1.34 1.03 0.72	1.05 1.16 1.05 0.93 1.14 0.71 0 0 0.53 0 0 0 1.34 1.05 0.81 1.78 1.54 1.71 1.28 1.22 0.96		0 0 1.09 0 0 0.92 0 0 0.84 0 0 0.85 1.09 0.88 0 1.27 1.30 0.95 1.78 1.84 2.02 1.38 1.34 1.12	Niederhorn				
Daube	0 0 0.88 1.02 0.89 0.89 1.05 0.71 1.05 1.18 0.65 0 1.39 0.80 1.15 0 0 1.12 1.16 0.76 1.05	0.97 0.99 1.07 0 0 0.76 0.97 0.75 0.90 1.10 0.68 0 1.35 0.83 1.09 0 0 1.17 1.10 0.81 1.00	1.04 1.05 1.11 1.00 0.98 0.80 0 0 0.81 1.13 0.65 0 1.30 0.79 0.99 0 0 1.11 1.12 0.87 0.96	1.21 1.22 1.39 1.10 1.15 0.88 1.12 0.84 0.78 0 0 0 1.35 0.78 0.75 0 0 0.80 1.19 1.00 0.92		Daube				
astronom. Lotabw. <u>nur verwendet</u> auf...	0 0 1.09 1.02 0.91 0.91 1.13 0.77 1.10 1.17 0.78 0 1.53 1.00 1.42 1.95 0.93 1.82 1.36 0.88 1.26	0.99 0.91 1.19 0 0 0.86 1.01 0.87 0.98 1.11 0.93 0 1.46 1.19 1.41 1.91 1.14 2.14 1.30 1.01 1.32	1.07 0.78 1.22 0.98 0.87 0.87 0 0 0.85 0.99 0.75 0 1.37 0.99 1.09 1.85 0.97 1.60 1.25 0.87 1.13	1.12 0.78 0.92 1.10 0.93 0.72 1.00 0.74 0.69 0 0 0 1.24 0.88 0.79 1.73 0.85 1.17 1.24 0.84 0.86	1.84 0.93 2.39 1.85 1.13 1.37 1.85 0.96 1.99 1.71 0.84 0 1.92 0.88 1.80 0 0 1.57 1.83 0.95 1.82					
	Niesen	Spiez-Bühl	Aeschiallmen	Niederhorn	Daube					

Tabelle 8

Ausgleichungen von Höhendifferenzen
für geoidische Höhen

Punkt	freies Netz		gezwängtes Netz		
	mit beob. Höhendiff.	mit geoid. Höhendiff.	nivelliert beob.Höhendiff.	Ausgangshöhen nivelliert	
				geoid.Höhendiff.	orthometrisch geoid.Höhendiff.
1	2	3	4	5	6
m_e	±0.127m	±0.079m	±0.139m	±0.079m	±0.083m
$\bar{m}_{\Delta H}$ {	77**	48**	73***	42***	44***
	7*	4*	7*	4*	4*
	m	m	m	m	m
Spiez-Bühl B	668.683 ±102	668.254 ±63	668.140 ±0	668.140 ±0	668.070 ±0
Niesen A	2362.900 100	2362.528 62	2362.435 46	2362.431 26	2362.375 27
Niederhorn A	1950.446 100	1950.015 62	1950.023 56	1949.927 32	1949.879 33
Aeschiallmen A	1122.325 95	1121.954 59	1121.899 44	1121.865 25	1121.817 26
Engelalp A	1775.022 95	1774.699 59	1774.615 50	1774.615 29	1774.570 30
Dreispietz A	2520.600 95	2520.323 59	2520.214 55	2520.242 31	2520.201 33
Morgenberghorn A	2249.277 92	2248.992 58	2248.907 52	2248.915 30	2248.877 31
Därliggrat B	1816.303 94	1815.978 58	1815.939 55	1815.902 31	1815.865 33
Schwalmern A	2777.548 91	2777.327 57	2777.199 53	2777.255 30	2777.221 32
Sulegg A	2413.444 89	2413.176 56	2413.105 51	2413.105 29	2413.073 30
Bietenhorn A	2756.891 87	2756.694 54	2756.570 51	2756.627 29	2756.598 31
Daube A	2076.758 88	2076.491 55	2076.457 51	2076.427 29	2076.402 30
Schynige Platte A	2067.839 88	2067.575 55	2067.539 51	2067.512 29	2067.487 30
Männlichen A	2343.037 84	2342.824 52	2342.744 49	2342.763 28	2342.739 29
Lauberhorn A	2472.402 83	2472.239 52	2472.121 46	2472.180 26	2472.159 28
Gürmschbühl A	1899.230 84	1899.061 52	1898.945 51	1899.002 29	1898.980 31
Eigerwand B	2865.923 98	2865.932 61	2865.663 69	2865.876 39	2865.859 41
Burg A	2207.571 98	2207.395 61	2207.358 51	2207.345 29	2207.338 31
Faulhorn (Grwd.) A	2681.125 100	2680.969 62	2680.923 51	2680.920 29	2680.915 31
Schüssellauen A	1545.049 105	1545.009 65	1544.913 26	1544.969 15	1544.978 15
Grindelwald A	1007.319 104	1007.228 64	1007.190 0	1007.190 0	1007.200 0
Pfingstegg A	1392.606 104	1392.544 65	1392.471 19	1392.505 11	1392.514 11
First A	2117.687 103	2117.567 64	2117.521 42	2117.523 24	2117.526 25
Enge A	1726.803 110	1726.794 68	1726.659 48	1726.754 27	1726.761 29
Grosse Scheidegg A	2035.934 107	2035.847 66	2035.773 49	2035.805 28	2035.808 29
Sphinx A	3569.585 72	3569.561 45	3569.335 54	3569.514 31	3569.497 32
Jungfrau A	4158.815 73	4158.772 46	4158.570 60	4158.727 34	4158.711 36
Faulberg A	3243.073 72	3243.156 45	3242.874 76	3243.127 43	3243.117 45
Konkordia A	2820.039 50	2820.186 31	2819.909 69	2820.179 40	2820.179 41
Strahlgrat A	3184.297 28	3184.375 17	3184.190 56	3184.374 32	3184.376 33
Olmenhorn A	3314.454 35	3314.528 22	3314.345 60	3314.529 34	3314.534 36
Eggishorn A	2927.036 0	2927.036 0	2926.927 51	2927.036 29	2927.040 31
Sparrhorn A	3020.945 55	3021.020 34	3020.865 57	3021.042 32	3021.067 34
Moosfluh A	2333.547 46	2333.532 29	2333.459 55	2333.548 31	2333.567 33

Tabelle 8 (Fortsetzung)

