

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES  
SCHWEIZ. NATURFORSCHENDE GESELLSCHAFT

---

PROCÈS-VERBAL

de la 117<sup>e</sup> séance de la

COMMISSION GÉODÉSIQUE  
SUISSE

tenue à l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich  
le 18 juin 1971

avec des extraits des rapports sur l'activité de l'année 1970

---

PROTOKOLL

der 117. Sitzung der

SCHWEIZ. GEODÄTISCHEN  
KOMMISSION

vom 18. Juni 1971  
an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich

mit Auszügen aus den Berichten über die Tätigkeit im Jahre 1970

Spross + Co, Kloten  
1972



**PROCÈS-VERBAL**

de la 117<sup>e</sup> séance de la

**COMMISSION GÉODÉSIQUE  
SUISSE**

tenue à l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich  
le 18 juin 1971

**avec des extraits des rapports sur l'activité de l'année 1970**

---

**PROTOKOLL**

der 117. Sitzung der

**SCHWEIZ. GEODÄTISCHEN  
KOMMISSION**

vom 18. Juni 1971  
an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich

**mit Auszügen aus den Berichten über die Tätigkeit im Jahre 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 A. Miserez, Institut de topographie de l'Ecole polytechnique fédérale, Lausanne

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.

117. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission  
am 18. Juni 1971 an der Eidgenössischen Technischen  
Hochschule in Zürich

Anwesend sind die Mitglieder F. Kobold (Präsident), W.K. Bachmann, J. Bonanomi, R. Conzett, F. Jeanrichard, H. Kasper, M. Schürer und die Mitarbeiter F. Chaperon, A. Elmiger, W. Fischer, H. Müller, N. Wunderlin.

Als Gast begrüsst der Präsident Herrn Chr. Rostetter, der seit Jahren die Kassa der Kommission betreut.

Entschuldigt haben sich die Kommissionsmitglieder E. Huber, A. Miserez und M. Waldmeier

Der Präsident eröffnet die Sitzung um 14.30 Uhr. Die folgende Traktandenliste wird ohne Diskussion genehmigt:

1. Procès-verbal der 116. Sitzung

2. Bericht des Präsidenten über die Tätigkeit im Jahr 1970

3. Arbeitsberichte:

- 3.1 Prof. Müller: Ergebnisse der astronomischen Beobachtungen auf den Laplace-Punkten Rötiflüh und Wisenberg im Sommer 1970
- 3.2 Fischer: Distanzmessungen mit Wild Distomat DI 50 und AGA Geodimeter 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung
- 3.3 Wunderlin: Berechnungen am Netz 1. Ordnung der schweizerischen Landstriangulation
- 3.4 Dr. Elmiger: Einfluss von Lotabweichungen in einem Triangulationsnetz 1. Ordnung
- 3.5 Prof. Chaperon: Ausgleichung des schweizerischen Schwerenetzes
- 3.6 Dr. Elmiger: Verzeichnis astronomischer Stationen der Schweiz
- 3.7 Prof. Schürer: Bericht über die Satellitenbeobachtungen

4. Arbeitsprogramm für das Jahr 1971



5. Rechnungsabnahme für das Jahr 1970
6. Endgültiger Voranschlag für das Jahr 1971
7. Voranschlag für das Jahr 1972
8. Verschiedenes und Umfrage

#### 1. PROCÈS-VERBAL

Das gedruckte Protokoll der 116. Sitzung wird ohne Bemerkungen genehmigt und verdankt.

#### 2. BERICHT DES PRAESIDENTEN

##### Personelles

Im Juli 1970 ist Herr Prof. A. Miserez von der ETHL als neues Mitglied der Kommission gewählt worden.

##### Arbeiten

Die im Jahr 1970 durchgeführten Arbeiten stehen wiederum in engstem Zusammenhang mit internationalen wissenschaftlichen Projekten und betreffen die folgenden vier Hauptthemen:

- Geodätische Traversen durch Europa zur Verbindung der Stationen, auf denen Beobachtungen zu geodätischen Zwecken nach künstlichen Satelliten durchgeführt werden
- Europäisches Triangulationsnetz
- Europäisches Nivellementsnetz
- Beobachtungen nach künstlichen Satelliten.

#### Geodätische Traverse Feldberg-Zimmerwald

Vor einigen Jahren wurde mit der Messung einer Traverse zwischen den Stationen Tromsø (N-Norwegen), Hohenpeissenberg (Bayern) und Catania (Sizilien) begonnen. Alle Stationen gehören zum Weltnetz, mit Hilfe dessen durch Beobachtungen nach künstlichen Satelliten Form und Grösse der Erde bestimmt werden sollen.

Neben diesen Stationen des Weltnetzes besteht eine grössere Anzahl Stationen mit dem gleichen Zweck für den europäischen Kontinent. Auch sie sollen durch Traversen (Polygonzüge mit langen Seiten) untereinander verbunden werden. Eine erste solche Traverse beginnt bei der Station Malvern (England) und führt über Delft, Brüssel, Frankfurt, Karlsruhe, Strassburg, Hohenpeissenberg nach Graz. Durch einen Seitenast soll die schweizerische Station Zimmerwald, die in bezug auf Anzahl und Genauigkeit der Beobachtungen zu den besten zählt, an die grosse Traverse angeschlossen werden. Der schweizerische Anteil desselben beginnt auf dem Feldberg und enthält als Hauptpunkte Wisenberg, Rötifluh, Gurten und Zimmerwald. Gemäss Beschluss der Internationalen Kommission für das europäische Satellitennetz sollten im Jahr 1970 die einzelnen Teilstücke von den Ländern gemessen werden. Wegen der sehr hohen Genauigkeit, die für die ganze Traverse gefordert wird, durften nur beste Instrumente und Methoden angewandt werden.

Der schweizerische Anteil konnte im Jahr 1970 zum Abschluss gebracht werden. Für die astronomischen Beobachtungen wurden Universaltheodolite vom Typ T4 von Wild, für die Distanzmessung ein Laser-Gerät (Geodimeter Typ 8) verwendet.

Die Herren Prof. H. Müller und F. Brandenberger besorgten die astronomischen Beobachtungen auf den Punkten Wisenberg und Rötifluh. Auf allen übrigen ins Netz einbezogenen Punkten lagen bereits astronomische Beobachtungen vor.

Die Herren Ing. Fischer und Wunderlin bestimmten die Distanzen mit dem Laser-Geodimeter. Unter anderen wurden die Distanzen zwischen den Punkten Feldberg, Wisenberg, Rötifluh, Napf, Gurten, Niesen, Brienzertrohorn gemessen. Den beiden Herren Fischer und Wunderlin waren Assistenten des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ sowie Studenten zugeteilt.



### Arbeiten für das europäische Triangulationsnetz (RETrig)

Im Zusammenhang mit der Messung von Distanzen für die Traverse zwischen Satellitenstationen wurden von den Herren Fischer und Wunderlin zahlreiche Distanzen im Netz 1. Ordnung mit dem neuen Laser-Geodimeter gemessen. Zu den bereits erwähnten Punkten traten namentlich Punkte des alten Aarberger Basisvergrößerungsnetzes. - Schon heute kann festgestellt werden, dass die Genauigkeit der mit dem Laser-Gerät gemessenen Distanzen höher ist als die der früher gemessenen Entfernungen.

### Weitere Arbeiten

Prof. Chaperon vom Technikum Luzern führte seine Studien über die Möglichkeiten der Ausgleichung des schweizerischen Schwerenetzes weiter und gelangte gegen Ende des Jahres zu einem ersten Abschluss.

Die Eidg. Landestopographie mass zusätzlich zu den von den Herren Fischer und Wunderlin bestimmten Distanzen weitere Entfernungen zwischen Triangulationspunkten mit dem Laser-Geodimeter, die in das europäische Netz eingebaut werden können. Die Eidg. Landestopographie mass zudem Stücke des Nivellements zwischen Basel und Chiasso. Der Zweck besteht nicht nur in der Bestimmung einzelner Meereshöhen, sondern auch darin festzustellen, ob seit der letzten Messung, die zu Beginn des Jahrhunderts durchgeführt worden ist, Hebungen oder Senkungen des Gebirges stattgefunden haben.

Prof. Schürer von der Universität Bern führte die Beobachtungen nach künstlichen Satelliten auf der Station Zimmerwald weiter. Seine Messungen zählen zu den besten im Welt- und im europäischen Netz.

Die Diskussion zum Bericht des Präsidenten wird nicht benützt. Der Präsident weist auf den Landesbericht der Schweiz für die Generalversammlung der UGGI in Moskau hin. Der Bericht wird an die Anwesenden verteilt.

### 3. BERICHTE DER INGENIEURE

#### 3.1 Ergebnisse der astronomischen Beobachtungen auf den Laplace-Punkten Rötiflüh und Wisenberg im Sommer 1970

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

Herr Schürer berichtet über diese Arbeit. Die Beobachtungen wurden nach dem bisherigen Verfahren durchgeführt: die Längen nach der Meridianmethode, die Breiten mit Meridianentferndistanzen. Das wird damit begründet, dass es sich vorläufig um die letzten derartigen Messungen in der Schweiz handelt und dass man nicht gegen den Willen des Beobachters eine neue Methode einführen wollte. Herr Schürer hält allerdings die im Bericht angeführten Gründe gegen die Zinger-Methode nicht in allen Punkten für stichhaltig; Libellen braucht man auch bei der Meridian-Methode; auch wenn die innere Genauigkeit der Zinger-Methode als schlechter erscheint, ist damit über die äussere Genauigkeit noch nichts ausgesagt.

Allgemein finden die Fabrikationsfehler der Instrumente zu wenig Beachtung: während der Kreisteilungsfehler berücksichtigt ist, arbeitet man immer noch mit der Fiktion einer linearen Beziehung zwischen Libellenteilung und Neigung; die Zapfenfehler können eine wesentliche Rolle spielen. Da man mit zwei Instrumenten gearbeitet hat, wäre es wünschenswert gewesen, nicht nur die Beobachter sondern auch die Instrumente zwischen zwei Gegenstationen auszutauschen.

Der Referent lobt im weiteren das ausserordentliche Geschick und die Hingabe der Beobachter und aller Mitarbeiter. Es braucht viel Ausdauer und Zuverlässigkeit, um solche Resultate zu erzielen. Die Arbeit wird verdankt, und es wird beantragt, sie zu genehmigen.

In der Diskussion weist Herr Müller nochmals auf seine Gründe hin, nicht nach Zinger zu beobachten. Das Verfahren hätte gründlich ausprobiert werden müssen. In den Bergen spielen auch die Refraktionsanomalien im Zusammenhang mit der Topographie eine wichtige Rolle. Beim Instrumentenwechsel hätte man unabhängig davon den Beobachter nochmals wechseln müssen, was organisatorische Umtriebe zur Folge gehabt hätte.



### 3.2 Distanzmessungen mit Wild Distomat DI 50 und AGA Geodimeter 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung

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

Anstelle des abwesenden Herrn Dir. Huber referiert Herr Jeanrichard. Die verschiedenen Messkampagnen, die seit etwa 10 Jahren von der Kommission durchgeführt werden, hatten folgende Zielsetzungen: repräsentative Werte für die Genauigkeit, Vergleich verschiedener Instrumente, Verbesserungen des RETrig-Netzes, Kontrolle des Massstabes des Netzes 1. Ordnung, Anschluss der Sternwarte Zimmerwald an andere europäische Satellitenstationen.

Ausser der Massstabsbestimmung sind alle Ziele erreicht worden.

Zusammengefasst sind die wertvollen praktischen Erfahrungen folgende:

a) Mittlerer Fehler des Distomat DI 50:  $\pm(20 + c \cdot 10^{-6} \cdot D)$ mm, wobei c je nach den meteorologischen Verhältnissen zwischen 1.8 und 5.0 liegt. Diese Distanzen sind im Mittel 5.5 mm/km kürzer gegenüber denen, die mit einem Geodimeter gemessen werden. Die Werte des Korrelationskoeffizienten nach Höpcke sind bestätigt worden.

b) Die Formel  $\pm(5 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$ mm gibt korrekte Gewichte für die einmal gemessenen Laser-Geodimeter-Distanzen.

Die Gesamtausgleichung aller Messungen aus verschiedenen Perioden zeigt befriedigende Resultate. Welche Richtung müssen wir zukünftigen Problemstellungen geben? Der Referent schlägt im Auftrag von Herrn Huber vor, den geologisch orientierten Krustenbewegungen vermehrt Aufmerksamkeit zu schenken, ohne die Probleme der Triangulation zu vernachlässigen.

Der Bericht von Herrn Fischer wird bestens verdankt.

In der Diskussion wird der Begriff "elektro-magnetische Distanzmesser" kritisiert und geklärt. Herr Konzett ist der Auffassung, dass noch Verschiedenes bei der elektronischen Distanzmessung weiter abzuklären sein wird. Insbesondere hat man bisher die Korrelation nur bei der Gewichtsbildung berücksichtigt, nicht aber in der Ausgleichung der Netze.

### 3.3 Berechnungen am Netz 1. Ordnung der schweizerischen Landestriangulation

Bericht von Herrn Dipl. Ing. N. Wunderlin (siehe Anhang 3)

Es berichtet Herr Konzett. Der Bericht ist in vier Teile gegliedert: neue Zentrierung Dufourspitze, Einschaltung des Punktes Weissfluh, Bearbeitung des RETrig-Blockes und Berechnungen am Netz 1. Ordnung.

Zur Neuzentrierung Dufourspitze sind keine Bemerkungen zu machen.

Bei der Einschaltung des Punktes Weissfluh fällt auf, dass die Beobachtungen aus den Jahren 1968/69 einen mittleren Fehler aufweisen, der doppelt so gross ist wie der der alten Messungen. Herr Wunderlin weist auf systematische Horizontschlüsse hin. Trotzdem ergeben sich bei den neuen Netzausgleichungen erstaunlich kleine Zwänge. Die Verschiebungen der Koordinaten bei der neuen Netzberechnung sind in Anbetracht der Netzkorrelation normal. Der Berichtersteller regt an, die Umstände bei den Beobachtungen noch weiter abzuklären, als das im Bericht geschehen ist.

Im Bericht zum RETrig-Block ist vorerst in der Abbildung, die unser Netz mit den Fehlerellipsen zeigt, ein Druckfehler zu berichtigen. Der Massstab der Fehlerellipsen ist dm, nicht cm. Im übrigen handelt es sich um den Bericht der Schweiz an die Permanente Kommission der IAG zur Neuausgleichung des europäischen Netzes. Besondere Bemerkungen erübrigen sich.

Das schweizerische Landesnetz dehnt sich wesentlich weiter aus als unser RETrig-Anteil. Deshalb hat man die Berechnungen noch erweitert. Die zusätzlichen Stationsausgleichungen verlaufen normal. Die vorläufige Ausgleichung in zwei Blöcken - wie im RETrig-Anteil noch ohne Distanzen und ohne Berücksichtigung der Lotabweichung - zeigt keine Besonderheiten. Die Resultate werden zur Zeit noch genauer untersucht.

Der Bericht wird verdankt.

In der Diskussion gibt Herr Jeanrichard einige Erklärungen zu den Beobachtungen im Netz Weissfluh. Man hat Kreismitschleppung festgestellt.



### 3.4 Einfluss von Lotabweichungen in einem Triangulationsnetz 1. Ordnung

Bericht von Herrn Dr. A. Elmiger (siehe Anhang 4)

Es berichtet Herr Konzett. Das Ziel dieser Arbeit war, realistische Vorstellungen zu erhalten, in welcher Grössenordnung sich die Lotabweichungen in unseren Alpen auf die Koordinaten des Netzes 1. Ordnung auswirken werden. Das Versuchsnetz wurde so angelegt, dass die Uebergangszone zwischen Alpen und Mittelland erfasst war; damit war mit einem relativ grossen Einfluss der Lotabweichungen zu rechnen.

Im Netz sind nur Richtungsbeobachtungen berücksichtigt. In 10 Punkten liegen astronomisch bestimmte Lotabweichungen vor, in den restlichen 3 Punkten wurde die Lotabweichung interpoliert. Die grösste Lotabweichung tritt mit  $57^{\text{cc}}$  auf dem Niesen auf.

Der maximale Einfluss von Lotabweichungen auf eine Richtung beträgt  $1.6^{\text{cc}}$  bei einem mittleren Richtungsfehler im Netz von  $\pm 1.5^{\text{cc}}$ .

Der mittlere Dreiecksschlussfehler sinkt von  $\pm 4.0^{\text{cc}}$  auf  $\pm 3.75^{\text{cc}}$ , der mittlere Richtungsfehler nach Ferrero von  $\pm 1.6^{\text{cc}}$  auf  $\pm 1.5^{\text{cc}}$ . Es ergeben sich im Netz mit Lotabweichungen gegenüber dem Netz ohne Lotabweichungen Verschiebungen im wesentlichen quer zum Mittelland in der Grössenordnung von 10 cm, was etwa dem mittleren Fehler der einzelnen Punkte in dieser Richtung entspricht.

Die Diskussion dreht sich um die Frage, wie weit diese Lotabweichungskorrekturen das Netz verbessern. Die Feststellung, dass es sich bei diesen Korrekturen um systematische Fehler handle, die nichts mit den Richtungsbeobachtungen zu tun haben und deren Realität nicht in Zweifel gezogen werden kann, ist unbestritten. Es ist klar, dass die Lotabweichungseinflüsse als Korrektur an die Richtungen bei der endgültigen Netzausgleichung angebracht werden sollen.

Andererseits weist Herr Konzett darauf hin, dass die scheinbar systematische Anordnung der Verschiebungsvektoren wohl in erster Linie auf die starke algebraische Korrelation der Netzausgleichung zurückzuführen ist und deshalb nicht überschätzt werden darf. Lügen die Netzkoordinaten der beiden Netze als statistische Grundgesamtheiten vor, die sich durch die Lotabweichungskorrektur unterscheiden, so

wäre bei weitem keine statistisch signifikante Abweichung festzustellen. In diesem Sinne tritt keine Verbesserung des Netzes ein.

### 3.5 Ausgleichung des schweizerischen Schwerenetzes

Bericht von Herrn Prof. Dipl. Ing. F. Chaperon (siehe Anhang 5)

Herr Chaperon orientiert selbst kurz über seinen Bericht. Es ging darum, ein flexibles Ausgleichungsverfahren zu suchen, um beim Schwerenetz später Netzteile anzufügen. Dabei handelt es sich um Systeme mit mehreren hundert Unbekannten. Als besonders geeignet erweist sich das Verfahren der konjugierten Gradienten, während das Orthogonalisierungsverfahren nach Schmidt einen sehr vorteilhaften Einblick in den Ausgleichungsmechanismus gestattet.

