

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES  
SCHWEIZ. NATURFORSCHENDE GESELLSCHAFT

---

PROCÈS-VERBAL

de la 116<sup>e</sup> séance de la

COMMISSION GÉODÉSIQUE  
SUISSE

tenue au Bernerhof à Berne  
le 23 mai 1970

avec des extraits des rapports sur l'activité de l'année 1969

---

PROTOKOLL

der 116. Sitzung der

SCHWEIZ. GEODÄTISCHEN  
KOMMISSION

vom 23. Mai 1970  
im Bernerhof in Bern

mit Auszügen aus den Berichten über die Tätigkeit im Jahre 1969

Spross + Co, Kloten  
1971

PROCÈS-VERBAL

de la 116<sup>e</sup> séance de la

COMMISSION GÉODÉSIQUE  
SUISSE

tenue au Bernerhof à Berne  
le 23 mai 1970

avec des extraits des rapports sur l'activité de l'année 1969

---

PROTOKOLL

der 116. Sitzung der

SCHWEIZ. GEODÄTISCHEN  
KOMMISSION

vom 23. Mai 1970  
im Bernerhof in Bern

mit Auszügen aus den Berichten über die Tätigkeit im Jahre 1969

116. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen  
Kommission am 23. Mai 1970 im Bernerhof  
in Bern

Anwesend sind die Mitglieder F. Kobold (Präsident), J. Bonanomi, R. Conzett, E. Huber, F. Jeanrichard, M. Schürer und die Mitarbeiter W. Fischer, H. Müller, N. Wunderlin.

Entschuldigt hat sich der Präsident der SNG, Herr Prof. Dr. P. Huber, sowie die Kommissionsmitglieder W.K. Bachmann, J.-P. Blaser, H. Kasper und M. Waldmeier.

Der Präsident eröffnet die Sitzung um 9.15 Uhr. Einleitend gedenkt er des am 25. Juli 1969 verstorbenen Mitgliedes der Kommission, Herrn Maurice de Raemy, Alt-Vizedirektor der Eidg. Landestopographie. Ferner gibt er bekannt, dass Herr Blaser seine Demission als Mitglied eingereicht hat. Herr Blaser betont in seinem Demissionsschreiben, dass es ihm nicht an Interesse für die Geodäsie fehle und dass er für spezielle Fragen nach wie vor zur Verfügung stehe, seine ausserordentlich starke Inanspruchnahme ihn jedoch zwingt, als Mitglied zurückzutreten.

Die Kommission nimmt die Demission zur Kenntnis; der Präsident wird Herrn Blaser seine Dienste verdanken.

Die folgende Traktandenliste wird ohne Diskussion genehmigt:

1. Bericht des Präsidenten über das Jahr 1969
2. Berichte der Ingenieure
  - 2.1 Prof. H. Müller: Ergebnisse von astronomischen Längen- und Breitenbestimmungen auf fünf Stationen im Bündnerland im Sommer 1969
  - 2.2 W. Fischer: Distomat-Messungen im Basisvergrößerungsnetz Aarberg
  - 2.3 W. Fischer: Versuchsmessungen mit dem AGA Laser-Geodimeter Modell 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung
  - 2.4 N. Wunderlin: Berechnungen im Höhennetz Heerbrugg
3. Arbeitsprogramm 1970

Adresses  
des membres de la Commission géodésique suisse

Président: M. le professeur F. Kobold, directeur de l'Institut de géodésie et photogrammétrie de l'Ecole polytechnique fédérale Zurich

Vice-président: M. le professeur M. Schürer, directeur de l'Institut astronomique de l'Université, Berne

Secrétaire: M. le professeur R. Conzett, Institut de géodésie et photogrammétrie de l'Ecole polytechnique fédérale Zurich

Trésorier: M. F. Jeanrichard, Service topographique fédéral, Wabern

M. le professeur W.-K. Bachmann, directeur de l'Institut de photogrammétrie de l'Ecole polytechnique fédérale Lausanne

M. le professeur J. Bonanomi, directeur de l'Observatoire cantonal, Neuchâtel

M. E. Huber, directeur du Service topographique fédéral, Wabern

M. le professeur H. Kasper, Institut de géodésie et photogrammétrie de l'Ecole polytechnique fédérale Zurich

M. le professeur M. Waldmeier, directeur de l'Observatoire fédéral, Zurich

La correspondance doit être adressée au président ou au secrétaire.

Les envois de publications sont à adresser à la Commission géodésique suisse, Ecole polytechnique fédérale Zurich, salle E 45, 8006 Zurich.

4. Delegation an die Generalversammlung der UGGI 1971 in Moskau
5. Abnahme der Rechnung für 1969
6. Budgets 1970 und 1971
7. Verschiedenes und Umfrage

#### 1. BERICHT DES PRAESIDENTEN UEBER DAS JAHR 1969

##### Personelles

Am 25. Juli 1969 verschied in Bern Herr Oberst Maurice de Raemy, dipl. Ing., Alt Vize-Direktor der Eidg. Landestopographie. Herr de Raemy gehörte der SGK seit dem Jahr 1943 als Mitglied an. Während vieler Jahre führte er das Quästorat der Kommission. Als erfahrener Ingenieur der Landestopographie interessierte sich Herr de Raemy hauptsächlich für die Fragen, die im Zusammenhang mit den geodätischen Grundlagen der schweizerischen Landesvermessung stehen. Seine Hinweise auf die Realisierung praktischer Arbeiten waren für die Kommission immer sehr wertvoll. Im Frühjahr 1969 trat Herr de Raemy als Mitglied der Kommission zurück. Die Kommission wird Herrn de Raemy ein ehrendes Andenken bewahren. An der Bestattung von Herrn de Raemy nahm Herr Schürer als Delegierter der Kommission teil.

Auf den 1. Juli 1969 trat Herr Roman Walliser, Techniker HTL, als Mitarbeiter der Kommission zurück. Als Nachfolger wurde Herr Dieter Schneider, Techniker HTL, angestellt.

An der Nachführung der Bibliothek der Kommission arbeitete vorübergehend Frau Marianne Spörri.

##### Arbeiten

Die meisten der im Jahre 1969 durchgeführten Arbeiten stehen in mehr oder weniger engem Zusammenhang mit der Neuausgleichung des europäischen Triangulationsnetzes (RETrig). Sie umfassen:

- Elektronische Distanzmessungen im Basisnetz Aarberg und in der Westschweiz; über diese Arbeiten liegt ein Bericht von Herrn Fischer vor.
- Elektronische Distanzmessungen mit dem Laser-Geodimeter: Nachdem im Ausland an einzelnen Orten mit dem neuen Laser-Geodimeter der Firma AGA, Stockholm, Versuche durchgeführt worden waren, die durchwegs befriedigten, gelangte der Kommissionspräsident an die Firma AGA mit dem Ersuchen, vorübergehend für Versuche der SGK ein Instrument zur Verfügung zu stellen. Die Firma trat auf unsern Wunsch ein, so dass im Herbst 1969 auf einzelnen Punkten des schweizerischen Landesnetzes Versuchsmessungen durchgeführt werden konnten. Ueber diese Versuche mit dem Laser-Geodimeter liegt ein Bericht von Herrn Fischer vor.
- Nachdem im Jahr 1959 die internationale Basis Heerbrugg beobachtet worden war, wurde 1965 vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ ein Höhenwinkelnetz, das sich vom Pfänder bis zum Säntis erstreckt, beobachtet. Ueber diese Beobachtungen und die dazugehörigen ersten Berechnungen, die provisorischen Charakter hatten, wurde früher berichtet.  
  
Um endgültige Resultate zu bekommen, wurde Herr Wunderlin beauftragt, das Netz erneut auszugleichen. Er sollte sowohl geoidische als auch ellipsoidische Höhen ermitteln. Mit Einwilligung des Präsidenten dehnte Herr Wunderlin seine Untersuchungen weiter aus, indem er versuchte, der Refraktion besser Rechnung zu tragen, als das bisher der Fall war. Die umfangreichen Arbeiten haben sich ohne Zweifel gelohnt, da die von Herrn Wunderlin entwickelten Verfahren höhere Genauigkeiten ergeben als die herkömmlichen. Ueber die Berechnungen des Höhennetzes Heerbrugg liegt ein Bericht von Herrn Wunderlin vor.
- Zur Bestimmung der Lage des Laplace-Punktes Weissfluh wurden von der Eidg. Landestopographie die Triangulationsarbeiten, die wegen schlechten Wetters im Jahre 1968 abgebrochen werden mussten, im Jahre 1969 zu Ende geführt.

Ausser den Arbeiten für das RETrig wurden astronomische Beobachtungen

durchgeführt. Diese Beobachtungen sollen dazu dienen, die Lotabweichungen von Triangulationspunkten und daraus das Geoid in der Schweiz zu bestimmen. Bisher fehlten Lotabweichungspunkte hauptsächlich im Kanton Graubünden. Es wurde daher im Jahr 1969 auf folgenden Punkten die Lotabweichung ermittelt: Chur, Martina, Sta. Maria, Poschiavo, Maloja. Ueber die Beobachtungen und Berechnungen liegt ein Bericht von Herrn Müller vor.

Als Publikationen der Schweiz. Geodätischen Kommission erschienen im Jahre 1969:

- das Procès-verbal, dem vom Sekretär der Kommission, Herrn Conzett, eine neue Form gegeben wurde.
- Band 28 der "Astronomisch-geodätischen Arbeiten in der Schweiz" Längen-, Azimut- und Breitenbestimmungen 1961-64, bearbeitet von Herrn Wunderlin.

#### Tagungen

Herr Kobold nahm als Vizepräsident der Internationalen Kommission für die Ausgleichung des Europäischen Triangulationsnetzes an Tagungen in Paris und München teil. Er übernahm an diesen Sitzungen zudem die Rolle des wissenschaftlichen Landesvertreters für die Schweiz. Ueber die Pariser Sitzung verfasste er einen kurzen Bericht, der den Kommissionsmitgliedern zugestellt wurde. An beiden Sitzungen vertrat Herr Jeanrichard die Eidg. Landestopographie.

Herr Schürer nahm an Sitzungen der Europäischen Kommission für Satellitenbeobachtungen in Paris und München teil.

Herr Conzett wurde an die Tagung nach Sofia, an der Methoden zur Auflösung grosser Gleichungssysteme und andere mathematische Verfahren behandelt wurden, delegiert.

Herr Fischer nahm an einem Symposium in Boulder, USA, über elektronische Distanzmessungen teil.

In der Diskussion über den Bericht des Präsidenten begrüsst die Kommission den Antrag Schürer, am Satellitenprojekt des Centre de recherche national, Paris, teilzunehmen. Sie beglückwünscht Herrn Schürer dazu, dass Zimmerwald als eine der wichtigsten Stationen von Mitteleuropa ins Netz aufgenommen worden ist.

Allgemein wird betont, dass es für die Schweiz notwendig ist, an den wichtigen internationalen Tagungen teilzunehmen.

## 2. BERICHTE DER INGENIEURE

Es entspricht langjähriger Gepflogenheit, dass in der Schweiz. Geodätischen Kommission für alle Berichte Referenten bestimmt werden. Im folgenden sind deshalb vorerst die von diesen Referenten verfassten Referate aufgeführt, bevor kurz auf die Diskussion eingetreten wird.

### 2.1 Astronomische Längen- und Breitenbestimmungen auf fünf Stationen im Bündnerland im Sommer 1969

Bericht von Herrn Prof. Dr. H. Müller (siehe Anhang 1)

Herr Schürer begrüsst in seinem Referat, dass mit diesen Bestimmungen eine Lücke unserer Kenntnisse der Lotabweichungen in der Schweiz geschlossen wurde und dass die alten Längenbestimmungen in Chur und Poschiavo nun doch noch eine nützliche Verwendung gefunden haben. Bei den Längenbestimmungen fällt auf, dass die Abendwerte der Uhrkorrekturen grössere Unterschiede zeigen, als nach den mittleren Fehlern der einzelnen Serien zu erwarten wäre. Es zeigt sich auch, dass in Martina und Sta. Maria die früheren von den späteren Serien im selben Sinne abweichen und dass in Poschiavo die beiden früheren Serien genügend übereinstimmen, die spätere jedoch davon wieder ziemlich stark abweicht. Es mag dies ein Zufall sein. Dasselbe Verhalten ist nun aber bei Zapfenfehlern zu erwarten, und es dürfte sich lohnen, der Erscheinung nachzugehen. Eine Abklärung könnte man schon aus dem Vergleich der Beobachtungen von jedem Stern erwarten. Die Breitenbestimmungen geben zu keinen Bemerkungen Anlass.

Die Arbeit, die nur drei Wochen in Anspruch nahm, ist zu verdanken und zu genehmigen.

In der Diskussion wird erwähnt, dass auch Prof. Ramsayer in Stuttgart die Auffassung vertritt, dass viele der unerklärlichen Restfehler von Zapfenfehlern der Instrumente herrühren. Erneut wird festgestellt, dass vor allem die mit Niveaux bestimmten Neigungen fragwürdig sind. Die Rückfrage bei den Schweizer Instrumentenfirmen, ob bessere konstruktive Lösungen zur Neigungsbestimmung zu erwarten sind, ergab keine neuen Anhaltspunkte.

Eine Neubestimmung des Geoides ist bei Herrn Elmiger in Arbeit; das Wallis hat aber noch sehr wenig Lotabweichungspunkte.

Die Arbeit wird verdankt und genehmigt.

## 2.2 Distomat-Messungen im Basisvergrößerungsnetz Aarberg

Bericht von Herrn Dipl. Ing. W. Fischer (siehe Anhang 2)

Herr Huber weist in seinem Referat darauf hin, dass die zu besprechenden Arbeiten der Jahre 1968/69 eine Fortsetzung der Messungen von Distanzen mit Mikrowellen sind, die seit 1963 im Triangulationsnetz 1. Ordnung vorgenommen werden.

Sowohl die Störungen durch den Televisionssender "Bantiger" als auch die Tatsache, dass die drei Strecken Rötifluh-Bantiger von 31 km, Rötifluh-Frienisberg von 24 km und Frienisberg-Kallnach mit 8 km Länge bei den Messungen des Jahres 1968 ungenügende Resultate ergaben, bestätigen die Unsicherheit dieser Messungen für die Kontrolle eines weitmaschigen Triangulationsnetzes 1. Ordnung.

Ein Vergleich mit den 1969 ausgeführten Messungen mit dem Laser-Geodimeter Modell 8 zeigt erneut, dass die Mikrowellenmessungen systematisch um ca.  $6 \cdot 10^{-6}$  kürzer sind als Geodimetermessungen.

Auffallend ist, wie die Distomat-Messung mit der aus der Triangulation gerechneten Distanz Vully-Chasseral im Widerspruch steht. Es tritt hier eine Differenz von 40-50 cm auf, die eine entsprechende Vermutung Dr. Zöllys aufgrund seiner Berechnungen aus dem Jahre 1915 bestätigt.

Da weitere Messungen mit dem Laser-Geodimeter in den Jahren 1970 und 1971 vorgesehen sind, wird erst später darüber entschieden werden können, in welcher Form die Distomat-Messungen 1963-1969 im RETrig ver-

wendet werden sollen.

In der Diskussion macht Herr Conzett darauf aufmerksam, dass die Verbesserungen eines Netzes im allgemeinen nicht direkt mit den mittleren Fehlern der Beobachtungen in Beziehung gesetzt werden dürfen. Herr Schürer fragt, ob nicht eine Additionskonstante eingeführt werden sollte, was Herr Fischer mit dem Hinweis auf die Eichungen verneint.

Die Arbeit wird verdankt und genehmigt.

## 2.3 Versuchsmessungen mit dem AGA Laser-Geodimeter Modell 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung

Bericht von Herrn Dipl. Ing. W. Fischer (siehe Anhang 3)

Herr Jeanrichard als Referent erläutert, dass das Programm der Versuchsmessungen so aufgestellt wurde, dass die Stationswechsel rasch vor sich gehen konnten. In der kurzen Zeit, in der das Geodimeter Modell 8 zur Verfügung stand, erhielt man so ein Maximum an Informationen über die Einsatzmöglichkeiten und die Präzision des Instrumentes.

Die Analyse der 10 Seiten des Triangulationsnetzes, die eine Länge zwischen 10 und 60 km haben, bestätigt die Angaben der Firma AGA über die innere Präzision des Instrumentes. Die Abweichungen der Frequenz gegenüber ihrem theoretischen Wert sind in der Größenordnung von  $\pm 0.5 \cdot 10^{-6}$ .

Die mit dem Geodimeter gemessenen Distanzen sind um  $1 \cdot 10^{-6}$  bis  $8 \cdot 10^{-6}$  länger als die mit dem Distomat DI 50 gemessenen. Dies bestätigt die Erfahrungen, die während der Messungen der Seite Mottarone-Campo dei Fiori gemacht wurden; dort betrug die Differenz  $5.7 \cdot 10^{-6}$  (siehe Procès-verbal der 115. Sitzung der Schweiz. Geodätischen Kommission).

Der Vergleich zwischen den Geodimeter-Messungen und den berechneten Distanzen aus der Triangulation kann keine endgültige Auskunft über die äussere Präzision des Instrumentes geben.

Die Seiten des Basis-Vergrößerungsnetzes Aarberg, von der Originallänge der Basis aus gerechnet, sind länger als die Geodimeter-Messungen. Im Basis-Vergrößerungsnetz Heerbrugg ist die einzige vergleichbare Seite

Säntis-St. Anton-Ost kürzer. In den beiden Fällen ist die Differenz  $5 \cdot 10^{-6}$ . Diese Abweichungen mit verschiedenen Vorzeichen erfordern vertiefere Studien.

Der Referent dankt Herrn Fischer für den Bericht, welcher interessante und notwendige Angaben im Hinblick auf den Ankauf des Geodimeters Modell 8 brachte.

Auch der Präsident hebt hervor, dass dank guter Organisation innert kurzer Zeit viele aufschlussreiche Messungen durchgeführt werden konnten.

Der Bericht wird verdankt und genehmigt.

#### 2.4 Berechnungen im Höhennetz Heerbrugg

Bericht von Herrn Dipl. Ing. N. Wunderlin (siehe Anhang 4)

Herr Konzett referiert:

Der Bericht geht davon aus, dass zur Verwendung einer Basis eines Triangulationsnetzes auch die Bestimmung der Höhen gehört, insbesondere wenn es um die dreidimensionale Lagebestimmung geht. Die Höhenbestimmung muss dann mit gleicher Genauigkeit wie die Lagebestimmung erfolgen, was durch die Gebrauchshöhen nicht gewährleistet ist. Weil es sich um eine geometrische Beziehung handelt, sind ellipsoidische Höhen zweckentsprechend.

Für solche Höhenbestimmungen kommen in erster Linie Höhenwinkelmessungen in Frage. Deshalb steht die atmosphärische Refraktion bei der Höhenwinkel-messung im Mittelpunkt des Berichtes.

Herr Wunderlin hat schon vor zwei Jahren über eigene Untersuchungen und Berechnungen von Refraktionswinkeln berichtet. Diese Untersuchungen werden nun im Höhennetz Heerbrugg benützt und die sich daraus ergebenden Korrekturen untersucht.