Punkt 1	freies Netz		gezwängtes Netz		
	mit beob. Höhendiff. 2	mit geoid. Höhendiff. 3	nivelliert	Ausgangshöhen nivelliert	
			beob.Höhendiff. 4	geoid.Höhendiff. 5	orthometrisch geoid.Höhendiff. 6
m_e	$\pm 0.127m$	$\pm 0.079m$	$\pm 0.139m$	$\pm 0.079m$	$\pm 0.083m$
$m_{\Delta H}$ {	77**	48**	73***	42***	44***
	Max. ± 0.042	± 0.026	± 0.044	± 0.025	± 0.026
Min.	7*	4*	7*	4*	4*
	m •	m	m	m	m
Riederhorn A	2230.411 51	2230.372 32	2230.335 47	2230.397 27	2230.424 28
Nessel A	1993.288 65	1993.303 41	1993.232 34	1993.342 19	1993.384 20
Oberried A	1383.954 70	1383.903 43	1383.905 29	1383.952 16	1383.994 17
Axpunkt Nord A	680.744 70	680.652 44	<u>680.700</u> 0	<u>680.700</u> 0	<u>680.750</u> 0
Rosswald A	2088.437 69	2088.373 43	2088.382 40	2088.416 23	2088.456 24
Glishorn A	2469.324 76	2469.300 48	2469.273 47	2469.340 27	2469.389 28
Bellwald A	1539.448 38	1539.389 24	1539.352 59	1539.387 33	1539.386 35
Längsee A	2957.913 39	2958.013 24	2957.818 59	2958.011 33	2958.010 35
Richinen A	2432.764 36	2432.778 23	2432.670 56	2432.776 32	2432.775 34
Stand A	2343.493 42	2343.483 26	2343.403 59	2343.482 33	2343.479 35
Ritzingeralp A	2247.103 44	2247.184 28	2247.016 59	2247.182 33	2247.178 35
Mannliboden A	2452.646 45	2452.676 28	2452.561 58	2452.674 33	2452.669 35
Hölzlihorn A	2986.792 49	2986.837 30	2986.708 61	2986.835 35	2986.830 36
Räuft A	2275.863 51	2275.874 32	2275.786 59	2275.871 34	2275.864 35
Blindenhorn A	3373.978 59	3374.090 37	3373.909 60	3374.087 34	3374.077 36
Brudelhorn A	2791.062 53	2791.124 33	2790.990 56	2791.121 32	2791.111 33
Bettelmatthorn B	3043.108 62	3043.231 39	3043.048 56	3043.227 32	3043.214 33
Faulhorn (Gries) A	2787.724 61	2787.819 38	2787.664 54	2787.815 31	2787.802 32
Nufenenstock A	2865.840 62	2865.915 39	2865.784 53	2865.911 30	2865.896 31
P.Gallina A	3060.709 64	3060.767 40	3060.656 53	3060.762 30	3060.747 32
Pne. di Manio A	2924.586 68	2924.643 42	2924.540 51	2924.638 29	2924.620 30
San Giacomo B	2498.551 69	2498.610 43	2498.505 50	2498.604 29	2498.586 30
Basodino B	3273.221 77	3273.263 48	3273.178 60	3273.258 34	3273.239 36
P. dei Cavagnoli B	2836.820 71	2836.859 44	2836.779 50	2836.853 28	2836.834 30
Pne. di Rovino A	2964.291 73	2964.374 45	2964.251 50	2964.368 28	2964.348 30
Piano del Gheisc A	1897.973 78	1898.027 48	1897.944 45	1898.020 25	1897.997 27
Cristallina A	2911.973 75	2912.005 47	2911.937 48	2911.999 27	2911.978 29
Pne. di Braga B	2861.884 78	2861.903 49	2861.849 54	2861.897 31	2861.876 32
Fibbia A	2738.714 80	2738.801 49	2738.687 43	2738.794 24	2738.770 26
Pne. di Vespero A	2717.554 79	2717.570 49	2717.530 38	2717.563 22	2717.538 23
P. dil Corno A	2500.819 82	2500.827 51	2500.797 39	2500.820 22	2500.794 23
Airolo B	1169.520 83	1169.518 52	<u>1169.510</u> 0	<u>1169.510</u> 0	<u>1169.480</u> 0
Giubin A	2776.533 89	2776.591 55	2776.515 49	2776.584 28	2776.556 29

*Daube-Schynige Platte

**Sphinx-Konkordia

***Eigerwand-First

Tabelle 9

Höhenwinkelnetz Berner Oberland - Oberwallis - Bedrettotol

Punkt	Resultate										
	Höhen aus beob. Höhendifferenzen		Höhen		Geoid- erhebung	Lotabweichungen				Lotkrümmungen	
	Landes- vermessg. 1964	1953-	geo- idisch	ellips- oidisch	N	Oberflächenpunkt		Geoidpunkt		$\Delta\xi$	$\Delta\eta$
	m	m	m	m	m	ξ	η	ξ	η	cc	cc
Spiez-Bühl B	668.14	<u>668.14</u>	<u>668.14</u>	667.92	-0.22	<u>+42.3</u>	<u>- 3.6</u>	+40	- 4	+ 2	0
Niesen A	2362.35	2362.44	2362.43	2362.52	0.09	<u>+52.5</u>	<u>+ 9.1</u>	+46	+ 3	+ 6	+ 6
Niederhorn A	1949.76	1950.02	1949.93	1949.83	-0.10	<u>+11.4</u>	<u>-44.8</u>	+ 6	-33	+ 5	-12
Aeschiallmen A	1121.82	1121.90	1121.86	1122.03	0.17	<u>+65.7</u>	<u>-23.5</u>	+59	-20	+ 7	- 4
Engelalp A	1774.52	1774.62	1774.62	1775.06	0.44	+59	-46	+45	-39	+14	- 7
Dreispietz A	2520.05	2520.21	2520.24	2520.99	0.75	+36	-52	+33	-45	+ 3	- 7
Morgenberghorn A	2248.78	2248.91	2248.92	2249.56	0.64	<u>+72.2</u>	<u>-35.5</u>	+64	-33	+ 8	- 2
Därliggrat B	1815.80	1815.94	1815.90	1816.32	0.42	+78	-35	+66	-34	+12	- 1
Schwalmern A	2777.02	2777.20	2777.26	2778.29	1.03	+73	-39	+62	-28	+11	-11
Sulegg A	2413.0	2413.10	2413.10	2413.90	0.80	+86	-16	+74	-16	+12	0
Bietenhorn A	2756.3	2756.57	2756.63	2757.91	1.28	+69	+ 2	+61	- 4	+ 8	+ 6
Daube A	2076.32	2076.46	2076.43	2077.06	0.63	<u>+49.7</u>	<u>-52.5</u>	+47	-41	+ 3	-12
Schynige Platte A	2067.5	2067.54	2067.51	2068.17	0.66	<u>+36.4</u>	<u>-47.3</u>	+41	-41	- 5	- 6
Männlichen A	2342.6	2342.74	2342.76	2343.84	1.08	<u>+67.0</u>	<u>-51.7</u>	+59	-41	+ 8	-11
Lauberhorn A	2472.0	2472.12	2472.18	2473.55	1.37	<u>+67.0</u>	<u>-53.4</u>	+58	-41	+ 9	-12
Gürmschbühl A	1898.9	1898.94	1899.00	1900.46	1.46	+59	-57	+54	-39	+ 5	-18
Eigerwand B		2865.66	2865.88	2867.63	1.75	+140	-60	+80	-32	+60	-28
Burg A	2207.4	2207.36	2207.34	2208.33	0.99	+ 9	-44	+29	-39	-20	- 5
Faulhorn (Grwd.) A	2680.70	2680.92	2680.92	2681.83	0.91	<u>+55.6</u>	<u>-40.7</u>	+45	-36	+11	- 5
Schüssellauen A		1544.91	1544.97	1546.59	1.62	+107	-37	+63	-30	+44	- 7
Grindelwald A	1007.19	<u>1007.19</u>	<u>1007.19</u>	1008.72	1.53	<u>+68.2</u>	<u>-52.8</u>	+55	-39	+13	-14
Pfingstegg A	1392.5	1392.47	1392.50	1394.09	1.59	+76	-66	+50	-37	+26	-29
First A	2117.5	2117.52	2117.52	2118.78	1.26	+12	-31	+32	-32	-20	+ 1
Enge A		1726.66	1726.75	1728.33	1.58	+59	-78	+47	-32	+12	-46
Grosse Scheidegg A	2035.39	2035.77	2035.80	2037.23	1.43	<u>+68.5</u>	<u>-36.1</u>	+47	-23	+22	-13
Sphinx A	3569.04	3569.34	3569.51	3571.40	1.89	<u>+53.7</u>	<u>-42.9</u>	+43	-28	+11	-15
Jungfrau A	4158.19	4158.57	4158.73	4160.60	1.87	+38	-47	+34	-38	+ 4	- 9
Faulberg A	3242.59	3242.87	3243.13	3245.29	2.16	-12	- 6	+ 0	+ 8	-12	-14
Konkordia A	2819.80	2819.91	2820.18	2822.47	2.29	<u>-23.5</u>	<u>-29.6</u>	-10	-19	-14	-11
Dreieckhorn A	3810.70			3813.63							
Strahlgrat A	3183.92	3184.19	3184.37	<u>3186.54</u>	2.17	-51	- 3	-31	+ 0	-20	- 3
Olmenhorn A	3314.02	3314.34	3314.53	3316.66	2.13	-37	+30	-26	+15	-11	+15
Eggishorn A	2926.70	2926.93	2927.04	<u>2929.00</u>	1.96	<u>-35.6</u>	<u>+14.7</u>	-31	+ 8	- 5	+ 7
Fusshorn A	3626.86			3629.32							
Sparrhorn A	3020.88	3020.86	3021.04	3022.96	1.92	-47	+29	-35	+12	-12	+17