Der Präsident verdankt den Bericht und weist darauf hin, dass die Arbeit wertvolle Hinweise gibt, wie das gesamte Schwerenetz ausgeglichen werden soll.

### 3.6 Verzeichnis der astronomischen Stationen der Schweiz

Bericht von Herrn Dr. A. Elmiger (siehe Anhang 6)

Herr Elmiger berichtet kurz über seine Arbeit: Sie soll eine Uebersicht geben über alle bis heute bestimmten Lotabweichungen; eine einheitliche Bearbeitung besonders hinsichtlich des Nullpunktes erwies sich als notwendig. Die Zusammenstellung bildet die Grundlage für die Lotabweichungsinterpolation und für die Geoid- und Cogeoidbestimmung.

Herr Schürer begrüsst diese Arbeit ausserordentlich. Er vermisst allerdings die Quellenangabe für die einzelnen Werte. Herr Elmiger verweist auf die angeführten Jahreszahlen, die über die entsprechenden Procès-verbaux auf die Publikationen der Schweizerischen Geodätischen Kommission führen.

Die Angaben sind in einer Lochkartenkartei gespeichert und sollen



laufend nachgeführt werden.

Der Präsident verdankt diese Arbeit, die zwar recht mühsam war, aber umso wertvoller ist, bestens.

### 3.7 Bericht über die Satellitenbeobachtungen

Herr Schürer gibt einen knappen mündlichen Bericht.

- a) Die Resultate der Geos-Satelliten sind publiziert worden (u.a. im Bulletin Géodésique). Es ergibt sich im westeuropäischen Netz gegenüber einem Weltnetz eine systematische Lageveränderung und eine Massstabsdifferenz. Die Fehlerellipsen sind von der Grössenordnung  $\pm 10$  m in der Lage und  $\pm 4$  m in der Höhe.
- b) Wenn die Schweiz weiter mitreden will, müssen wir Laser einsetzen. Bisher wurden in Zimmerwald 4 Echos registriert, wovon 2 verwertbar sind. Die Messung ist schwieriger, als man sich das vorgestellt hat. Im allgemeinen ist heute eine Erfolgsquote von etwa 10% aus allen Versuchen anzunehmen.

In der Diskussion erkundigt sich Herr Bonanomi, wer heute in Europa an Satelliten mit Laser-Echos arbeite. Schürer: neben Franzosen und Schweizern sind vor allem die Amerikaner aktiv. Sie beobachten in San Fernando und Athen. Deutschland und Holland sind daran, Versuche zu organisieren.

### 4. ARBEITSPROGRAMM FUER DAS JAHR 1971

Aus dem langfristigen Programm ergeben sich zwei Schwerpunkte: RETrig und Geoidbestimmung.

#### 4.1 RETrig

Pendent sind die Anschlüsse an die Nachbarländer Italien und Oesterreich, während der Zusammenschluss mit der Bundesrepublik Deutschland und mit Frankreich geregelt ist. Dann sind die Distanzmessungen

und die Laplace-Punkte einzubeziehen.

Daraus ergibt sich für die Feldarbeiten, dass vor allem die elektronischen Distanzmessungen weiterzuführen und dabei einige grundlegende Fragen abzuklären sind. Deshalb wird vorgeschlagen, vor der Erweiterung des Distanznetzes nach der Westschweiz und der Ergänzung im Tessin Wiederholungsmessungen im Mittelland vorzunehmen, wobei der Anschluss an den Pfänder auch noch hergestellt werden soll.

Herr Fischer erläutert das Programm im einzelnen.

### 4.2 Geoidbestimmung

Der Stand der Arbeiten ist aus dem Landesbericht der Schweiz für die UGGI-Generalversammlung in Moskau ersichtlich. Im allgemeinen haben wir eine grosse Punktdichte; einige Ergänzungen sind jedoch noch notwendig. So wird vorgeschlagen, diesen Sommer noch Längen- und Breitenmessungen in Braunwald (GL), San Bernardino (GR), Champex (VS), Saas-Fee (VS) und eventuell in Sion (VS) durchzuführen.

Die Kommission ist mit diesem Programm einverstanden.

### 5. RECHNUNGSABNAHME FUER DAS JAHR 1970

Die Betriebsrechnung 1970 und die Vermögensrechnung 1970 werden vorgelegt und ohne Diskussion genehmigt. Die Arbeit des Quästors, Herrn Jeanrichard, und des Rechnungsführers, Herrn Rostetter, wird bestens verdankt.

### 6. ENDGUELTIGER VORANSCHLAG FUER DAS JAHR 1971

Das ursprüngliche Budget wurde durch den Zentralvorstand der SNG um ca. 10 % gekürzt. Das in diesem Sinne bereinigte Budget 1971 wird ohne Bemerkungen genehmigt.



## 7. VORANSCHLAG FUER DAS JAHR 1972

Das Budget ist gegenüber 1971 wieder etwas erhöht, was aber durch die allgemeine Teuerung, die sich auf Personalkosten, Spesen und Druckkosten auswirkt, gerechtfertigt werden kann. Es werden keine Einwände erhoben.

## 8. VERSCHIEDENES UND UMFRAGE

Das alte Postulat, die Geophysik in der Kommission wieder stärker zu vertreten, kann voraussichtlich dieses Jahr erfüllt werden: der neu gewählte Professor für Geophysik an der ETH, Prof. Dr. Stefan Müller, wird als neues Mitglied der Schweizerischen Geodätischen Kommission vorgeschlagen. Der Präsident erhält die Kompetenz, alles Notwendige zu veranlassen.

Der Präsident schliesst die Sitzung um 17.10 Uhr.

## Anhang 1

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

### Die Ergebnisse der astronomischen Beobachtungen auf den Laplace-Punkten Rötifluh und Wisenberg im Sommer 1970

#### Allgemeines über die Beobachtungen

Die Schweizerische Geodätische Kommission hatte an ihrer 116. Sitzung am 23. Mai 1970 beschlossen, dass die Triangulationspunkte 1. Ordnung Rötifluh und Wisenberg zu Laplace-Punkten gemacht würden. Es sollten dabei nicht nur die wechselseitigen Azimute zwischen diesen beiden Punkten gemessen werden, sondern auch die Azimute Rötifluh-Gurten und Wisenberg-Feldberg, um dadurch die Satellitenbeobachtungsstation Zimmerwald unweit vom Gurten mit dem deutschen Punkt Feldberg zu verbinden, an den wiederum die Beobachtungsstationen Strassburg und Karlsruhe angeschlossen sind.

Eine Rekognoszierung der Punkte Rötifluh und Wisenberg durch H. Müller und W. Schneibel im Mai 1970 hatte ergeben, dass auf der Rötifluh der Pfeiler unter der Pyramide nicht mehr allzugut für den T4 geeignet ist, hingegen hat man schon etwa 2 m südöstlich vom Zentrum freie Sicht im Meridian, zum Gurten und zum Wisenberg. Der Boden erschien fest genug, so dass ein Stativ bei den Beobachtungen ausreichende Stabilität gewährleisten dürfte, man also auf den Bau eines Pfeilers verzichten konnte. Auf dem Wisenberg sind Zentrum und Signal von so hohen Bäumen umgeben, dass hier astronomische Beobachtungen völlig undurchführbar sind. Der Aussichtsturm etwa 15 m westlich vom Zentrum macht aber einen recht stabilen Eindruck und von der obersten Plattform hat man nach allen Richtungen gute Sicht. Die Erstellung eines Pfeilers auf dieser Plattform erschien nicht sehr vorteilhaft, da der Platz dort recht beschränkt ist; die Benutzung eines Stativs dürfte zweckmässiger sein.

Für die Durchführung dieser Aufgabe wurden zwei vollständige Messtrupps zusammengestellt. Die Leitung des Unternehmens wurde Prof. Dr. H. Müller, Adjunkt am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ, übertragen, der die Beobachtungen bei der einen Gruppe über-



nahm, bei der andern geschah dies durch Prof. F. Brandenberger vom Technikum Winterthur. Für die Betreuung der Apparaturen, für die Sekretärsarbeiten, für den Transport und für die sonstigen Hilfsleistungen standen zur Verfügung: W. Schneibel vom genannten Institut der ETHZ, D. Schneider, Mitarbeiter der Schweizerischen Geodätischen Kommission, und die Studierenden an der Abteilung für Kulturtechnik und Vermessung der ETHZ M. Janett und V. Zeller. Die Beobachter wechselten etwa nach der Halbzeit die Stationen, auf denen die anderen Gruppenteilnehmer und das gesamte Instrumentarium die ganze Zeit verblieben.

Als Referenzstation wurde die Eidg. Sternwarte in Zürich gewählt, was schon in Anbetracht der Kosten das zweckmässigste ist. Die Referenzbeobachtungen in Zürich erfolgten vom 22. bis 28. Juli, sowie Ende August bzw. Anfang September. Auf den Feldstationen gelangen die vorgesehenen Beobachtungen dank zeitweilig sehr günstigem Wetter vom 28. Juli bis zum 16. August, also in beachtlich kurzer Zeit, die dann allerdings sehr stark beansprucht war, so dass im Feld Reduktionsarbeiten kaum in Angriff genommen werden konnten. Zu erwähnen wäre noch, dass es bei den Azimutmessungen diesmal nicht möglich war, Tagesbeobachtungen durchzuführen; entweder war der Himmel tagsüber zu wolzig, oder die Sicht war derart schlecht, dass selbst bei den nicht allzu grossen Entfernungen das Ziel nicht gesehen werden konnte.

Als Beobachtungsinstrument diente auf beiden Stationen das Universalinstrument Wild T4, das ältere Nr. 33 112 auf dem Wisenberg, das neuere Nr. 86 968 auf der Rötifluh. Während bei ersterem die Hängelibelle Nr. 236 benutzt wurde, die sich bisher stets bewährt hatte, kam beim T4 Nr. 86 968 erstmals die uns neu zur Verfügung gestellte Hängelibelle Nr. 950 in Anwendung; die beiden früheren Libellen zu diesem T4 hatten störende Unzulänglichkeiten aufgewiesen, wie Aenderungen des Parswertes aus ungeklärten Ursachen bzw. eine starke Temperaturabhängigkeit des Parswertes. Diesmal wurden keine derartigen Effekte festgestellt, allerdings hielten sich auch auf den diesjährigen Stationen Temperaturschwankungen und Neigungsänderungen in mässigen Grenzen.

Die Parswerte beider Hängelibellen waren vor und nach der Beobachtungsperiode am Niveauprüfer des Instituts mehrfach bestimmt worden. Die Streuung der Werte entsprach den üblichen Erfahrungen und es wurden folgende Parswerte benutzt:

Niveau Nr. 236  $p = 1.26 = 0.84$

Niveau Nr. 950  $p = 0.96 = 0.64$

Für die Zeitmessung und die Zeitregistrierungen standen auf beiden Stationen Druckchronographen zur Verfügung, auf der Rötifluh ein älterer, schon lange benutzter und mehrfach umgebauter, vom Typ Chronotypogines der Firma Longines in St-Imier und vom 12. August an parallel dazu ein moderner der gleichen Firma, Longines TL 2002, der bei dieser Gelegenheit erprobt wurde. Der neue Typ stellt gegenüber dem alten einen ganz wesentlichen Fortschritt dar. Entsprechend der Verwendung elektronischer Hilfsmittel beansprucht die ganze Apparatur viel weniger Platz, ist weniger schwer und somit leichter zu transportieren; die Bedienung ist einfacher, der Druck ist besser, es wird noch die Tausendstelsekunde ausgedruckt, die ausgedruckten Zeiten sind sehr zuverlässig, der Gang des Quarzoszillators ist sehr gering. Auf dem Wisenberg benutzten wir einen Omega-Time-Recorder, OTR 2, der nach Sternzeit reguliert war; die Firma Kern, Aarau, hatte ihn uns für die Beobachtungsperiode leihweise überlassen. Auch mit diesem Druckchronographen konnte bequem und gut gearbeitet werden. Beide Druckchronographen sind jedenfalls für Feldarbeiten durchaus geeignet. Man erhält die Zeiten der Mikrometersignale direkt ausgedruckt und zur Bestimmung des Standes der ausgedruckten Zeit und ihres Ganges wurde das Zeitzeichen HBG verwendet, das während der ganzen Beobachtungsserie immer wieder registriert wird. Der alte Longines und der Omega-Time-Recorder weisen einen Gang von etwa 30 ms pro Stunde auf, der besonders beim Longines bei niedriger Temperatur noch grösser ist, beim neuen Longines ist dieser Gang viel kleiner, grössenordnungsmässig 4 ms pro Stunde. Zu erwähnen wäre noch, dass beim alten Longines 220 V Wechselstrom erforderlich ist, bei den beiden andern Apparaturen 12 V Gleichstrom, was zweifellos angenehmer ist.



Das Zeitzeichen HBG, das vom Sender Prangins auf der Frequenz 75 kHz ausgestrahlt wird, wurde mit älteren Langwellenempfängern Ebauches, die fest auf diese Frequenz eingestellt sind, empfangen. Die ausgedruckten Zeiten von HBG streuen stets um einige Millisekunden, bei ungünstigen Empfangsverhältnissen bisweilen auch erheblich mehr. Da aber das Zeitzeichen HBG bei jeder Beobachtungsserie sehr häufig registriert wurde, im allgemeinen stets zwischen zwei Sterndurchgängen, bei längeren Zwischenzeiten noch öfter, und da der Gang des Steuerquarzes der Druckapparatur während einer ganzen Serie praktisch konstant ist, konnte die Relation Zeitzeichen-ausgedruckte Zeit stets befriedigend durch eine Gerade dargestellt werden. Die erwähnte starke Streuung der Zeitzeichen mag zum Teil von den nicht mehr ganz modernen Empfangsgeräten herrühren, doch die Hauptursachen sind sicherlich Störungen durch ferne Gewitter oder durch andere Emissionen auf dieser Frequenz. Dies findet man auch dadurch bestätigt, dass an solchen Abenden, an denen in der Schweiz ausnahmsweise überhaupt keine Gewittertendenz vorhanden war, wie man es aus der Wetterlage und aus den Geräuschen im Lautsprecher entnehmen konnte, die Streuung der Zeitzeichensignale minimal war. An Uhren standen auf der Rötiflüh noch der sehr genaue Quarzchronometer Nardin-Ebauches Typ B Nr. 650 und der auf Sternzeit regulierte Deckchronometer Nardin Nr. 15 282 zur Verfügung, auf dem Wisenberg die auf mittlere Zeit, bzw. auf Sternzeit regulierten Deckchronometer Nardin Nr. 13 711 und Nr. 13 710.

Als Zielpunkte für die Azimutmessungen dienten ausser auf dem Feldberg die bisher stets benutzten Scheinwerfer von 13 cm Durchmesser, die nach Bedarf durch einen verstellbaren vertikalen Schlitz stark abgeblendet werden konnten. Auf dem Feldberg war vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg ein grösserer Scheinwerfer installiert worden. Es war sehr wesentlich, dass für das Ausrichten der Scheinwerfer, für deren Helligkeitskontrolle und ganz allgemein für die gegenseitige Verständigung auf allen Stationen Kleinfunkgeräte der Firma Autophon vorhanden waren. Der Sprechfunk funktionierte überall reibungslos und es wurde viel Zeit dadurch erspart. Für die Stromversorgung waren Batterien und ein durch einen Benzinmotor betriebener Stromerzeuger Honda mitgenommen worden. Letzterer war notwendig, weil der alte Longines Druckchronograph 220 V Wechselstrom brauchte, und auf keiner Station war Netzstrom in erreichbarer Nähe.

Zu den Stationen selber wäre noch folgendes zu bemerken. Auf der Rötiflüh war das Material mit einem Geländewagen zum Beobachtungspunkt transportiert worden. Das Fahrzeug blieb mit dem Instrumentarium während der ganzen Beobachtungsperiode dort, da man die Fahrt durch zum Teil recht schwieriges Gelände in der Nacht besser nicht riskierte. Während der Beobachtung selber war der Wagen ein sehr geeigneter Schutzraum für die Hilfsinstrumente und für die Sekretäre. Für den Weg von der Unterkunft auf dem Weissenstein bis zur Rötiflüh brauchte man im Dunkeln eine knappe halbe Stunde. Auf dem Wisenberg wurden die Instrumentenkisten im unteren Teil des Aussichtsturmes gut geschützt aufbewahrt, so dass das Aufstellen am Abend ziemlich rasch vonstatten ging. Man konnte mit dem Wagen meist bis direkt zum Turm fahren, bei aufgeweichtem Boden wenigstens bis in die Nähe.

#### Längenbestimmungen

Die Längenbestimmungen wurden wie bisher wieder nach der Meridianmethode durchgeführt. Ein Wechsel zur Zinger-Methode hätte doch zunächst grössere Vorbereitungen erfordert, wozu es an Zeit fehlte, vor allem wären dafür längere Versuchsreihen mit dem T4 notwendig gewesen, um in Erfahrung zu bringen, ob bei diesem Instrument die Zinger-Methode der bewährten Meridianmethode vorzuziehen sei. Bei der Zinger-Methode spielen die Niveaus eine sehr wesentliche Rolle; die Horrebow-Libellen befinden sich an einer sehr exponierten, dem Wind stark ausgesetzten Stelle, und Wind hat man auf unseren Feldstationen eigentlich immer, so dass diese Niveaus häufig überhaupt nicht zu brauchen sind. Wenn auch zwei parallele Horrebow-Libellen vorhanden sind, so haben Versuche gezeigt, dass die Ablesungen beider aus ungeklärten Gründen oft erheblich divergieren. Geht man unter Vermeidung der Horrebow-Libellen zur Ablesung des Höhenkreises über, so benötigt man hierzu noch die Ablesung der Höhenkreislibelle, die beim T4 offensichtlich auch nicht genügend geschützt ist und oft unmotivierete Aenderungen zeigt, worauf bei Breitenbestimmungen schon mehrfach hingewiesen wurde. Versuche mit Studenten im Praktikum, die allerdings nicht entscheidend sind, weil es sich um ungeübte Beobachter handelt, erbrachten bei der Zinger-Methode im allgemeinen schlechtere Ergebnisse als bei der Meridianmethode.