Mit Hilfe eines ALGOL-Programmes werden nach dem erwähnten Verfahren Refraktionswinkel berechnet. Wesentlich ist dabei, dass das theoretisch ermittelte Temperaturfeld an einen durch Sonden gemessenen Temperaturverlauf angeglichen werden kann. Obwohl für die vorliegende Arbeit ein für die Gegend von Payerne gerechnetes Temperaturfeld an die nur dort vorliegenden Sondenmessungen angepasst und die Korrektionskurve dann in den Raum Heerbrugg übertragen wurde, ergab sich - aus den Höhenausgleichungen

beurteilt - eine spürbare Verbesserung der Refraktionswinkel.

Nachdem diese Refraktionskorrekturen an den einzelnen Höhenwinkeln berücksichtigt sind, wird vorerst festgestellt, dass sich die berechneten Streuungen für die einzelnen Visuren gegenüber dem entsprechenden Mittelwert nicht wesentlich verkleinern. Der kurzfristige Wechsel der Refraktion kann mit dem Verfahren offenbar nicht genügend gut erfasst werden.

Hingegen werden nun Netzausgleichungen mit und ohne individuelle Korrektion einander gegenübergestellt. Dabei kommen zwei verschiedene Modelle zur Anwendung. Einmal werden als abgeleitete Beobachtungen die aus Hin- und Rückmessung gemittelten Höhendifferenzen genommen. In einer Variante werden auch die Lotkrümmungen berücksichtigt. Die erhaltenen Höhen sind genähert geoidisch. Ein zweites Modell verbindet die gemessenen Höhenwinkel - korrigiert um errechnete oder unbekannte Lotabweichungskomponenten - mit den Höhen. Dies ergibt ellipsoidische Höhen.

Bei beiden Modellen werden je drei verschiedene Gewichtsannahmen eingeführt. Eine erste berücksichtigt die Anzahl der Messungen; eine zweite geht von den aus den Messungen abgeleiteten mittleren Fehlern der Visuren aus, während eine dritte Annahme das Gewicht proportional zum mittleren Bodenabstand der stationsnäheren Hälfte der Visur und umgekehrt proportional zur Visurlänge setzt.

So ergeben sich bereits sechs Modellvarianten. Alle sechs Varianten sind nun durchgerechnet für

- a) beobachtete Höhenwinkel mit normaler Refraktionskorrektur
- b) beobachtete Höhenwinkel mit der individuellen Korrektur

Zusammengefasst ergeben sich folgende Resultate:

Durch die individuellen Korrekturen reduzieren sich die mittleren Fehler aus der Ausgleichung von minimal 5% bis zu maximal 27%. Das Modell mit ellipsoidischen Höhen schneidet eindeutig besser ab. Die Gewichtsannahme, welche von der gemessenen Streuung ausgeht, ergibt die grösste Reduktion des mittleren Fehlers. Die Unterschiede zwischen den ellipsoidischen und geoidischen Höhen passen gut zu den im Parallelkreis von Zürich gefundenen Werten der Geoiderhebungen.

Das Studium der Arbeit ist ausserordentlich anregend. Natürlich ergeben sich neben Fragen und Vorschlägen auch einige kritische Bemerkungen:

1. Vorerst fragt man unwillkürlich nach den Schlussfolgerungen, die sich aus der Arbeit ergeben, oder genauer, nach den Schlussfolgerungen, die der Verfasser aus seiner Arbeit zieht. Ist das Ziel erreicht, das man sich setzte? Schlägt er vor, in Zukunft für solche Netze Refraktionswinkel zu errechnen?
2. Es wäre interessant zu versuchen, die mittleren Fehler und Korrelationen der ermittelten Geoiderhebungen zu errechnen; es liegt hier ein besonderes, etwas ungewöhnliches Ausgleichungsproblem vor: es werden entsprechende Grössen - die Höhen bestimmter Punkte - nach zwei verschiedenen Ausgleichungsmodellen gerechnet. Welches ist der mittlere Fehler der Differenz?
3. Es sollte - vielleicht durch Netzverdichtung oder auf andere Weise - versucht werden, bessere Vergleichswerte für die ellipsoidischen Höhen zu ermitteln, um die Refraktionstheorie noch wirksamer verifizieren zu können.
4. Zur Ausgleichungstechnik sind noch einige Bemerkungen zu machen. Es wäre vorzuziehen, wenn man bei den Gewichtsannahmen konsequent von mittleren Fehlern a priori ausginge; bei der Diskussion der Verbesserungen sollten die mittleren Fehler dieser Verbesserungen herangezogen werden. Auch wären Studien, wie sie etwa Prof. Höpcke angeregt hat, um die Korrelationen von gemessenen Höhenwinkeln zu erfassen, interessant.

Herr Wunderlin ist zu dieser gründlichen Arbeit zu beglückwünschen; die ergänzenden Bemerkungen haben den Zweck, die Fortsetzung dieser oder ähnlicher Untersuchungen anzuregen.

In der Diskussion gibt Herr Wunderlin einige zusätzliche Erklärungen zur Berechnung der Refraktion. Herr Jeanrichard möchte untersuchen, ob sich entsprechende Refraktionen für das Nivellement rechnen liessen. Es soll versucht werden, Laser-Strahlen direkt auszumessen.

Der Bericht wird verdankt und genehmigt.

Herr Fischer teilt mit, dass er in den letzten Tagen einen Bericht über die Ausgleichung des Kontrollnetzes über das schweizerische Schwerenetz fertiggestellt und verteilt habe. - Eine Diskussion desselben ist noch nicht möglich.

### 3. ARBEITSPROGRAMM 1970

Der Präsident legt ein schriftlich formuliertes Arbeitsprogramm vor.

Im Bericht über das Symposium für das RETrig und für das Netz der europäischen Stationen zur Beobachtung künstlicher Satelliten wurde mitgeteilt, dass im Jahr 1970 von allen beteiligten Ländern die zur Verbindung der verschiedenen Satellitenbeobachtungsstationen nötigen Messungen und Berechnungen fortgesetzt und nach Möglichkeit beendet werden sollten.

Für die Schweiz ergibt sich daraus die Aufgabe, den deutschen Punkt Feldberg mit der Station Zimmerwald zu verbinden, um die Beobachtungsstationen Strassburg und Karlsruhe, die an Feldberg angeschlossen werden, mit der schweizerischen Station Zimmerwald in Zusammenhang zu bringen. Als minimale Lösung wäre eine Traverse Feldberg-Wisenberg-Rötifluh-Gurten-Zimmerwald mit Distanz- und astronomischen Messungen auf den Punkten Wisenberg und Rötifluh nötig. Da an den Sitzungen von Paris und München empfohlen wurde, nicht nur eine Traverse zu messen, sondern wenn möglich eine Kette zu bearbeiten, und da zwischen Wisenberg und Gurten gute und auf den übrigen Punkten ältere, jedoch ebenfalls brauchbare Winkelmessungen vorhanden sind, wird vorgeschlagen, ein Netz zu beobachten und zu berechnen.

Für die elektronischen Distanzmessungen kommt gemäss Empfehlungen der Internationalen Kommission in erster Linie das Laser-Geodimeter in Frage. Ein solches Gerät wurde für die Schweiz angeschafft, wobei die SGK und die ETH je die Hälfte der Kosten übernahmen. Erste Beobachtungen fanden im Herbst 1969 statt, weitere sind seit einigen Wochen im Gange.

Für die astronomischen Beobachtungen auf Wisenberg und Rötifluh werden zwei Beobachtungsgruppen gebildet, die gleichzeitig auf den beiden Punkten Breiten-, Längen- und Azimutbeobachtungen durchzuführen haben. Auf Wisenberg sind die Azimute nach Feldberg und nach Rötifluh, auf Rötifluh

nach Wisenberg und Gurten zu messen. Winkelmessungen sind, wie bereits erwähnt, nicht vorgesehen.

Die Arbeiten an dieser Traverse bilden den Hauptteil der im Jahre 1970 zu lösenden Aufgaben.

Da uns im Laser-Geodimeter ein Gerät zur Verfügung steht, das höhere Genauigkeiten liefert als die bisher verwendeten elektronischen Distanzmessgeräte, ist vorgesehen, in den Basisnetzen von Aarberg und Heerbrugg sowie im Netz erster Ordnung neue Messungen durchzuführen. Sie werden unter anderem zeigen, ob weitere, mit dem Distomat gemessene Seiten nochmals mit dem Laser-Geodimeter nachgemessen werden müssen. Sie werden aber auch Anhaltspunkte darüber geben, wie bei der Nachmessung des Tessiner Basisnetzes, das zufolge seines gebirgigen Charakters Schwierigkeiten bereitet, im Jahre 1971 vorgegangen werden muss.

Als Dringlichkeit der einzelnen Arbeiten wird vorgeschlagen:

1. die erweiterte Traverse Feldberg-Zimmerwald
2. Basisnetz Aarberg
3. Ergänzungsmessungen im Netz erster Ordnung
4. Basisnetz Heerbrugg.

In der anschliessenden Diskussion fragt Herr Huber, warum die Distanz Lägern-Feldberg nicht in die Traverse einbezogen sei. Die Erklärung: der Beobachtungsturm auf Lägern ist abgebrochen worden. Herr Schürer wünscht, dass die Sternwarte Zimmerwald an das Netz erster Ordnung, an das Nivellement und an das Schwerenetz angeschlossen werde. Diesem Wunsch soll im Arbeitsprogramm entsprochen werden.

Die Messungen im Basisnetz Heerbrugg werden als weniger dringlich betrachtet.

Eine längere Diskussion ergibt sich über die Anregung von Herrn Schürer, für die Lotabweichungsmessungen die Zinger-Methode mit dem T4 anzuwenden. Bisherige Erfahrungen mit dieser Methode beziehen sich nur auf den DKM3. Der Nachteil der umfangreichen Vorbereitungen fällt heute wegen des Computereinsatzes nicht mehr ins Gewicht. Auf das windempfindliche Horrebow-Niveau könnte bei Höhenwinkelmessungen verzichtet werden. Ob sich der T4

für dieses Verfahren eignet, ist umstritten.

Es wird beschlossen, entsprechende Versuche durchzuführen, ohne aber den Abschluss der für den Sommer 1970 vorgesehenen Beobachtungen dadurch in Frage zu stellen.

#### 4. DELEGATION AN DIE GENERALVERSAMMLUNG DER UGGI 1971 IN MOSKAU

Nach kurzer Diskussion wird beschlossen, als schweizerische Teilnehmer die Herren Kobold, Schürer, Huber, Jeanrichard, Wunderlin, Fischer und Konzett anzumelden.

Allerdings setzt dies voraus, dass der Kongress im wesentlichen in der bisherigen Art durchgeführt wird.

Der Präsident wird das mit dem Generalsekretär der Assoziation abklären und auch fragen, ob ein Landesbericht abgefasst werden müsse.

#### 5. ABNAHME DER RECHNUNG FUER 1969

Nach einigen Erklärungen durch Herrn Jeanrichard werden die Betriebsrechnung und die Vermögensrechnung ohne Diskussion genehmigt und die Arbeit des Quästors verdankt.

#### 6. BUDGETS 1970 UND 1971

Die Unterlagen wurden den Mitgliedern schriftlich unterbreitet und vorbesprochen. Der bereinigte Voranschlag 1970 und der Voranschlag 1971 werden einstimmig genehmigt.

#### 7. VERSCHIEDENES UND UMFRAGE

Als erstes unterbreitet der Präsident den Mitgliedern den Vorschlag von Herrn Waldmeier, die nächste Sitzung in Zürich abzuhalten. Es werden keine

Einwände erhoben.

Der Tod von Herrn de Raemy und der Rücktritt der Herren Gassmann und Blaser haben den Mitgliederbestand der Kommission stark reduziert. Es wird angeregt und beschlossen, eine stärkere Vertretung der EPF Lausanne in die Wege zu leiten.

In der UGGI wird über eine Statutenrevision diskutiert. Allfällige Auswirkungen auf die Assoziation für Geodäsie müssten allenfalls in einer ausserordentlichen Sitzung der SGK besprochen werden.

Die ersten Hefte über die Basis Heerbrugg werden im Jahre 1970 herauskommen.

Der Präsident schliesst die Sitzung um 12.45 Uhr.

#### Anhang 1

Auszug aus dem Bericht von Herrn Prof. Dr. H. Müller über:

#### Astronomische Längen- und Breitenbestimmungen auf fünf Stationen im Bündnerland im Sommer 1969

##### Allgemeines über die Beobachtungen

Gemäss Beschluss der Schweizerischen Geodätischen Kommission sollen im Bündnerland auf einer Anzahl von Stationen astronomische Längen- und Breitenbestimmungen durchgeführt werden, um hier einige Stützpunkte für die Berechnung von Lotabweichungen aus Massen zu erhalten, was deshalb von Bedeutung ist, weil in diesem Gebiet bisher fast keine Lotabweichungsbestimmungen vorhanden sind. Die Stationen werden zweckmässig so ausgesucht, dass sie den in Frage kommenden Bereich ziemlich gleichförmig überdecken, wobei auch einige möglichst nahe an den Landesgrenzen liegen sollen. Nach diesen Gesichtspunkten wurden für den Sommer 1969 im östlichen und südlichen Teil von Graubünden die Stationen Chur, Martina, Sta. Maria im Münstertal, Maloja und Poschiavo ausgewählt.

In Chur und in Poschiavo sind 1919 und 1921 von E. Brunner und Dr. E. Hunziker die Längen sehr sorgfältig mit dem Durchgangsinstrument unter Anschluss an Zürich und Genf bestimmt worden, was den Vorteil bietet, dass man diese beiden Punkte jetzt als Referenzstationen benutzen kann. Der damals in Chur errichtete Pfeiler ist allerdings heute nicht mehr vorhanden; über seinen Platz führt eine Strasse auf dem Zeughausgelände. Die diesjährigen Beobachtungen wurden 61.45 m davon entfernt auf betoniertem Untergrund durchgeführt; der Standort ist im Anschluss an einen Signalstein IV. Ordnung im Abstand von 101.27 m eingemessen worden. Entsprechend dem Gelände und der geringen Distanz dürfte die Lotabweichung am neuen Standort nicht anders sein als am Ort des früheren Pfeilers. In Poschiavo steht der alte Pfeiler noch inmitten einer Wiese, erschien jedoch für die jetzigen Beobachtungen nicht geeignet. Er ist viel zu hoch, da man seinerzeit um ihn eine Schutzhütte mit erhöhtem Boden gebaut hatte. Die Errichtung einer breiten Balustrade um den Pfeiler für den Beobachter hätte einen gewissen Aufwand und Zeitverlust erfordert, einfacher und völlig ausreichend

war es, das Instrument 55.52 m davon entfernt auf ziemlich festem Untergrund aufzustellen und seine Position im Anschluss an den Pfeiler einzumessen. Für die Identität der Lotabweichung am alten und am neuen Ort gelten die gleichen Überlegungen wie in Chur. Zu erwähnen wäre noch, dass die Messungen vom Jahre 1921 auf einen Punkt IV. Ordnung 11.02 m vom Pfeiler entfernt zentriert worden sind. Dieser Signalstein war heute nicht mehr zu finden; er lag einst am Rand der Strasse nach Le Prese, jetzt wahrscheinlich in der Strasse. In Martina, Sta. Maria und Maloja wurde das Instrument jeweils in der Nähe von Signalsteinen auf geeignetem Untergrund an einem für die Beobachtungen zweckmässigen Platz aufgestellt, in Maloja auf einer nachts nicht befahrenen Naturstrasse, in Sta. Maria und in Martina in einem für uns reservierten Teilbereich von befestigten Parkplätzen.

Für die Beobachtungen wurde die Zeit vom 31. Juli bis zum 20. August gebraucht. Die Gruppe der Teilnehmer setzte sich zusammen aus Prof. Dr. H. Müller, Adjunkt am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ als Beobachter, dipl. Ing. H. von Sury, W. Schneibel vom genannten Institut, der später von D. Schneider vom gleichen Institut abgelöst wurde, sowie den Studierenden H. Tischhauser und M. Köppel, letzterem für den ersten Teil der Zeit. Es war vorgesehen, sich auf jeder Station mit je zwei Längen- und Breitenbestimmungen zu begnügen, was einen ausreichend brauchbaren Wert für die Lotabweichung liefern sollte. Die Beobachtungen wurden mit dem Universalinstrument Wild T4 Nr. 86 968 in Verbindung mit dem Achseniveau Nr. 236 durchgeführt, wobei das Instrument stets auf dem dazu gehörenden, sehr stabilen Stativ aufgestellt worden ist, was sich gut bewährt hat. Als Beobachtungsuhr diente der Quarzchronometer Nardin-Ebauches Typ B-650, der laufend mit dem Zeitzeichen HGB von Neuenburg verglichen wurde. Zum Empfang dieses ständig vom Sender Prangins ausgestrahlten Zeitzeichens stand ein fest auf die Sendefrequenz von 75 kHz eingestellter Langwellenempfänger Ebauches zur Verfügung. Da man erfahrungsgemäss in unserem sehr gebirgigen Gelände doch damit rechnen muss, dass beim Radioempfang zeitweilig mehr oder weniger starke Störungen auftreten, schien es ratsamer, die Quarzuhr, die einen sehr geringen Gang aufweist und durch das Zeitzeichen stets sehr gut kontrolliert wird, als Beobachtungsuhr zu benutzen anstatt direkt das Zeitzeichen. Die Zeitregistrierung besorgte der Druckchronograph vom Typ Chronotypogines der Firma Longines

in St-Imier, bei dem nach dem Umbau im Jahre 1968 die Zeit- bzw. Mikrometersignale sofort bei der Beobachtung ausgedruckt werden, während sie früher erst auf Tonband aufgenommen wurden. 220 Volt Wechselstromanschluss für die Druckapparatur war auf allen Stationen in erreichbarer Nähe vorhanden, andernfalls hätte ein durch einen Benzinmotor betriebener Stromerzeuger den nötigen Wechselstrom geliefert.

#### Längenbestimmungen

Die Längenbestimmungen wurden nach der Meridianmethode durchgeführt und die Reduktion erfolgte in der üblichen Weise, so dass hiefür auf die früheren Berichte verwiesen werden kann. Neben zwei Versuchsserien von von Sury, je eine in Chur und in Martina, liegen elf Serien mit 148 Sterndurchgängen vor; pro Serie wurden 10-16 Sterndurchgänge beobachtet, im Durchschnitt 13-14. Auf jede Station entfallen zwei, auf Poschiavo drei Serien. Der Quarzchronometer wurde stets direkt vor und nach den Mikrometersignalen 10-15 Sekunden registriert, HGB meist bei jedem Stern je nach den Empfangsbedingungen und der zur Verfügung stehenden Zeit. Die ausgedruckten Quarzzeiten sind bei einer Reihe aufeinanderfolgender Sekunden in den Millisekunden fast immer nahezu identisch, die ausgedruckten HGB-Zeiten streuen stets mehr, oft nur um einige Millisekunden, bisweilen aber auch recht beträchtlich. Aus den Registrierungen geringer Streuung wurde für jede Serie die Korrektur der Quarzuhr auf HGB abgeleitet, die man für eine einzelne Serie stets als konstant ansehen kann, da sich der Stand der Quarzuhr während dieser Zeit von rund zwei Stunden praktisch nicht ändert. Insgesamt ging die Quarzuhr in den 22 Tagen vom 1. bis zum 23. August um 140 ms nach, was einem täglichen Gang von 6,4 ms entspricht. Im einzelnen variierte dieser Gang allerdings, da er von der Temperatur abhängt, auch der Luftdruck und der Transport von einer Station zur andern können eine gewisse Rolle dabei spielen. Praktisch ist das ohne Bedeutung wegen des ständigen Anschlusses an HGB. Die ausgedruckten Zeiten sind im übrigen auch bei anfänglich richtiger Einstellung der Zeiträdchen keineswegs identisch mit den abgelesenen Uhrzeiten des Quarzchronometers, weil der Quarzoszillator der Druckapparatur, der das Drucken steuert, einen andern Gang hat als der des Quarzchronometers und noch dazu erheblich von der Temperatur abhängig ist. Der Quarzoszillator des Druckers ging stets nach und zwar umso mehr, je niedriger die Temperatur war; es wurden Gänge

von 12-55 ms pro Stunde beobachtet. Praktisch spielt das allerdings keine Rolle, da aus der Differenz zwischen der abgelesenen Zeit des Quarzchronometers und der ausgedruckten Zeit stets genau die Korrektur ermittelt werden kann, die an den ausgedruckten Durchgangszeiten anzubringen ist, um diese in die Quarzzeiten zu verwandeln, die dann wieder in HBG-Zeiten umgewandelt werden.