Tabelle 9 (Fortsetzung)

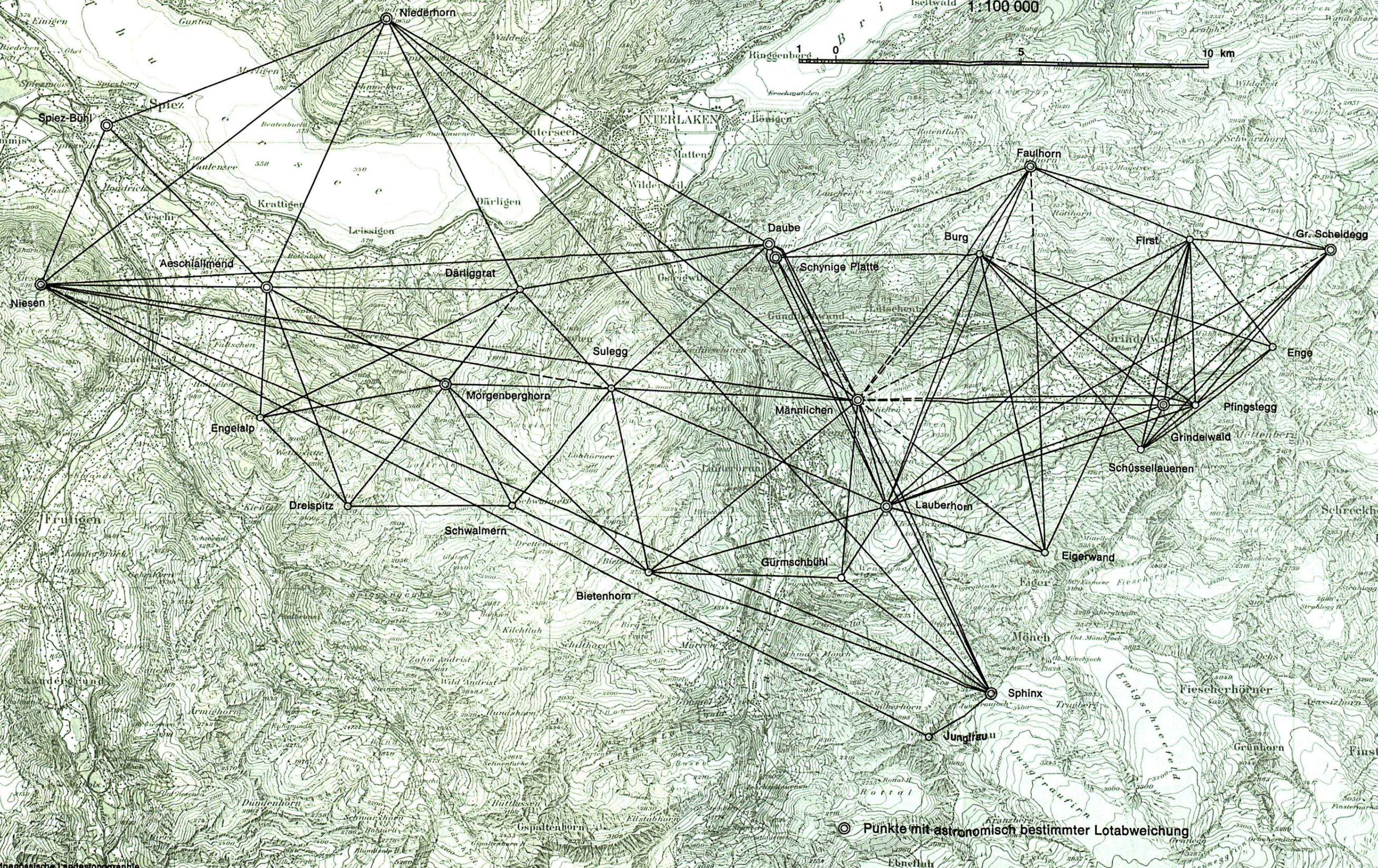
Punkt	Höhen aus beob. Höhendifferenzen		Höhen		Geoid- erhebung N	Lotabweichungen				Lotkrümmungen	
	Landes- vermessg. 1964	1953-	geo- idisch	ellips- oidisch		Oberflächenpunkt		Geoidpunkt		$\Delta\xi$	$\Delta\eta$
	m	m	m	m	ξ	η	ξ	η	cc		
Moosfluh A	2333.43	2333.46	2333.55	2335.32	1.77	-52	+14	-41	+13	-11	+1
Riederhorn A	2230.34	2230.34	2230.40	2232.05	1.65	<u>-47.5</u>	<u>+9.0</u>	-38	+7	-10	+2
Nessel A	1993.28	1993.23	1993.34	1994.87	1.53	-43	+46	-37	+15	-6	+31
Oberried A	1383.87	1383.90	1383.95	1385.46	1.51	<u>-57.4</u>	<u>+10.8</u>	-35	+4	-22	+7
Axpunkt Nord A	680.70	<u>680.70</u>	<u>680.70</u>	682.10	1.40	<u>-17.1</u>	<u>-14.0</u>	-15	-12	-2	-2
Rosswald A	2088.19	2088.38	2088.42	2089.93	1.51	<u>-3.7</u>	<u>-56.8</u>	+2	-35	-6	-22
Glishorn A	2469.10	2469.27	2469.34	2470.78	1.44	+61	-17	+36	-18	+25	+1
Bellwald A	1539.31	1539.35	1539.39	1541.29	1.90	<u>-35.8</u>	<u>-9.9</u>	-26	-8	-10	-2
Längsee A		2957.82	2958.01	2960.16	2.15	-48	+8	-29	+6	-19	+2
Richinen A	2432.58	2432.67	2432.78	2434.81	2.03	<u>-59.6</u>	<u>+14.8</u>	-31	+7	-29	+8
Stand A	2343.38	2343.40	2343.48	2345.42	1.94	+6	-42	-7	-22	+13	-20
Ritzingeralp A	2247.07	2247.02	2247.18	2249.30	2.12	-50	+37	-22	+17	-28	+20
Mannliboden A	2452.52	2452.56	2452.67	2454.73	2.06	+21	-32	+4	-16	+17	-16
Hölzlihorn A	2986.56	2986.71	2986.84	2988.86	2.02	-11	-29	-8	-16	-3	-13
Räuft A	2275.71	2275.79	2275.87	2277.95	2.08	<u>+27.6</u>	<u>-28.9</u>	+7	-11	+21	-18
Blindenhorn A	3373.84	3373.91	3374.09	3376.22	2.13	-3	-16	-6	-4	+3	-12
Brudelhorn A	2790.90	2790.99	2791.12	2793.23	2.11	+19	-24	+8	-10	+11	-14
Bettelmatthorn B	3042.96	3043.05	3043.23	3045.38	2.15	+2	+18	-0	+7	+2	+11
Faulhorn (Gries) A		2787.66	2787.82	2789.96	2.14	+22	+7	+10	+0	+12	+7
Nufenenstock A	2865.62	2865.78	2865.91	2868.06	2.15	<u>+5.6</u>	<u>-0.5</u>	+1	-4	+5	+4
P. Gallina A	3060.57	3060.66	3060.76	3062.88	2.12	+12	-6	+9	-8	+3	+2
Pne. di Manio A	2924.51	2924.54	2924.64	2926.77	2.13	-6	+6	-2	+7	-4	-1
San Giacomo B	2498.46	2498.50	2498.60	2500.72	2.12	<u>+7.7</u>	<u>+13.6</u>	-3	+10	+11	+4
Basodino B	3272.83	3273.18	3273.26	3275.22	1.96	<u>-26.7</u>	<u>+20.2</u>	-23	+17	-4	+3
P. dei Cavagnoli B	2836.72	2836.78	2836.85	2838.91	2.06	+2	+15	-5	+14	+7	+1
Pne. di Rovino A	gerutscht	2964.25	2964.37	2966.49	2.12	-19	+22	-4	+10	-15	+12
Piano del Gheisc A	gerutscht	1897.94	1898.02	1900.06	2.04	<u>-37.4</u>	<u>+28.0</u>	-9	+16	-28	+12
Cristallina A	2911.66	2911.94	2912.00	2913.98	1.98	-7	+12	-5	+10	-2	+2
Pne. di Braga B	2861.65	2861.85	2861.90	2863.80	1.90	-34	+9	-24	+12	-10	-3
Fibbia A	2738.75	2738.69	2738.79	2740.82	2.03	-17	+27	-6	+16	-11	+11
Pne. di Vespero A	2717.36	2717.53	2717.56	2719.50	1.94	+16	+10	+4	+13	+12	-3
P. dil Corno A	2500.59	2500.80	2500.82	2502.67	1.85	<u>-1.7</u>	+21	-3	+19	+1	+2
Airolo B	1169.51	<u>1169.51</u>	<u>1169.51</u>	1171.39	1.88	<u>-15.2</u>	<u>+12.3</u>	-11	+8	-4	+4
Giubin A	2776.36	2776.52	2776.58	2778.52	1.94	<u>-30.3</u>	+27	-13	+17	-17	+10