Tabelle 1

Längenbestimmungen 1970  
Ausgleichung der auf TUO reduzierten beobachteten Durchgangszeiten  
T4 Nr. 86 968 Druckchronograph Longines  
Beobachter: Brandenberger (B) und Müller (M)

Zürich, Eidg. Sternwarte, T4-Pfeiler,  $\lambda_{astr.} = 34^m 12^s 313$  östl. Greenwich

Datum	Weltzeit	Beobachter	Sternzahl	$\Delta U$	$m_{\Delta U}$	k	$m_k$	$m_e$
22/23.7.	19 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> -21 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>	M	14	+0 <sup>s</sup> .024	+0 <sup>s</sup> .018	+0 <sup>s</sup> .211	+0 <sup>s</sup> .066	+0 <sup>s</sup> .044
22/23.7.	21 57 -23 54	B	14	+0.102	+0.015	-0.085	+0.052	+0.035
27/28.7.	19 13 -20 43	M	14	-0.026	+0.009	+0.185	+0.031	+0.023
27/28.7.	21 00 -22 49	B	14	-0.013	+0.019	+0.211	+0.052	+0.044
25/26.8.	19 17 -21 24	M	15	+0.021	+0.008	+0.736	+0.024	+0.019
26/27.8.	19 03 -20 43	M	14	+0.019	+0.008	+0.451	+0.025	+0.020
7/8. 9.	22 08 -23 39	B	14	+0.034	+0.011	-1.658	+0.037	+0.026
9/10.9.	22 24 -23 57	B	15	+0.041	+0.010	-0.358	+0.044	+0.026

Rötiflüh, Station nahe Triangulationspunkt,  $\lambda_0 = 30^m 6^s 93$  östl. Greenwich

Datum	Weltzeit	Beobachter	Sternzahl	$\Delta U$	$m_{\Delta U}$	k	$m_k$	$m_e$
31.7./1.8.	22 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> -24 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>	M	15	+0 <sup>s</sup> .577	+0 <sup>s</sup> .015	-0 <sup>s</sup> .118	+0 <sup>s</sup> .053	+0 <sup>s</sup> .038
1/2.8.	21 34 -23 19	M	13	+0.527	+0.015	+0.187	+0.047	+0.033
2/3.8.	21 30 -23 07	M	14	+0.484	+0.011	+0.246	+0.040	+0.025
3/4.8.	20 11 -22 07	M	5	+0.489	+0.015	+0.216	+0.056	+0.032
			8			-0.163	+0.057	
6/7.8.	21 05 -22 59	M	15	+0.429	+0.016	+0.746	+0.049	+0.040
12/13.8.	19 25 -21 05	B	13	+0.542	+0.021	-0.801	+0.060	+0.047
13/14.8.	19 47 -21 32	B	13	+0.517	+0.014	+0.382	+0.040	+0.031

Längenbestimmungen 1970  
Ausgleichung der auf TUO reduzierten beobachteten Durchgangszeiten  
T4 Nr. 33 112 Druckchronograph Omega  
Beobachter: Brandenberger (B) und Müller (M)

Zürich, Eidg. Sternwarte, Ost-Pfeiler,  $\lambda_{astr.} = 34^m 12^s 287$  östl. Greenwich

Datum	Weltzeit	Beobachter	Sternzahl	$\Delta U$	$m_{\Delta U}$	k	$m_k$	$m_e$
22/23.7.	20 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> -21 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	B	13	-0 <sup>s</sup> .071	+0 <sup>s</sup> .029	-0 <sup>s</sup> .378	+0 <sup>s</sup> .092	+0 <sup>s</sup> .066
22/23.7.	22 10 -24 03	M	14	-0.108	+0.018	+0.116	+0.056	+0.041
27/28.7.	19 33 -20 51	B	14	-0.092	+0.020	-1.342	+0.061	+0.049
27/28.7.	21 00 -22 42	M	14	-0.127	+0.010	+1.468	+0.031	+0.022
25/26.8.	21 38 -23 16	M	14	-0.061	+0.012	+0.011	+0.039	+0.029
26/27.8.	21 01 -22 36	M	14	-0.105	+0.010	+1.840	+0.038	+0.025
7/8.9.	19 32 -21 14	B	14	-0.124	+0.015	-1.020	+0.048	+0.035
9/10.9.	20 11 -21 51	B	14	-0.109	+0.014	-1.394	+0.048	+0.033

Wisenberg, Stativ auf Aussichtsturm,  $\lambda_0 = 31^m 31^s 9$  östl. Greenwich

Datum	Weltzeit	Beobachter	Sternzahl	$\Delta U$	$m_{\Delta U}$	k	$m_k$	$m_e$
28/29.7.	01 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> -02 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup>	B	8	+0 <sup>s</sup> .179	+0 <sup>s</sup> .011	-0 <sup>s</sup> .751	+0 <sup>s</sup> .043	+0 <sup>s</sup> .019
30/31.7.	20 33 -22 32	B	14	+0.119	+0.014	+0.998	+0.038	+0.033
31/32.7.	21 40 -23 22	B	14	+0.140	+0.019	-1.660	+0.068	+0.046
1/2.8.	22 18 -24 07	B	14	+0.154	+0.013	-0.610	+0.045	+0.027
6/7.8.	21 22 -23 41	B	13	+0.080	+0.023	-1.546	+0.083	+0.050
7/8.8.	23 40 -25 31	M	14	+0.047	+0.014	-1.190	+0.052	+0.036
12/13.8.	21 17 -22 59	M	14	+0.041	+0.022	+1.785	+0.072	+0.050
13/14.8.	20 49 -22 42	M	14	+0.013	+0.016	+1.291	+0.054	+0.037



Jeder der beiden Beobachter hat mit jedem der beiden Instrumente auf der Referenzstation in Zürich vor und nach den Feldbeobachtungen je zwei Serien durchgeführt. Auf der Rötifluh gelangen fünf Serien von Müller, zwei Serien von Brandenberger, auf dem Wisenberg fünf Serien von Brandenberger, drei Serien von Müller. Zu einer Serie gehörten im Durchschnitt 14 Sterndurchgänge, wobei im allgemeinen nicht über Zenitdistanzen von  $20^\circ$  hinausgegangen wurde. Insgesamt sind 31 Serien mit 426 Sterndurchgängen beobachtet worden.

Die Bearbeitung erfolgte in der üblichen Weise, so dass hier auf nähere Angaben verzichtet und dafür auf die früheren Berichte verwiesen werden kann. Die ausgedruckten Zeiten wurden, wie schon vorhin beschrieben war, zunächst in die vom Zeitzeichensender HBG gelieferten Zeiten  $T_{\text{signal}}$  verwandelt. Die Reduktion von  $T_{\text{signal}}$  auf TUO, die Weltzeit auf der Beobachtungsstation, erfolgte nach den Daten in den Zirkularen D46 - D48 vom Bureau International de l'Heure (BIH). Die Laufzeiten der Radiowellen von Prangins zu den Beobachtungsstationen konnte man ohne weiteres vernachlässigen, da sie stets weniger als 1 ms sind.

Die Ergebnisse der Ausgleichungen sämtlicher 31 Serien findet man in der Tabelle 1. Es ist hier immer ein Doppeldatum aufgeführt, damit die Beobachtungsnacht ganz eindeutig ist, wenn sich die Beobachtungen über Mitternacht hinaus erstreckten oder in der zweiten Nachthälfte erfolgten. Die mittleren Fehler der Uhrkorrektur entsprechen durchaus den üblichen Erfahrungen, sie sind durchschnittlich auf der Referenzstation etwas kleiner als auf den Feldstationen,  $0^{\text{s}}.014$  gegen  $0^{\text{s}}.016$ , sie sind beim T4 Nr. 86 968 etwas kleiner als beim T4 Nr. 33 112, wieder  $0^{\text{s}}.014$  gegen  $0^{\text{s}}.016$ , was vielleicht daran liegt, dass der Nachführungsmechanismus bei ersterem etwas flüssiger vonstatten geht, sie sind bei Müller etwas kleiner als bei Brandenberger,  $0^{\text{s}}.014$  gegen  $0^{\text{s}}.017$ . Der Azimutfehler ist nie grösser als  $2^{\text{s}}$ , meist kleiner als  $1^{\text{s}}$ , was vollauf genügt und mit der Einstelltabelle für Polaris, bei der sich Abrundungsfehler von 0!1 bis 0!2 ergeben können, leicht zu erreichen ist. Zu der Serie vom 3./4. August auf der Rötifluh wäre zu bemerken, dass hier nach dem 5. Stern versehentlich auf ein Kabel getreten worden war, was zu einer leichten Verschiebung des Instruments in den etwas zu

glatten Aufsatzstellen der Stativplatte geführt hatte. Aus diesem Grunde wurden hier bei der Ausgleichung die drei Unbekannten  $\Delta U$ ,  $k_1$ ,  $k_2$  berechnet, wobei  $k_1$  für die ersten fünf Sterne,  $k_2$  für die übrigen acht Sterne gilt.

Die astronomischen Längen der Beobachtungspfeiler auf der Referenzstation waren aus früheren Vermessungen bekannt (Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, Band 28, S. 13), für die Feldstationen wurden als Näherungswerte die geodätischen Längen der jeweiligen Triangulationspunkte genommen. Die Positionen der Beobachtungsstandpunkte wurden in der üblichen Weise eingemessen. Auf der Rötifluh betrug der Abstand vom Zentrum nur knapp 2 m, auf dem Wisenberg waren schon verschiedene Punkte auf dem Aussichtsturm früher vermessen worden, so dass die Bestimmung der Koordinaten der Beobachtungsstandpunkte leicht und sicher durchgeführt werden konnte. Die Landeskoordinaten aller interessierenden Punkte sind in der Tabelle 4 angegeben. Daraus folgt unter Berücksichtigung der Meridiankonvergenz für die Längendifferenzen, dass auf der Rötifluh der Beobachtungsstandpunkt  $0^{\text{s}}.006$  östlich vom Zentrum, auf dem Wisenberg  $0^{\text{s}}.046$  westlich vom Zentrum der Station liegt.

Zur Bestimmung der persönlich-instrumentellen Gleichung für beide Beobachter und für beide Instrumente wurden nicht nur die Beobachtungen auf der Referenzstation verwendet, sondern es wurden auch noch die Beobachtungen auf den Feldstationen hinzugezogen. Das führt zu einer vermittelnden Ausgleichung, in der als Unbekannte die vier persönlich-instrumentellen Gleichungen beider Beobachter mit beiden Instrumenten  $u_{\text{Mn}}, u_{\text{Bn}}, u_{\text{Ma}}, u_{\text{Ba}}$  (der erste Index bezieht sich auf den Beobachter, der zweite Index auf das Instrument, mit n ist der neuere T4 Nr. 86 968, mit a der ältere T4 Nr. 33 112 gemeint), sowie die zwei Längenverbesserungen der angenommenen Längen der Stationen Rötifluh und Wisenberg  $\Delta\lambda_{\text{R}}$  und  $\Delta\lambda_{\text{W}}$  auftreten. Jede beobachtete Serie liefert somit eine Fehlergleichung der Form:

$$-u + \Delta\lambda - \Delta U = v$$

In der Tabelle 2 findet man dann die durch diese Ausgleichung erhaltenen persönlich-instrumentellen Gleichungen und Längenverbesserungen mit



Tabelle 2

Ergebnisse der Längenbestimmung aus der vermittelnden Ausgleichung

Persönlich-instrumentelle Gleichung	T4 Nr. 86 968	Müller	-0 <sup>s</sup> .010	+0 <sup>s</sup> .018
"	"	Brandenberger	-0.040	+0.018
"	T4 Nr. 33 112	Müller	+0.124	+0.018
"	"	Brandenberger	+0.075	+0.018

Längenverbesserung Rötifluh	+0 <sup>s</sup> .491	+0 <sup>s</sup> .021
" Wisenberg	+0.190	+0.020

Station	Angenommene Länge $\lambda_0$	Längenverbesserung	Reduktion auf das Zentrum	Astr. Länge des Triangulationspunktes
Rötifluh	30 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup> .930	+0 <sup>s</sup> .491	-0 <sup>s</sup> .006	30 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> .415 östl.Gr.
Wisenberg	31 31.900	+0.190	+0.046	31 32.136 " "

Laplace-Punkt	Astronomische Länge $\lambda_a$	Geodätische Länge $\lambda_g$	$\lambda_a - \lambda_g$	$\eta_\lambda$	$\eta_\lambda$
Rötifluh	30 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> .415	30 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup> .929	+0 <sup>s</sup> .486	+0 <sup>s</sup> .330	+4 <sup>!</sup> .95
Wisenberg	31 32.136	31 31.895	+0.241	+0.163	+2.45

ihren mittleren Fehlern, die daraus gewonnenen astronomischen Längen der beiden Triangulationspunkte und schliesslich die aus den astronomischen und den geodätischen Längen berechneten  $\eta$ -Komponenten der Lotabweichung.

Bereits aus den Werten für  $\Delta U$  in der Tabelle 1 ersah man, dass die  $\Delta U$  für die verschiedenen Abende weit stärker differierten, als nach den mittleren Fehlern der einzelnen Serien zu erwarten gewesen wäre. Das ist eine Erscheinung, die immer wieder festgestellt worden ist. Zu einem Teil werden instrumentelle Effekte der Grund hierfür sein, und zwar besonders solche, die sich bei verschiedenen Witterungsverhältnissen jeweils verschieden auswirken, Temperatur, Wind, Feuchtigkeit werden sicherlich dabei eine Rolle spielen. Sollten Zapfenfehler

merklich vorhanden sein, so wäre dann eigentlich zu erwarten, dass sie bei Serien von 14 Sternen auch den mittleren Fehler einer Serie vergrössern, nicht nur eventuell den Mittelwert dieser Serie systematisch verfälschen. Andererseits sind Refraktionsanomalien als Ursache dieser Abweichungen gewiss nicht von der Hand zu weisen. Die wirklichen Zustände in der Atmosphäre sind sehr kompliziert und beeinflussen den Weg des Lichtes recht verschiedenartig, so dass es nicht nur zu regellosen Verschiebungen des Sternortes kommt, die jeder Beobachter kennt, man denke nur an den extremen Fall von Föhnwetterlagen, sondern auch zu systematischen Verschiebungen, aber diese sind nicht zu erfassen.

Ein etwas erstaunliches Resultat ist ferner, dass die persönlich-instrumentelle Gleichung für beide Instrumentarien merklich verschieden herauskommt. Da dieser Unterschied sich bei beiden Beobachtern zeigt, und zwar im gleichen Sinne und von der gleichen Grössenordnung, ist es offensichtlich, dass man hier nicht von einer rein persönlichen Gleichung sprechen kann, wie man es sonst meist getan hat und berechtigterweise tun konnte (vgl. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, Band 28, S. 84), sondern dass im vorliegenden Fall ein instrumenteller Effekt vorhanden ist. Die Werte für den T4 Nr. 86 968 in Verbindung mit dem Longines Druckchronographen entsprechen grössenordnungsmässig durchaus den in den letzten Jahren erhaltenen. Auch bei Beobachtungen auf dem Weissfluhgipfel im Jahre 1968, wo der T4 Nr. 86 968 gleichzeitig mit dem Longines Druckchronographen und dem Favag-Schreibchronographen verbunden war, hatte sich für beide Kombinationen praktisch der gleiche Wert für die persönlich-instrumentelle Gleichung ergeben. Ebenso führten Beobachtungen mit dem T4 Nr. 33 112 in Verbindung mit dem Favag-Schreibchronographen zu Werten, die von denen, die man mit dem T4 Nr. 86 968 mit dem Longines Druckchronographen erhalten hatte, nur unwesentlich abwichen. Die diesmal auftretende, recht merkliche Differenz kann eigentlich nur vom Omega-Druckchronographen herrühren, woher sie aber im einzelnen kommt, ist nicht ohne weiteres zu sagen. Anscheinend verhält sich die Apparatur anders beim Zeitzeichenempfang als bei den Mikrometersignalen. Spezielle Untersuchungen dieses Phänomens wären ganz angebracht. Sie sind nicht durchgeführt worden, da uns der Omega-Druckchronograph nur leihweise für die Beobachtungsperiode zur Verfügung stand, als man von



dieser Differenz noch nichts wusste.

Breitenbestimmungen

Die Breitenbestimmungen erfolgten in gewohnter Weise nach der Methode der Meridianzenitdistanzen, wobei darauf geachtet wurde, dass bei jedem Paar nach Möglichkeit ein Südsterne und ein Nordsterne mit nicht zu verschiedenen Zenitdistanzen kombiniert wurden, damit sich Refraktionsfehler einigermaßen kompensierten (Sterneck-Methode). Man wählte dabei im allgemeinen Zenitdistanzen von weniger als  $30^\circ$ . Da Beobachtungsookular und Höhenkreisableseokular sich beim T4 an entgegengesetzten Enden der Kippachse befinden, wurde der Höhenkreis nicht vom Beobachter, der den Stern einstellte, abgelesen, sondern von den Studenten, was aus manchen, früher schon häufig erwähnten Gründen zweckmässig ist. Auf beiden Stationen wurden je 40 Sternpaare beobachtet, die sich auf fünf Abende auf der Rötifluh, auf sechs Abende auf dem Wisenberg verteilen, von Brandenberger wurden 32 Paare an fünf Abenden, von Müller 48 Paare an sechs Abenden beobachtet. Die Abendwerte der Breiten sind für beide Stationen in der Tabelle 3 zusammengestellt.

Die mittleren Fehler der Abendwerte entsprechen den üblichen Erfahrungen, und das Mittel der Fehler eines einzelnen Paares ist bei beiden Beobachtern praktisch gleich. Die verschiedenen Abendwerte stimmen bei der Rötifluh sehr gut überein; beim Wisenberg sind die Abweichungen grösser, vor allem differieren die Werte beider Beobachter, doch bleibt es auch hier noch im gewohnten Rahmen. Der Zenitpunktfehler ändert sich beim T4 Nr. 86 968, wo der Höhenkreis verstellbar ist, von Abend zu Abend, teils wenig, bisweilen sehr stark, wie früher auch immer festgestellt worden war, doch ist die Streuung innerhalb einer Serie nicht grösser als beim T4 Nr. 33 112, so dass kein Anzeichen vorhanden ist, dass während einer Serie Änderungen auftreten. Diese Verschiebungen des Zenitpunktes entstehen wahrscheinlich beim Verpacken und beim Aufbauen des Universalinstrumentes. Sie sind etwas lästig, weil man einen grösseren Zenitpunktfehler bei der Berechnung der Refraktion berücksichtigen muss.