Die ausgestrahlte HBG-Zeit ist die koordinierte Weltzeit TUC. In den Zirkularen D34 und D35 vom Bureau International de l'Heure (BIH) sind die Reduktionen von TUC auf die momentane gleichmässige Weltzeit TU2 und auch auf die Zeit TU1 (die wegen der Polwanderung korrigierte Rotationszeit der Erde) gegeben, sowie auch für die einzelnen Sender die Werte  $E = TUC - T_{\text{signal}}$ , das sind die Differenzen zwischen der Zeit TUC und der tatsächlich vom Sender ausgestrahlten Zeit  $T_{\text{signal}}$ , die effektiv sehr klein sind, bei Prangins meist kleiner als 0.1 ms. Mit den ebenfalls in den gleichen Zirkularen publizierten Koordinaten x, y des momentanen Pols bezogen auf den konventionellen internationalen Ursprung (CIO) wurden in Verbindung mit den Ortskoordinaten der einzelnen Stationen noch die jeweiligen Werte von TU1 - TU0 berechnet, womit sich dann für jede Station und für jedes Datum die Reduktion TU0 -  $T_{\text{signal}}$  ergibt, die zu den jeweiligen beobachteten HBG-Durchgangszeiten noch hinzugefügt werden muss, um sie auf die Weltzeit an der Beobachtungsstation TU0 zu reduzieren. Auf die Berücksichtigung der Laufzeit der Radiowellen wurde verzichtet; sie sind von der Grössenordnung von 1 ms und praktisch gleich für die Referenzstationen und die Feldstationen, so dass sich ihr Einfluss aufhebt; er ist in der persönlich-instrumentellen Gleichung enthalten. Die erwähnten Korrekturen an den HBG-Zeiten TU0 -  $T_{\text{signal}}$  liegen im übrigen zwischen +0.038 und +0.045.

Das Einmessen der Beobachtungsstationen durch Anschluss an benachbarte Triangulationspunkte geschah in der üblichen Weise und wurde jeweils von von Sury besorgt. In der Tabelle 1 sind die damit erhaltenen Landeskoordinaten der Beobachtungsstationen und auch die der benutzten Anschlusspunkte zusammengestellt, ferner noch die der alten astronomischen Pfeiler in Chur und Poschiavo. Die Tabelle enthält sodann die damit nach dem Programm von Dr. Elmiger berechneten geodätischen Längen und Breiten der jetzigen Beobachtungsstationen, des alten astronomischen Pfeilers in Chur, der heute nicht mehr vorhanden ist, und des früheren Bezugspunktes IV.

Tabelle 1

Landeskoordinaten der Beobachtungsstationen und der Anschlusspunkte

Standort	Y	X	$\lambda_{\text{geod.}}^{\text{östl.Gr.}}$	$\lambda_{\text{astr.}}^{\text{östl.Gr.}}$	$\varphi_{\text{geod.}}$
<u>Chur</u>					
Astr. Pfeiler 1919	+158 524.93	- 9 477.10	38 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup> .444	38 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup> .814	46°50'53".66
Punkt Nr. 86 (Chur)	+158 570.02	- 9 443.62			
Station 1969	+158 469.06	- 9 451.52	38 04.270	38 03.640	46 50 54.53
<u>Poschiavo</u>					
Astr. Pfeiler 1921	+201 783.82	-66 736.11			
Bodenpunkt Nr. 180	+201 773.55	-66 740.09	40 14.453	40 14.566	46 19 17.88
Station 1969	+201 763.2	-66 785.5	40 14.416	40 14.529	46 19 16.42
<u>Martina</u>					
Bodenpunkt Nr. 171	+230 581.2	- 2 921.8			
Station 1969	+230 571.0	- 2 937.4	41 51.807		46 53 09.41
<u>Sta. Maria</u>					
Punkt Nr. 233	+228 951.1	-34 213.4			
Station 1969	+228 869.7	-34 257.7	41 42.696		46 36 17.88
<u>Maloja</u>					
Bodenpunkt Nr. 155	+173 958.7	-58 423.2			
Station 1969	+173 935.2	-58 383.0	38 48.481		46 24 16.49

Ordnung in Poschiavo, der jetzt nicht mehr zu finden ist, auf den aber die damaligen Messungen reduziert waren. Für diese beiden Punkte sind auch die 1919 und 1921 beobachteten astronomischen Längen gegeben, womit sich die der jetzigen Beobachtungsstationen in Chur und Poschiavo unter der plausiblen Annahme errechnen lassen, dass ihre Lotabweichungen auf den alten und den nahe gelegenen neuen Punkten identisch sind.

Nimmt man bei der Umrechnung der jetzt beobachteten Durchgangszeiten auf Ortssternzeit für Chur und Poschiavo, den Referenzstationen, die astronomischen Längen aus Tabelle 1, für Martina, Sta. Maria und Maloja die geodätischen Längen, so sind die aus der Ausgleichung resultierenden Uhrkorrekturen oder Längenkorrekturen  $\Delta\lambda$  bei Chur und Poschiavo die persönlich-instrumentellen Gleichungen, bei Martina, Sta. Maria und Maloja die Unterschiede zwischen der astronomischen und der geodätischen Länge, also die  $\eta$ -Komponenten der Lotabweichung multipliziert mit  $\sec\varphi$ , nur noch behaftet mit der persönlich-instrumentellen Gleichung.

Die Ergebnisse für die einzelnen Serien sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Die mittleren Fehler der Längenkorrekturen von durchschnittlich  $\pm 0^s.016$  und die des Azimuts von durchschnittlich  $\pm 0^s.056$  entsprechen den Erfahrungen und bestätigen zugleich, dass die Beobachtungen auf dem Stativ nicht schlechter sind als die auf Pfeilern trotz der zweifellos etwas grösseren Unbequemlichkeit. Jedenfalls erweist sich das Stativ als ausreichend stabil. Die Abweichung  $k$  des Instrumentenvertikals vom Meridian ist stets kleiner als  $1^s$ , was auch befriedigend ist. Da das Richten des Universalinstrumentes immer mit Hilfe von Polaris erfolgte, dessen Azimut aus den Tafeln des Star Almanac mit einer Genauigkeit von 0!1 bis 0!2 entnommen werden kann, ergibt sich schon allein daraus eine Unsicherheit von etwa  $1^s$ . Wesentlich grösser, als man aus den mittleren Fehlern der einzelnen Serien erwarten würde, sind indes die Unterschiede der Längenkorrekturen von verschiedenen Abenden. Auch dieser Befund ist immer wieder festgestellt worden; er dürfte von instrumentellen Einflüssen und vom rasch wechselnden Zustand unserer Atmosphäre herrühren.

Bei der Berechnung der persönlich-instrumentellen Gleichung wurde beiden Referenzstationen gleiches Gewicht gegeben, obwohl in Chur zwei Serien, in Poschiavo drei Serien beobachtet wurden. Andererseits ist die Gesamtzahl der beobachteten Sterndurchgänge in Poschiavo mit 37 nicht so sehr

Tabelle 2

Die beobachteten Werte von  $\Delta\lambda$  und  $k$  mit ihren mittleren Fehlern ( $\Delta\lambda$  positiv nach Osten)

Station	Datum 1969 August	Weltzeit	Zahl der Sterne	$\Delta\lambda$	$m_{\Delta\lambda}$	$k$	$m_k$
Chur	0 - 1	23 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> - 01 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	14	-0 <sup>s</sup> .006	$\pm 0^s.016$	+0 <sup>s</sup> .009	$\pm 0^s.056$
	1 - 2	22 10 - 00 09	15	+0.014	$\pm 0.016$	+0.071	$\pm 0.060$
			$\overline{\Delta\lambda}$	+0.004	$\pm 0.010$		
Martina	4 - 5	21 09 - 22 47	14	-0.352	$\pm 0.011$	+0.082	$\pm 0.038$
	5 - 6	23 01 - 00 34	14	-0.450	$\pm 0.012$	+0.022	$\pm 0.042$
			$\overline{\Delta\lambda}$	-0.401	$\pm 0.049$		
Sta. Maria	6 - 7	23 15 - 00 40	13	-0.212	$\pm 0.017$	-0.039	$\pm 0.058$
	7 - 8	21 55 - 23 46	15	-0.126	$\pm 0.010$	+0.214	$\pm 0.035$
			$\overline{\Delta\lambda}$	-0.169	$\pm 0.043$		
Maloja	8 - 9	20 45 - 22 41	16	-0.889	$\pm 0.019$	+0.419	$\pm 0.069$
	18 - 19	19 52 - 21 29	10	-0.925	$\pm 0.017$	-0.509	$\pm 0.054$
			$\overline{\Delta\lambda}$	-0.907	$\pm 0.018$		
Poschiavo	19 - 20	19 52 - 21 28	13	+0.034	$\pm 0.021$	+0.914	$\pm 0.076$
	19 - 20	22 55 - 00 21	14	+0.130	$\pm 0.019$	+0.191	$\pm 0.058$
	22 - 23	19 38 - 21 29	10	+0.066	$\pm 0.020$	+0.370	$\pm 0.068$
			$\overline{\Delta\lambda}$	+0.077	$\pm 0.028$		

viel grösser als die in Chur mit 29, während gleichzeitig die Streuung der einzelnen Werte in Chur merklich kleiner ist, so dass man sich zu gleichen Gewichten für beide Stationen entschloss. Mit der daraus resultierenden persönlich-instrumentellen Gleichung von  $-0^s.040$  ergeben sich die Werte der astronomischen Längen in der Tabelle 3 in Verbindung mit den geodätischen Längen aus der Tabelle 1, sowie die Werte der  $\eta$ -Komponenten der Lotabweichung. Auf Angaben des mittleren Fehlers wurde hier verzichtet, da die Berechnung eines mittleren Fehlers aus nur zwei Serien stets reichlich problematisch ist.

Breitenbestimmungen

Die Breiten wurden wie gewohnt nach der Methode der Meridianzenitdistanzen bestimmt unter Beachtung, dass bei jedem Paar möglichst ein Nordstern und ein Südstern miteinander kombiniert wurden, die nicht zu sehr verschiedene Zenitdistanzen hatten, damit Refraktionsfehler sich weitgehend kompensierten (Sterneck-Methode). Die Beobachtungen wurden von Müller durchgeführt, die Ablesungen erfolgten durch Tischhauser. Da sich beim T4 Beobachtungssokular und Höhenkreisablesungsokular an entgegengesetzten Enden der horizontalen Achse befinden, ist es zweckmässig, wenn an jedem der beiden Okulare ein Beobachter ist. Es geht schneller, und man vermeidet es, sich unnötig viel um das Instrument herumzubewegen; man kann auch immer rechtzeitig dafür sorgen, dass die Höhenkreislibelle gut einspielt, die sowieso oft unmotiviert Aenderungen ihrer Stellung aufweist. Auch diesmal zeigte sich wie früher ebenfalls bei diesem T4, dessen Höhenkreis verstellbar ist, dass der Zenitpunktfehler von Abend zu Abend merklich variiert, was vielleicht durch das Einpacken und Auspacken verursacht ist. Wesentlich ist aber, dass im Verlauf einer Beobachtungsserie nie ein Gang des Zenitpunktfehlers zu bemerken war.

Tabelle 4 gibt die Ergebnisse der Breitenbestimmungen für die fünf Stationen, zunächst getrennt für die einzelnen Abende mit den mittleren Fehlern und dann den Mittelwert für jede Station. Dieser Mittelwert ist mit seinem mittleren Fehler aus sämtlichen 12-17 beobachteten Sternpaaren ohne Rücksicht auf das Datum berechnet worden; das erscheint sinnvoller, als den mittleren Fehler aus den beiden Abendmittelwerten abzuleiten. Im übrigen stimmen die beiden Abendwerte im allgemeinen recht befriedigend

überein, einzig in Maloja sind die Abweichungen grösser, wo an einem Abend infolge des Wetters auch nur vier Paare beobachtet werden konnten. Die hier gegebenen Werte der astronomischen Breiten sind auch bereits auf den konventionellen internationalen Ursprung (CIO) reduziert gemäss den in den Monthly Notes of the International Polar Motion Service (IPMS) 1969, Nr. 8 und 9 publizierten Koordinaten des momentanen Pols bezogen auf den CIO. Diese Reduktionen betragen für Chur  $-0^m.15$ , für alle andern Stationen  $-0^m.14$ . Die in der gleichen Tabelle noch aufgeführten  $\xi$ -Komponenten der Lotabweichung errechnen sich zwanglos aus den astronomischen Breiten und den zugehörigen geodätischen Breiten aus Tabelle 1.

Tabelle 3

Astronomische und geodätische Längen der Stationen,  $\eta$ -Komponenten der Lotabweichung

Station	Astron. Länge östl. v. Gr.	Geodät. Länge östl. v. Gr.	$\lambda_a - \lambda_g$	$\eta$	$\eta$
Chur	$38^m 03^s.640$	$38^m 04^s.270$	$-0^s.630$	$-0^s.431$	$-6^m.46$
Poschiavo	40 14.529	40 14.416	+0.113	+0.078	+1.17
Martina	41 51.366	41 51.807	-0.441	-0.301	-4.52
Sta. Maria	41 42.487	41 42.696	-0.209	-0.144	-2.15
Maloja	38 47.534	38 48.481	-0.947	-0.653	-9.80

Tabelle 4

Die astronomischen Breiten der Stationen, reduziert auf den CIO,  
 $\xi$ -Komponenten der Lotabweichung

Station	Datum 1969 August	Weltzeit	Zahl der Paare	Astr. Breite $\varphi$ red. auf CIO	$\varphi_a - \varphi_g$ = $\xi$
Chur	1	02 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> -03 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	8	46°51'02".98 ± 0".42	+8".32
	2	00 18 -01 11	8	46 51 02.73 ± 0.23	
			$\bar{\varphi}$	46 51 02.85 ± 0.23	
Martina	4	22 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> -23 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	8	46°53'07".22 ± 0".23	-2".08
	6	00 42 -02 07	9	46 53 07.43 ± 0.25	
			$\bar{\varphi}$	46 53 07.33 ± 0.17	
Sta.Maria	7	00 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> -02 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>	8	46°36'22".59 ± 0".19	+4".70
	7	23 49 -24 51	7	46 36 22.57 ± 0.58	
			$\bar{\varphi}$	46 36 22.58 ± 0.28	
Maloja	8	22 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> -23 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	8	46°24'09".70 ± 0".39	-6".50
	18	23 45 -24 19	4	46 24 10.59 ± 0.28	
			$\bar{\varphi}$	46 24 09.99 ± 0.29	
Poschiavo	19	21 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> -22 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>	8	46°19'03".31 ± 0".22	-13".14
	20	20 08 -21 00	8	46 19 03.25 ± 0.22	
			$\bar{\varphi}$	46 19 03.28 ± 0.15	

Anhang 2

Auszug aus dem Bericht von Herrn Dipl. Ing. W. Fischer über:

Distomat-Messungen im Basisvergrößerungsnetz Aarberg

1. Einleitung

In den Jahren 1963-1966 wurden in einem Teil des schweizerischen Triangulationsnetzes 1. Ordnung elektronische Distanzmessungen ausgeführt (1). Die bisher gemessenen Strecken sind im Annexe 1 in (2) dargestellt. Sie reichen vom Chasseral im Westen bis zum Pfänder im Osten und schliessen auch einige Seiten der Basisvergrößerungsnetze Weinfeld und Heerbrugg ein.

Die Uebertragungsseite Chasseral-Rötifluh der Basis Aarberg wurde ebenfalls gemessen, doch fehlten bisher noch Messungen von weiteren Seiten des Basisvergrößerungsnetzes. An ihrer Sitzung vom 11. Mai 1968 beschloss deshalb die Schweizerische Geodätische Kommission, in einem nächsten Schritt im genannten Netz elektronische Distanzmessungen durchzuführen.

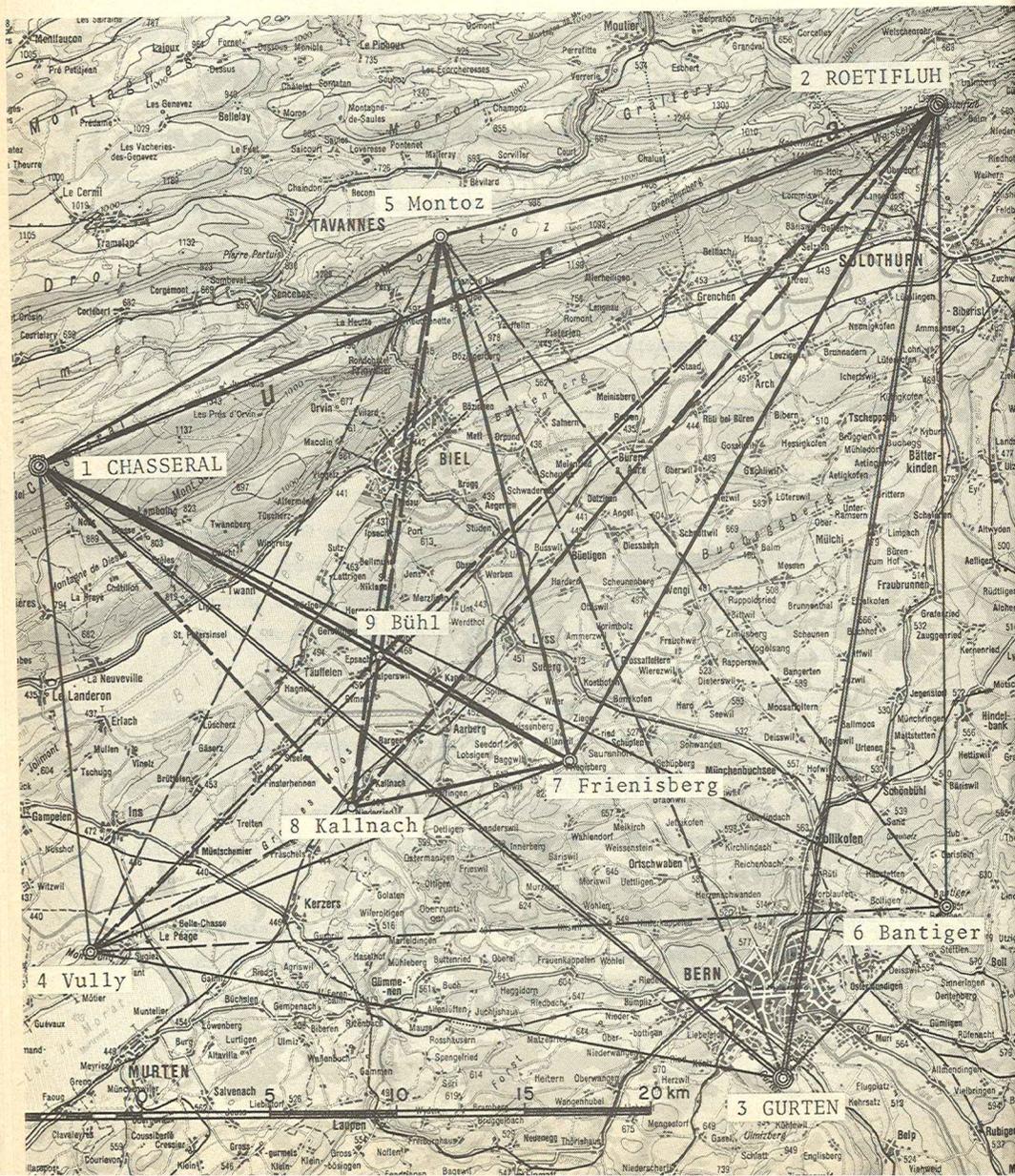
2. Netzaufbau

Die Verbindungen von den beiden Basisendpunkten nach den übrigen Punkten des Basisvergrößerungsnetzes sind durch die Vegetation stark beeinträchtigt. Es wurde deshalb darauf verzichtet, diese beiden Punkte in unser Netz aufzunehmen. Ebenso mussten die beiden Punkte Lüscherz und Jensberg fallengelassen werden, da der Wald Turmbauten erfordert hätte.