Beilagen

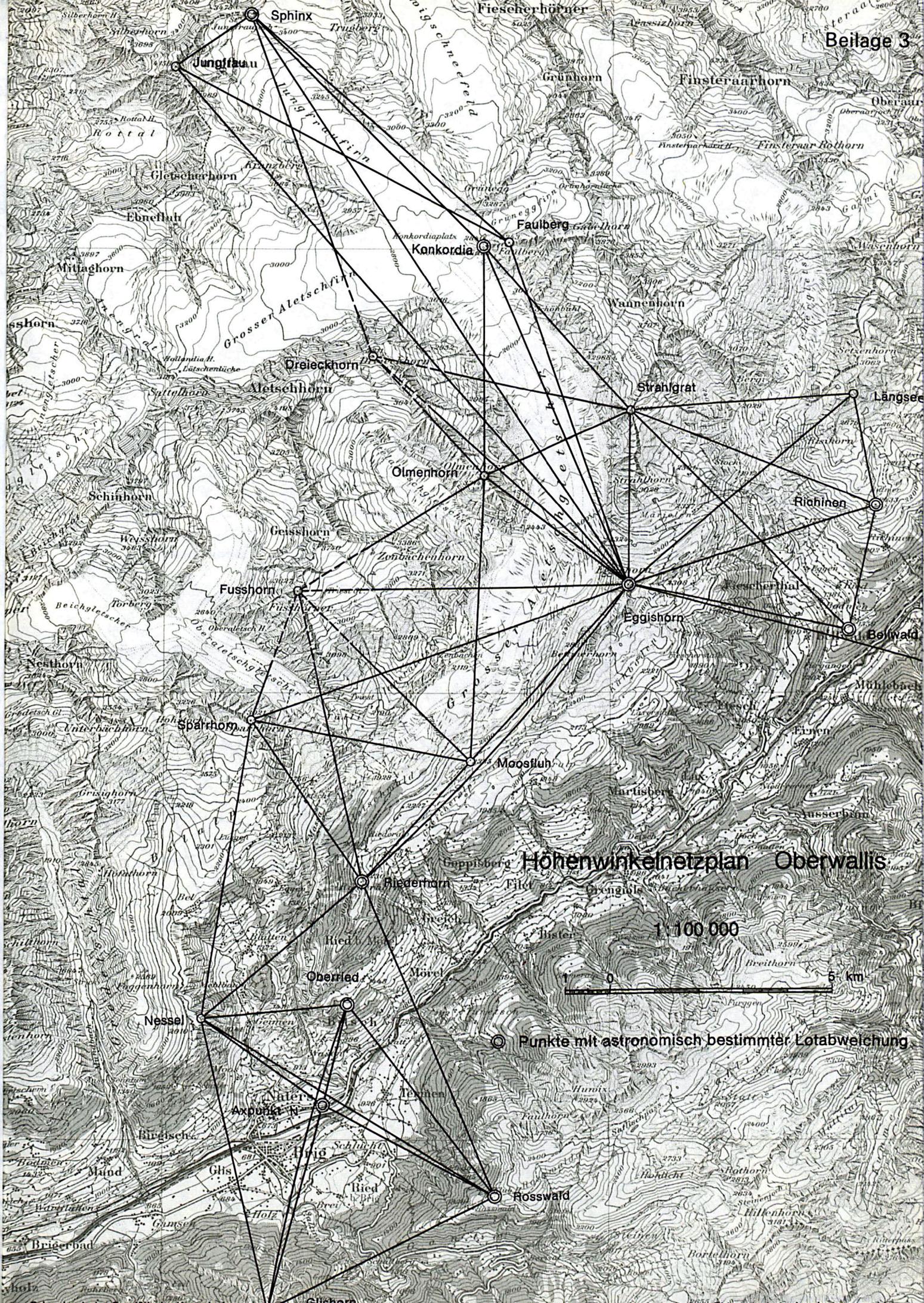


Höhenwinkelnetzplan Berner Oberland

1:100 000



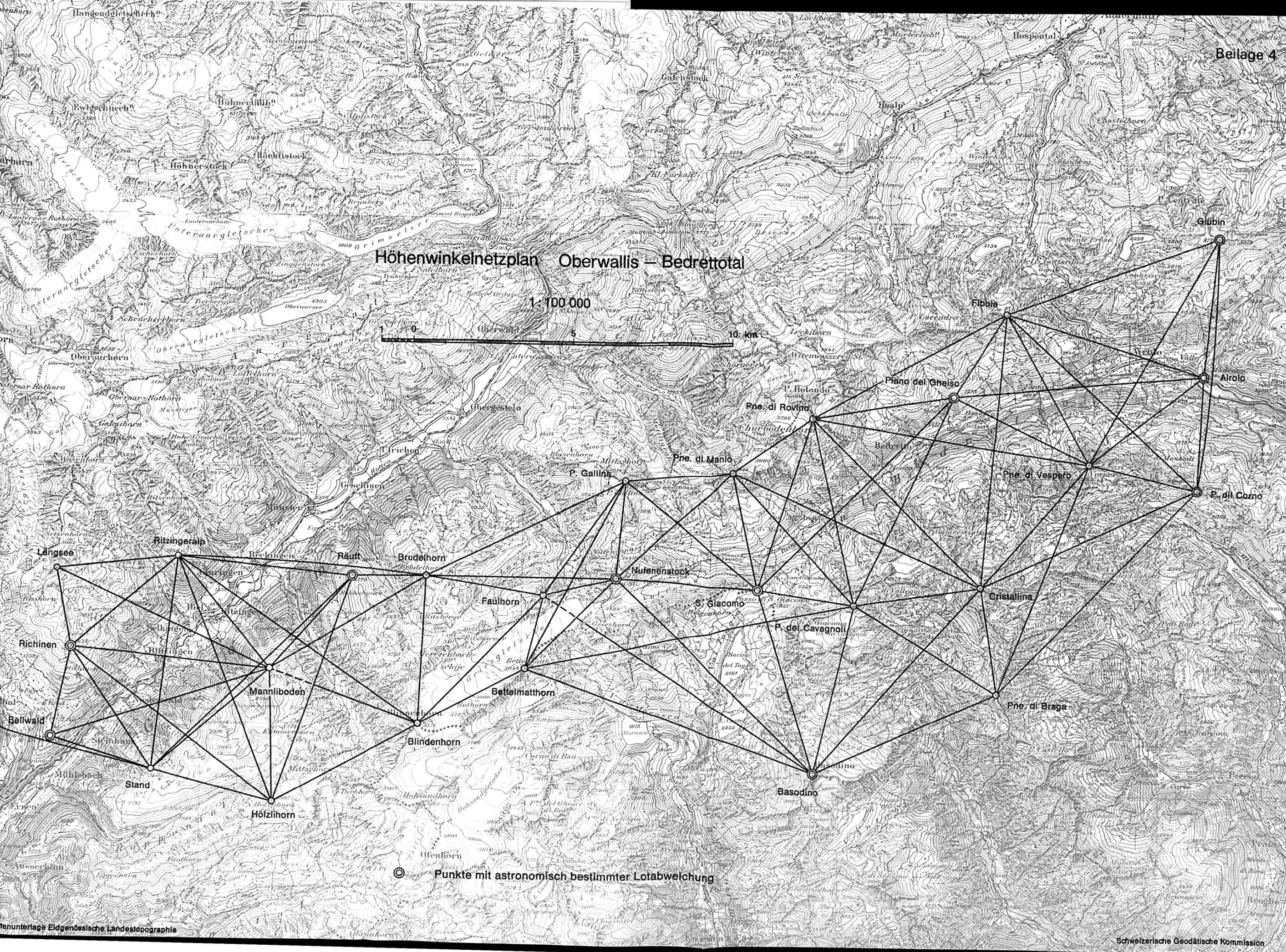
⊙ Punkte mit astronomisch bestimmter Lotabweichung