An den Abendwerten wurden noch die Reduktionen vom Beobachtungsstandpunkt auf das Zentrum des Triangulationspunktes angebracht, wie sie

Tabelle 3

Ergebnisse der Breitenbestimmungen

Rötifluh Zentrum T4 Nr. 86 968

Serie Nr.	Datum 1970	Weltzeit	Beobachter	Paarzahl	$\varphi_{\text{beobachtet}}$	$m_e$	Reduktion Zentr	Reduktion CIO	$\varphi_{\text{Zentrum}}$	v
1	Aug. 2	0 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> - 0 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	M	8	47°15'24"21+0"25	+0"70	+0"03	-0"19	47°15'24"05	+0"22
2	2	23 14 -24 22	M	8	24.57±0.38	+1.08	+0.03	-0.19	24.41	-0.14
3	3	22 24 -24 34	M	8	24.60±0.42	+1.18	+0.03	-0.19	24.44	-0.17
4	4	22 45 -23 56	M	8	24.49±0.15	+0.44	+0.03	-0.19	24.33	-0.06
5	13	0 47 - 1 59	B	8	24.29±0.45	+1.29	+0.03	-0.21	24.11	+0.16

Astronomische Breite 47°15'24"27 ± 0"08  
 Geodätische Breite 47 15 33.59  
 $\varphi_a - \varphi_g = \xi$  - 9"32

Wisenberg Zentrum T4 Nr. 33 112

Serie Nr.	Datum 1970	Weltzeit	Beobachter	Paarzahl	$\varphi_{\text{beobachtet}}$	$m_e$	Reduktion Zentr	Reduktion CIO	$\varphi_{\text{Zentrum}}$	v
1	Jul. 30	23 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> - 25 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>	B	8	47°24'07"66±0"28	+0"80	+0"04	-0"18	47°24'07"52	-0"52
2	Jul. 31	23 50 -24 41	B	4	07.37±0.45	+0.90	+0.04	-0.19	07.22	-0.22
3	Aug. 2	0 23 - 1 30	B	6	07.53±0.14	+0.34	+0.04	-0.19	07.38	-0.38
4	Aug. 2	21 05 -22 14	B	6	07.62±0.27	+0.66	+0.04	-0.19	07.47	-0.47
5	Aug. 13	22 59 -24 14	M	8	06.48±0.18	+0.52	+0.04	-0.20	06.32	+0.68
6	Aug. 15	22 51 -24 06	M	8	06.60±0.38	+1.09	+0.04	-0.21	06.43	+0.57

Mittelwert, jeder Abend gleiches Gewicht 47°24'07"06±0"22  
 Mittelwert mit Gewichten nach der Zahl der Paare 47 24 07.00±0.23

Astronomische Breite 47°24'07"00 ± 0"23  
 Geodätische Breite 47 24 13.73  
 $\varphi_a - \varphi_g = \xi$  - 6"73



sich leicht aus den Werten der Landeskoordinaten in der Tabelle 4 errechnen, sowie die Reduktionen der beobachteten Breiten auf den internationalen konventionellen Ursprung (CIO). Die Koordinaten x, y des momentanen Pols bezogen auf den CIO wurden den Monthly Notes of the International Polar Motion Service (IPMS) in Mizusawa entnommen, die jetzt immer schon nach wenigen Monaten publiziert werden. Es gelten danach folgende Werte:

Besselsches Jahr	Datum	x	y
1970.50	Juli 2.388	+0.154	+0.391
1970.55	Juli 20.651	+0.210	+0.347
1970.60	Aug. 7.913	+0.241	+0.303
1970.65	Aug. 26.175	+0.250	+0.252
1970.70	Sept.13.437	+0.238	+0.196

Bei der Rötifluh konnten die fünf Abendwerte ohne weiteres gemittelt werden, da an jedem Abend stets acht Paare beobachtet worden waren. Beim Wisenberg schien es doch ratsamer zu sein, Gewichte nach der Zahl der beobachteten Paare einzuführen; immerhin ändert sich der Mittelwert nur unwesentlich gegen den aus Abendwerten mit gleichem Gewicht für jeden Abend gewonnenen. Die  $\xi$ -Komponenten der Lotabweichung sind in der Tabelle 3 ebenfalls aufgeführt.

Azimuthmessungen

Die Azimuthmessungen wurden nach der Polarismethode durchgeführt, die ein ziemlich rasches Arbeiten ermöglicht und sich seit langem bewährt hat. Als Zielpunkte dienten, wie schon eingangs erwähnt war, auf der Rötifluh, auf dem Wisenberg und auf dem Gurten die üblichen Scheinwerfer. Sie reichten bei einigermaßen guter Sicht stets aus, das Ausrichten geht, wenn Funkverbindung vorhanden ist, ziemlich schnell, durch die Spaltblende kann man die Helligkeit des Zielpunktes wunschgemäß regulieren. Während Rötifluh und Wisenberg durch die beiden Gruppen immer besetzt waren, so dass man leicht verabreden konnte, wann der Scheinwerfer in Betrieb gesetzt werden sollte, hatte es die Eidg. Landestopographie in Wabern freundlicherweise übernommen, die Beleuchtung des Zielpunktes auf dem Gurten durchzuführen. Das Inbe-

triebsetzen und Ausrichten des Scheinwerfers auf dem Gurten besorgte Herr Tschanz von der Eidg. Landestopographie, mit dem direkt vor der Beobachtungsperiode Kontakt aufgenommen und an Ort und Stelle alles besprochen worden war. Es war von Vorteil, dass man hier den Scheinwerfer unter der Pyramide auf einem Stativ in einer Höhe von 1.39 m direkt über dem Bodenpunkt Gurten-Ost aufstellen konnte. Im übrigen funktionierten Verständigung und Beleuchtung stets sehr gut, und wir danken auch an dieser Stelle der Eidg. Landestopographie und Herrn Tschanz für ihr freundliches Entgegenkommen.

Wegen der Montierung und Bedienung eines Scheinwerfers auf dem Feldberg war mit Herrn Regierungsvermessungsdirektor A. Strobel vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg Verbindung aufgenommen worden. Dieser hatte aufgrund einer lokalen Besichtigung veranlasst, dass auf dem Feldberg ein Aluminium-Gerüst von 8 m Höhe, geschützt gegen unbefugtes Besteigen, errichtet wurde, auf dem sie einen eigenen Scheinwerfer montierten. Das Ausrichten war auf diese Weise nur ein Mal nötig und wurde von Herrn W. Mikuteit von der unweit gelegenen Wetterstation besorgt, der auch jeweils das Einschalten der Beleuchtung übernahm. Die Koordinaten dieses provisorischen Turms im System des Baden-Württembergischen Netzes waren uns durch Herrn Weiler vom Landesvermessungsamt zur Verfügung gestellt worden, ebenso die Scheinwerferposition relativ dazu nach Messungen vom 17. Juli. Weitere Messungen der Scheinwerferposition erfolgten von Brandenberger und Schneider am 26. Juli und von Schneider am 15. September. Der Scheinwerfer auf dem Feldberg war grösser und lichtstärker als die andern von uns benutzten Scheinwerfer; er konnte nicht abgeblendet werden, so dass der Zielpunkt gelegentlich zu hell erschien. Brandenberger hat aus diesem Grunde zeitweilig beim Einstellen des Zielpunktes das Objektiv vom T4 abgeblendet. Im übrigen möchten wir auch an dieser Stelle allen beteiligten Herren vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg für ihre freundlichen Bemühungen danken.

Auf der Rötifluh wurde der Scheinwerfer auf dem alten Pfeiler unter der Pyramide direkt über dem Triangulationspunkt aufgestellt, was genau wie auf dem Gurten sehr zweckmässig ist, es erleichtert die Reduktionsarbeit und die Position ist stets sehr gut zu verifizieren.



Auf dem Wisenberg stand der Scheinwerfer über dem Bolzen B auf der Nordwestecke des Aussichtsturmes, also auch über einem markierten Punkt. Die Landeskoordinaten aller interessierenden Punkte sind in der Tabelle 4 gegeben. In Tabelle 5 findet man die einzelnen Reduktionsglieder, die an den gemessenen Azimuten anzubringen sind, um sie auf die Richtung der geodätischen Linie zwischen den Triangulationspunkten zu reduzieren.

Es soll noch kurz erwähnt werden, dass auch zwischendurch einmal ein Versuch gemacht worden ist, statt der Scheinwerfer Laserstrahlen bzw. die von einem Laser-Reflektor zurückgeworfene Strahlung zu benutzen. Es bestand die berechtigte Hoffnung, bei schlechter Sicht weiter durchzudringen, das Ziel dann noch zu sehen. Dies scheiterte an der noch zu provisorischen Montierung des Laser-Geräts; man muss das Gerät sehr genau richten können, um bei schlechter Sicht den sehr schmalen Laser-Strahl zu finden. Ausserdem sind die Laserstrahlen natürlich genau so wie das Lichtbündel vom Scheinwerfer der Luftunruhe unterworfen, die stets vorhanden ist und meist sogar in sehr starkem Masse. Beim üblichen Scheinwerferbündel wirkt sich das so aus, dass aus dem Zielpunkt ein verwaschenes, flackerndes Scheibchen wird, dessen Schwerpunkt man nicht gerade gut, aber doch einigermaßen anzielen kann. Beim Laserstrahl blitzen dann etwa im gleichen Bereich, aber zeitlich an verschiedenen Stellen Lichtpünktchen auf, und es ist schwierig, nun hier den Schwerpunkt anzuzielen. Aus diesen Gründen wurden die Versuche mit dem Laser-Gerät diesmal nicht weitergeführt.

Um den Einfluss der Kreisteilungsfehler schon von vorneherein möglichst zu eliminieren, wurden in gewohnter Weise alle Azimutmessungen bei sechs verschiedenen Kreisständen vorgenommen; die Verstellung des Kreises betrug jeweils etwa  $30^{\circ}0'10''$ . Sodann wurden aber auch noch Korrekturen wegen der Teilungsfehler der Kreise angebracht, welche im Jahre 1964 für beide Universalinstrumente ermittelt worden waren (Astronomisch-geodätische Arbeiter in der Schweiz, Band 28). Es wurden die dick ausgezogenen Kurven benutzt, die in der genannten Publikation auf den Seiten 21 und 24 gegeben sind. Praktisch macht diese Korrektur beim T4 Nr. 86 968 nichts aus, die Mittelwerte ändern sich

Tabelle 4

Landeskoordinaten der Triangulationspunkte, der Beobachtungsstandpunkte und der Zielpunkte

Rötifluh			Wisenberg		
	Y	X		Y	X
Zentrum = Scheinwerferposition	+6 757.26	+34 121.83	Zentrum	+33 458.49	+50 274.45
Beobachtungsstandpunkt	+6 759.01	+34 120.90	Beobachtungsstandpunkt	+33 443.95	+50 273.26
			Scheinwerferposition	+33 441.93	+50 275.31
Gurten-Ost			Feldberg, Gradmessungspfeiler		
Zentrum = Scheinwerferposition	+ 392.44	- 3 756.57	Zentrum	+42 313.74	+102 718.36
			Scheinwerferposition	+42 252.352	+102 759.255

Tabelle 5

Reduktionen der gemessenen Richtungen auf die geodätischen Linien zwischen den Triangulationspunkten

Rötifluh			Wisenberg		
	Zielpunkt Wisenberg	Zielpunkt Gurten		Zielpunkt Rötifluh	Zielpunkt Feldberg
Zentrierung Standpunkt	+ 11"26	- 10"10	Zentrierung Standpunkt	+ 43"03	- 54"82
Aenderung Meridiankonvergenz	- 0.06	- 0.06	Aenderung Meridiankonvergenz	+ 0.51	+ 0.51
Zentrierung Zielpunkt	+ 61.54	--	Zentrierung Zielpunkt	--	+261.03
Korrektur wegen Höhe Zielpunkt (1016m bzw. 858m)	+ 0.04	+ 0.01	Korrektur wegen Höhe Zielpunkt (1397m bzw. 1493m)	+ 0.06	+ 0.02
Gesamtreduktion	+ 72"78	- 10"15	Gesamtreduktion	+ 43"60	+206"74

Die Korrektur Normalschnitt auf geodätische Linie ist stets kleiner als  $0"01$ .



um 0"02 bis 0"03, die mittleren Fehler verringern sich im Durchschnitt geringfügig. Beim T4 Nr. 33 112 ist es bei der Azimutmessung Wisenberg-Rötifluh ähnlich, bei den Azimuten Wisenberg-Feldberg werden die Mittelwerte um 0"19 grösser, die mittleren Fehler werden im Durchschnitt um 8 % kleiner; es machten sich hier bei einem Kreisstand die stärkeren Teilungsfehler von rund 1" in der Nähe von 135° bemerkbar. Schliesslich wurden auch noch die gemessenen Azimute, die sich auf die momentane Lage des Pols beziehen, auf den internationalen konventionellen Ursprung (CIO) reduziert, was nach den üblichen Formeln mit den vorher schon angegebenen Werten der Koordinaten x, y des momentanen Pols in bezug auf den CIO geschah.

Die Serienmittel der wegen der Kreisteilungsfehler korrigierten Azimutwerte mit ihren mittleren Fehlern, die verschiedenen erwähnten Reduktionen und die Azimute der Zentren sind in der Tabelle 6 zusammengestellt. Bei der Bildung der Mittelwerte für jede Station und jede der beiden Zielrichtungen wurde allen Serien das gleiche Gewicht gegeben, da bei jeder Serie zwölf Messungen durchgeführt worden sind. Eine sehr unvollständige Serie für das Azimut Wisenberg-Rötifluh vom 15. August wurde weggelassen, da hier nur vier Messungen vorliegen und zuerst Wolkenfelder, nachher Nebel die Weiterführung verunmöglichten.

Die mittleren Fehler der einzelnen Azimutmessungen sind im Durchschnitt bei Brandenberger etwas grösser als bei Müller, doch ist der Unterschied nicht sehr erheblich; zumindest lohnte es sich nicht, bei der Mittelbildung beiden Beobachtern verschiedene Gewichte zu geben. Die Streuung der Abendwerte ist für die vier Azimute recht verschieden. Am geringsten ist diese Streuung beim Azimut Rötifluh-Gurten, wo der Lichtweg über ziemlich ausgeglichenes Gelände hinweggeht. Die sechs Serien stimmen hier befriedigend überein. Mittlere Fehler der einzelnen Serien und die Abweichungen der Abendwerte voneinander sind nur wenig grösser als bei der Messung des Azimuts Gurten-Rötifluh durch Fischer und Wunderlin im Jahre 1962 (Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, Band 28, S. 94-98, S. 133); der mittlere Fehler des Gesamtmittels war damals sogar noch kleiner, zum Teil durch die grössere Serienzahl bedingt. Für den Wert  $\eta_a - \eta_\lambda$  hatte sich aus Azimutmessungen

der Richtung Gurten-Rötifluh von Hunziker im Jahre 1945 +0"1 und aus den eben erwähnten Messungen im Jahre 1962 +1"1 ergeben, also im Mittel +0"6 (vgl. S. 150 der genannten Publikation), was praktisch identisch ist mit dem hier gefundenen Wert in der Tabelle 6, womit die Qualität der astronomischen Messungen bestätigt wird.

Bei den andern Azimuten ist die Streuung der Abendwerte merklich grösser, am grössten bei der Richtung Wisenberg-Rötifluh, wo allerdings nur vier vollständige Serien vorliegen. Dass die Abendwerte in allen diesen Fällen stärker streuen, ist verständlich, da das Gelände, über das der Lichtweg verläuft, hier überall sehr wechselreich bergig ist, wie schon ein Blick auf die Karte lehrt. Es ist zu erwarten, dass sich Refraktionsanomalien bei solchen Verhältnissen ziemlich leicht einstellen werden. Im übrigen zeigte es sich auch, dass die mittleren Fehler der einzelnen Serien bei diesen Azimuten ebenfalls grösser waren als beim Azimut Rötifluh-Gurten und zwar wachsen sie mit der Streuung der jeweiligen Abendwerte.