Auf den Punkten Kallnach und Frienisberg sowie auf den Punkten 1. Ordnung Chasseral und Rötifluh konnte zentrisch stationiert werden, während auf den Punkten Bühl und Montoz exzentrische Stationierungen erforderlich waren. Die messbaren Seiten des Basisvergrößerungsnetzes sind im Netzplan als dicke Linien dargestellt, während die weiteren möglichen Verbindungen durch dicke, gestrichelte Linien gekennzeichnet sind.

Zur Ergänzung des Netzes wurde der Punkt 2. Ordnung Vully mit einbezogen mit den Seiten Vully-Chasseral und Vully-Frienisberg sowie zusätzlichen Verbindungen nach allen benützten Punkten des Basisvergrößerungsnetzes.

Weiter war vorgesehen, auf den Punkten Gurten und Bantiger zu stationieren, obschon von hier aus nur Verbindungen nach den Jurahöhen möglich waren. Dafür konnte das ganze Dreieck 1. Ordnung Chasseral-Rötifluh-Gurten (Doppellinie) sowie die Vergrößerungsseite Gurten-Bantiger der Basis Ostermundigen gemessen werden.



### 3. Durchführung der Messungen

Wie bei früheren Messungen war vorgesehen, gleichzeitig vier Stationen zu besetzen und (sofern verbindungsmässig möglich) an jedem Tag ein vollständiges Viereck zu messen. Die Messung jeder Strecke sollte dabei im Laufe des Tages verschiedentlich wiederholt werden. Bei der Kombination der einzelnen Vierecke zum ganzen Streckennetz wurden einige Strecken auch an verschiedenen Tagen gemessen, was nur erwünscht war. Die Tabelle 1 gibt einen Ueberblick über alle durchgeführten Messungen, wobei die Zahl n die Anzahl der Einzelmessungen des betreffenden Tages angibt.

#### 3.1 Messungen 1968

Für die Durchführung der Messungen 1968 war die Zeit vom 16. bis zum 27. September festgelegt worden. Es gelang, alle vorgesehenen Messungen während dieser Zeit zu erledigen.

Das Wetter war stets mehr oder weniger bewölkt bis bedeckt mit mässigem bis starkem Westwind; zeitweise fiel auch etwas Regen. Einzig am 25.9.68 herrschte sonniges und fast windstilles Wetter, und über den Jurahöhen bildeten sich Kumuliwolken.

Im allgemeinen war es möglich, das vorgesehene Tagesprogramm einzuhalten. Wie Tabelle 1 zeigt, konnten auf 2/3 aller Strecken 12 Einzelmessungen gemacht werden. Diese wurden nach folgendem, bewährtem Schema abgewickelt: während einer halben Stunde je 2 Hin- und Rückmessungen der Strecken A-B und C-D (4 Messungen), während der nächsten halben Stunde A-C und B-D und während der letzten halben Stunde eines ganzen Zyklus A-D und B-C. Dieser Zyklus wurde normalerweise dreimal am Tage gemessen, einmal am Vormittag, einmal um die Mittagszeit und einmal am Nachmittag.

#### 3.2 Messungen 1969

Die Wiederholung der Messungen war in der Zeit vom 27. August bis zum 5. September 1969 vorgesehen. Die Messung des ganzen Netzes war wiederum in der verhältnismässig knappen Zeit möglich dank dem gleichzeitigen Einsatz von vier Stationen. Verschiedene Strecken konnten wie 1968 mehrfach gemessen werden, was aus der Tabelle 1 hervorgeht. Der Reservemesstag (5.9.69) konnte sogar dafür benützt werden, die sechs in der ersten Woche

Strecke A-B	Datum 1968		Exz. A B	L m	L <sub>o</sub> -L mm		n	p	v mm	v mm	v mm	v mm
	1968	A B			mm	mm						
1-2	20.9.	1	38 129.396	+ 96	12	15	+432	+111				
3	20.9.	1	37 810.361	-211	12	15	+246	+ 63				
4	18.9.	1	18 975.761	-504	11	58	+ 53	+ 7				
5	18.9.	1	18 777.677	- 56	10	57	-187	- 25				
6	26.9.	1	39 607.294	-349	20	19	-207	- 47				
7	18.9.	1	24 218.489	-217	9	32	+ 54	+ 9				
8	23.9.	1	24 218.509	-237	12	38	- 65	- 11				
9	23.9.	1	18 481.179	-343	12	64	-190	- 24				
2-3	20.9.	1	15 555.370	-130	12	91	+ 97	+ 10				
4	20.9.	1	38 422.126	-238	12	15	- 75	- 19				
5	25.9.	1	46 401.639	-331	12	10	-275	- 86				
6	19.9.	1	19 744.514	+ 1	12	56	-189	- 25				
7	19.9.	1	31 165.492	-191	7	17	+100	+ 24				
8	25.9.	1	31 165.199	+102	1	-	-	-				
9	25.9.	1	29 355.477	-628	12	18	-460	-110				
3-5	24.9.	2 1	35 784.175	-298	12	17	-212	- 51				
6	20.9.	1 1	9 315.342	- 72	4	161	+ 54	+ 4				

Strecke A-B	Datum 1969		Exz. A B	L m	L <sub>o</sub> -L mm		n	p	v mm	v mm	v mm	v mm
	1969	A B			mm	mm						
4-5	28.8.	1	31 291.603	-386	12	22	- 50	- 10				
6	5.9.	1	31 291.750	-433	6	16	-289	-72				
7	1.9.	1 1	33 059.423	+ 52	4	13	- 55	-16				
8	27.8.	1	19 904.754	- 62	4	35	+353	+ 59				
9	28.8.	1	19 904.794	-102	12	56	+144	+ 19				
5-6	5.9.	1	11 599.724	-152	4	104	-142	- 14				
7	25.9.	1	11 599.723	-151	12	163	-165	- 13				
8	17.9.	1	15 908.146	-163	4	55	+ 58	+ 8				
9	25.9.	1	15 908.143	-160	12	87	+100	+ 11				
5-6	19.9.	1 1	32 886.868	-225	6	15	+151	+ 39				
7	18.9.	1	21 615.830	-192	13	49	-160	- 23				
8	19.9.	1	21 615.773	-135	12	47	+234	+ 34				
9	24.9.	1	22 920.208	-230	12	42	-109	- 17				
7-8	24.9.	1 1	16 932.358	-125	12	77	+134	+ 15				
9	17.9.	1	8 528.767	+ 77	4	-	-	-				
8-9	23.9.	1	8 534.753	- 3	12	302	-185	- 11				
9	17.9.	1	8 665.100	- 70	4	186	+197	+ 14				
8-9	23.9.	1	8 665.123	- 93	12	293	-146	- 8				
9	17.9.	1 1	5 991.263	- 81	4	390	-145	- 7				
8-9	23.9.	1	5 987.991	- 93	8	502	-436	- 20				
9	24.9.	1	5 987.970	- 72	12	613	+ 38	+ 2				
8-9	25.9.	1 1	5 991.233	- 51	12	613	+561	+ 23				

Tabelle 1: Elemente der Messungen 1968 und 1969

gemessenen Strecken eines vollständigen Vierecks nochmals unter veränderten Bedingungen zu messen.

Das Wetter war leider sehr ähnlich wie bei den Messungen 1968; wir hätten es natürlich lieber gesehen, wenn die Bedingungen merklich anders gewesen wären, andererseits waren wir an die vorgesehenen Messtage gebunden. Vor allem in der ersten Woche herrschte ausgesprochen schlechtes Wetter: bedeckt, Regen, kühl, windig. Ueber das Wochenende trat dann eine Wetterbesserung ein, so dass der zweite Teil der Messungen bei mehrheitlich sonnigem Wetter absolviert werden konnte. Dank dieser Besserung trocknete auch der Boden ziemlich rasch, was für den Zugang zu einzelnen Punkten (z.B. Rötifluf) wichtig war.

Das Tagesprogramm gestaltete sich im Prinzip gleich wie 1968, das heisst, es wurden wiederum (wo möglich) alle sechs Seiten eines vollständigen Vierecks in drei Zyklen gemessen, verteilt über den ganzen Tag. Hingegen wurde gestützt auf die Erfahrungen von 1968 in den einzelnen Zyklen vielfach nur je eine Hin- und Rückmessung einer Strecke gemacht. Die Zahl n der Einzelmessungen wurde dadurch im Durchschnitt kleiner als 1968; es ist aber nicht anzunehmen, dass die Genauigkeit der Mittelwerte eine Einbusse erlitt (vgl. Tab. 1).

4. Ausgleichung der Messungen

Alle Messungen wurden in einem freien Netz vermittelnd ausgeglichen. Als Unbekannte traten die ebenen Koordinaten der Netzpunkte auf mit Ausnahme der beiden Punkte 1. Ordnung Rötifluf und Gurten B, welche als Festpunkte behandelt wurden und somit dem Netz Massstab und Orientierung gaben. Ursprünglich waren die beiden Endpunkte der Basisvergrößerungsseite Chasseral-Rötifluf vorgesehen, doch zeigte sich wie schon früher eine grössere Koordinatenabweichung des Punktes Chasseral gegenüber der Berechnung der SGK, was dessen Bestimmung als Neupunkt nahelegte. Zur Vermeidung eines Netzzwanges wurden alle Streckenmessungen mit einer Massstabsunbekannten versehen, so dass die Fehlergleichungen folgende einfache Form erhielten:

$$v_{ik} = \bar{L}_{ik} - L_{ik} = -L_{ik} \cdot 10^{-5} \cdot M - \sin z_{ik} \cdot \Delta y_i - \cos z_{ik} \cdot \Delta x_i + \sin z_{ik} \cdot \Delta y_k + \cos z_{ik} \cdot \Delta x_k + (L_{ik_0} - L_{ik})$$

Darin bedeutet:

- $L_{ik}$  = gemessene, auf das Ellipsoid reduzierte Streckenlänge
- $L_{ik_0}$  = genäherte Streckenlänge, gerechnet als geodätische Linie aus den offiziellen Koordinaten der Triangulationspunkte oder davon abgeleiteter Exzentren  $P_{i_0}$  und  $P_{k_0}$  als Näherungskordinaten
- $\bar{L}_{ik}$  = ausgeglichene Streckenlänge
- $v_{ik}$  = Verbesserung der Strecke  $L_{ik}$
- $z_{ik}$  = ebenes Azimut von  $P_{i_0}$  nach  $P_{k_0}$
- $M$  = Massstabsunbekannte
- $\Delta y_i, \Delta x_i, \Delta y_k, \Delta x_k$  = Koordinatenunbekannte

Die Absolutglieder ( $L_{ik_0} - L_{ik}$ ) der Fehlergleichungen sind in der Tabelle 1 enthalten.

Als Einheit wurde der Meter gewählt, und zwar natürlich sowohl für die Strecken als auch für die Koordinatenunbekannten. Damit die Massstabsunbekannte M von der gleichen Grössenordnung wurde wie die Koordinatenunbekannten (d.h. etwa 0.5), wurden die mit dem Faktor  $10^{-5}$  reduzierten oder in der Einheit 100 km genommenen Streckenlängen als dazugehörige Fehlergleichungskoeffizienten gewählt.

Aufgrund früherer Erfahrungen (vgl. z.B. (1)) wurde für das Gewicht  $p_{ik}$  einer Streckenmessung der Ansatz

$$p_{ik} = \left( \frac{100}{L_{ik}} \right)^2 \cdot \left( 1 + \frac{n_{ik}}{10} \right) \quad (L_{ik} \text{ in km})$$

übernommen.  $n_{ik}$  bedeutet darin die Anzahl Messungen der Strecke  $L_{ik}$  an einem Tag (vgl. Tab. 1). Hingegen wurde im Gegensatz zu (1) für Messungen eines andern Tages eine neue Fehlergleichung aufgestellt. Die Einheit 100 km für die Längen  $L_{ik}$  wurde aus praktischen Gründen gewählt, da für den Fehlergleichungskoeffizienten des Massstabsfaktors die Streckenlänge bereits in dieser Einheit eingeführt und abgelocht worden war. Die Gewichte  $p_{ik}$  sind ebenfalls in der Tabelle 1 enthalten, gerundet auf ganze Zahlen.

#### 4.1 Messungen 1968

Die 39 Streckenmessungen von 1968 mussten mehreren Ausgleichungen unterzogen werden. Es zeigte sich nämlich, dass einzelne Strecken grössere Fehler aufwiesen, die nicht mit der getroffenen Gewichtsannahme in Einklang standen. So wurden der Reihe nach die Messung der Strecke Rötifluh-Frienisberg vom 19.9.68, die Messung der Strecke Rötifluh-Bantiger vom 20.9.68 und die Messung der Strecke Frienisberg-Kallnach vom 17.9.68 verworfen.

Die letzte Variante führte auf den mittleren Fehler der Gewichtseinheit  $m_e = \pm 31$  cm und den Massstabsfaktor  $M = (-5.7 \pm 1.4) \cdot 10^{-6}$ . Die reduzierten Verbesserungen und die Verbesserungen sind in der Tabelle 1 enthalten. Eine graphische Darstellung der reduzierten Verbesserungen zeigte, dass die getroffene Gewichtsannahme offenbar nicht schlecht war. Die über einen Bereich von 6 bis 46 km ziemlich gleichmässig verteilten Streckenlängen wiesen alle reduzierte Verbesserungen von der gleichen Grössenordnung auf.

Eine Ausnahme bildeten höchstens die Messungen vom 25.9.68, die durchwegs grosse Verbesserungen aufwiesen. Es sei in diesem Zusammenhang daran erinnert, dass das Wetter an jenem Tag schön war im Gegensatz zu den übrigen Tagen. Da schon bei früheren Untersuchungen festgestellt worden war, dass bei schönem Wetter die Beobachtungsfehler ansteigen (z.B. in (1)), wurde auch hier der Versuch unternommen, die Messungen vom 25.9.68 mit auf einen Viertel reduzierten Gewichten einzuführen. Das Ergebnis war sehr augenfällig, indem der mittlere Fehler der Gewichtseinheit auf  $m_e = \pm 24$  cm sank (wobei aber zu berücksichtigen ist, dass sich das Durchschnittsgewicht von 121 auf 102 reduzierte).

#### 4.2 Messungen 1969

Im Gegensatz zu den Messungen 1968 gab die Ausgleichung der Messungen 1969 überhaupt keine Probleme auf. Sie führte trotz der grösseren Zahl von 45 Messungen auf Anhieb auf den mittleren Gewichtseinheitsfehler  $m_e = \pm 24$  cm. Die reduzierten Verbesserungen und die Verbesserungen sind ebenfalls in der Tabelle 1 wiedergegeben. Der Massstabsfaktor wurde mit  $M = (-4.8 \pm 0.8) \cdot 10^{-6}$  etwa einen Millionstel kleiner als 1968; der Unterschied ist aber nicht gesichert.

#### 4.3 Gesamtausgleichung 1968/69

Damit konnten nun die beiden Messreihen von 1968 und 1969 gemeinsam ausgeglichen werden. Die Massstabsfaktoren der beiden Jahre waren innerhalb des mittleren Fehlers gleich gefunden worden. Das ist sicher darauf zurückzuführen, dass die Messungen praktisch bei gleichen Bedingungen durchgeführt wurden. Es war damit gegeben, für sämtliche Messungen nur eine Massstabsunbekannte einzuführen. Praktisch konnten dadurch alle  $36 + 45 = 81$  Fehlergleichungen gemeinsam und unverändert in die Ausgleichung eingegeben werden. Selbstverständlich wurden die drei schlechten Messungen von 1968 nicht berücksichtigt. Der mittlere Fehler der Gewichtseinheit wurde damit  $m_e = \pm 29$  cm und der Massstabsfaktor aller Messungen  $M = (-5.0 \pm 0.8) \cdot 10^{-6}$ . Auch hier wurde der Versuch unternommen, die Gewichte der Messungen vom 25.9.68 auf einen Viertel der ursprünglichen zu reduzieren. Damit ging der mittlere Fehler der Gewichtseinheit auf  $m_e = \pm 26$  cm hinunter, womit er knapp über demjenigen der Messungen 1968 (mit reduzierten Gewichten) und der Messungen 1969 lag. Das zeigt, dass die Ergebnisse der beiden Messperioden von gleicher Qualität sind, gut zusammenpassen und mit einem relativen Fehler von rund  $\pm 2.5 \cdot 10^{-6}$  ein für elektromagnetische Messungen vorzügliches Resultat darstellen. Ueber die absolute Genauigkeit lässt sich allerdings nichts aussagen, da der Massstab der beiden Messreihen wohl gleich ist, aber ebenso gut gleich verfälscht sein kann. In diesem Zusammenhang ist der Vergleich mit Geodimetermessungen (3) aufschlussreich.

#### 4.4 Schlusskontrolle

Ueber das Ergebnis der Gesamtausgleichung 1968/69 wurde eine Schlusskontrolle durchgeführt, indem aus den ausgeglichenen Koordinaten der Neupunkte (bzw. deren Exzentren) die definitiven geodätischen Linien berechnet wurden. Diese wurden dann mit den um den gefundenen Massstabsfaktor korrigierten Streckenlängen verglichen, wobei sich die Verbesserungen innerhalb eines Millimeters mit den Verbesserungen der Ausgleichung deckten.

Von Interesse waren in diesem Zusammenhang vor allem die Verbesserungen der ausgeschiedenen Messungen.

Die am 20.9.68 nur ein einziges Mal gemessene Strecke Rötifluh-Bantiger erhielt gegenüber der ausgeglichenen Streckenlänge eine Verbesserung von

+27cm. Es ist anzunehmen, dass dies auf eine durch den Sender Bantiger bewirkte Störung der Messung zurückzuführen ist und die Streichung dieser Messung demzufolge begründet war.