● Punkte mit astronomisch bestimmter Lotabweichung

Höhenwinkelnetzplan Oberwallis – Bedrettal

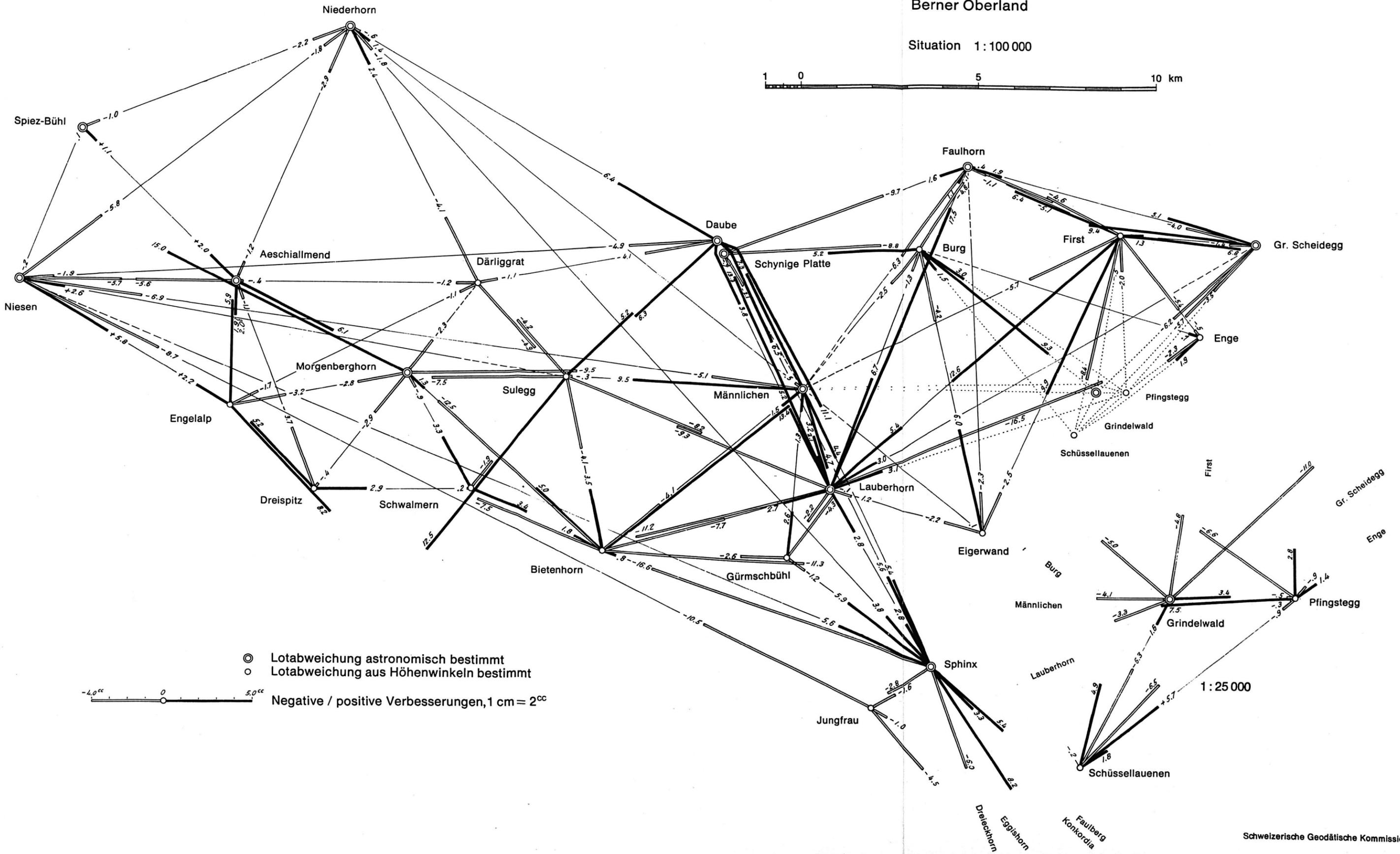
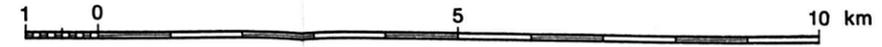
1:100 000