Im einzelnen wäre zu diesen Azimutmessungen noch folgendes zu bemerken. Die fünf Abendwerte des Azimuts Rötifluh-Wisenberg passen noch einigermaßen gut zusammen, obwohl der mittlere Fehler schon merklich grösser ist als beim Azimut Rötifluh-Gurten. Beim Azimut Wisenberg-Feldberg ist der mittlere Fehler weiter angewachsen. Es liegt hier daran, dass die Messung vom ersten Abend am 5. August stark herausfällt. Da aber gerade der mittlere Fehler dieser Serie kleiner ist als der der meisten andern Serien und da auch sonst bei dieser Messung im Feldbuch nichts Nachteiliges vermerkt ist ausser starker Luftunruhe am Anfang, so lag kein Grund vor, diese Serie auszuschliessen. Am unbefriedigtsten sind die Messungen Wisenberg-Rötifluh, wo nur vier vollständige Serien vorliegen. Besonders stark fällt die Beobachtung am Morgen des 4. August heraus und auch die vom Abend des 5. August liefert noch einen relativ grossen Wert für das Azimut. Die unvollständige, nicht benützte Serie vom 15. August ergäbe einen Wert, der noch etwas kleiner ist als der der ersten und vierten Serie. Jedenfalls führen die vier vollständigen Serien zu einem Betrag von 1"5 für  $\eta_a - \eta_\lambda$ , was zu dem Wert von -0"1 für die umgekehrte Richtung nicht allzu gut passt. Ein Weglassen der zweiten



Tabelle 6

Azimute Rötifluh-Wisenberg, reduziert auf die Zentren und auf den CIO  
 $\eta$ -Komponente der Lotabweichung

Serie	Datum 1970	Weltzeit	Beobachter	Azimit beobachtet	Reduktion auf Zentren	Reduktion auf CIO	Azimit der Zentren	v
1	Aug.1	1 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> - 3 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup>	M	58°52'27"37±0"29	+1'12"78	-0"51	58°53'39"64	+0"97
2	4	0 51 - 2 39	M	28.99±0.29	+1 12.78	-0.50	41.27	-0.66
3	5	22 21 -23 39	M	27.90±0.26	+1 12.78	-0.50	40.18	+0.43
4	7	23 23 -24 35	B	28.74±0.27	+1 12.78	-0.49	41.03	-0.42
5	12	23 21 -24 13	B	28.60±0.39	+1 12.78	-0.47	40.91	-0.30

Astronomisches Azimut 58°53'40"61 ± 0"30  
 Geodätisches Azimut 58 53 35.24  
 Astron. minus geodät. Azimut + 5.37

$\eta_a$  + 4"83  
 $\eta_\lambda$  + 4.95  
 $\Delta\eta = \eta_a - \eta_\lambda$  - 0.12

Azimute Rötifluh-Gurten, reduziert auf die Zentren und auf den CIO  
 $\eta$ -Komponente der Lotabweichung

Serie	Datum 1970	Weltzeit	Beobachter	Azimit beobachtet	Reduktion auf Zentren	Reduktion auf CIO	Azimit der Zentren	v
1	Aug.4	19 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> -21 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup>	M	189°36'27"85±0"24	-10"15	-0"50	189°36'17"20	-0"18
2	5	20 01 -21 30	M	27.07±0.27	-10.15	-0.50	16.42	+0.60
3	6	19 10 -20 37	M	27.34±0.23	-10.15	-0.49	16.70	+0.32
4	7	21 45 -22 49	B	27.61±0.35	-10.15	-0.49	16.97	+0.05
5	12	21 40 -22 35	B	27.94±0.23	-10.15	-0.47	17.32	-0.30
6	13	21 45 -22 32	B	28.14±0.32	-10.15	-0.47	17.52	-0.50

Astronomisches Azimut 189°36'17"02 ± 0"17  
 Geodätisches Azimut 189 36 11.11  
 Astron. minus geodät. Azimut + 5.91

$\eta_a$  + 5"57  
 $\eta_\lambda$  + 4.95  
 $\Delta\eta = \eta_a - \eta_\lambda$  + 0.62

Azimute Wisenberg-Rötifluh, reduziert auf die Zentren und auf den CIO  
 $\eta$ -Komponente der Lotabweichung

Serie	Datum 1970	Weltzeit	Beobachter	Azimit beobachtet	Reduktion auf Zentren	Redukt. auf CIO	Azimit der Zentren	v
1	Aug.1	1 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> - 3 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>	B	239°08'32"49±0"45	+43'60	-0"52	239°09'15"57	+1"14
2	4	1 06 - 2 57	B	35.39±0.40	+43.60	-0.51	18.48	-1.77
3	5	22 28 -23 39	B	34.02±0.24	+43.60	-0.50	17.12	-0.41
4	12	23 10 -24 31	M	32.53±0.36	+43.60	-0.47	15.66	+1.05

Astronomisches Azimut 239°09'16"71 ± 0"69  
 Geodätisches Azimut 239 09 12.36  
 Astron. minus geodät. Azimut + 4.35

$\eta_a$  + 3"93  
 $\eta_\lambda$  + 2.45  
 $\Delta\eta = \eta_a - \eta_\lambda$  + 1.48

Azimute Wisenberg-Feldberg, reduziert auf die Zentren und auf den CIO  
 $\eta$ -Komponente der Lotabweichung

Serie	Datum 1970	Weltzeit	Beobachter	Azimit beobachtet	Reduktion auf Zentren	Reduktion auf CIO	Azimit der Zentren	v
1	Aug.5	20 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> -21 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup>	B	9°51'06"59±0"23	+3'26"74	-0"50	9°54'32"83	-1"89
2	6	20 00 -21 00	B	05.08±0.36	+3 26.74	-0.50	31.32	-0.38
3	7	21 23 -22 51	M	03.90±0.38	+3 26.74	-0.49	30.15	+0.79
4	12	19 30 -20 53	M	04.07±0.23	+3 26.74	-0.47	30.34	+0.60
5	13	19 19 -20 35	M	03.94±0.32	+3 26.74	-0.47	30.21	+0.73
6	15	19 27 -20 36	M	04.52±0.34	+3 26.74	-0.46	30.80	+0.14

Astronomisches Azimut 9°54'30"94 ± 0"42  
 Geodätisches Azimut 9 54 27.54  
 Astron. minus geodät. Azimut + 3.40

$\eta_a$  + 3"15  
 $\eta_\lambda$  + 2.45  
 $\Delta\eta = \eta_a - \eta_\lambda$  + 0.70



Serie würde dies schon merklich verbessern, doch ist auch in diesem Fall kein triftiger Grund zu finden, durch den ein Ausschliessen dieser Serie berechtigt wäre. Mittelt man indes alle Laplace-Widersprüche  $\eta_a - \eta_\lambda$  der vier Azimute, so erhält man  $+0.7$ , und das stimmt wiederum recht gut mit dem überein, was Dr. Elmiger in seiner Dissertation 1969 für die Orientierung des Schweizer Landesnetzes ermittelt hat.

## Anhang 2

Auszug aus dem Invited Paper von Herrn Dipl. Ing. W. Fischer für den XIII. Kongress der Fédération Internationale des Géomètres (FIG) in Wiesbaden:

### Distanzmessungen mit Wild Distomat DI 50 und AGA Geodimeter 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung

#### Vorbemerkung

In den Jahren 1960 bis 1970 wurden in einem zusammenhängenden Teil des schweizerischen Triangulationsnetzes 1. Ordnung elektronische Distanzmessungen (EDM) durchgeführt. Zum Einsatz gelangte hauptsächlich der Wild Distomat DI 50 und in jüngster Zeit das AGA Geodimeter 8. Diese Messungen wurden nun gesamthaft bearbeitet, wobei vor allem die Gegenüberstellung Distomat - Geodimeter interessante Erkenntnisse versprach.

Auf die Wiedergabe der ersten Abschnitte kann an dieser Stelle verzichtet werden, da sie hauptsächlich die Beschreibung und die Ergebnisse der Messungen mit dem Wild Distomat DI 50 zum Inhalt haben. Ueber diese wurde hier verschiedentlich und ausführlich berichtet (13, 14, 15)<sup>1)</sup>, sodass sie als bekannt vorausgesetzt werden können.

#### 5. Distanzmessungen mit AGA Geodimeter 8

##### 5.1 Vereinzelte Strecken 1. und 2. Ordnung

Ein erster Versuch mit dem Geodimeter 8 konnte im Oktober 1969 durchgeführt werden (16). Vorerst ging es darum, das neue Gerät kennenzulernen. Daneben sollte abgeklärt werden, wie es sich in unseren topographischen und meteorologischen Verhältnissen bewährt, und in diesem Zusammenhang stand natürlich die Frage der Reichweite im Vordergrund. Der aufschlussreiche Versuch erfolgte unter Mitwirkung der Firma AGA.

1) Siehe Literaturverzeichnis am Schluss



In der Woche, während der ein Gerät leihweise zur Verfügung stand, konnten auf den vier Stationen Gurten, Chasseral, Rigi und Säntis insgesamt zehn Strecken gemessen werden (Abb. 3). Da im Herbst in den Niederungen vorwiegend Nebel herrscht, wurden ausschliesslich hochgelegene Punkte 1. Ordnung bezogen. Die in der Höhe herrschenden ausgezeichneten Sichtverhältnisse ermöglichten die Messung zweier Strecken von 60 km Länge (Chasseral - Suchet und Rigi - Wisenberg). Auf diesen, wie auf den übrigen Strecken, hatte das Gerät somit seine Bewährungsprobe bestanden, wenn es sich auch zeigte, dass die äusseren Umstände sehr viel zum Erfolg oder Misserfolg einer Messung beitragen.

### 5.2 Streckennetz Aarberg

Nachdem 1970 ein eigenes Gerät zur Verfügung stand, sollte in erster Linie die tatsächlich erreichbare Genauigkeit von Geodimeter-Messungen festgestellt werden. Was lag da näher, als das sehr engmaschige und stark überbestimmte Streckennetz Aarberg mit dem neuen Gerät zu messen? Neben dem innern Zusammenhang der Geodimeter-Messungen liess sich dort auch die Beziehung zu den bereits vorliegenden zahlreichen Distomat-Messungen abklären.

Die Messungen verteilten sich auf die Monate September/Oktober 1970. Leider gelang es nicht, das vollständige Streckennetz zu messen, da zeitweiliger starker Dunst über dem Mittelland die Messung einiger längerer Strecken verunmöglichte (Abb. 3). Hingegen ist bemerkenswert, dass sechs Strecken verschiedener Länge im Netz enthalten sind, die schon im Oktober 1969 gemessen wurden.

### 5.3 Netz Feldberg - Niesen

Eine konkrete Aufgabe stellte die Messung des schweizerischen Anteils der Traverse zwischen den Satellitenstationen Karlsruhe und Zimmerwald dar. Die drei Seiten Wisenberg - Feldberg, Wisenberg - Rötiflüh und Gurten - Rötiflüh, sowie die kurze Verbindung zwischen Gurten und Zimmerwald (Abb. 3) wurden mit dem Geodimeter 8 gemessen. Gleichzeitig wurden die Messungen auf einen zusammenhängenden Teil des Triangulationsnetzes 1. Ordnung ausgedehnt, der zusätzlich die Punkte

Napf, Rothorn und Niesen umfasst.

Die Durchführung der Messungen erfolgte in der gleichen Kampagne vom September/Oktober 1970, in der das Streckennetz Aarberg ausgemessen wurde. Einzelne Strecken mussten unter sehr schlechten Bedingungen gemessen werden, bei denen das zurückkommende Signal äusserst schwach war; diese wurden wenn immer möglich an einem zweiten Tag nochmals gemessen. Dabei war es stets sehr beruhigend festzustellen, dass die Ergebnisse der beiden Tage gut miteinander übereinstimmten.

## 6. Ausgleichung der Geodimeter-Messungen

### 6.1 Allgemeines zur Ausgleichung

Vor der gesamthaften Bearbeitung aller Distanzmessungen sollen die Ausgleichungen der Messungen mit dem AGA Geodimeter 8 dargestellt werden. Dies ist damit zu begründen, dass die Ausgleichung von Geodimeter-Messungen eindeutig weniger problematisch ist als die Ausgleichung von elektromagnetischen Messungen, weil erstens die Fehler allgemein kleiner sind und zweitens die Unsicherheit des Massstabs geringer ist. Ueberdies stand tatsächlich die Frage nach der Genauigkeit der Messungen mit dem neuen Laser-Geodimeter im Vordergrund, nachdem die Messbedingungen teilweise recht ungünstig waren.

Die Firma AGA gibt für den mittleren Fehler einer Geodimeter-Messung an:

$$m_G = \pm (5 \text{ mm} + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D).$$

Damit wird das Gewicht einer Messung:

$$P_G = \frac{m_e^2}{(5 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)^2}$$

Als Gewichtseinheit wurde einfachheitshalber die Distanz  $D = 100 \text{ km}$  gewählt, obschon die Messung einer so langen Strecke mit dem Geodimeter 8 nicht möglich ist. Rechnet man in der Einheit mm, wird der mittlere Fehler der Gewichtseinheit  $m_0 = \pm 105 \text{ mm}$ .



Bei mehreren Messungen einer Strecke am gleichen Tag wurde für das Mittel das Gewicht

$$p_{G_n} = p_G \cdot \left(1 + \frac{n-1}{k}\right) \quad \text{mit } k = 10$$

genommen. Dadurch sollte einigermaßen dem Umstand Rechnung getragen werden, dass die n Messungen des gleichen Tages miteinander korreliert sind. Messungen verschiedener Tage sollten hingegen gesondert in die Ausgleichung eingeführt werden. Obschon dieses Gewicht für das Mittel elektromagnetischer Distanzmessungen abgeleitet wurde (vgl. 8.1), liess es sich ohne grosse Bedenken auch für die Geodimeter-Messungen anwenden, da n ohnehin nie gross war. Die Frage, ob bei Geodimeter-Messungen k allenfalls kleiner gewählt werden sollte, wurde noch nicht näher untersucht.

Zur Ausgleichung der Streckennetze wurde das ALGOL-Programm benützt, das von H. Aeschlimann im Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der Eidg. Technischen Hochschule Zürich entwickelt worden war (1, 2). Dieses verlangt die Eingabe der Koordinaten von mindestens zwei bekannten Punkten, womit Orientierung und Massstab des Netzes festgelegt sind. Alle gemessenen Strecken sind in der Folge mit einem unbekanntem Massstabfaktor zu versehen, damit durch diese Festlegung des Netzes keine Zwänge entstehen.

### 6.2 Streckennetz Aarberg

Das Netz vom September/Oktober 1970 umfasste 29 Streckenmessungen, wobei drei Strecken an zwei verschiedenen Tagen gemessen wurden. Bei 15 notwendigen lagen somit 14 überschüssige Messungen vor. Die Ausgleichung führte auf einen mittleren Fehler der Gewichtseinheit von  $\pm 88$  mm. Dieser Wert a posteriori liegt deutlich unter dem mittleren Fehler a priori von  $\pm 105$  mm.

Zur Erhärtung dieses Resultats wurden auch die sechs Streckenmessungen vom Oktober 1969 in die Ausgleichung einbezogen. Der mittlere Fehler a posteriori erhöhte sich damit nur unwesentlich auf  $\pm 92$  mm. Vor allem machten sich keine Massstabsunterschiede zwischen den Messungen der beiden Jahre bemerkbar.

Die Messungen im Streckennetz Aarberg dürfen deshalb als gut beurteilt werden, indem ihr mittlerer Fehler unter dem von der Firma AGA ange-

gebenen Mass  $m_G = \pm (5 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$  mm bleibt. Es ist auch festzuhalten, dass keine der 35 Messungen verworfen werden musste.

### 6.3 Netz Chasseral - Wisenberg - Niesen

Trotz teilweise ungünstigen Messbedingungen war es gelungen, ein geschlossenes Netz von sieben Stationen 1. Ordnung zu messen. Da die Messung der Seite Gurten - Rothorn nicht mehr möglich war, musste allerdings die Strecke Zimmerwald - Rothorn nach Gurten zentriert werden (Abb. 3). Damit entstand ein Netz von 18 Streckenmessungen, das bei 11 notwendigen 7 überschüssige Messungen aufwies. Diese umfassten zwei Strecken, die sowohl 1969 als auch 1970 gemessen wurden, vier Strecken, die 1970 an zwei verschiedenen Tagen gemessen wurden, sowie eine Diagonale.

Die verhältnismässig geringe Zahl überschüssiger Messungen legte es nahe, die Richtungen des Triangulationsnetzes 1. Ordnung mit in die Ausgleichung einzubeziehen; es wurde ein Teilnetz von 64 Richtungen dazu herangezogen. Das Gewicht einer gemessenen Strecke wurde wie in 6.1 festgelegt, wobei als mittlerer Fehler der Gewichtseinheit  $m_G = \pm 105$  (dimensionslos) angenommen wurde (11). Für die Richtungen wurde der mittlere Fehler a priori  $m_r = \pm 1.5^{cc}$  angenommen, der aus der Ausgleichung des schweizerischen Anteils am europäischen Hauptdreiecksnetz (RETrig) hervorgegangen war. Da das benützte Rechenprogramm (2) vornehmlich für die Bearbeitung von Verschiebungsmessungen in kleineren Netzen konzipiert ist, rechnet es in den Einheiten mm und  $^{cc}$ . Dadurch erhielten die Richtungen im vorliegenden Fall das verhältnismässig grosse Gewicht

$$p_r = \frac{105^2}{1.5^2} = 70^2 = 4900 (1/^{cc})^2.$$

Die Ausgleichung des kleinen Richtungs-Strecken-Netzes führte auf den mittleren Fehler der Gewichtseinheit  $m_e = \pm 106$ . Wichtiger als die gute Uebereinstimmung mit dem a priori gewählten mittleren Fehler ( $\pm 105$ ) ist der gute Einklang der Gruppen-Durchschnittswerte für die Richtungen und die Distanzen (11). Diese ergaben nämlich für die 64 Richtungen  $\pm 107$  und für die 18 Distanzen  $\pm 103$ . Damit ist gezeigt, dass erstens das Verhältnis von Strecken- und Richtungs-



fehlern richtig gewählt wurde und dass zweitens die Ausgleichung die Grösse der mittleren Fehler a priori bestätigte.

Auch in diesem Netz 1. Ordnung können die Streckenmessungen aufgrund des Ausgleichungsergebnisses als gut bezeichnet werden, liegt doch ihr mittlerer Fehler im Rahmen des geforderten Betrags. Wertvoll ist auch, dass die Ueberprüfung durch Beizug unabhängiger Richtungsmessungen erfolgen konnte. Richtungs- und Distanzmessungen waren dabei gut aufeinander abgeglichen, indem bei einer durchschnittlichen Seitenlänge von rund 37 km die mittleren Fehler a priori einen mittleren Querfehler von  $\pm 88$  mm und einen mittleren Längsfehler von  $\pm 42$  mm bewirkten, was eine zuverlässige Netzbestimmung erlaubt. Bei alledem ist natürlich über die absolute Genauigkeit der Geodimeter-Messungen nichts ausgesagt.

#### 6.4 Seiten 1. Ordnung

Ausserhalb des geschlossenen Netzes Chasseral - Wisenberg - Niesen liegen noch die drei Seiten 1. Ordnung Wisenberg - Feldberg, Rigi - Wisenberg und Rigi - Lägern, von denen die erste 1970 an zwei verschiedenen Tagen, die andern beiden 1969 je einmal gemessen wurden. Zum Einbezug dieser Messungen in eine vermittelnde Ausgleichung wurde das Richtungsnetz 1. Ordnung auf 94 Richtungen ausgedehnt. Die übrigen Voraussetzungen blieben alle gleich wie bei 6.3.

Die Ausgleichung dieses Netzes führte auf einen mittleren Fehler der Gewichtseinheit von  $\pm 98$ , wobei der Gruppen-Durchschnittswert für die 94 Richtungen  $\pm 97$  und für die 22 Distanzen  $\pm 103$  betrug. Auch diese Werte liegen alle im Rahmen, sodass das schöne Resultat sowohl für Richtungen wie für Distanzen bestätigt ist.

#### 8. Gesamtausgleichungen

##### 8.1 Allgemeines

Die früheren Ausgleichungen konnten als Vorarbeiten betrachtet werden, aufgrund derer eine gesamthafte Bearbeitung aller Distanzmessungen vorgenommen werden konnte. Nachdem bei den Teilausgleichungen immer wieder gewisse Fragen offen bleiben mussten, liess gerade eine

Kombination von elektromagnetischen mit elektro-optischen Distanzmessungen, wie sie früher nicht möglich war, wertvolle Aufschlüsse erwarten.

Für Messungen mit dem AGA Geodimeter 8 wurde der mittlere Fehler  $m_G = \pm (5 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$  mm durch frühere Ausgleichungen bestätigt (vgl. 6). Damit liessen sie sich auch in einer Gesamtausgleichung mit dem Gewicht

$$p_G = \frac{105^2}{(5 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)^2}$$

einführen.