Die Messung der Strecke Rötifluh-Frienisberg vom 19.9.68 erfuhr eine Verbesserung von -70cm. Diese Strecke zwängte schon im Netz von 1968 ausserordentlich stark, weshalb sie als erste weggelassen wurde. Nachdem die Wiederholungsmessung dieser Strecke gut in das Netz von 1969 passte (Tab. 1), war es so gut als erwiesen, dass die Messung von 1968 einen zu grossen Wert lieferte. Ein eindeutiger Grund dafür konnte nicht gefunden werden; beide Stationen waren zentrisch, und die je sechs Einzelmessungen der Messreihen jeder Station streuten im normalen Rahmen. Es wäre hingegen denkbar, dass die meteorologischen Bedingungen der beiden Stationen stark gestört waren, oder dass der Wellenweg (ebenfalls aus meteorologischen Gründen) während des ganzen Tages einen Umweg beschrieb. Jedenfalls handelte es sich eindeutig um eine Fehlmessung, die gestrichen werden musste.

Bei der Strecke Frienisberg-Kallnach betraf es die Messung vom ersten Tag (17.9.68), die eine Verbesserung von +8cm aufwies. Sie wurde mit der ursprünglich vorgesehenen Gerätekombination 7/4 ausgeführt. Nachdem bei einer Wiederholung am Abend des gleichen Tages ein Defekt am Senderteil 4 die Messung verunmöglicht hatte, wurde dieser in der Folge durch den Senderteil 3 ersetzt. Es wäre gut möglich, dass bereits die erste Messung durch diesen Defekt beeinträchtigt worden war, so dass dieses auffallend niedrige Resultat herauskam. Eine Streichung desselben schien damit gerechtfertigt.

#### 5. Literatur

- (1) W. Fischer, Bericht an die Schweizerische Geodätische Kommission über die elektronischen Distanzmessungen 1963-1966 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. Ordnung, April 1968
- (2) Rapport sur les travaux géodésiques exécutés de 1963 à 1966, Zurich 1967
- (3) W. Fischer, Bericht an die Schweizerische Geodätische Kommission über die Versuchsmessungen mit dem AGA Laser-Geodimeter Modell 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung, Januar 1970 (mit Ergänzung vom März 1970)

### Anhang 3

Auszug aus dem Bericht von Herrn Dipl. Ing. W. Fischer über:

#### Versuchsmessungen mit dem AGA Laser-Geodimeter Modell 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung

##### 1. Die Beschreibung des Geräts

Das AGA Laser-Geodimeter Modell 8 ist ein neues Gerät zur elektronischen Distanzmessung, das erstmals am XI. Internationalen Kongress für Photogrammetrie vom 9. bis 20. Juli 1968 in Lausanne öffentlich vorgestellt worden ist. Es arbeitet im Prinzip wie die früheren Geodimeter-Typen mit dem Unterschied, dass anstelle der bisherigen Lichtquellen ein HeNe-Laser von 5 mW Leistung verwendet wird. Der sehr eng gebündelte Laserstrahl ermöglicht beim Einsatz der nötigen Anzahl Reflektorprismen Messungen bis zu Distanzen von 60 km. Da die Laserstrahlung eine genau definierte Wellenlänge von 632.8 nm ( $6328 \text{ \AA}$ ) aufweist, kann praktisch sämtliches Störlicht ausgefiltert werden, weshalb man bei Tag gleich gut messen kann wie in der Dunkelheit. Eine weitere bemerkenswerte Angabe, die den Firmenprospekten entnommen werden kann, ist der mittlere Fehler einer Messung von  $\pm (5 \text{ mm} + 1 \text{ mm/km})$ . Alle genannten Eigenschaften lassen das neue Modell 8 als geeignetes Gerät für Messungen in der Triangulation 1. und 2. Ordnung erscheinen.

##### 2. Das Programm für die Versuchsmessungen

Auch in unseren schweizerischen Verhältnissen mit den zum Teil nur mühsam erreichbaren Triangulationspunkten besteht ein Interesse an einem derartigen Gerät. Herr Prof. Dr. F. Kobold, Vorsteher des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der Eidg. Technischen Hochschule Zürich und Präsident der Schweiz. Geodätischen Kommission, hatte sich deshalb schon bald darum bemüht, dass uns durch die Vermittlung der AGA-Vertretung in Pratteln ein Instrument für die Durchführung einiger Versuchsmessungen zur Verfügung gestellt wurde. Diesem Wunsch ist in zuvorkommender Weise entsprochen worden, indem im Anschluss an eine längere Europa-Tournee auch noch ein Besuch in der Schweiz vorgesehen wurde.

Die Messungen mussten damit allerdings relativ spät im Herbst angesetzt werden, nämlich in der Zeit vom 17. bis zum 24. Oktober 1969. Um die Messungen trotz den zu befürchtenden Herbstnebeln ausführen zu können, wurden deshalb möglichst hochgelegene Stationen ausgewählt. Von den Punkten 1. Ordnung Lägern, Gurten, Chasseral, Rigi und Säntis aus sollten insgesamt 20 Strecken gemessen werden, deren Länge früher schon mit andern Geräten bestimmt worden war.

### 3. Die Vorbereitung der Messungen

Das wertvolle Instrument sollte an den wenigen Tagen, an denen es uns zur Verfügung stand, möglichst ohne Unterbrüche eingesetzt werden können. Zeitverluste treten hauptsächlich beim Wechsel von einer Strecke auf eine andere auf; denn bei Streckenlängen bis zu 60 km benötigt das Umstellen der Reflektoren mehrere Stunden. Aus diesem Grunde wurden drei vollständige Reflektorenstationen ausgerüstet. Diese konnten zudem an jedem Messtag in verschiedenen Distanzen bereitgestellt werden, so dass sich auf diese Weise die mögliche Messdistanz feststellen liess.

Der vorgesehene Personalaufwand war mit insgesamt 10 Leuten scheinbar etwas hoch, doch zeigte der erfolgreiche Ablauf der Messungen, dass er richtig angesetzt worden war. (In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass jede Strecke parallel zu den Geodimeter-Messungen auch mit dem Distomat gemessen wurde). Ausser vier Mitarbeitern des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich beteiligten sich zwei Ingenieure der Eidgenössischen Landestopographie (F. Jeanrichard und E. Gubler), zwei Studenten der ETH Zürich sowie zwei Herren von AGA (Jan Stenström, Stockholm, und Paul Neuhauser, Pratteln) an dem interessanten Versuch.

Zu den Vorbereitungen gehörte auch die Abklärung der Frage nach den Gefahren der Laserstrahlen. Wir schätzten uns glücklich, dass wir uns in dieser Angelegenheit an Herrn Prof. Dr. K.P. Meyer, Institut für Angewandte Physik der Universität Bern, wenden konnten, der sich mit seiner grossen Sachkenntnis bereitwillig des Problems annahm.

Nachträglich kam uns ein kurzer Bericht von AGA (1) zu, der sich mit den Angaben von Herrn Prof. Meyer deckt und zum Schluss kommt, "dass die Gefahr einer schädlichen Wirkung des vom Geodimeter ausgestrahlten Laser-

lichtes vernachlässigt werden kann, wenn man gesunde Vernunft walten lässt und nicht gerade starr in das Laserlicht blickt."

### 4. Die Durchführung der Messungen

Da es sich bei der ganzen Kampagne um eine Vorführung handelte, wurden alle Messoperationen von Herrn Jan Stenström durchgeführt, während Herr Paul Neuhauser die Ablesungen notierte und laufend die Schrägdistanzen ausrechnete. Dies war umso mehr am Platz, als die Messbedingungen vielfach so kritisch waren, dass es der Erfahrung eines Spezialisten bedurfte, um mit Erfolg eine Messung bewerkstelligen zu können. Wir hielten uns deshalb bewusst vom Instrument fern und beschränkten uns auf die übrigen Obliegenheiten: Funkverbindung, meteorologische Beobachtungen, Distomat-Messungen, Bestimmung der Exzentren.

Vom 20. bis 23. Oktober 1969 konnte das Programm weitgehend wie vorgesehen abgewickelt werden. Die vier Stationen Gurten, Chasseral, Rigi und Säntis wurden alle bezogen, hingegen mussten aus verschiedenen Gründen einzelne Strecken fallengelassen werden. Auf jeder Strecke wurden zwei unabhängige Messreihen mit drei oder vier Frequenzen ausgeführt, die untereinander einen zeitlichen Abstand von einer halben bis einer ganzen Stunde hatten.

### 5. Die praktischen Erfahrungen

Diese Versuche zeigten mit aller Deutlichkeit, dass das Gelingen einer Distanzmessung zum grössten Teil vom Auffinden der Reflektoren mit dem Laser-Strahl abhängt. Bei klarer Sicht ergeben sich in dieser Beziehung keine Schwierigkeiten, wie aus dem Beispiel der 60 km langen Seite Chasseral-Suchet hervorgeht.

Bei der vorherrschenden herbstlichen Witterung liessen hingegen die Sichtverhältnisse vielfach zu wünschen übrig und gaben damit einen instruktiven Einblick in die Möglichkeiten und Grenzen der elektro-optischen Distanzmessung. Sie waren immerhin noch so gut, dass die Hälfte der vorgesehenen Strecken gemessen werden konnte. Wäre der Dunst noch dichter gewesen, hätte sich keine der über 10 km langen Strecken messen lassen. Andererseits darf aufgrund der vorliegenden Resultate gesagt werden, dass bei besserer Sicht

das ganze Programm mit den 20 Strecken mit Leichtigkeit hätte abgewickelt werden können.

Im übrigen hat sich gezeigt, dass bei kritischen Sichtverhältnissen der Equipe auf der Reflektorstation eine nicht zu vernachlässigende Bedeutung zukommt. Durch intensives Beobachten in Richtung der Geodimeterstation (die natürlich ziemlich gut bekannt sein muss) von Auge, mit Feldstecher oder mit Theodolit kann die Herstellung der Verbindung beschleunigt werden. Erstens empfängt die Reflektorstation wesentlich mehr Licht als die Geodimeterstation, und zweitens kann das Licht schon gesehen werden, bevor es die Reflektoren trifft und damit zur Geodimeterstation zurückgelangt. Es empfiehlt sich deshalb sogar, nicht nur unmittelbar bei den Reflektoren, sondern auch in mehr oder weniger grosser Entfernung davon zu beobachten. Jedenfalls erfordert das Einrichten des Geodimeters bei entsprechenden Sichtverhältnissen grosse praktische Erfahrung, sowohl auf der Geodimeter- wie auch auf der Reflektorstation. Dass diese Erfahrung bei unseren ersten Versuchsmessungen noch nicht vorhanden war, darf wohl mit als Grund für das teilweise Misslingen der Messungen gewertet werden.

Ueber die Erfahrungen beim eigentlichen Messvorgang ist hier nicht viel zu berichten, da wir uns selber nicht an der Messung beteiligten. Soweit wir dies als Zuschauer beurteilen konnten, traten bei der Durchführung der Phasenmessung nirgends Schwierigkeiten auf, abgesehen davon, dass bei einzelnen Strecken das zurückkommende Signal sehr schwach war und die Einstellung des Nullindikators dadurch etwas unsicher wurde. Eine eingehendere Auseinandersetzung mit den Messungen war im Zusammenhang mit der nachträglichen Kontrollauswertung möglich. Einige Bemerkungen können deshalb dem Abschnitt über die Messresultate entnommen werden.

### 6. Die Auswertung der Messungen

Eine erste Ermittlung der Schrägdistanzen erfolgte gleichzeitig mit den Messungen auf dem gedruckten Formular der AGA. Ein geübter Protokollführer benötigt dazu etwa 10 Minuten. Herr Neuhauser hatte es zudem übernommen, alle Zahlen im Büro nachzurechnen. Anschliessend stellte er uns einen Satz der photokopierten Protokollblätter zur Verfügung. Ein weiterer Satz ging an den Hauptsitz der AGA in Lidینگö (Schweden) zur Stellungnahme.

### 6.1 Die meteorologische Reduktion

Während jeder Messreihe wurde sowohl auf der Geodimeter- wie auch auf der Reflektorstation alle fünf Minuten eine Ablesung am trockenen und am feuchten Thermometer gemacht. Jede halbe Stunde wurde auch der Luftdruck abgelesen.

Zur Ermittlung der tatsächlichen Schrägentfernung muss am vorläufigen Messergebnis die Korrektur

$$(308.6 - 107.9 \cdot \frac{p}{273.2+t} + 15.0 \cdot \frac{e}{273.2+t}) \cdot 10^{-6} \cdot D$$

angebracht werden. Das erste Glied berücksichtigt die Frequenzabweichung der Frequenz  $F_1 = 29\,970.000$  kHz vom Sollwert

$$F_{\text{Soll}} = \frac{c}{4 \cdot U1} = \frac{299\,792.5 \text{ km/sec}}{10.000 \text{ m}} = 29\,979.250 \text{ kHz.}$$

Bei dieser Wahl von  $F_1$  wird somit bei einem mittleren Brechungskoeffizienten  $N = 308.6$  für die rote Linie des Laser-Lichts die Korrektur null. Das zweite und das dritte Glied stellen den negativen Anteil von Luftdruck ( $p$  in mmHg), Dampfdruck ( $e$  in mmHg) und Temperatur ( $t$  in °C) an den Brechungskoeffizienten  $N$  dar.

### 6.2 Die Krümmungsreduktion

Die Reduktion vom gekrümmten Lichtstrahl auf die Sehne kann einem Nomogramm der AGA entnommen werden, das gleichzeitig auch die sogenannte zweite Geschwindigkeitsreduktion berücksichtigt. Bis zu Distanzen von 20 km kann sie vernachlässigt werden. Bei grossen Distanzen kommt es hingegen darauf an, mit welchem Refraktionskoeffizienten gerechnet werden muss. Auf Vorschlag von Herrn Stenström haben wir bei diesen den Höhenwinkel des einfallenden Lichts gemessen. Auf den Reflektorstationen war dies verhältnismässig leicht möglich, hingegen gelang es auf der Geodimeterstation nur einmal, den schwachen zurückkommenden Lichtstrahl mit dem exzentrisch aufgestellten Theodolit anzuzielen.

Die Berechnung führte auf einen mittleren Refraktionskoeffizienten  $k = 0.15$ .

### 6.3 Die geometrische Reduktion

Für die Berechnung der Distanzreduktion von der schiefen Messstrecke auf die ellipsoidische Distanz konnte das Programm für die Reduktion von Distomat-Messungen benutzt werden, das in diesem Teil sozusagen unverändert übernommen werden konnte (2).

### 7. Die Messresultate

Jede der drei Messfrequenzen liefert einen unabhängigen Wert für die Streckenlänge. Die drei Werte werden im allgemeinen zu einem arithmetischen Mittel zusammengefasst. Bei den vorliegenden Messungen zeigen aber einzelne Werte der Frequenz  $F_2$  auffällige Abweichungen von denjenigen der übrigen Frequenzen, was die Beobachter dazu bewog, diese Werte fallenzulassen. Das Streichen einzelner Messwerte ist aber immer etwas problematisch und legte im konkreten Fall zwei Massnahmen nahe. Erstens sollten die Messfrequenzen unmittelbar nach der Rückkehr des Geräts nach Lidingö einer gründlichen Kontrolle unterzogen werden. Zweitens schien eine systematische Untersuchung aller Messwerte angezeigt.

Das Resultat der Frequenzuntersuchung ist in einem kurzen Bericht von Herrn Stenström niedergelegt. Demnach erfuhr die Frequenz 2 zeitweilig Abweichungen verschiedener Grösse, was auf einen gelegentlichen schlechten Kontakt des Frequenzschalters in der Stellung  $F_2$  zurückgeführt werden konnte. Daneben erwies sie sich als sehr stabil mit einer grössten Abweichung von -15 Hz vom Sollwert. Die andern beiden Frequenzen wiesen bei der Kontrolle Abweichungen von weniger als 10 Hz vom Sollwert auf.

Bei der Strecke Chasseral-Suchet lag  $L_{2k}$  bei beiden Messreihen verhältnismässig tief. Es scheint sich um eine der erwähnten Frequenzabweichungen zu handeln, welche z.B. auch zur Folge hatte, dass die Berechnung der Anzahl gemeinsamer ganzer Wellenlängen auf keine eindeutigen Werte führte. Eine Streichung dieser Zahlen erwies sich damit als gerechtfertigt.

Bei der ersten Messreihe der Strecke Chasseral-Kallnach wurde  $L_{3k}$  extrem tief. Das Messprotokoll zeigte, dass bei der Messung des innern Lichtwegs  $C_3$  die Ablesungen bei Phase 3 und 4 viel zu hohe Werte annahmen. Der Messfehler wurde aber nicht aufgedeckt, da die Summen der Phasen 2 und 3 und der Phasen 1 und 4 gut übereinstimmten. Die Messung  $L_{3k}$  war somit zu

streichen, obschon die Ursache dieser Fehlmessung nicht gefunden werden konnte.

Die definitiven Distanzen, die Reduktionsbeträge und die reduzierten, ellipsoidischen Distanzen auf Höhe 0 sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Resultate der Geodimeter-Messungen

Datum 1969	Strecke	D gem. m	Met. Red.) <sup>1</sup> m	Instr. Red.) <sup>2</sup> m	Geom. Red.) <sup>3</sup> m	D red. m
20.10.	Gurten-Bantiger	9 304.523	+0.474	+0.209	- 2.006	9 303.200
		518	+0.489	+0.209	- 2.006	210
20.10.	Gurten-Chasseral	37 818.912	+2.304	+0.209	-14.669	37 806.756
		935	+2.290	+0.209	-14.669	765
21.10.	Chasseral-Rötifluh	38 136.252	+2.633	+0.209	- 9.514	38 129.580
		225	+2.635	+0.209	- 9.514	555
21.10.	Chasseral-Suchet	60 389.998	+4.300	+0.209	-14.996	60 379.511
		90.006	+4.318	+0.209	-14.996	537
21.10.	Chasseral-Vully	19 001.761	+1.114	+0.209	-27.271	18 975.813
		764	+1.115	+0.209	-27.271	817
21.10.	Chasseral-Montoz	18 782.623	+1.283	+0.209	- 6.383	18 777.732
		622	+1.274	+0.209	- 6.383	722
21.10.	Chasseral-Kallnach	18 515.939	+1.022	+0.209	-35.955	18 481.215
		937	+1.016	+0.209	-35.955	207
22.10.	Rigi-Wisenberg	59 745.492	+3.895	+0.209	-18.136	59 731.460
		478	+3.899	+0.209	-18.136	450
22.10.	Rigi-Lägern	47 680.369	+2.957	+0.209	-19.166	47 664.369
23.10.	Säntis-St.Anton-Ost	23 152.106	+1.681	+0.209	-48.902	23 105.094
		097	+1.688	+0.209	-48.902	092

)<sup>1</sup> inkl. Frequenzkorrektur für  $F_1$

)<sup>2</sup> Exzentrizität wegen Schiefstellung des Schwenkkopfs = 0.000 m, Reflektorkonstante = -0.030 m, Geodimeterkonstante = +0.239 m

)<sup>3</sup> inkl. Krümmungsreduktion und 2. Geschwindigkeitsreduktion

### 8. Die Beurteilung der Messungen

Die Genauigkeit des Geodimeters ist offensichtlich so gross, dass es schwerhält, sie mit andern Mitteln zu überprüfen. Wohl wurden die Versuchsmessungen so angelegt, dass ein Vergleich der Geodimeter-Resultate mit den Ergebnissen früherer elektromagnetischer Distanzmessungen möglich ist. Zudem wurden mehrere Seiten von Basisvergrößerungsnetzen miteinbezogen und Parallelmessungen mit dem Distomat DI 50 gemacht. Alles deutet jedoch darauf hin, dass die vorgesehenen Vergleiche eher eine Beurteilung der genannten Messungen und Netze erlauben als umgekehrt.