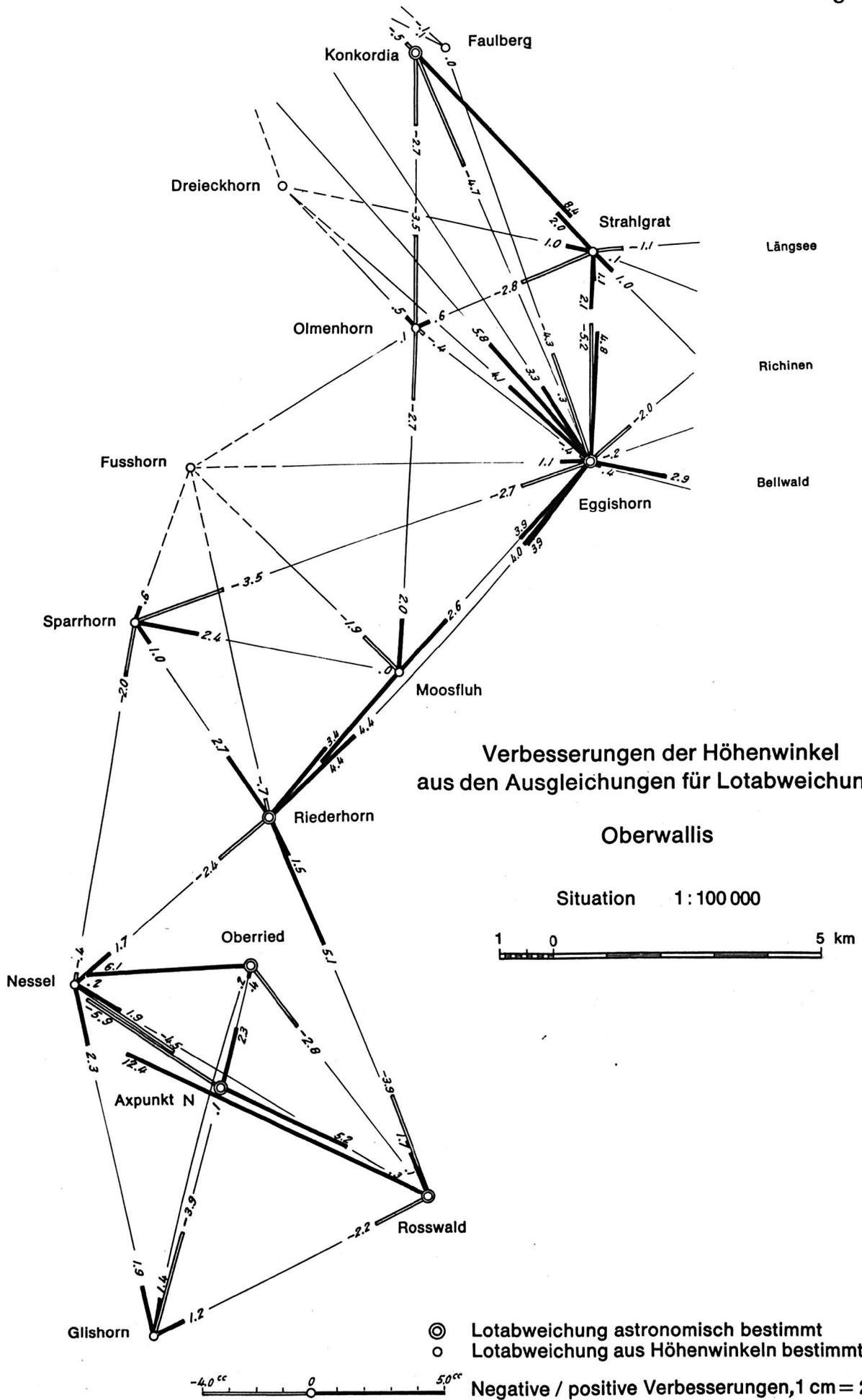
Verbesserungen der Höhenwinkel
aus den Ausgleichungen für Lotabweichungen

Berner Oberland

Situation 1 : 100 000



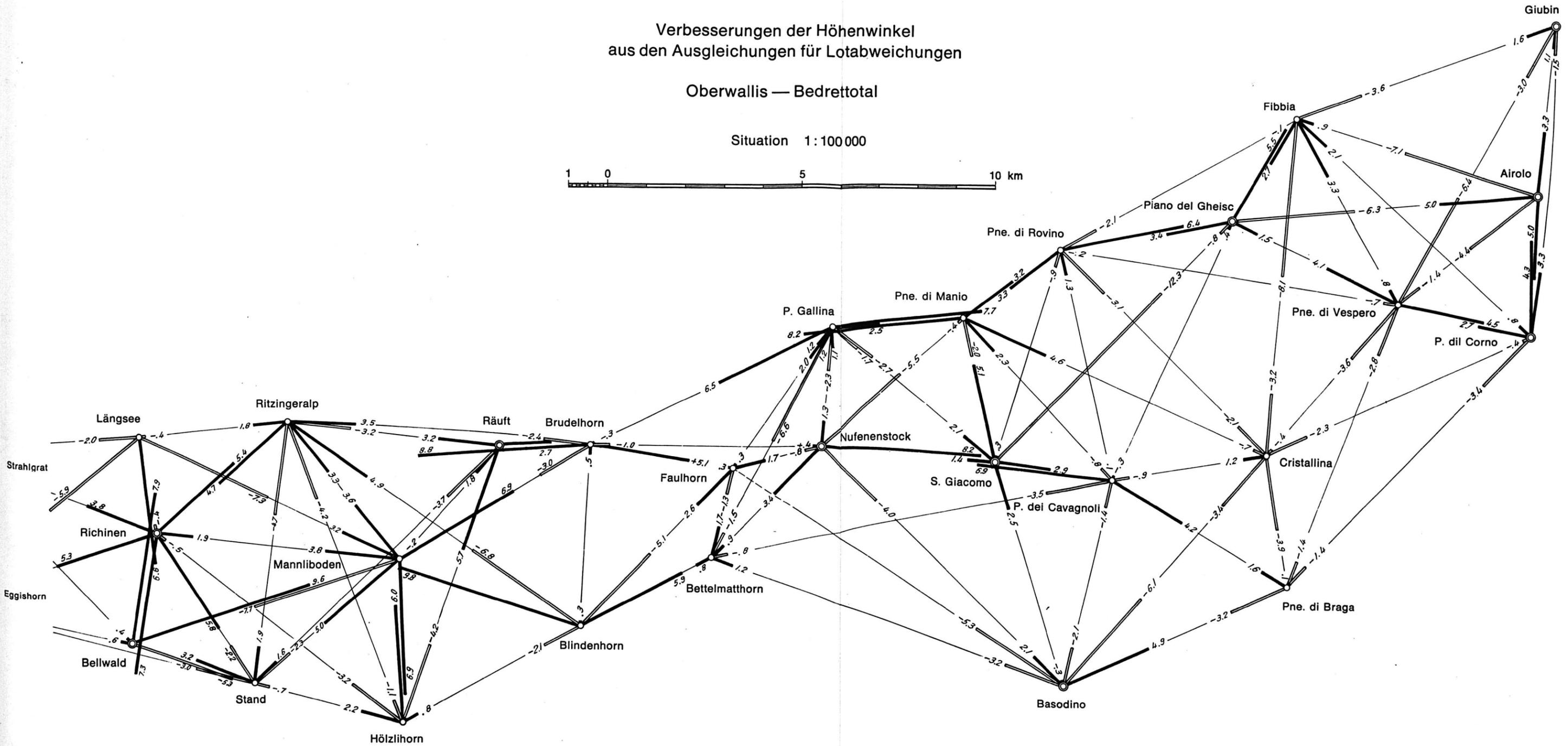
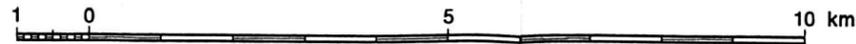
1 : 25 000