Beim Wild Distomat DI 50 gibt die Firma für den mittleren Fehler an:

$$m_D = \pm (2 \text{ cm} + D \cdot 10^{-5} \text{ bis } D \cdot 10^{-6}).$$

Die grosse Variation rührt natürlich nicht vom Instrument her, sondern von der Meteorologie, die bei Mikrowellenmessungen einen wesentlichen Einfluss auf die Genauigkeit hat. Damit wird es aber ungleich schwieriger als bei Geodimeter-Messungen, die richtigen Gewichtsannahmen zu treffen. Beispielsweise variiert bei einer Distanz von 40 km  $m_D$  von  $\pm 42$  cm bis  $\pm 6$  cm, wodurch sich das Gewicht um den Faktor 50 vergrössert.

Die früheren Ausgleichungen zeigten allerdings, dass bei geeigneter Anordnung der Messungen die Variation des mittleren Distanzfehlers im allgemeinen nicht so gross ist. Eine Ausnahme wäre hingegen bei den Distomat-Messungen vom Oktober 1969 zu erwarten, die bei sehr ungünstigen Wetterbedingungen gemacht wurden.

Wichtig ist der Anteil von 2 cm in der Fehlerformel, der die instrumentellen Einflüsse enthält und somit unabhängig von der Streckenlänge ist. Bei den früheren Ausgleichungen wurde er nicht berücksichtigt, weshalb die Gewichte nicht ganz zutreffend angesetzt wurden; insbesondere wurden sie für sehr kurze Strecken zu gross. Entsprechend dem Gewichtsansatz für Geodimeter-Messungen wurde nun für Distomat-Messungen eingeführt:

$$p_D = \frac{105^2}{(20 + c \cdot 10^{-6} \cdot D)^2}$$

Darin ist 105 der mittlere Fehler der Gewichtseinheit in mm und der



Ausdruck  $\pm (20 + C \cdot 10^{-6} \cdot D)$  der mittlere Fehler einer Distomat-Messung in mm, wobei C entsprechend den Beobachtungsbedingungen zu wählen ist.

Für mehrere Messungen eines Tages wurde

$$p_{D_n} = p_D \cdot \left(1 + \frac{n-1}{k}\right)$$

gesetzt, wobei k = 10 genommen wurde. Diese Gewichtsfunktion entspricht genähert den Gewichten p der Mittel von n korrelierten Messungen einer Strecke, wie sie von Prof. Höpcke (18), Tabelle e, für den Korrelationskoeffizienten r = 0.6 angegeben wurden. Nachdem auch die Distomat-Messungen auf der Seite 1. Ordnung Mottarone - Campo dei Fiori für Beobachtungen der gleichen Gruppe den Korrelationskoeffizienten r = 0.6 ergeben hatten, dürfte dieser Ansatz gerechtfertigt sein. Andererseits wurde dort (12) für Beobachtungen verschiedener Tageszeiten-Gruppen der Korrelationskoeffizient r = 0.3 gefunden, womit bei Messreihen über den ganzen Tag ein grösseres Gewicht zutreffender wäre. Messungen verschiedener Tage wurden übrigens wie bei den Geodimeter-Messungen gesondert eingeführt.

### 8.2 Streckennetz Aarberg

Geodimeter- und Distomat-Messungen wurden je mit einem unbekanntem Massstabfaktor in die Ausgleichung eingeführt. Hingegen war es gerechtfertigt, für die Distomat-Messungen von 1968 und 1969 den gleichen Massstab anzunehmen.

Der mittlere Fehler einer Distomat-Messung konnte aus dem Resultat der früheren Ausgleichungen abgeschätzt werden. Dem mittleren Fehler  $m_D = \pm 2.6 \cdot 10^{-6} \cdot D$  entspricht bei einer durchschnittlichen Streckenlänge von 22.5 km ein Fehler von  $\pm 6$  cm. Dieser Wert wird bei Anwendung der korrekten Fehlerformel mit  $m_D = \pm (2 \text{ cm} + 1.8 \cdot 10^{-6} \cdot D)$  erreicht. In der Gewichtsformel war also C = 1.8 zu setzen, während an zwei Tagen mit sonnigem Wetter C = 3.6 gesetzt werden musste.

Die Gesamtausgleichung führte auf  $m_e = \pm 96$  mm und bestätigte den gewählten mittleren Fehler der Gewichtseinheit von  $\pm 105$  mm. Zudem ergab sie für alle drei Beobachtungsgruppen ähnliche Durchschnittswerte, nämlich:

für 35 Geodimeter-Messungen	$\pm 91$ mm,
für 35 Distomat-Messungen 1968	$\pm 96$ mm,
für 44 Distomat-Messungen 1969	$\pm 101$ mm.

Das Resultat für die Geodimeter-Messungen (vgl. 6.2) wurde damit bestätigt, ebenso für die Distomat-Messungen.

Von allgemeinem Interesse sind noch die gefundenen Massstabfaktoren. Sie beziehen sich auf eine willkürlich gewählte Strecke gegebener Länge und sagen somit weder für das Netz noch für die Distanzmessungen etwas aus. Hingegen liess sich die bemerkenswerte Feststellung machen, dass der Massstabsunterschied zwischen Geodimeter- und Distomat-Messungen  $5.5 \cdot 10^{-6}$  betrug. Die Distomat-Messungen waren also um 5.5 mm/km kürzer als die Geodimeter-Messungen, womit frühere Untersuchungen (3) aufs Schönste bestätigt wurden.

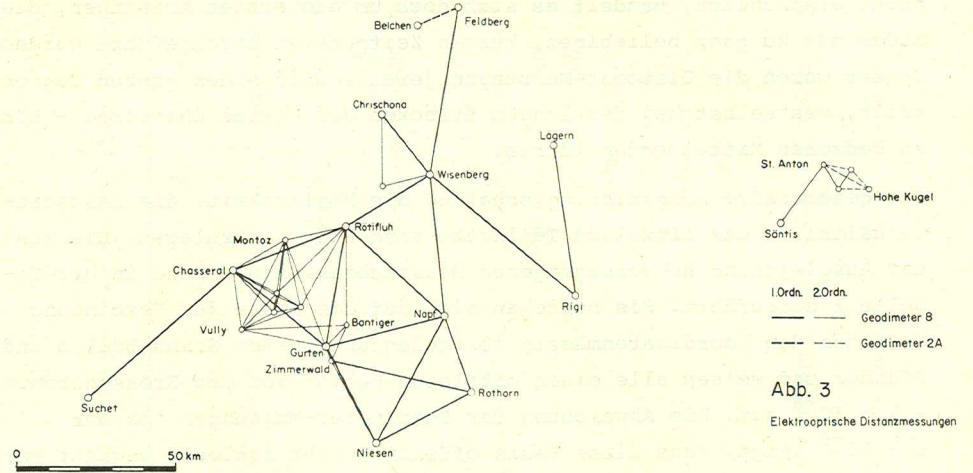
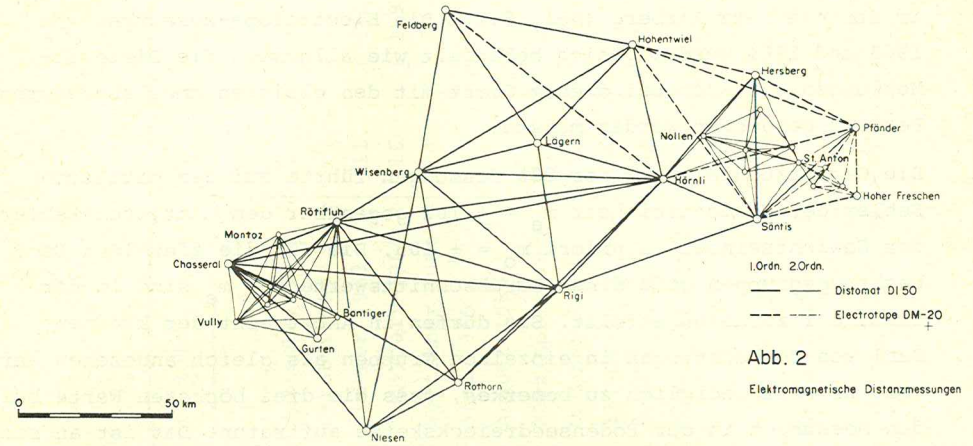
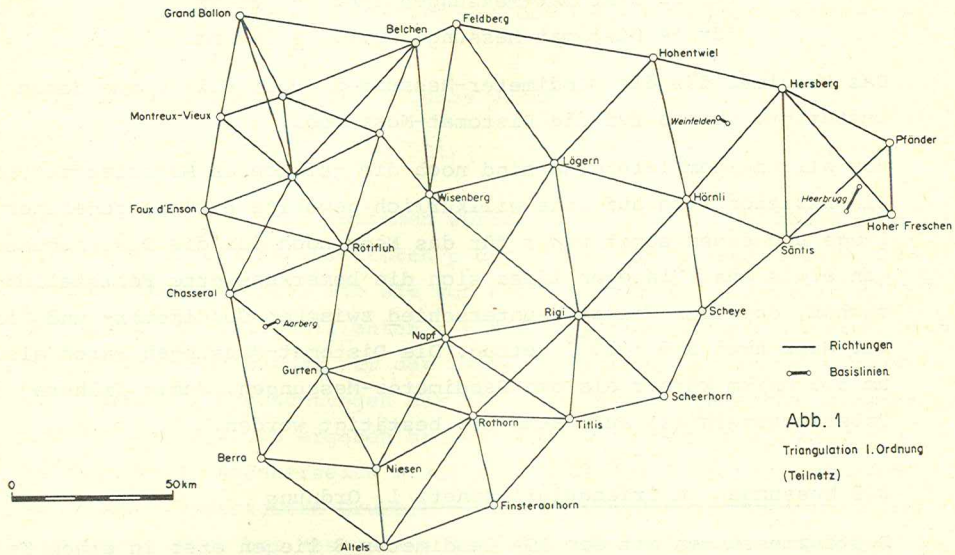
### 8.3 Messungen im Triangulationsnetz 1. Ordnung

Distanzmessungen mit dem AGA Geodimeter 8 liegen erst in einem Teil des Streckennetzes vor, das 1960-69 mit Mikrowellengeräten gemessen wurde (Abb. 2 und 3). Es war deshalb gegeben, zur Ueberbrückung die Richtungsmessungen 1. Ordnung beizuziehen. Das verwendete Teilnetz ist in Abb. 1 dargestellt. Für die Ausgleichung wurden die beiden Eckpunkte Grand Ballon und Pfänder festgehalten wie bei der Ausgleichung des schweizerischen Anteils am RETrig. Als Richtungsge-  
wicht wurde wiederum  $p_r = 4900$  gesetzt (vgl. 6).

Die Gesamtausgleichung umfasste damit 148 Richtungsmessungen und 132 Distanzmessungen, deren Verteilung der Tabelle 1 entnommen werden kann. Auf die Berücksichtigung der Tellurometer-Messungen von 1963 und 1964 konnte verzichtet werden, da sie mit den praktisch zur gleichen Zeit erfolgten Electrotape-Messungen korreliert waren. Eine versuchsweise Ausgleichung aller Messungen zeigte denn auch, dass die grossen Verbesserungen bei beiden Geräten stets den gleichen Sinn aufwiesen.

Allgemein wurde bei Distomat-Messungen für den mittleren Streckenfehler  $m_D = \pm (2 \text{ cm} + 5.0 \cdot 10^{-6} \cdot D)$  gesetzt, also C = 5.0 gewählt. Es zeigte sich aber bald, dass die Messungen im Feldbergnetz wesentlich besser waren, wie das schon bei der Ausgleichung dieses Netzes festgestellt worden war. Für die Messungen vom August 1965 wurde C = 3.6







gefunden, während es sich für die Messungen von Frühjahr und Herbst 1966 auf  $C = 1.8$  reduzierte. Damit lagen die Verhältnisse gleich wie im Streckennetz Aarberg (vgl. 8.2). Die Electrotape-Messungen von 1963 und 1964 wurden gleich behandelt wie allgemein die Distomat-Messungen, da auch bei diesem Gerät mit den gleichen umweltbedingten Fehlern gerechnet werden musste.

Die Gesamtausgleichung der 280 Messungen führte auf den mittleren Fehler der Gewichtseinheit  $m_e = \pm 102$  gegenüber dem mittleren Fehler der Gewichtseinheit a priori  $m_0 = \pm 105$ . Die für die einzelnen Beobachtungsgruppen gefundenen Durchschnittswerte für  $m_e$  sind in der Tabelle 1 zusammengestellt. Sie dürfen in Anbetracht der kleinen Zahl von Beobachtungen in einzelnen Gruppen als gleich angesehen werden. Es wäre lediglich zu bemerken, dass die drei höchsten Werte bei den Messungen in der Bodenseedreieckskette auftraten. Das ist an sich nicht erstaunlich, handelt es sich doch um die ersten Messungen, die zudem nur zu ganz beliebigen, kurzen Zeitpunkten durchgeführt wurden. Später waren die Distomat-Messungen jeweils über einen ganzen Tag verteilt, was selbst bei den langen Strecken des Netzes Chasseral - Hörnli zu besseren Mittelwerten führte.

Die gesamthafte Ausgleichung schaffte die Möglichkeit, die Massstabverhältnisse der einzelnen Teilnetze eindeutig festzulegen. Die aus der Ausgleichung hervorgegangenen Massstabfaktoren  $M$  sind in der Tabelle 1 aufgeführt. Sie beziehen sich auf die Länge der Verbindung zwischen den koordinatenmässig festgelegten Punkten Grand Ballon und Pfänder und weisen alle einen mittleren Fehler von der Grössenordnung  $\pm 1 \cdot 10^{-6}$  auf. Die Abweichung der Geodimeter-Messungen von nur  $1 \cdot 10^{-6}$  zeigt, dass diese Basis offenbar nicht schlecht gewählt war, wenn auch zu sagen ist, dass der Massstab der Geodimeter-Messungen (nicht des Geodimeters 8!) nicht fehlerfrei ist (28).

Récht instruktiv sind aber die Massstabfaktoren  $M$  der Distomat- und Electrotape-Messungen. Gegenüber den Geodimeter-Messungen waren alle elektromagnetischen Messungen zu kurz, was eine theoretisch einwandfrei erwiesene Tatsache ist (3). Die Massstäbe schwankten aber im wohl kaum erwarteten Ausmass von  $9 \cdot 10^{-6}$ . Dabei ist vor allem interessant, dass die Messungen vom September 1963 und vom Frühjahr und Herbst 1966

Tabelle 1: Zusammenstellung der ausgeglichenen Messungen

Netz	Gerät	Zeit	n	$m_e$	$M(10^{-6})$
Triangulationsnetz 1. Ordnung	Richtungsmessungen	-	148	$\pm 93$	-
Bodenseedreieckskette	Electrotape DM-20	September 1963	10	$\pm 127$	+ 1.7
Bodenseedreieckskette	Distomat DI 50	Oktober 1963	7	$\pm 137$	+ 7.9
Streckennetz 2. Ordnung, Ostschweiz	Distomat DI 50	Oktober 1963	11	$\pm 112$	
Bodenseedreieckskette	Electrotape DM-20	Juni/Juli 1964	16	$\pm 139$	+ 6.4
Netz Chasseral - Hörnli	Distomat DI 50	September 1964	4	$\pm 114$	+10.4
Netz Chasseral - Hörnli	Distomat DI 50	Juni 1965	30		+ 6.4
Feldbergnetz	Distomat DI 50	August 1965	7) 1	+ 109	
Feldbergnetz	Distomat DI 50	März/April 1966	5) 2		
Feldbergnetz	Distomat DI 50	Oktober 1966	12	$\pm 86$	+ 3.8
Feldbergnetz	Distomat DI 50	13. Oktober 1966	6	$\pm 93$	+ 1.0
Seiten 1. Ordnung	Geodimeter 8	Oktober 1969	4		
Seiten 1. Ordnung	Geodimeter 8	Sept./Okt. 1970	20) 3		

1) inkl. die Seite 1. Ordnung Rigi - Lägern und die Diagonale Rigi - Säntis  
 2) ohne die Seite Feldberg - Wisenberg  
 3) inkl. die Seite 1. Ordnung Chrischona - Wisenberg und die Seite 2. Ordnung Säntis - St. Anton



den gleichen Massstab hatten wie die Geodimeter-Messungen; offenbar waren die damaligen Wetterbedingungen für die elektromagnetischen Messungen besonders günstig. Demgegenüber waren die Messungen im Sommer (Juni/Juli 1964, Juni 1965, August 1965) deutlich kürzer, was auf den einseitigen Einfluss der Meteorologie zurückzuführen ist. Merkwürdigerweise traten ähnliche Verhältnisse auch im Herbst auf (Oktober 1963, 13. Oktober 1965), sobald sonniges Wetter herrschte. Es ist somit nicht möglich, den Massstab elektromagnetischer Messungen in einer jahreszeitlichen Funktion anzusetzen. Er hängt vielmehr deutlich von den zur Zeit der Messungen herrschenden meteorologischen Bedingungen ab. Damit ist auch gezeigt, dass es für die Homogenität der Messungen und damit für die Qualität eines Netzes entscheidend ist, dass die Messungen in möglichst kurzer Zeit unter ähnlichen Bedingungen absolviert werden. Unter diesem Gesichtspunkt ist es auch zu begrüssen, wenn gleichzeitig nicht nur zwei, sondern (wie in verschiedenen unserer Versuche) vier oder noch mehr Stationen eingesetzt werden können.

#### Literaturverzeichnis

- (1) Aeschlimann, H. ALGOL-Rechenprogramme zur vermittelnden Netzausgleichung. Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik, LXVI. Jahrgang (1968), Nr. 2, p. 37.
- (2) Aeschlimann, H. Zur Genauigkeit geodätischer Verschiebungsmessungen. Diss. ETH Zürich, 1971, p. 108.
- (3) Bretterbauer, K. Beiträge zum Refraktionsproblem in der Höheren Geodäsie. Diss. TH Wien, 1969, p. 101.
- (4) Draheim, H. und Lichte, K. Elektronische Entfernungsmessungen im Basisnetz Heerbrugg. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 72. Jahrgang (1965), Heft 4, p. 148.
- (5) Fessler, W. und Schenk, T. Praktische Erfahrungen mit dem Distomat DI 10. Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik, LXVIII. Jahrgang (1970), Nr. 4, p. 72.
- (6) Fischer, W. Erfahrungen mit Tellurometer und Distomat bei der Nachmessung von Hauptnetzseiten im Bodensee-Gebiet. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe B, Heft Nr. 123, München 1966.