#### 8.1 Der Vergleich mit früheren Distomat-Messungen

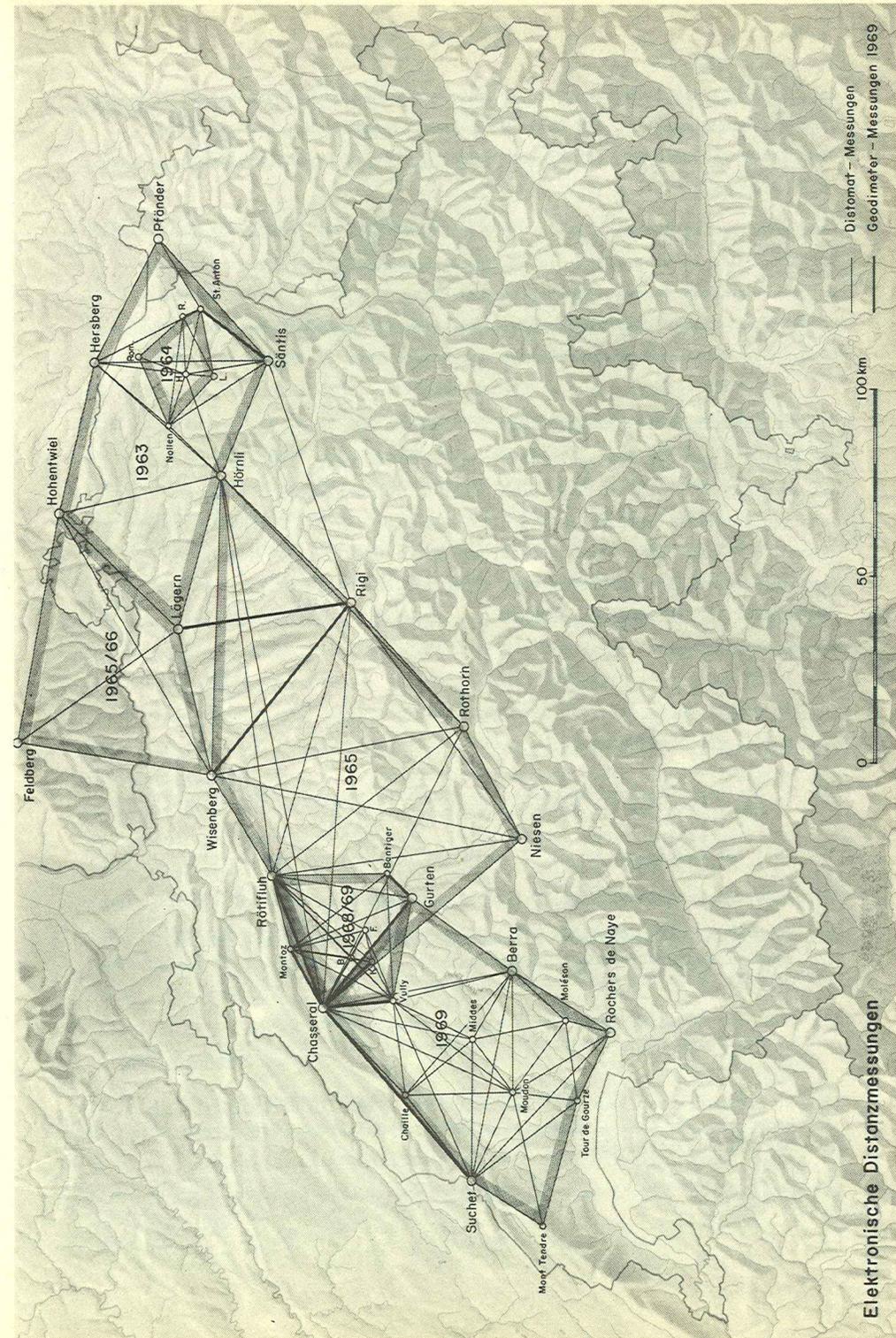
Distomat-Messungen auf den mit dem Geodimeter gemessenen Strecken wurden in den Jahren 1963, 1965, 1968 und 1969 gemacht. Es ist sehr augenfällig, wie alle diese Distomat-Messungen kürzer waren als die entsprechenden Geodimeter-Messungen, wenn auch die Unterschiede zum Teil stark differierten.

#### 8.2 Der Vergleich mit gleichzeitigen Distomat-Messungen

Am tiefsten, verglichen mit den Geodimeter-Messungen, lagen die Distomat-Messungen, die gleichzeitig mit den Geodimeter-Messungen durchgeführt wurden. Dabei handelte es sich ja um Herbst-Messungen, die früher als die zuverlässigsten betrachtet worden waren, während hauptsächlich die Sommer-Messungen zu tiefe Werte lieferten. Nun ist aber zu berücksichtigen, dass die Geodimeter-Messungen verhältnismässig klares Wetter benötigen. Dementsprechend herrschten auf den Strecken und besonders in den Stationsumgebungen ähnliche Einstrahlungsverhältnisse wie im Sommer. Eine Ausgleichung der früheren Distomat-Messungen hatte denn auch gezeigt, dass z.B. die Messungen vom Oktober 1963 ebenfalls recht tiefe Werte lieferten (5).

#### 8.3 Der Vergleich mit der Triangulation 1. und 2. Ordnung

Dass der Vergleich mit Triangulationsseiten 1. und 2. Ordnung keine Aussage über die Geodimeter-Messungen erlaubte, lag auf der Hand. Er wurde aber trotzdem gemacht und lieferte dafür einige wertvolle Aufschlüsse über unser Triangulationsnetz. So zeigte sich, dass alle Seitenlängen im westlichen Netzteil gegenüber den Geodimeter-Messungen zu kurz sind. Dies rührt davon



her, dass bei der Berechnung des Triangulationsnetzes der Schweizerischen Geodätischen Kommission die Basisvergrößerungsseite Chasseral-Rötiflüh eine "Verbesserung" von -37 Einheiten der 7. Logarithmenstelle oder  $-8.6 \cdot 10^{-6} \cdot D$  erhielt (6).

Demgegenüber ist die einzige in der Ostschweiz gemessene Seite Säntis-St. Anton-Ost zu lang, weil die Basisvergrößerungsseite Hörnli-Hersberg um den doppelten Betrag, nämlich um den Faktor  $17.2 \cdot 10^{-6}$  vergrößert worden war. Dieser Massstabsunterschied wurde schon früher bei den elektronischen Distanzmessungen 1963 in der Nordostschweiz festgestellt (7).

#### 8.4 Der Vergleich mit den Basisvergrößerungsnetzen

Die Seitenlängen des Basisvergrößerungsnetzes Aarberg, hergeleitet aus der ursprünglichen Basislänge, sind ungefähr im Verhältnis des seinerzeitigen Korrekturfaktors von  $8.6 \cdot 10^{-6}$  grösser als die Triangulationsseiten. Sie sind damit etwas grösser als die Längen aus den Geodimeter-Messungen. Es dürfte im Moment noch schwerhalten festzustellen, ob der Fehler mehr im Basisvergrößerungsnetz oder mehr bei den Geodimeter-Messungen liegt.

#### 9. Literatur

- (1) AGA, Ist Laserlicht schädlich? (2 Seiten vervielfältigt)
- (2) W. Fischer, Distomat-Messungen im schweizerischen Triangulationsnetz 1. Ordnung. SZVPK, LXIV. Jg. (1966), Nr. 1, S. 1.
- (3) AGA, AGA Geodimeter Model 8, Technical Description, Publication 571/073
- (4) AGA, AGA Geodimeter Model 8, Operating manual, Publication 571/2501
- (5) W. Fischer, Elektronische Distanzmessungen 1963-1966 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. Ordnung. Protokoll der 114. Sitzung der Schweiz. Geodätischen Kommission, Neuchâtel 1969, S. 23.
- (6) SGK, Das Schweizerische Dreiecknetz, Fünfter Band, C. Definitive Seitenlängen und geographische Koordinaten der Punkte, Zürich 1890, S. 169.
- (7) W. Fischer, Elektronische Distanzmessungen 1963 in der Nordostschweiz. Protokoll der 110. Sitzung der Schweiz. Geodätischen Kommission, Neuchâtel 1965, S. 24.

#### Anhang 4

Auszug aus dem Bericht von Herrn Dipl. Ing. N. Wunderlin über:

#### Berechnungen im Höhennetz Heerbrugg

##### 1. Einleitung

Zu einer eindeutigen Bestimmung der gegenseitigen Lage der Punkte eines Basisnetzes genügen die Messung der Basislänge und der Horizontalwinkel des Netzes nicht. Für eine eigentliche dreidimensionale Lagebestimmung sind Höhenwinkelbeobachtungen für die Netzverbindungen und astronomische Beobachtungen (zur Berücksichtigung der Nichtparallelität der Lotrichtungen, der Bezugsrichtungen der Höhenwinkel) erforderlich. Wegen der Verfälschung der Höhenwinkel durch die Refraktion, die bei Visuren von über 10 km Länge nicht genügend genau erfassbar ist (5), sind jedoch auf diese Weise keine Resultate von annehmbarer Genauigkeit zu erwarten.

Für das Basisnetz Heerbrugg ist daher eine Projektion auf eine mathematisch einfache Bezugsfläche, eine Ebene oder ein Ellipsoidstück vorgesehen, auf welcher dann alle Berechnungen zweidimensional durchzuführen sind. Für diese Projektion müssen die Höhen der Netzpunkte über der Bezugsfläche bekannt sein. Die für alle Punkte vorhandenen "Gebrauchshöhen" der Landesvermessungen sind trotz ihrer an und für sich genügenden gegenseitigen Genauigkeit nicht verwendbar, weil sie nach Art ihrer Bestimmung als geoidische Höhen anzusehen sind und die Lage des Geoides zum Ellipsoid nicht bekannt ist. Die Schweizerische Geodätische Kommission entschloss sich daher, durch Höhenwinkelmessungen direkt ellipsoidische Höhen aller Punkte des Basisnetzes Heerbrugg zu bestimmen nach der bekannten Methode der Umrechnung der Höhenwinkel mittels Lotabweichungen von der Lotrichtung auf die Ellipsoidnormale (1).

##### 2. Beobachtungen

Um für die Höhenwinkelmessungen innerhalb des "grossen" Vierecks (Säntis-St. Anton-Hoher Freschen-Pfänder) kleinere Seitenlängen und damit bessere Resultate (ellipsoidische Höhen) zu erhalten, wurde das eigentliche Basisvergrößerungsnetz nordöstlich des "kleinen" Vierecks (Basis Süd-St. Anton-

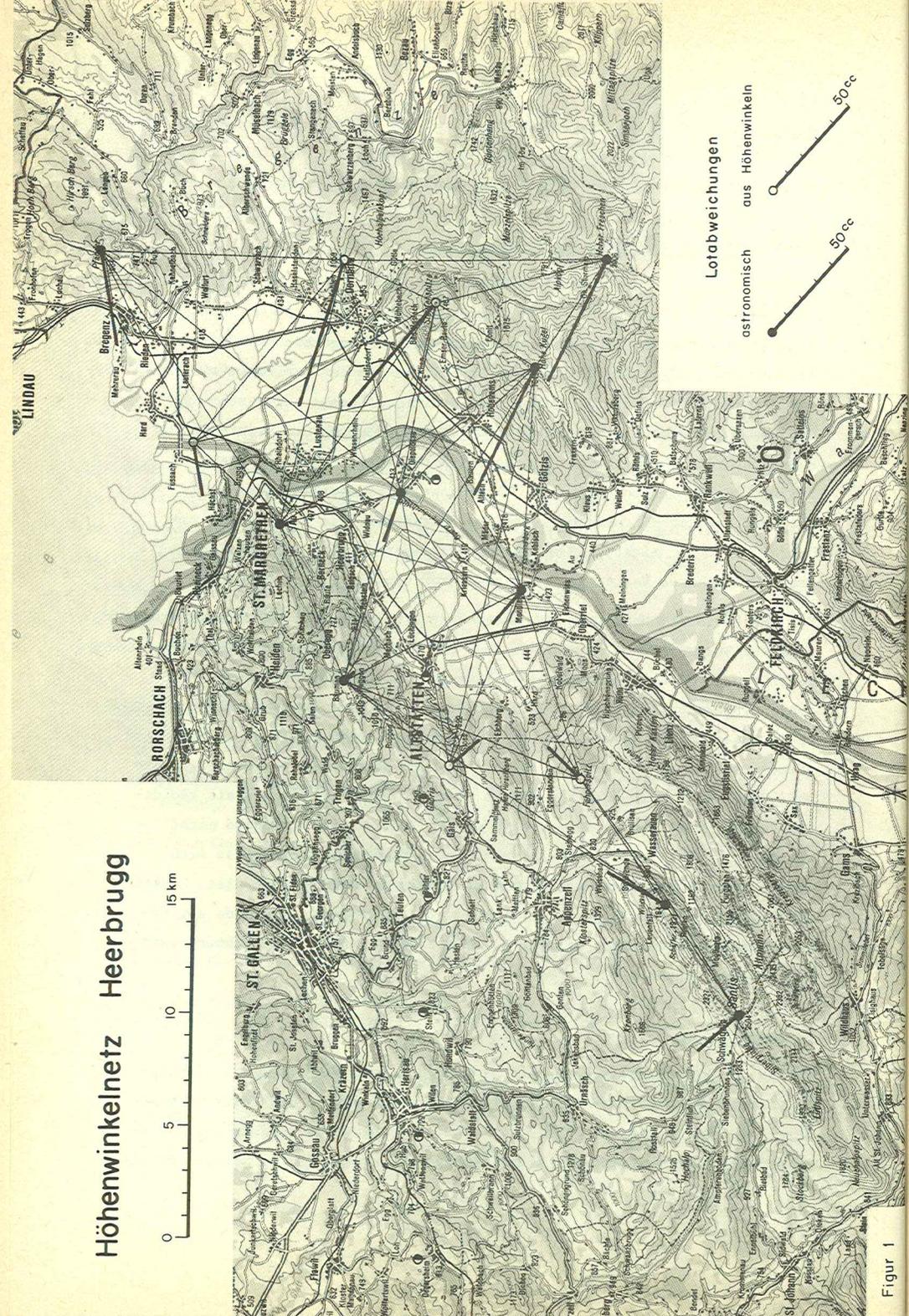


Tabelle 1: Stationsangaben

	Y	X	H	Lotabweichung		Lotkrümmung	
				5	7	cc	cc
Basis Nord A	166538.080	51248.906	415.660	8.6	-21.5	0.0	-0.1
Basis Süd A	162534.784	45199.867	477.000	12.8	-15.2	-0.6	0.7
Ebenalp A	149191.466	38775.113	1639.000	26.8	14.3	3.1	10.3
Fäneren A	154297.634	42455.447	1479.000			4.1	-2.8
Fussach A	168256.049	60310.957	404.000			0.0	-0.1
H. Freschen C	176861.216	42197.182	2004.000	26.9	-54.0	7.1	-7.7
Hohe Kugel C	172092.573	45195.065	1646.000	27.1	-56.5	4.6	-4.1
Meldegg ETH A	164941.706	56579.087	657.000	-2.1	0.5	-3.1	3.7
Pfänder A	176376.040	64478.640	1064.000	-7.9	-41.8	-1.6	-0.5
St. Anton A	158009.034	53120.726	1121.000	-4.2	4.2	-4.3	0.1
Säntis A	144169.150	34918.520	2503.000	18.5	-16.1	1.6	-4.6
Schwende A	176571.084	54277.026	1056.000			0.0	-11.5
Sommersberg C	154902.820	48391.490	1178.000			-2.9	5.1
Staufenspitz B	174930.268	49834.119	1465.000			4.4	0.0

Hohe Kugel-Basis Nord) durch die vier Punkte Meldegg, Fussach, Schwende, Staufenspitz und südwestlich davon durch die drei Punkte Sommersberg, Fäneren, Ebenalp auf im ganzen 14 Punkte ergänzt (Fig. 1).

Die Messung der Lage- und Höhenwinkel in diesem Netz erfolgte im Sommer 1965 durch Diplomanden der Abteilung VIII und Assistenten des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich im Rahmen eines Vermessungskurses unter Leitung von Prof. Dr. F. Kobold. Ein Bericht über diese Arbeiten ist der Kommission im April 1966 durch H. Chablais erstattet worden (2). - Um das Höhenwinkelnetz zu verstärken, d.h. zu entlasten von sonst als Unbekannte einzuführenden Lotabweichungskomponenten, wurden diese auf zwei Punkten - Meldegg und Ebenalp - durch astronomische Längen- und Breitenbeobachtungen bestimmt (Zinger'sche Methode mit DKM3-A). Die Beobachtungen und die Auswertungen erfolgten durch Assistenten des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie. Sie sind in einem Bericht an die Kommission, erstattet von W. Meier im April 1966 (6), dargestellt.

Die schweizerischen Projektionskoordinaten aller vorkommenden Punkte, die Näherungshöhen der als Höhenmarke für jede Punktgruppe gewählten Punkte,

Figur 1

die astronomisch bestimmten Lotabweichungskomponenten und die aus "sichtbaren Massen" berechneten Lotkrümmungskomponenten sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

Die astronomischen Längen, Breiten und Azimute, welche zur Berechnung der in Tabelle 1 angegebenen Lotabweichungskomponenten dienen, stammen aus verschiedenen Quellen:

- auf Basis N, Basis S, St. Anton und Säntis sind 1960 Länge, Breite und Azimute durch die Schweizerische Geodätische Kommission bestimmt worden. Die Beobachtungen und Berechnungen werden in einem Heft der Publikationsreihe über die Basis Heerbrugg dargestellt werden.
- für die Längen- und Breitenbestimmungen auf Ebenalp und Meldegg sei auf den schon erwähnten Bericht 1966 (6) verwiesen.
- an österreichischen Beobachtungen sind vorhanden: für Hohe Kugel Breite und zwei Azimute von 1960 für Hoher Freschen Breite und ein Azimut von 1937 für Pfänder Breite, ein Azimut und eine unsichere Länge aus dem Jahre 1937 (die neuen Beobachtungen auf Pfänder und Hoher Freschen von 1968 liegen uns noch nicht vor).

Die zugehörigen ellipsoidischen Werte beziehen sich auf das Projektionsellipsoid der schweizerischen Landesvermessung, wobei als ellipsoidische Koordinaten des Nullpunktes (Bern) gewählt wurden:

$$\lambda_0 = -29^m 45^s 500 \quad \varphi_0 = 46^0 57' 07'' 89$$

Die Komponenten der Lotkrümmung sind als Differenzen der entsprechenden Lotabweichungskomponenten an der Erdoberfläche und auf Meereshöhe gebildet worden, wobei diese Lotabweichungskomponenten aus "sichtbaren Massen" rechnerisch bestimmt worden sind. Es wurde dazu ein von Dr. P. Müller und Dr. A. Elmiger aufgestelltes Programm benützt, zu dem Angaben in (3) zu finden sind. - Bei den vorliegenden Berechnungen wurde ein Einzugsgebiet von 50 km x 60 km berücksichtigt, wobei ausserhalb der engeren Stationsumgebung (mit 100 m x 100 m-Feldern) bis 15 km Stationsabstand mittlere Höhen von 500 m x 500 m-Feldern, von 15 bis 25 km Stationsabstand mittlere Höhen von 10 km x 10 km-Blöcken verwendet wurden. Für die Dichte ist der Wert 2.65 und für die Ausgleichstiefe der Isostasie 120 km angenommen worden.