Verbesserungen der Höhenwinkel
aus den Ausgleichungen für Lotabweichungen

Oberwallis — Bedrettal

Situation 1:100 000

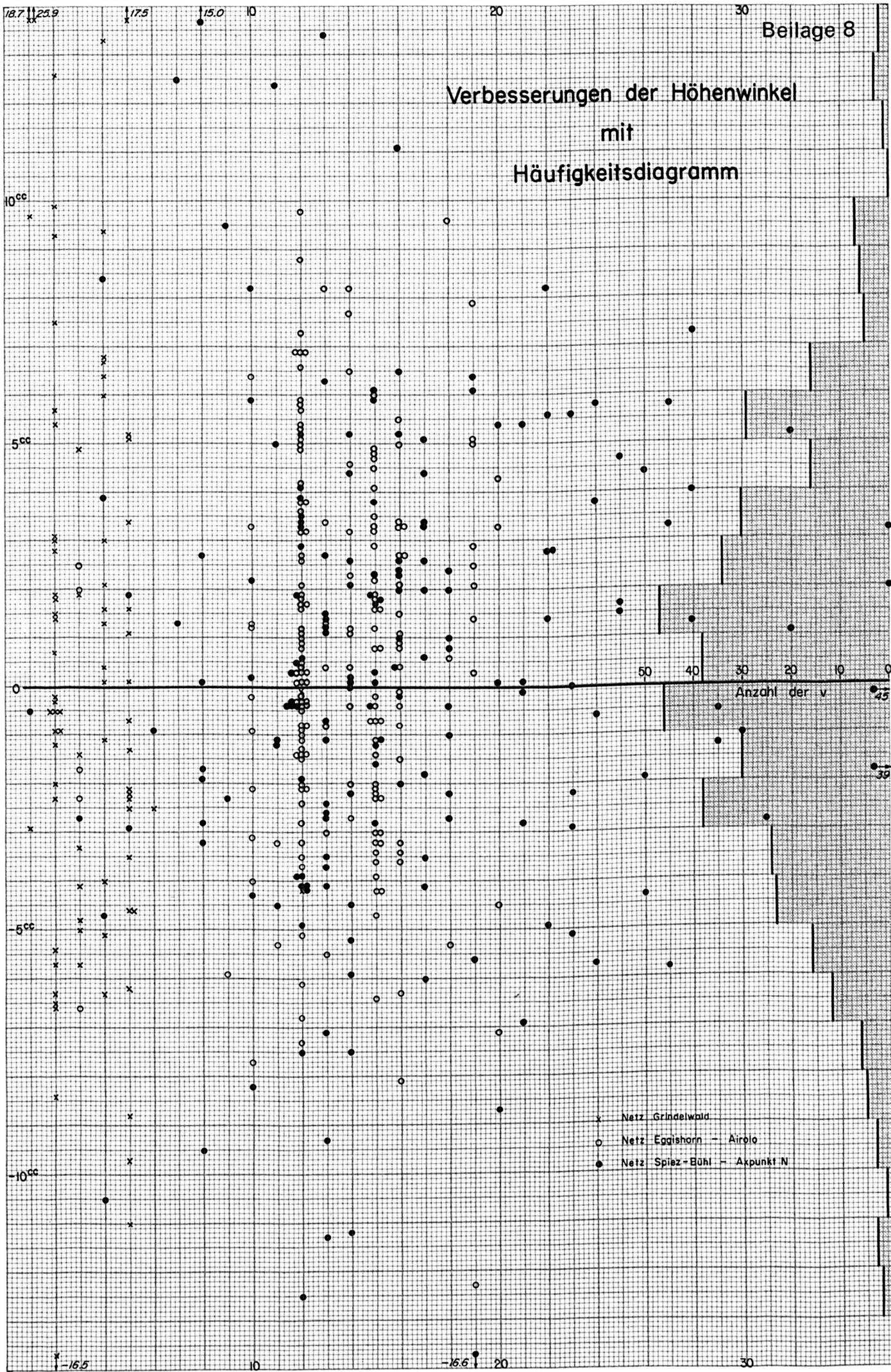


- ⊙ Lotabweichung astronomisch bestimmt
- Lotabweichung aus Höhenwinkeln bestimmt



Negative / positive Verbesserungen 1 cm = 2^{cc}

Verbesserungen der Höhenwinkel mit Häufigkeitsdiagramm



x Netz Grindelwald
o Netz Eggishorn - Airolo
• Netz Spiez - Bühl - Akpunkt N

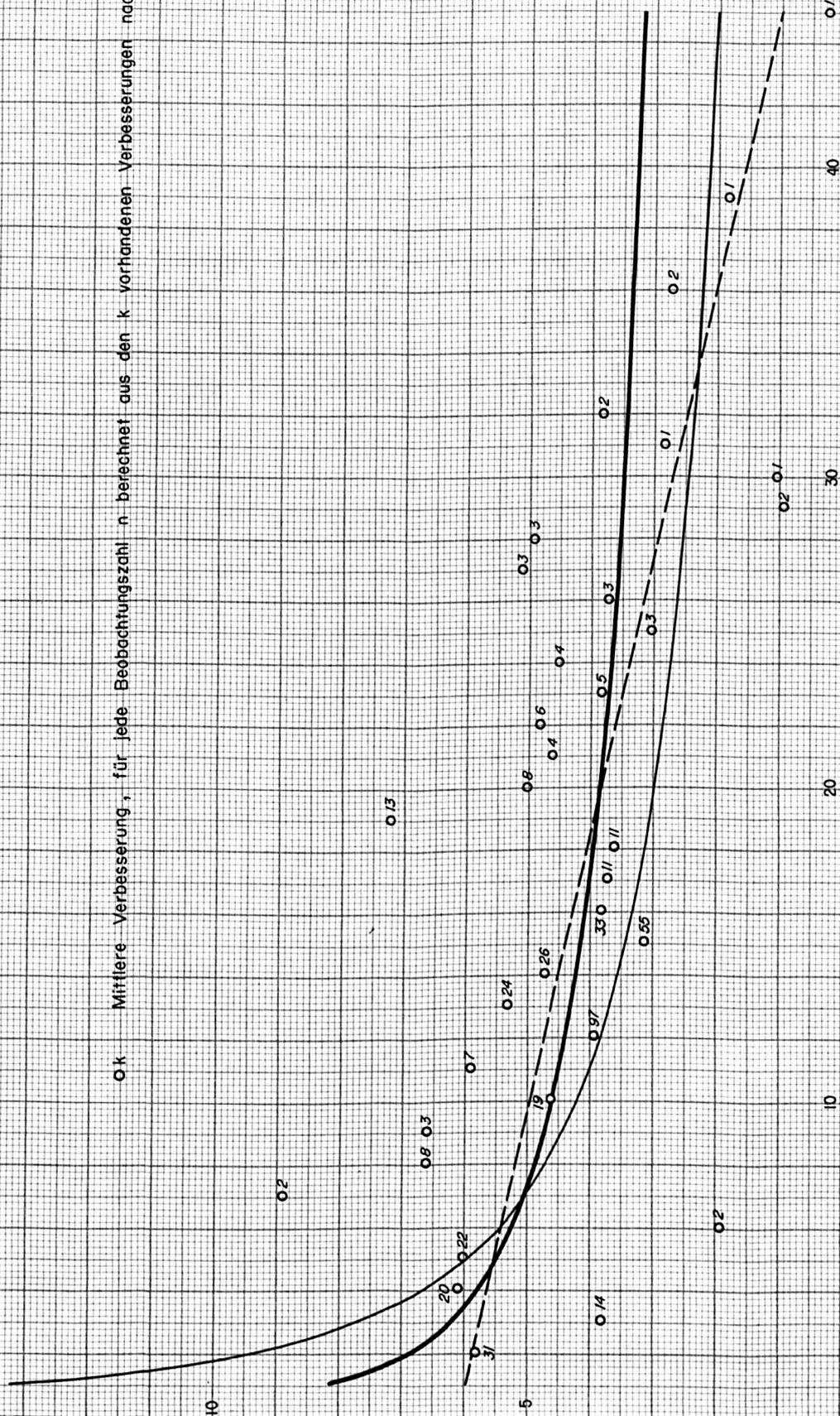
Gewichtsfunktion $P(n)$ der Höhenwinkel

$$\frac{\sum V^2}{k}$$

ok Mittlere Verbesserung, für jede Beobachtungszahl n berechnet aus den k vorhandenen Verbesserungen nach