- (7) Fischer, W. Distomat-Messungen im schweizerischen Triangulationsnetz 1. Ordnung. Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik, LXIV. Jahrgang (1966), Nr. 1, p. 1.
- (8) Fischer, W. Distance Measurement in the Swiss First Order Triangulation Network. Presented at the XIVth General Assembly of the IUGG, Lucerne 1967.
- (9) Fischer, W. Distomat-Messungen im Verbindungsnetz Feldberg. Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik, LXV. Jahrgang (1967), Nr. 7, p. 229.
- (10) Fischer, W. Distomat Measurements in the Swiss/German Network Connection in the Feldberg Area. Presented at the XIVth General Assembly of the IUGG, Lucerne 1967.
- (11) Fischer, W. Strecken- und Richtungsgewichte. Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik, LXVII. Jahrgang (1969), Nr. 5, p. 106.
- (12) Fischer, W. Die Korrelation von Distomat-Messungen. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 76. Jahrgang (1969), Nr. 2, p. 57.
- (13) Fischer, W. Elektronische Distanzmessungen 1963-1966 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. Ordnung. Procès-verbal de la 114e séance de la Commission géodésique suisse, Neuchâtel, 1969, p. 23.
- (14) Fischer, W. Messung der Triangulationsseite 1. Ordnung Mottarone - Campo dei Fiori. Procès-verbal de la 115e séance de la Commission géodésique suisse, Kloten, 1970, p. 13 und Anhang 3, p. 49.
- (15) Fischer, W. Distomat-Messungen im Basisvergrößerungsnetz Aarberg. Procès-verbal de la 116e séance de la Commission géodésique suisse, Kloten, 1971, p. 8 und Anhang 2, p. 27.
- (16) Fischer, W. Versuchsmessungen mit dem AGA Laser-Geodimeter Modell 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung. Procès-verbal de la 116e séance de la Commission géodésique suisse, Kloten, 1971, p. 9 und Anhang 2, p. 37.
- (17) Gerke, K. Ueber die Grundlinienmessungen und die elektronisch gemessenen Dreiecksseiten 1.0. in Westdeutschland. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe B, Heft Nr. 99, Frankfurt 1963, p. 22.



- (18) Höpcke, W. Eine Studie über die Korrelation elektro-magnetisch gemessener Strecken. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 72. Jahrgang (1965), Heft 4, p. 140.
- (19) Hug, P. Die Anwendung der elektronischen Distanzmessung in Verbindung mit Höhenwinkelmessungen für Verschiebungsmessungen. Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik, LXVIII. Jahrgang (1970), Nr. 3, p. 44.
- (20) Kneissl, M. Deutscher Landesbericht der Sektion Geodäsie für die Jahre 1963-1967. München 1967, p. 4.
- (21) Krötzl, J. Erste Messungen mit dem Mekometer III an Stau-mauern. Oesterreichische Zeitschrift für Vermessungswesen, 56. Jahrgang (1968), Nr. 4, p. 149.
- (22) Küpfer, H.P. Bodenflexionen und Messtechnik bei der Mikro-wellen-Distanzmessung. Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik, LXVI. Jahrgang (1968), Nr. 9, p. 290, Nr. 10, p. 329.
- (23) Küpfer, H.P. How to increase Accuracy in E.D.M.. Presented at the XIVth General Assembly of the IUGG, Lucerne 1967.
- (24) Küpfer, H.P. und Hossmann, M. Die Konzeption des neuen Mikrowellendistanz-messers Distomat DI 60. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 78. Jahrgang (1971), Heft 2, p. 50.
- (25) Matthias, H. Erste Geodimeterresultate in der Schweiz. Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogram-metrie und Kulturtechnik, LXI. Jahrgang (1963), Nr. 6, p. 158.
- (26) Matthias, H. Erfahrungen bei der Anwendung elektronischer Distanzmessung für die Durchführung der Trian-gulation IV. Ordnung am Beispiel des Operates Limmattal. Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik, LXVII. Jahr-gang (1969), Nr. 1, p. 1.
- (27) Mitter, J. Ueber die Lösung der Hauptprobleme der Mikro-wellen-Entfernungsmessung. Vortrag an der Inter-nationalen Konferenz über die Methoden und In-strumente der geodätischen Punktbestimmung und ihre Anwendung, Budapest, 1970.
- (28) Mitter, J. Persönliche Mitteilung.

### Anhang 3

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

#### Berechnungen am Netz 1. Ordnung der schweizerischen Landestri-angulation

##### 1. Einleitung

Im Netz der schweizerischen Landestriangulation sind in den Jahren 1968 und 1969 die folgenden Ergänzungsbeobachtungen durchgeführt worden:

Im Juli und August 1968 bestimmte die Eidg. Landestopographie die Zentrierelemente zwischen Dufourspitze und Punta Gnifetti neu (5). Im August und September des gleichen Jahres wurden durch die Schweiz. Geodätische Kommission und die Eidg. Technische Hochschule Zürich auf dem Triangulationspunkt 4. Ordnung Weissfluh bei Davos die zur Aufstellung der Laplace-Gleichung nötigen astronomischen Beobach-tungen durchgeführt (4) und (6).

Im Spätsommer 1968 und im Herbst 1969 beobachtete die Eidg. Landes-topographie die Winkel zur direkten Einschaltung des Punktes Weiss-fluh in das Netz 1. Ordnung.

Der vorliegende Bericht gibt Auskunft über die 1970 durchgeführten Berechnungen zur Auswertung dieser Beobachtungen. Ferner enthält er einen Bericht über Neuausgleichungen (Januar/Februar 1971) desjenigen Teils des Netzes 1. Ordnung der schweizerischen Landestriangulation, welcher der Schweiz zur rechnerischen Bearbeitung bei der Neuaus-gleichung der europäischen Hauptnetztriangulationen (RETrig) zuge-wiesen worden ist (Figur 1).

In einem letzten Teil werden die Arbeiten zur Neuausgleichung des gesamten Landesnetzes 1. Ordnung bis zum Zeitpunkt der Abfassung des vorliegenden Berichtes (Mitte Mai 1971) dargestellt.

##### 2. Neuzentrierung Dufourspitze - Punta Gnifetti

In den 1969 durch W. Keller vorgenommenen Ausgleichungen des RETrig-Blockes CH (3) war die Zentrierung der schweizerischen Beobachtungen vom Punkt Dufourspitze CH68 l auf das offizielle Zentrum Punta Gni-



fetti CH 68 0 mit Zentrierelementen durchgeführt worden, die sich aus der Triangulation 4. Ordnung (Punktkoordinaten auf cm gerundet) für diese beiden Punkte ergeben hatten:

$$Y = 802.630 \text{ m} \quad X = -1075.840 \text{ m}$$

$$d_{4.0} = 1342.254 \text{ m} \quad \alpha_{4.0} = 159^{\circ}19'47''^{\text{CC}}$$

Aus der Zusammenstellung der 1968 Neubestimmten und der früheren Zentrierelemente in (5) wurden als Mittelwerte aller drei vorliegenden Werte die folgenden definitiven Zentrierelemente gewählt:

$$d_{\text{def}} = 1342.13 \text{ m} \quad \alpha_{\text{def}} = 159^{\circ}19'40''^{\text{CC}}$$

was zu den folgenden definitiven Koordinatendifferenzen von Dufourspitze CH 68 1 nach Punta Gnifetti CH 68 0 führt:

$$Y = 802.57 \text{ m} \quad X = -1075.73 \text{ m}$$

(wie bei den früheren Werten wegen der Unsicherheit der Distanz und der Richtung auf cm gerundet).

Mit den neu zentrierten Beobachtungen mussten für alle betroffenen Stationen neue Stationsausgleichungen durchgeführt werden. Es ergaben sich nur geringe Änderungen gegenüber den früheren Werten für die stationsausgeglichene Richtungen, im Durchschnitt für die sechs Visuren zwischen Punta Gnifetti und den drei Aussenstationen  $0.6^{\text{CC}}$  bei einem Maximalwert von  $1.6^{\text{CC}}$  (Wasenhorn → Punta Gnifetti).

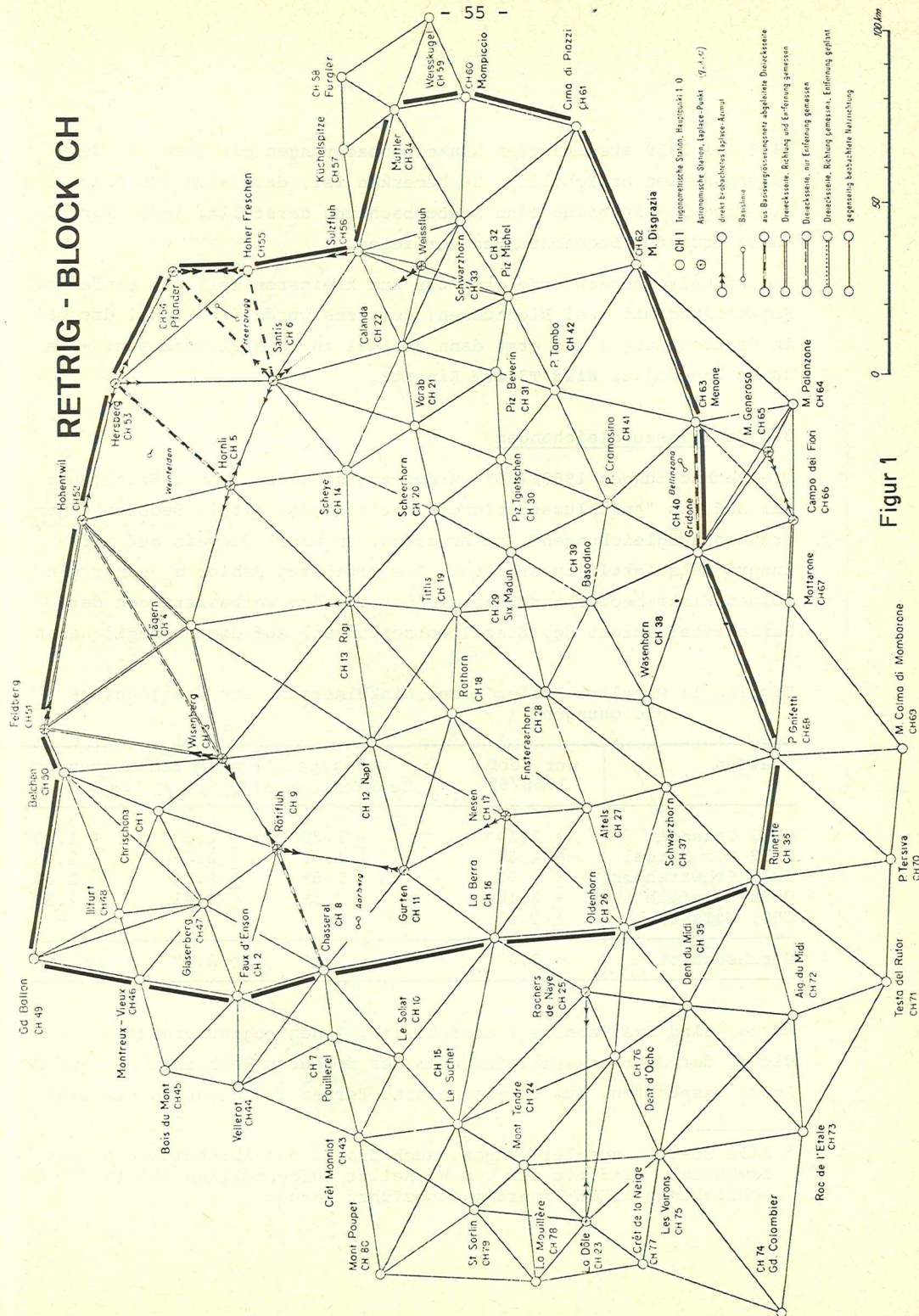
Die Einführung der vier neuen Richtungssätze in eine Ausgleichung des RETrig-Blockes CH (bereits mit dem Punkt Weissfluh) ergab gegenüber den Resultaten einer in allem übrigen gleichen Ausgleichung (Gewichte alle 1) nur geringe Änderungen:

- Punktverschiebungen von 7 cm für Punta Gnifetti und von 0 bis 3 cm für die Nachbarpunkte
- im Durchschnitt - aber nicht durchwegs! - etwas kleinere Verbesserungen  $v$  und damit eine geringe Verkleinerung von [pvv] von 430.60 auf 422.16.

### 3. Einschaltung des Punktes Weissfluh in das Netz 1. Ordnung

#### 3.1 Beobachtungen

Aus dem Netzplan Figur 2 sind die von der Eidg. Landestopographie





1968 und 1969 ausgeführten Winkelbeobachtungen mit ihren Wiederholungszahlen ersichtlich. Zu bemerken ist, dass auch die Diagonale Piz Mitgel - Sulzfluh eine Neubeobachtung darstellt, indem für sie keine früheren Beobachtungen vorliegen.

Die Winkelmessungen erfolgten nur zum kleineren Teil als einfache Satzmessung mit zwei Richtungen; meistens wurde der Winkel dreimal in Fernrohrlage I und erst dann dreimal in Lage II gemessen. - Es kamen Theodolite Wild T3 zum Einsatz.

### 3.2 Stationsausgleichungen

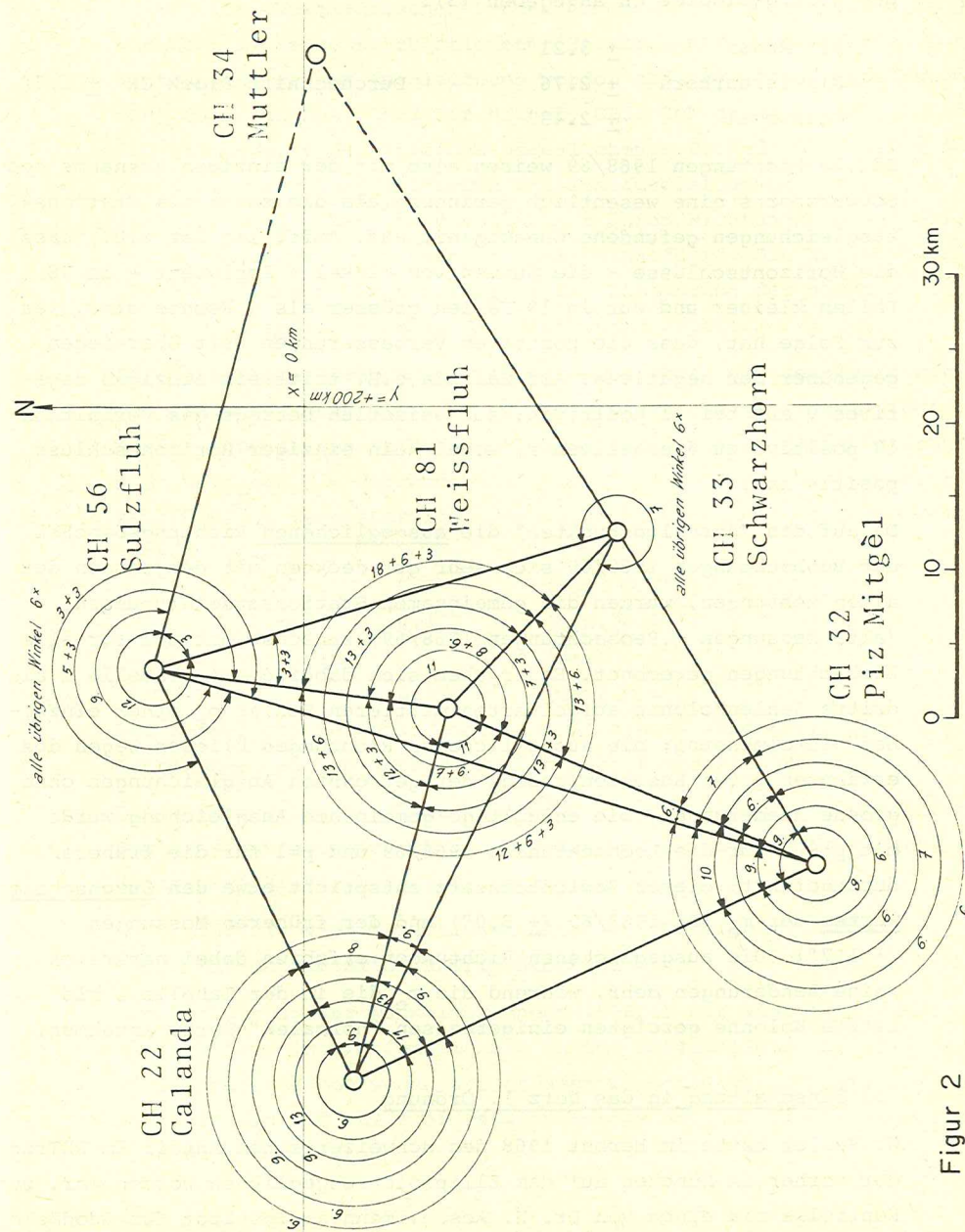
Die Beobachtungen 1968/1969 wurden zuerst allein, ohne Beziehung der auf den "Anschlussstationen" vorliegenden ältern Beobachtungen, Stationsausgleichungen\* unterworfen, um einen Hinweis auf ihre innere Genauigkeit zu erhalten. Die mittleren Fehler  $m_e$  einer einzelnen Winkelbeobachtung, abgeleitet aus den Verbesserungen der Seriemittel (nicht der Einzelbeobachtungen) auf die ausgeglichenen

Tabelle 1: Mittlere Fehler einer Winkelmessung aus Stationsausgleichungen

Station	nur Beob. 1968/69	nur alte Beobachtungen	alle Beobachtungen alle p=1 68/69 p=0.3	
CH22 Calanda	+ 3.14"	+ 1.38"	+ 2.63"	+ 1.83"
CH32 Piz Mitgel	+ 4.54	+ 1.49	+ 2.87	+ 1.86
CH33 Schwarzhorn	+ 1.63	+ 1.59	+ 1.74	+ 1.32
CH56 Sulzfluh	+ 3.10	+ 2.39	+ 3.41	+ 2.32
CH81 Weissfluh	+ 2.50	-	-	-
Durchschnitt	~ 3.0"	~ 1.7"	~ 2.7"	~ 1.8"

Werte, sind aus Tabelle 1 ersichtlich. Ihnen gegenübergestellt sind die  $m_e$  der Stationsausgleichungen der früheren Beobachtungen auf den Anschlusspunkten. Zum Vergleich sind ferner im folgenden die drei

\* Alle Stationsausgleichungen, auch die in den Abschnitten 2. und 5. erwähnten, sind mit dem von W. Keller aufgestellten und in (3) beschriebenen ALGOL-Programm ausgeführt worden.