Die Berechnungen erfolgten auf der Rechenanlage CDC 1604-A des Rechenzentrums der ETH Zürich. Die erhaltenen Lotkrümmungskomponenten, im Sinne  $\xi_{\text{Oberfl.}} - \xi_{\text{Meeresh.}}$  bzw.  $\eta_{\text{Oberfl.}} - \eta_{\text{Meeresh.}}$  sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Die Höhenwinkel wurden, zu einem grossen Teil verteilt auf mehr als einen Tag, durchschnittlich 14mal beobachtet (kleinste Wiederholungszahl: 4, grösste: 21). Der mittlere Fehler einer einzelnen Höhenwinkelmessung, berechnet aus der Streuung der Einzelmessungen um ihr Mittel, beträgt im Durchschnitt  $\pm 9^{\text{cc}}$  (kleinster Wert:  $\pm 3^{\text{cc}}$ , grösster:  $\pm 34^{\text{cc}}$ ). Die Beobachtung über so grosse Distanzen von durchschnittlich 10 km (5 km bis 17 km) am Tage bot zwar beträchtliche Schwierigkeiten; die grossen mittleren Beobachtungsfehler rühren aber nur zu einem kleinen Teil von mangelhafter Erfassung der Ziele her, sondern hauptsächlich von den grossen Schwankungen der Refraktion im Verlaufe eines Tages (Beobachtungen waren erlaubt zwischen 9 h und 17 h) und an verschiedenen Tagen.

### 3. Berechnung von Refraktionswinkeln

Bei der Schweizerischen Geodätischen Kommission wurde ein Verfahren zur Berechnung von Refraktionswinkeln (Winkel im Beobachtungspunkt zwischen einfallendem Lichtstrahl und geradliniger Verbindung Beobachtungspunkt - Zielpunkt) entwickelt, dessen Grundgedanken in (7) beschrieben wurden:

Nach der bekannten Gleichung (vgl. z.B. (4))

$$\Gamma_{\text{cc/km}} = 2280 \frac{P}{T_{\text{abs}}^2} \left( 1 + 0.03 \frac{dT}{dz} \right) \eta_{\text{km}}$$

ist die Krümmung  $\Gamma$  des Visurstrahles im wesentlichen vom Temperaturgradienten  $\frac{dT}{dz}$  abhängig, während  $\frac{P}{T^2}$  vergleichsweise wenig Einfluss ausübt.  $\frac{dT}{dz}$  ist aber nicht nur von der Tageszeit und vom Wetter abhängig, sondern auch wesentlich von der Höhe über Grund und deshalb, auch für einen und denselben Zeitpunkt, längs einer Visur keineswegs konstant. Die Annahme eines kreisbogenförmigen Lichtweges mit dem "Refraktionskoeffizient"  $k = \frac{\text{Erdradius}}{\text{Krümmungsradius}}$ , welche eine mehr oder weniger grobe erste Annäherung an die wirklichen Verhältnisse darstellt, wurde deshalb fallengelassen: die Refraktionswinkel  $\delta$  werden aus den Krümmungen  $\Gamma(x)$  einzelner Teilstücke  $dx$  der Visur nach der - genäherten - Formel

$$\delta^{cc} = \int_{x=0}^{x=s} \frac{s-x}{s} \Gamma(x) dx$$

x = Abstand vom Stationspunkt  
s = Visurlänge

berechnet. Die Zerlegung der Visur in Teilstücke geschieht so, dass innerhalb jedes dieser Abschnitte  $\Gamma(x)$  genügend genau konstant ist, wobei wegen des "Wirkungsfaktors"  $\frac{s-x}{s}$  umso geringere Ansprüche an die Konstanz von  $\Gamma(x)$  zu stellen sind, je weiter der betreffende Abschnitt vom Stationspunkt entfernt ist.

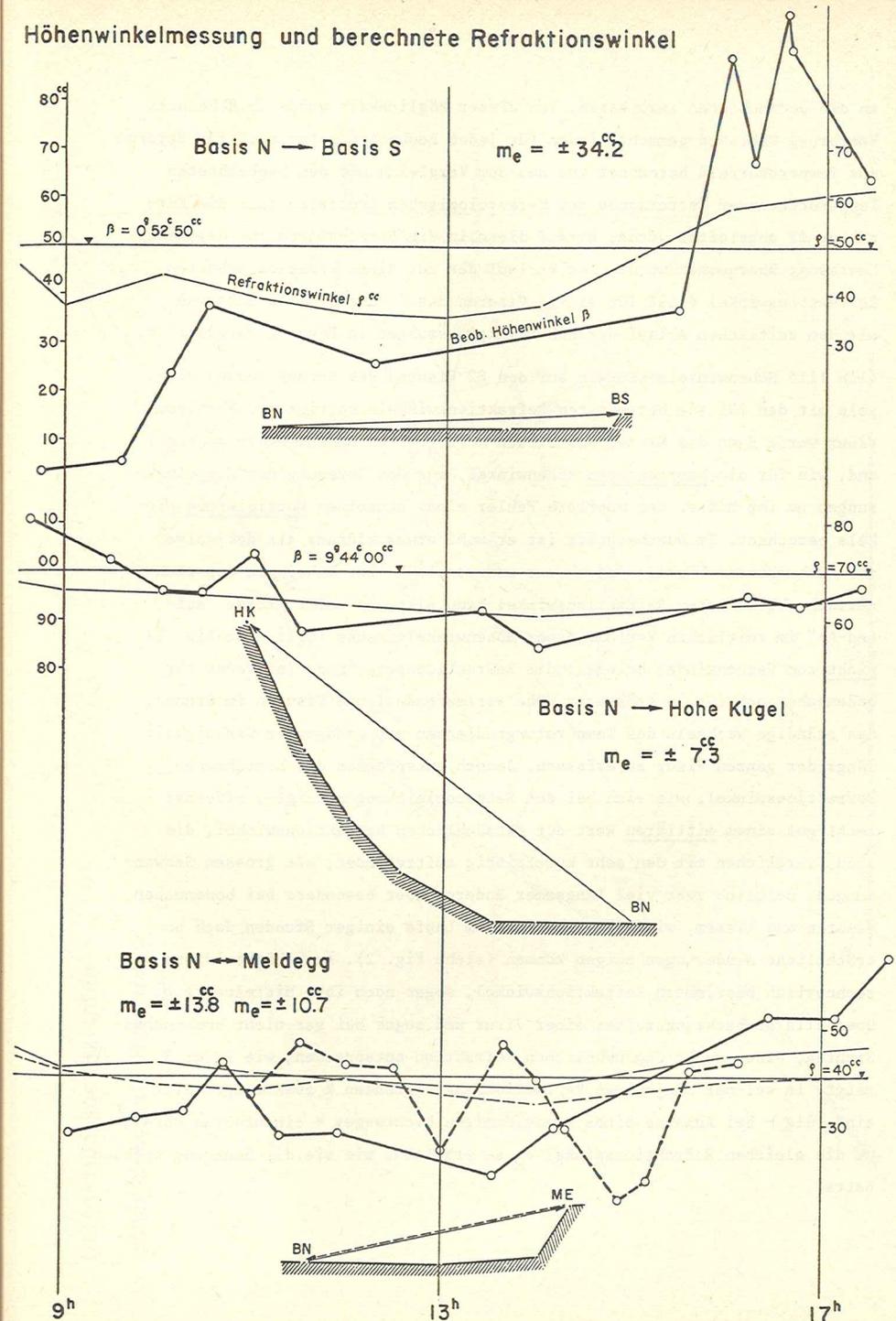
Wie in (7) dargelegt, erfolgt die Berechnung des Temperaturgradienten  $\frac{dT}{dz}$ , welcher im Ausdruck für die Krümmung  $\Gamma$  die wesentlichste Rolle spielt, unter Berücksichtigung der Höhe über einem "mittleren" Gelände, des Winkels zwischen Sonne und "mittlerem" Gelände und der meteorologischen Faktoren Bewölkungsgrad, Windstärke, Dampfdruck. Das ALGOL-Programm - ohne elektronischen Rechenautomat dürfte nicht auszukommen sein - berechnet für eine Visur den Refraktionswinkel  $\delta$  für jede Stunde eines Tages von 0 h bis 24 h. Die Rechenzeit pro Visur und Tag beträgt auf der CDC 1604-A des Rechenzentrums der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich rund 1 min. Die Vorbereitungsarbeiten sind jedoch sehr zeitraubend, weil dem Computer verhältnismässig viel Information zur Verfügung gestellt werden muss, nämlich die Topographie eines Geländestreifens unter der Visur in digitalisierter Form und die oben genannten Wetterangaben.

Die im Ausdruck für die Krümmung  $\Gamma$  neben dem Temperaturgradienten  $\frac{dT}{dz}$  vorkommende Temperatur T selbst wird für wenige, wichtige Punkte der Visur ebenfalls berechnet, indem die aus den Temperaturgradienten  $\frac{dT}{dz}(z)$  verschiedener Höhenstufen z abgeleiteten Temperaturdifferenzen  $dT(z)$ , ausgehend von einer theoretischen Temperatur in 7000 m ü.M.\*, aneinandergereiht werden. - Hier bietet das Programm die Möglichkeit, beim Vorliegen eines beobachteten Temperaturfeldes (z.B. Sondenwerte), die rechnerisch bestimmten Temperaturen durch Anbringen einer dreigliedrigen Korrektur

$$\Delta T = A + Bz + Cz^2 \quad z = \text{Meereshöhe}$$

\* welche den Monatsmitteln der Sonde Payerne folgt

### Höhenwinkelmessung und berechnete Refraktionswinkel



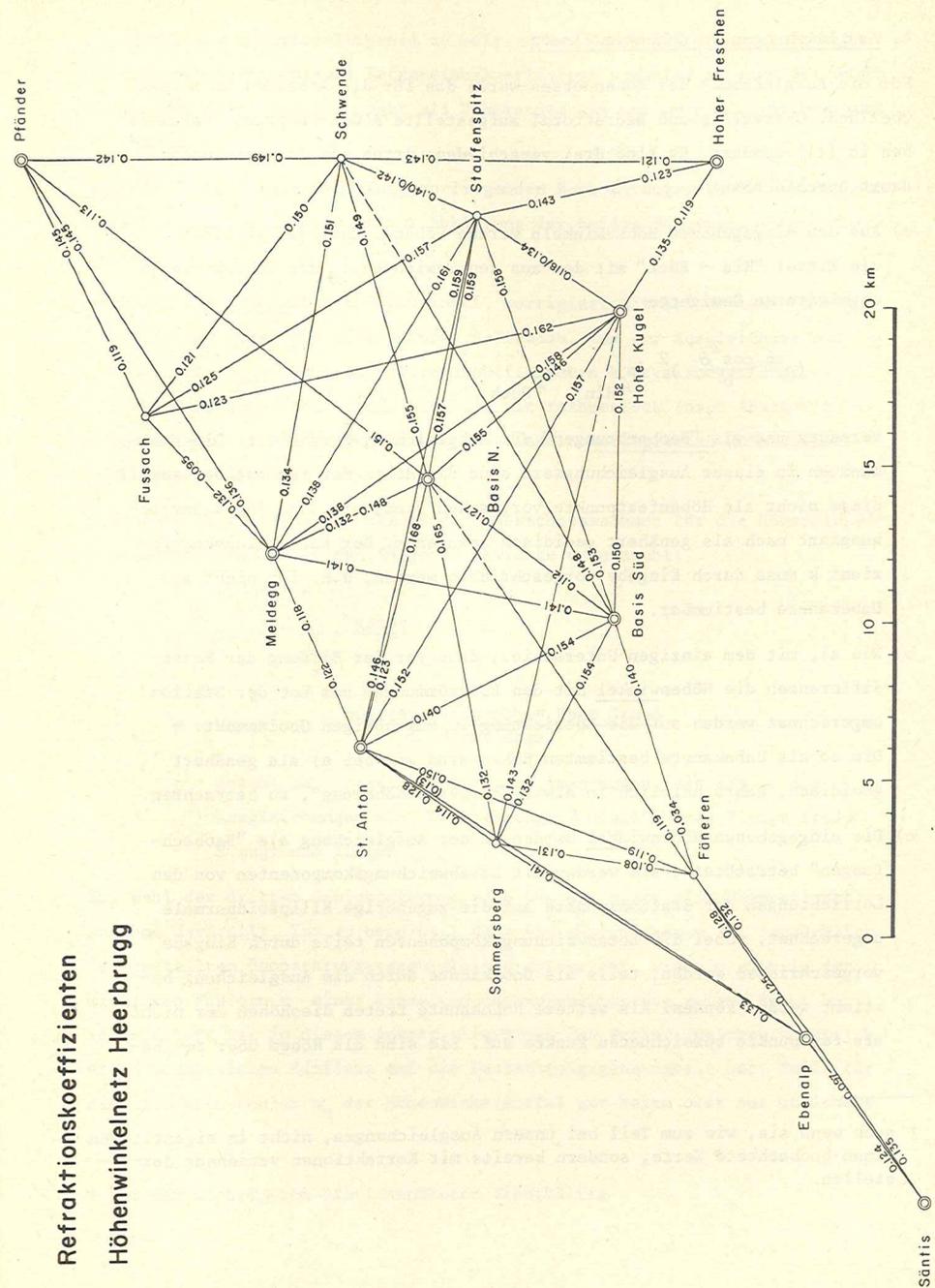
6.8.1965

Figur 2

an die beobachteten anzupassen. Von dieser Möglichkeit wurde im Höhennetz Heerbrugg Gebrauch gemacht, indem für jeden Beobachtungstag auch für Payerne das Temperaturfeld berechnet und aus dem Vergleich mit den beobachteten Temperaturen der Wettersonde der Meteorologischen Zentralanstalt die Korrektur  $\Delta T$  abgeleitet wurde, worauf diese in die Berechnungen für das Netz Heerbrugg übernommen wurde. Der Verlauf der auf diese Weise berechneten Refraktionswinkel  $\delta$  ist für einige Visuren des 6. August 1965 zusammen mit dem zeitlichen Ablauf der Höhenwinkelmessungen in Figur 2 dargestellt.

Alle 1115 Höhenwinkelmessungen auf den 82 Visuren des Netzes wurden einzeln mit den für sie berechneten Refraktionswinkeln korrigiert. Für jede Visur wurde dann das Mittel aus diesen korrigierten Höhenwinkeln gebildet und, wie für die beobachteten Höhenwinkel, aus der Streuung der Einzelmessungen um ihr Mittel der mittlere Fehler eines einzelnen korrigierten Winkels berechnet. Im Durchschnitt ist er wohl etwas kleiner als derjenige der beobachteten Winkel, jedoch nur unwesentlich. Das Anbringen der rechnerisch abgeleiteten Refraktionswinkel kann also das meist grosse "Auf- und-Ab" im zeitlichen Verlauf einer Höhenwinkelmessung (vgl. etwa Fig. 2) nicht zum Verschwinden bringen; die Refraktionsberechnung ist weder für bodennahe noch für in grösserer Höhe verlaufende lange Visuren im Stande, das ständige Wechseln des Temperaturgradienten mit genügender Genauigkeit längs der ganzen Visur zu erfassen. Jedoch entsprechen die berechneten Refraktionswinkel, wie sich bei den Netzausgleichungen zeigte, offenbar recht gut einem mittleren Wert der tatsächlichen Refraktionswinkel, die sich, verglichen mit den sehr kurzfristig auftretenden, oft grossen Schwankungen, zeitlich zwar viel langsamer ändern, aber besonders bei bodennahen Visuren und klarem, windstillem Wetter im Laufe einiger Stunden doch beträchtliche Aenderungen zeigen können (siehe Fig. 2). Auch können diese rechnerisch bestimmten Refraktionswinkel, sogar noch ihre Mittelwerte  $\delta_M$  über alle Beobachtungszeiten einer Visur und sogar bei gar nicht bodennahen Sichten, einer recht ungewöhnlichen Refraktion entsprechen, wie Figur 3 zeigt, in welcher diejenigen Refraktionskoeffizienten  $k$  zusammengestellt sind, die - bei Annahme eines kreisförmigen Lichtweges - einzuführen wären, um die gleichen Refraktionswinkel  $\delta_M$  zu erhalten, wie sie die Rechnung ergeben hatte.

Refraktionskoeffizienten  
Höhenwinkelnetz Heerbrugg



4. Ausgleichungen im Höhenwinkelnetz

Für die Ausgleichung des Höhennetzes wurde das für die Arbeiten im Berner Oberland, Oberwallis und Bedrettototal aufgestellte ALGOL-Programm (beschrieben in (1)) benützt. Es sind drei verschiedene Arten von Ausgleichungen damit durchführbar:

- a) Aus den eingegebenen Höhenwinkeln werden Höhendifferenzen gebildet, die Mittel "Hin - Rück" mit den aus den Gewichten  $p_\beta$  der Höhenwinkel  $\beta$  abgeleiteten Gewichten

$$\left( \rho \frac{\cos^2 \beta}{b} \right)^2 (p_{\beta_{\text{Hin}}} + p_{\beta_{\text{Rück}}})$$

versehen und als "Beobachtungen" der Ausgleichung betrachtet. Die Unbekannten in dieser Ausgleichungsart sind die Höhen der Netzpunkte, soweit diese nicht als Höhenfestpunkte vorgesehen sind; sie sind ihrer Berechnungsart nach als genähert geoidisch anzusehen. Der Refraktionskoeffizient  $k$  muss durch Eingabe vorgeschrieben werden, d.h. ist nicht als Unbekannte bestimmbar.

- b) Wie a), mit dem einzigen Unterschied, dass vor der Bildung der Höhendifferenzen die Höhenwinkel mit den Lotkrümmungen vom Lot der Station umgerechnet werden auf die Lotrichtung im zugehörigen Geoidpunkt. - Die so als Unbekannte bestimmten Höhen sind wie bei a) als genähert geoidisch, wahrscheinlich in etwas "besserer Näherung", zu betrachten.
- c) Die eingegebenen Höhenwinkel werden in der Ausgleichung als "Beobachtungen" betrachtet\*; sie werden mit Lotabweichungskomponenten von den Lotrichtungen der Stationspunkte auf die zugehörige Ellipsoidnormale umgerechnet, wobei die Lotabweichungskomponenten teils durch Eingabe vorgeschrieben werden, teils als Unbekannte durch die Ausgleichung bestimmt werden können. Als weitere Unbekannte treten die Höhen der nicht als Festpunkte bezeichneten Punkte auf. Sie sind als Höhen über dem be-

\* auch wenn sie, wie zum Teil bei unsern Ausgleichungen, nicht im eigentlichen Sinne beobachtete Werte, sondern bereits mit Korrekturen versehene darstellen.

treffenden Referenzellipsoid zu betrachten. - Bei dieser Ausgleichungsart kann der (einzige) Refraktionskoeffizient  $k$  wahlweise entweder durch Eingabe vorgeschrieben oder als Unbekannte aus der Ausgleichung bestimmt werden.