15-05

Mittlere Verbesserungen



Kurven $m_{(n)} = \frac{m_e}{\sqrt{P(n)}}$

$m_e = 4.6$ $P_{(n)} = \sqrt{\frac{n}{10}}$

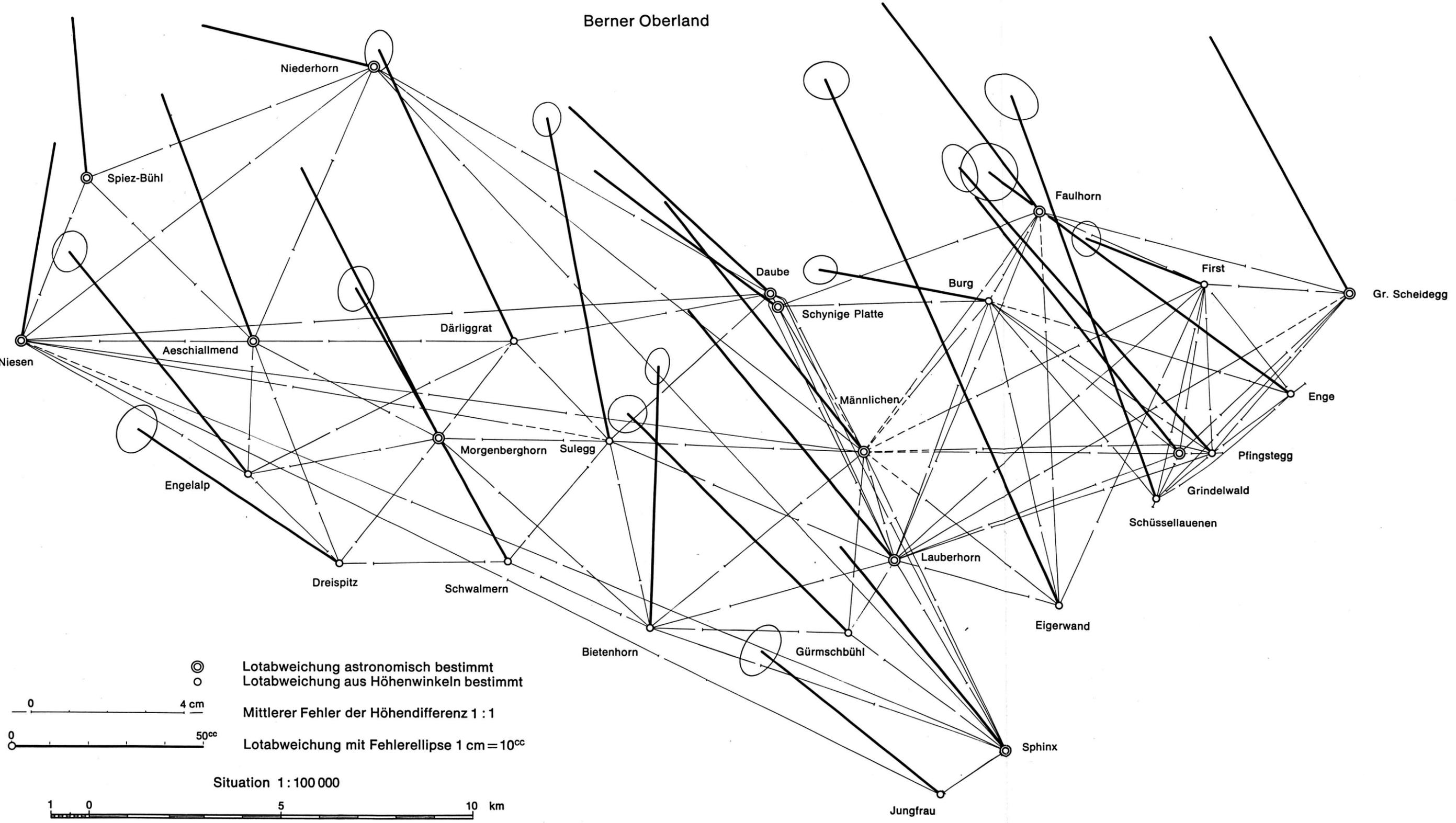
$m_e = 4.2$ $P_{(n)} = \frac{n}{10}$

Regressionsgerade

Beobachtungszahl n

Lotabweichungen mit Fehlerellipsen
und mittlere Fehler der Höhendifferenzen

Berner Oberland



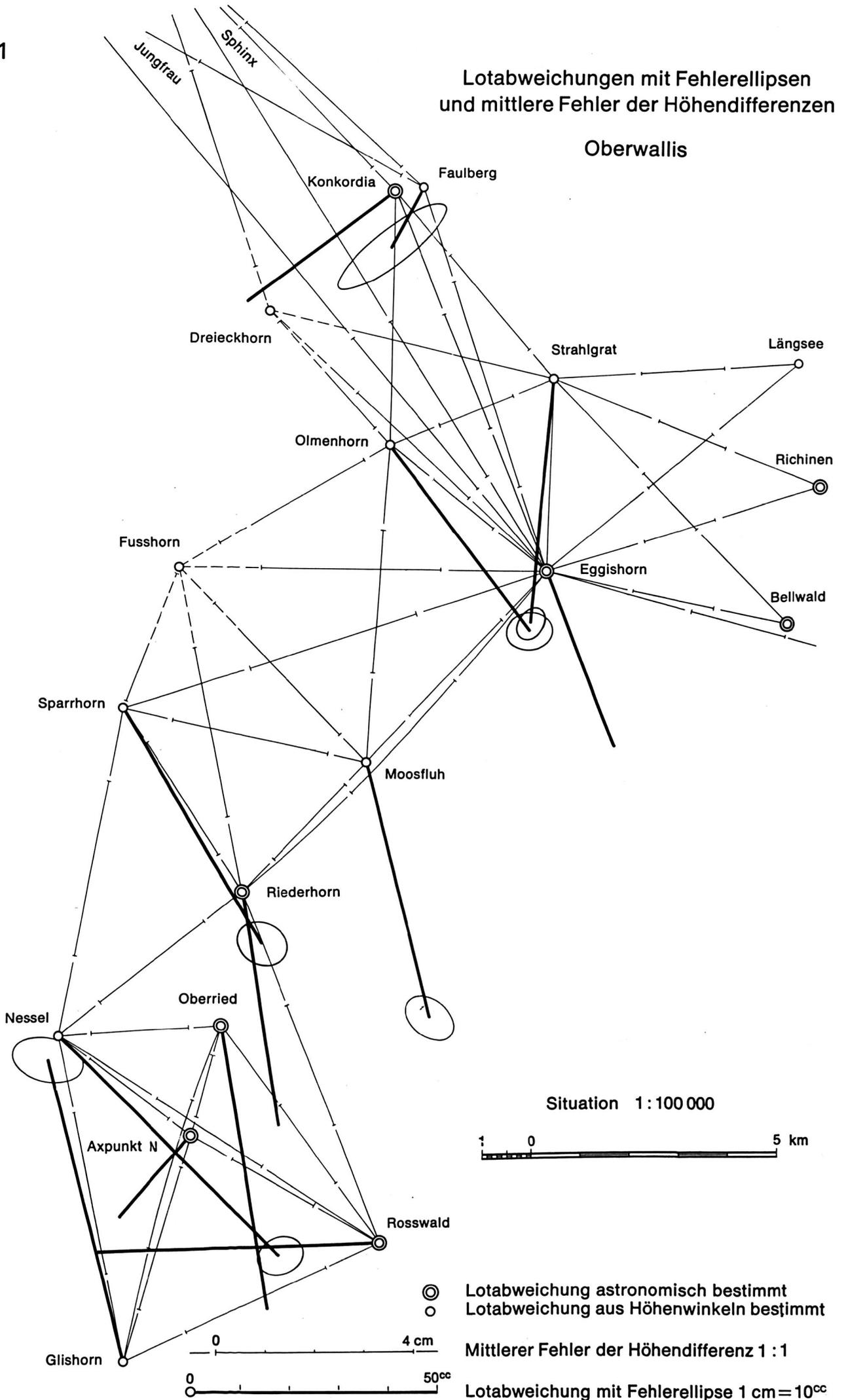
- ⊙ Lotabweichung astronomisch bestimmt
- Lotabweichung aus Höhenwinkeln bestimmt
- Mittlerer Fehler der Höhendifferenz 1 : 1
- Lotabweichung mit Fehlerellipse 1 cm = 10⁰⁰

Situation 1:100 000

1 0 5 10 km

Lotabweichungen mit Fehlerellipsen
und mittlere Fehler der Höhendifferenzen

Oberwallis



Situation 1 : 100 000



- ⊙ Lotabweichung astronomisch bestimmt
- Lotabweichung aus Höhenwinkeln bestimmt

Mittlerer Fehler der Höhendifferenz 1 : 1

Lotabweichung mit Fehlerellipse 1 cm = 10^{cc}

Lotabweichungen mit Fehlerellipsen
und mittlere Fehler der Höhendifferenzen

Oberwallis — Bedrettal

Situation 1:100 000