Mit dem im Höhennetz Heerbrugg vorliegenden Beobachtungsmaterial wurden nun verschiedene Ausgleichungen zur Abklärung der beiden folgenden Fragen durchgeführt:

- Führen die beobachteten Höhenwinkel, korrigiert mit Refraktionswinkeln, welche aus einem für alle Visuren geltenden, aus der Ausgleichung als Unbekannte bestimmten Refraktionskoeffizienten  $k$  (kreisbogenförmiger Lichtweg!) abgeleitet sind, oder die mit rechnerisch (nach Abschnitt 3) bestimmten, individuellen Refraktionswinkeln korrigierten Höhenwinkel zu besseren Resultaten?
- Welchen Einfluss haben verschiedene Gewichtsannahmen für die Höhenwinkelbeobachtungen? Es wurden folgende Gewichte untersucht:

$$p = \text{konst} \cdot n$$

$$p = \text{konst} \cdot \frac{n}{m_e^2} = \frac{\text{konst}}{m_M^2}$$

$$p = \text{konst} \cdot n \cdot \frac{\text{mittlere Visurhöhe* über Grund}}{\text{Visurlänge}}$$

$n$  = Anzahl der einzelnen Höhenwinkelmessungen, die den in die Ausgleichungen als "Beobachtungen" eingeführten Visurmitteln  $M$  zugrunde liegen

Zur Wahl der dritten Gewichtsformel, die wie die erste eine theoretische Annahme darstellt, ist zu bemerken, dass sie einigermaßen den tatsächlich festgestellten Beobachtungsgenauigkeiten entspricht, wie sie sich in den mittleren Fehlern  $m_e$  einer einzelnen Höhenwinkelmessung zeigt. Nicht berücksichtigt ist in diesem Ansatz allerdings das Wetter, welches natürlich einen wesentlichen Einfluss auf die Beobachtungsgenauigkeit hat. Falls für die mittleren Fehler  $m_M$  der Höhenwinkelmittel gar keine oder nur unsichere

\* nur der wichtigeren stationsnäheren Visurhälfte

Angaben (bei kleinen Wiederholungszahlen n) vorhanden sind, ist dieser Gewichtsansatz dem primitiveren  $p \sim n$  vorzuziehen.

Bei den Ausgleichungen für geoidische Höhen wurden die beiden Punkte Basis N und Basis S als Höhenfestpunkte angenommen, da für sie nivellierte Höhen (welche als geoidisch betrachtet werden dürfen) vorhanden sind. Der sich senkende Punkt Basis N wurde 1969 neu nivelliert und ein für 1965 plausibler Wert (415.66 m) eingeführt. - Bei den Ausgleichungen für ellipsoidische Höhen wurde als einziger (notwendiger) Höhenfestpunkt Basis N angenommen und ihm die ellipsoidische Höhe 416.41 m zugewiesen, nämlich nivellierte Höhe (415.66 m) + Geoiderhebung N über dem Referenzellipsoid (0.75 m). Als Wert für die Geoiderhebung wurde der beim Geoidprofil im Parallelkreis von Zürich für den benachbarten Punkt Diepoldsau gefundene Betrag von +0.75 m übernommen, wobei für Schwerzenbach N=0 angenommen ist (Astronomisch-geodätische Arbeiten, Band 22, Seite 42).

5. Resultate der Ausgleichungen

In der Tabelle 2 sind für jede der 18 Ausgleichungen (siehe Abschnitt 4) die folgenden Grössen zusammengestellt:

$m_e$  mittlerer Fehler der Gewichtseinheit, wobei die Konstanten bei den Gewichtsannahmen konst  $\frac{n}{2}$  und konst  $n \frac{H}{L}$  so gewählt wurden, dass sich für alle drei  $m_e$  Gewichtsannahmen die gleiche Gewichtssumme [p], d.h. das gleiche Durchschnittsgewicht  $\bar{p}$  ergab wie für  $p = \frac{n}{10}$ , so dass die  $m_e$  untereinander vergleichbar sind

$\frac{m}{m_H}$  durchschnittlicher mittlerer Fehler der Höhen der nicht als Festpunkte betrachteten Netzpunkte

$\frac{m}{m_{\Delta H}}$  durchschnittlicher mittlerer Fehler derjenigen ausgeglichenen Höhendifferenzen, für welche Beobachtungen vorliegen.

Tabelle 2: Mittlere Fehler verschiedener Ausgleichungen

Gewichtsannahme	ellipsoidisch Refraktion		ohne Lotkrümmung Refraktion		geoidisch mit Lotkrümmung Refraktion	
	mit Refr.koeff. individuell	mit Refr.koeff. individuell				
$p = \frac{n}{10}$	$m_e$	cc ± 8.9	cc ± 6.7	± 0.123 m	± 0.101 m	± 0.122 m
	$\frac{m}{m_H}$	± 0.054 m	± 0.041 m	± 0.060 m	± 0.050 m	± 0.060 m
	$\frac{m}{m_{\Delta H}}$	± 0.050 m 100 % → 76 %	± 0.038 m 76 %	± 0.056 m 100 % → 82 %	± 0.046 m 82 %	± 0.056 m 100 % → 96 %
$p = 4.8 \frac{n}{2} m_e$	$m_e$	cc ± 8.9	cc ± 5.6	± 0.103 m	± 0.102 m	± 0.097 m
	$\frac{m}{m_H}$	± 0.060 m	± 0.038 m	± 0.053 m	± 0.053 m	± 0.050 m
	$\frac{m}{m_{\Delta H}}$	± 0.054 m 100 % → 63 %	± 0.034 m 63 %	± 0.047 m 100 % → 100 %	± 0.047 m 100 %	± 0.044 m 100 % → 101 %
$p = 3n \frac{H}{L}$	$m_e$	cc ± 9.1	cc ± 6.4	± 0.109 m	± 0.094 m	± 0.108 m
	$\frac{m}{m_H}$	± 0.060 m	± 0.042 m	± 0.057 m	± 0.050 m	± 0.057 m
	$\frac{m}{m_{\Delta H}}$	± 0.054 m 100 % → 70 %	± 0.038 m 70 %	± 0.053 m 100 % → 86 %	± 0.045 m 86 %	± 0.052 m 100 % → 86 %

[p] = 111.5  $\bar{p}$  = 1.15  
97 Fehlergleichungen

[p] = 68.6  $\bar{p}$  = 1.76  
39 Fehlergleichungen

Die aus den Ausgleichungen mit Gewichten  $\frac{\text{konst}}{m_M^2}$  für die Unbekannten erhaltenen Werte mit ihren mittleren Fehlern sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Zum Vergleich sind auch die in den Punktprotokollen angegebenen konventionellen Höhen aufgeführt und schliesslich gibt die Tabelle die Geoiderhebungen über dem Referenzellipsoid, wobei, wie weiter oben erwähnt, für Basis N die Geoiderhebung 0.75 m gewählt wurde, um eine möglichst gute Anpassung an den Geoidschnitt des Parallelkreises von Zürich zu erhalten. Endlich sind diese Geoiderhebungen in der axonometrischen Figur 4, zusammen mit denjenigen des "Parallelkreises von Zürich" nochmals graphisch dargestellt, während die aus astronomischen Beobachtungen bestimmten und die aus den Ausgleichungen gefundenen Lotabweichungen in der Karte, Figur 1, eingetragen sind.

6. Bemerkungen

a) Zur Gewichtsannahme

Aus Tabelle 2 ist ersichtlich, dass Gewichte  $\sim n$  zu wenig differenziert sind.

Gewichte  $\sim \frac{1}{m_M^2} = \frac{n}{m_e^2}$  stellen eine naheliegende, fehlertheoretisch korrekte Gewichtsannahme dar, allerdings nur solange die Anzahl  $n$  der einzelnen Höhenwinkelmessungen nicht zu klein ist.

Die "theoretischen" Gewichte  $\sim n \frac{\bar{H}}{L}$  haben den Vorteil, die mittleren Fehler  $m_e$  oder  $m_M$  (welche unsicher bestimmt oder überhaupt unbekannt sein können) nicht zu benötigen und doch einigermaßen mit ihnen parallel zu laufen. Ihr Nachteil liegt hauptsächlich darin, dass sie zwar die "geometrischen" Eigenheiten der Visur berücksichtigen, nicht aber die übrigen die Beobachtung beeinflussenden Grössen wie Instrument, Beobachter und vor allem das Wetter, für welches sich keine zugleich aussagekräftige und trotzdem einfache Qualifikationsgrösse fand.

Aus den Ausgleichungen (Tabelle 2) lässt sich kein Vorteil für das eine oder andere der Gewichte  $\frac{1}{m_M^2}$  oder  $n \frac{\bar{H}}{L}$  ersehen.

b) Zur Frage der Verwendung von "korrigierten" (mit rechnerisch bestimmten, individuellen Refraktionswinkeln versehenen) oder von "beobachteten" (mit generellen Refraktionskoeffizienten  $k$  behandelten) Höhenwinkeln:

Tabelle 2 zeigt bei den ellipsoidischen Ausgleichungen eine durchschnittliche Verkleinerung der mittleren Fehler um rund 30 % bei Ersetzung der "beobachteten" durch die "korrigierten" Höhenwinkel.

Dazu ist allerdings sogleich zu bemerken, dass diese Verbesserung fast ganz der Einführung der Anpassungskorrektur  $\Delta T = A + Bz + Cz^2$  an die Sondenwerte von Payerne zu verdanken war, denn vor dieser Anpassung ergaben die rechnerisch bestimmten Refraktionswinkel nur eine geringe Verbesserung gegenüber der Verwendung eines als Unbekannte bestimmten generellen Refraktionskoeffizienten.

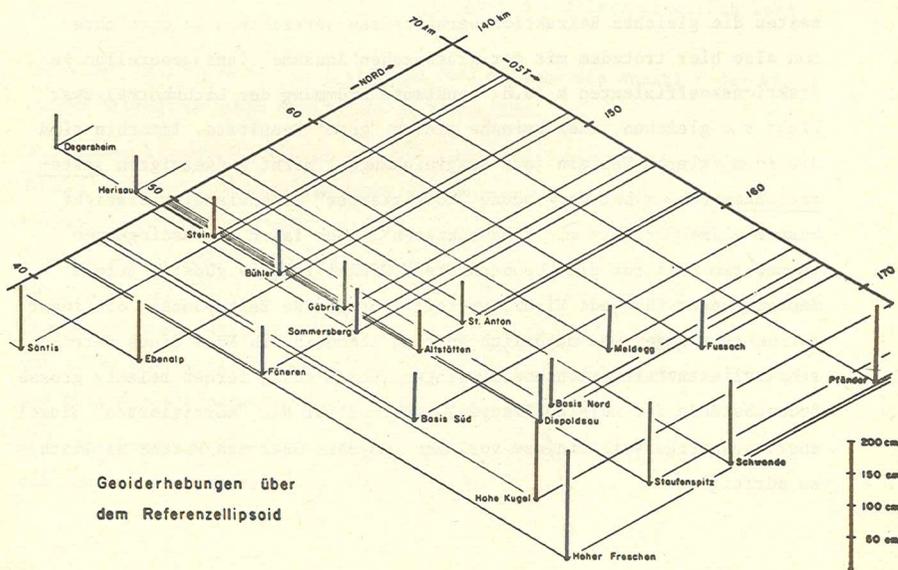
Auch wenn die in Figur 3 zusammengestellten "äquivalenten Refraktionskoeffizienten", die den rechnerisch bestimmten Refraktionswinkel (Mittel aus allen  $n$  Einzelwerten der betreffenden Visur) entsprechen, von Station zu Station und selbst auf einer und derselben Station von Visur zu Visur zum Teil grosse Unterschiede zeigen, und wenn bestimmt auch in Wirklichkeit nicht für alle Winkelmessungen auf verschiedenen Stationen, in verschiedenen Visuren, an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tageszeiten die gleichen Refraktionsverhältnisse herrschten, so erreichte man also hier trotzdem mit der klassischen Annahme eines generellen Refraktionskoeffizienten  $k$  (d.h. konstante Krümmung der Lichtkurve) zwar nicht die gleichen, aber beinahe gleich "gute" Resultate. Immerhin sind die in mittleren Fehlern (aus Ausgleichungen) nicht aufgezeigten systematischen Fehler bei Verwendung "korrigierter" Höhenwinkel vielleicht besser eliminiert als mit "beobachteten". Auch lagen die Bedingungen in unserem Fall für die "beobachteten" Winkel relativ günstig (viele Beobachtungen für jede Visur, verteilt auf grosse Zeitspannen, oft sogar auf mehrere Tage, was natürlich an sich schon in die Nähe eines durchschnittlichen Refraktionskoeffizienten führen muss, ferner relativ grosse Bodenabstände der meisten Visuren), während für die "korrigierten" Winkel eher ungünstige Verhältnisse vorlagen (Angaben über das Wetter vielfach zu dürftig).

c) Zur Einführung von Lotkrümmungen

Die Lotkrümmungen (Tabelle 1) sind im allgemeinen klein, da es sich bei den Stationen zum grössten Teil um Tal- oder Gipfelpunkte handelt mit einigermaßen symmetrischer Massenverteilung. Ihre Einführung brachte weder für die Höhen noch deren mittlere Fehler grosse Änderungen gegenüber den ohne Lotkrümmungen erhaltenen Werten (vgl. Tabelle 3).

d) Zum Gesamtergebnis

Die geoidischen Höhen passen gut zu den auf ähnliche Weise aus Höhenunterschieden (Mittel aus "Hin" und "Rück") berechneten konventionellen Höhen (Tabelle 3). Dies ist beruhigend im Hinblick auf systematische Verfälschungen, denn die konventionellen Höhen sind in dieser Beziehung vielleicht eher "besser" als die hier berechneten geoidischen, weil sie in weiträumigen, überall mit nivellierten Höhen durchsetzten Netzen verknüpft sind, wo sich Systemfehler (Nichterfülltsein der Voraussetzung, dass sich jedes Geoidstück durch einen Kreisbogen mit  $r = \text{Erdradius}$  ersetzen lässt, dessen Normale in den beiden Visurendpunkten mit der betreffenden Lotrichtung zusammenfallen) eher ausgleichen als in sozusagen "freien" Netzen wie dem unsrigen. Die grösste Differenz zwischen den



Figur 4

Tabelle 3: Höhenwinkelnetz Heerbrugg: Resultate

Netzpunkte	konventionelle Höhe		ellipsoidische Höhen		geoidische Höhen		Geoid-erheb'g.		Lotabweichungen	
	m	mit Refr.koeff.* individuell	m	mit Refr.koeff.* individuell	m	mit Refr.koeff.* individuell	N	ξ	cc	cc
Basis Nord	415.66	416.410 ± 0.000	416.410 ± 0.000	415.660 ± 0.000	415.660 ± 0.000	0.75				
Basis Süd	477.53	478.323	478.323	477.530	477.530	0.79				
Ebenalp	1640.02	1641.174	1641.028	1640.211	1640.016	1.01				
Fäneren	Neupkt.	1480.580	1480.370	1479.797	1479.602	0.77	8.9	±5.3	30.8	±5.0
Fussach	Neupkt.	404.134	404.039	403.417	403.288	0.75	-6.4	±4.3	-25.1	±3.7
H. Freschen	2003.68**	2005.461	2005.387	2003.702	2003.661	1.73				
H. Kugel	1645.23**	1646.537	1646.513	1645.260	1645.255	1.26				
Meldegg	Neupkt.	657.763	657.685	657.090	657.006	0.68				
Pfänder	1063.50**	1064.717	1064.708	1063.550	1063.519	1.19				
St. Anton	1121.19	1122.009	1121.896	1121.318	1121.242	0.65				
Säntis	2503.07	2504.494	2504.406	2503.493	2503.329	1.08				
Schwende	Neupkt.	1056.462	1056.469	1055.164	1055.178	0.71	20.9	±2.8	-68.2	±3.1
Sommersberg	1177.02	1177.839	1177.710	1177.127	1177.000	0.71	-12.9	±5.6	6.0	±4.4
Staufenspitze	fehlt	1466.387 ± 0.046	1466.372 ± 0.029	1465.068 ± 0.039	1465.083 ± 0.040	1.29	40.4	±3.6	-46.2	±3.8
Durchschnitt		±0.060	±0.038	±0.050	±0.050				±4.3	±4.0

\*\* österreichische Werte

\* k = 0.14

konventionellen Höhen und den im Netz Heerbrugg erhaltenen tritt denn bezeichnenderweise auch beim Punkt Säntis auf, welcher im Netz Heerbrugg sehr "herausgehängt" ist (Figur 1).

Die Geoiderhebungen N (Tabelle 3 und Figur 4) passen im Bereich des "Parallels von Zürich" gut zu den dort gefundenen Werten; leider ist kein gemeinsamer Punkt aus den beiden Systemen vorhanden.

Die Lotabweichungen (Tabelle 3 und Figur 1) scheinen "vernünftig"; eine - auch noch so grobe - Kontrolle durch Vergleich mit den aus "sichtbaren Massen" berechneten Werten ist nicht möglich, weil ein für diesen Zweck zu kleines Gebiet berücksichtigt wurde bei der Berechnung, die ja nur Lotkrümmungen liefern sollte.

#### Literatur

- (1) "Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz", 26. Band, Zürich 1967
- (2) Chablais, H.: Rapport à la Commission Géodésique Suisse sur les mesures d'angles verticaux dans le réseau d'amplification de la base d'Heerbrugg en 1965. April 1966
- (3) Elmiger, A.: Studien über Berechnung von Lotabweichungen aus Massen, Interpolation von Lotabweichungen und Geoidbestimmungen in der Schweiz. Dissertation, Zürich 1969
- (4) Jordan/Eggert/Kneissl: Handbuch der Vermessungskunde. Band III, § 68, 10. Auflage, Stuttgart 1956
- (5) Koppke, U.: Kritische Betrachtungen zur Genauigkeit von Höhenwinkelmessungen in Landesnetzen l. O. unter besonderer Berücksichtigung der terrestrischen Refraktion. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Heft Nr. 115, München 1968
- (6) Meier, W.: Bericht an die Schweizerische Geodätische Kommission über die Breiten- und Längenbestimmungen im Basisnetz Heerbrugg. April 1966
- (7) Wunderlin, N.: Bericht an die Schweizerische Geodätische Kommission über Refraktionsuntersuchungen und ein ALGOL-Programm zur Berechnung von Refraktionswinkeln. April 1968

## TABLE DES MATIÈRES

Adresses des membres de la Commission géodésique suisse	2
116. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission am 23. Mai 1970 im Bernerhof in Bern	3
1. Bericht des Präsidenten über das Jahr 1969	4
2. Berichte der Ingenieure	7
2.1 Astronomische Längen- und Breitenbestimmungen auf fünf Stationen im Bündnerland im Sommer 1969	7
2.2 Distomat-Messungen im Basisvergrößerungsnetz Aarberg	8
2.3 Versuchsmessungen mit dem AGA Laser-Geodimeter Modell 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung	9
2.4 Berechnungen im Höhennetz Heerbrugg	10
3. Arbeitsprogramm 1970	13
4. Delegation an die Generalversammlung der UGGI 1971 in Moskau	15
5. Abnahme der Rechnung für 1969	15
6. Budgets 1970 und 1971	15
7. Verschiedenes und Umfrage	15

## ANHANG

1. Astronomische Längen- und Breitenbestimmungen auf fünf Stationen im Bündnerland im Sommer 1969	17
2. Distomat-Messungen im Basisvergrößerungsnetz Aarberg	27
3. Versuchsmessungen mit dem AGA Laser-Geodimeter Modell 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung	37
4. Berechnungen im Höhennetz Heerbrugg	47

Die Kartengrundlagen auf Seite 28, 45 und 48 wurden mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 17. 11. 70 reproduziert.