Figur 2



grössten Werte für  $m_e$  und das durchschnittliche  $m_e$  der 42 Stationen des RETrig-Blockes CH angegeben (3):

Six Madun	+ 3.21"	
Finsteraarhorn	+ 2.76	Durchschnitt Block CH + 1.6"
Chasseral	+ 2.43	

Die Beobachtungen 1968/69 weisen also mit der einzigen Ausnahme des Schwarzhorns eine wesentlich geringere als die sonst aus Stationsausgleichungen gefundene Genauigkeit auf. Auffällig ist z.B., dass die Horizontschlüsse - die Summen von Winkel + Implement - in 28 Fällen kleiner und nur in 10 Fällen grösser als 4 Rechte sind, was zur Folge hat, dass die positiven Verbesserungen weit überwiegen gegenüber den negativen. Auf Calanda z.B. tritt ein einziges negatives  $v$  auf bei 11 positiven; auf Weissfluh beträgt das Verhältnis 18 positive zu 6 negativen  $v$ , wobei kein einziger Horizontschluss positiv ist.

Da auf den "Anschlusspunkten" die ausgeglichenen Richtungsbuschel der Beobachtungen 1968/69 sich sehr gut deckten mit denjenigen der alten Messungen, wurden die gemeinsamen Stationsausgleichungen (alte Messungen + Beobachtungen 1968/69) zunächst mit  $p=1$  für alle Beobachtungen gerechnet. Es ergaben sich dabei die in Tabelle 1 als dritte Zahlenkolonne aufgeführten mittleren Fehler  $m_e$  einer einzelnen Winkelmessung; die ausgeglichenen Richtungen blieben wegen des erwähnten guten Zusammenpassens der getrennten Ausgleichungen ohne grosse Aenderungen. Die endgültige gemeinsame Ausgleichung wurde mit  $p=0.3$  für die Beobachtungen 1968/69 und  $p=1$  für die früheren durchgeführt; dieser Gewichtsansatz entspricht etwa den Durchschnittswerten der  $m_e$  für 1968/69 (+ 3.0") und der früheren Messungen (+ 1.7"). Die ausgeglichenen Richtungen erfuhren dabei natürlich keine Aenderungen mehr, während die  $m_e$  die in der Tabelle 1 als letzte Kolonne gezeigten einigermaßen "normalen" Werte annahmen.

### 3.3 Einschaltung in das Netz 1. Ordnung

W. Keller hatte im Herbst 1968 den schweizerischen Anteil am RETrig, der vorher in München auf dem Ellipsoid ausgeglichen worden war, zur Kontrolle mit einem von Dr. H. Aeschlimann am Institut für Geodäsie

und Photogrammetrie der ETHZ entwickelten Programm im Projektions-system der schweizerischen Landesvermessung ausgeglichen (alle Gewichte = 1, keine Korrelationen) (3). Im sonst unveränderten Daten-kartenpaket dieser Ausgleichung wurden auf den vier "Anschlusspunkten" CH22 Calanda, CH32 Piz Mitgel, CH33 Schwarzhorn, CH56 Sulzfluh die alten Werte der stationsausgeglichenen Richtungsbuschel ersetzt durch die Resultate der neuen Stationsausgleichungen (vgl. 3.2) und zusätzlich die Station Weissfluh mit ihrem Richtungsbuschel (wie auf allen andern Stationen mit  $p=1$ ) eingeführt. Die Netzausgleichung mit diesen Daten wurde vor der Einführung der neuen Zentrierung Dufourspitze - Punta Gnifetti durchgeführt.

Die dabei sich ergebenden, gebietsweise recht grossen Koordinaten-änderungen im Netz (max. 18 cm) entstanden bei ganz geringfügigen Aenderungen an den Verbesserungen  $v$ ; für die vier "Anschlusspunkte" z.B. betragen die durchschnittlichen Differenzen (Absolutwerte) zwischen den Verbesserungen der Ausgleichungen mit und ohne Weissfluh:

Calanda	0.5 <sup>CC</sup>	(max. 0.7 <sup>CC</sup> )
Piz Mitgel	0.4 <sup>CC</sup>	(max. 0.8 <sup>CC</sup> )
Schwarzhorn	0.4 <sup>CC</sup>	(max. 0.6 <sup>CC</sup> )
Sulzfluh	0.3 <sup>CC</sup>	(max. 0.6 <sup>CC</sup> )

Für weiter vom Neupunkt entfernte Stationen sind überhaupt keine Aenderungen an den Verbesserungen mehr feststellbar.

Die Verbesserungen selbst sind eher kleiner als die durchschnittlichen  $v$  des gesamten RETrig-Blockes CH. Der durchschnittliche Beitrag einer Visur zu  $[vv]$  beträgt:

für die vier "Anschlusspunkte" + Weissfluh	1.21
für den gesamten RETrig-Block CH	1.31

Die Einführung der Winkelmessungen 1968/69 hat also trotz ihrer schlechteren innern Genauigkeit in der Netzausgleichung keine Zwänge verursacht, jedoch wegen der grossen Elastizität des Netzes (grosse Seitenlängen und nur zwei Festpunkte) zu beträchtlichen Koordinaten-änderungen geführt.



#### 4. Arbeiten am RETrig-Block CH

Dem RETrig-Symposium in Zürich vom 2.-4. März 1971 ist zu diesem Thema ein kurzer, vorläufiger Bericht vorgelegt worden als Ergänzung zu dem von W. Keller verfassten, dem RETrig-Symposium in Paris vom 24.-26. Februar 1969 eingereichten Bericht (3). Er soll im folgenden im Auszug wiedergegeben werden.

##### 4.1 Aenderungen gegenüber der ersten Ausgleichung 1969

Ausser den neuen Zentrierungselementen Dufourspitze → Punta Gnifetti (vgl. Abschnitt 2) und den im Zusammenhang mit der Neubestimmung des Punktes Weissfluh ausgeführten Winkelmessungen (vgl. Abschnitt 3) ist das Beobachtungsmaterial dasselbe wie 1969. Jedoch wurden auf denjenigen Stationen, wo mehr als ein Richtungssatz vorlag (meistens Beobachtungen verschiedener Länders auf Nahtpunkten des RETrig-Blockes CH), im Gegensatz zum Vorgehen in (3) die Beobachtungen zu einem einzigen Richtungssatz zusammengefügt, mit Ausnahme der Station CH49/D8008/F728 Grand Ballon, wo besondere Verhältnisse vorliegen.

Somit ist auch das Netz, abgesehen von der Ergänzung durch den neuen Laplace-Punkt Weissfluh und dem Fallenlassen der Verbindung CH12 Napf - CH16 Berra (die irrtümlicherweise Eingang gefunden hatte) identisch mit dem im Bericht 1969 gezeigten (3). Es besteht aus 52 Punkten (31 innere Punkte und 21 Nahtpunkte) und enthält 292 Richtungsbeobachtungen.

Auf die Einführung der seit 1960 ausgeführten Streckenmessungen auf ca. 40 Seiten 1. Ordnung (Distomat und Geodimeter) in die Ausgleichungen wurde vorläufig bis zur Abklärung der Genauigkeitsfragen verzichtet.

Bei den Gewichtsannahmen sind alle Verfeinerungen fallengelassen worden, indem die stationsausgeglichene Richtungen alle das Gewicht  $p=1$  erhielten, ausser denjenigen Beobachtungen zwischen Nahtpunkten des RETrig-Blockes, welche mit einem Nachbarland gemeinsam benützt werden und welchen das Gewicht  $p=0.5$  zugeteilt wurde. Es sind also weder die aus den Stationsausgleichungen sich ergebenden Gewichts-

koeffizienten (wie in (3)) noch die ebenfalls aus den Stationsausgleichungen gefundenen mittleren Beobachtungsfehler berücksichtigt worden.

##### 4.2 Lotabweichungs- und weitere Korrekturen

Die Richtungskorrekturen wegen Uebergang vom Normalschnitt auf die geodätische Linie und wegen Höhe des Zielpunktes sind angebracht worden. Dagegen sind Lotabweichungskorrekturen vorläufig noch nicht eingeführt worden, weil astronomisch bestimmte Lotabweichungen nur für etwa 1/3 der Netzpunkte vorliegen und die Interpolation für die übrigen Punkte noch nicht abgeschlossen ist.

##### 4.3 Näherungswerte für die Unbekannten

Als Näherungswerte für die Koordinaten der Netzpunkte des RETrig-Blockes CH wurden - ausser längs der Nahtlinie mit dem Block F (Frankreich) - die 1969 benützten übernommen. Sie entsprechen dem Europäischen Datum RE 50 (3). Für die Nahtpunkte CH49 Grand Ballon - CH46 Montreux-Vieux - CH2 Faux d'Enson - CH8 Chasseral - CH16 Berra - CH26 Oldenhorn - CH36 Ruinette wurden die von Frankreich verwendeten Näherungskoordinaten eingeführt.

Ueber die endgültige Wahl der Näherungswerte für die Orientierungsunbekannten derjenigen Richtungssätze, welche - auf Nahtpunkten - verschiedenen Ausgleichungsblöcken gemeinsam sind, müssen mit den betreffenden Ländern noch Abmachungen getroffen werden.

##### 4.4 Ausgleichungen

Die Ausgleichungen des RETrig-Blockes CH sind unter den oben aufgeführten Bedingungen durch das Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt a.M., am Deutschen Recheninstitut, Darmstadt, auf einer Rechenanlage Telefunken TR 440 mit von Dr. D. Ehlert aufgestellten Rechenprogrammen (1), (2) ausgeführt worden. Das Vorgehen entsprach dem von Prof. H. Wolf vorgeschlagenen (7). Es wurden sowohl die selbständige Ausgleichung des Rechenblockes CH mit zwei festgehaltenen Punkten (CH49 Grand Ballon und CH54 Pfänder) als auch die Aufstellung



der nur noch die 57 Nahtunbekannten (42 Koordinaten- und 15 Orientierungsunbekannte) enthaltenden "teilreduzierten" Normalgleichungsmatrix des Blockes CH durchgeführt. Schliesslich erfolgte auch der Zusammenschluss mit dem RETrig-Block D (Deutschland), worüber ein besonderer Bericht vorgelegt wird.

#### 4.5 Resultate

Der mittlere Fehler der Gewichtseinheit (einer stationsausgeglichene Richtung) ergab sich aus der selbständigen Ausgleichung des Rechenblockes CH (mit den zwei Festpunkten Grand Ballon und Pfänder) zu:

$$m_0 = \pm 1.53^{cc}$$

Die Verbesserungen sind im Netzbild Figur 3 zusammengestellt. Sie lassen nirgends gebietsweise grössere systematische Unterschiede erkennen, sodass der Block CH bezüglich der Richtungsbeobachtungen vorläufig fehlertheoretisch als Einheit betrachtet werden darf.

#### 4.6 Für 1971 vorgesehene Arbeiten

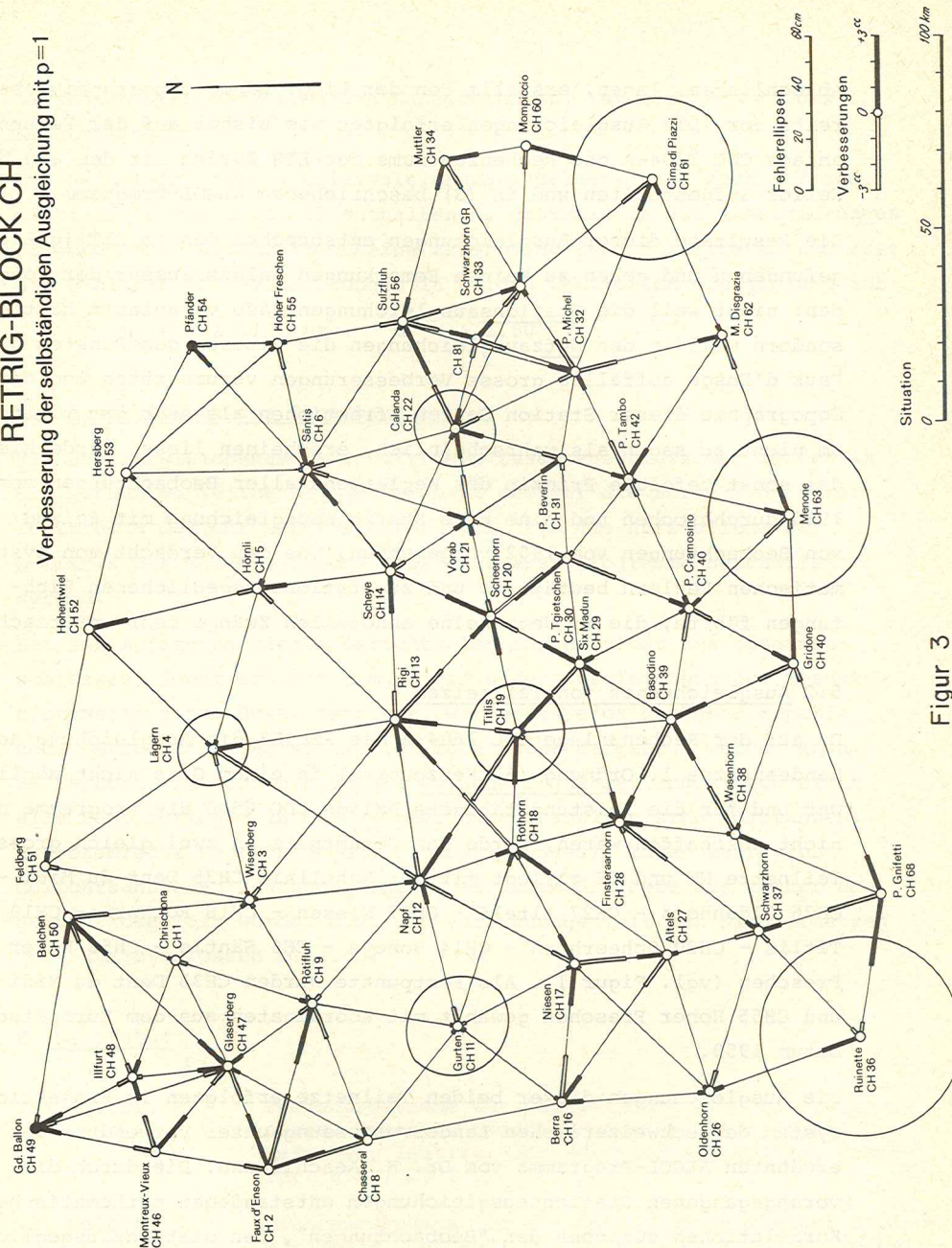
Bis Ende 1971 werden die Lotabweichungskorrekturen in die geometrische Ausgleichung eingeführt sein (für ca. 1/3 der Netzpunkte aus beobachteten Lotabweichungen, für ca. 2/3 aus interpolierten). Ebenfalls bis zu diesem Zeitpunkt werden die Laplace-Bedingungen aufgestellt sein, da die letzten astronomischen Laplace-Beobachtungen (CH3 Wisenberg und CH9 Rötfluh) 1970 ausgeführt worden sind. Schliesslich werden 1971 Streckenmessungen als Beobachtungen in geometrische Ausgleichungen des RETrig-Blockes CH eingeführt werden. Ihre genaue Zahl lässt sich heute noch nicht angeben, weil die Messungen weiterlaufen.

### 5. Arbeiten am schweizerischen Landesnetz 1. Ordnung

#### 5.1 Stationsausgleichungen

Für die nicht im RETrig-Block CH liegenden Stationen waren die Stationsausgleichungen der Winkelbeobachtungen noch durchzuführen. Die dazu benötigten Unterlagen, d.h. die Feldbuchauszüge in Form von

RETRIG-BLOCK CH  
Verbesserung der selbständigen Ausgleichung mit p=1



Figur 3



Ablochlisten, lagen, erstellt von der Eidg. Landestopographie, bereits vor. Die Ausgleichungen erfolgten wie bisher auf der Rechenanlage CDC 1604-A des Rechenzentrums der ETH Zürich mit dem von W. Keller aufgestellten und in (3) beschriebenen ALGOL-Programm.

Die Resultate dieser Ausgleichungen entsprechen den im RETrig-Block gefundenen und geben zu keinen Bemerkungen Anlass ausser der folgenden: nicht weil die Stationsausgleichungen dazu veranlasst hätten, sondern weil in den Netzausgleichungen die Visuren des Punktes CH2 Faux d'Enson auffällig grosse Verbesserungen verursachten und die Topographie dieser Station Seitenrefractionen als sehr gut möglich, um nicht zu sagen als wahrscheinlich, erscheinen liess, wurde hier das sonst befolgte Prinzip des Weglassens aller Beobachtungen vor 1910 durchbrochen und eine neue Stationsausgleichung mit Beizug von Beobachtungen von 1902 vorgenommen, was den Verdacht von systematischen Fehlern bestätigte und zu stationsausgeglichenen Richtungen führte, die im Netz keine abnormalen Zwänge mehr verursachten.

### 5.2 Ausgleichungen von Teilnetzen

Da auf der Rechenanlage CDC 1604-A des RZETHZ die Ausgleichung des Landesnetzes 1. Ordnung (62 Netzpunkte) in einem Guss nicht möglich war und für die leistungsfähigere Anlage CDC 6500 die Programme noch nicht geschaffen waren, wurde das Gesamtnetz in zwei gleich grosse Teilnetze NW und SE zerlegt mit der Nahtlinie CH35 Dent du Midi - CH26 Oldenhorn - CH27 Altels - CH17 Niesen - CH18 Rothorn - CH19 Titlis - CH20 Scheerhorn - CH14 Scheye - CH6 Säntis - CH55 Hoher Freschen (vgl. Figur 1). Als Festpunkte wurden CH35 Dent du Midi und CH55 Hoher Freschen gewählt mit Koordinaten aus dem Europäischen Datum 1950.

Die Ausgleichungen dieser beiden Teilnetze erfolgten im Projektions-system der schweizerischen Landesvermessung unter Verwendung des erwähnten ALGOL-Programms von Dr. H. Aeschlimann. Die durch die vorangegangenen Stationsausgleichungen entstandenen mathematischen Korrelationen zwischen den "Beobachtungen", den stationsausgeglichenen Richtungsbüscheln, wurden nicht eingeführt, und sämtliche Beobachtungen erhielten das Gewicht 1. Lotabweichungskorrekturen sind noch nicht angebracht worden. Auch enthält das Netz vorläufig weder

Distanzen noch astronomische Beobachtungen, ist also ein reines Richtungsnetz.

Die Resultate dieser Teilausgleichungen zeigen, dass auch auf den nicht im RETrig-Block CH enthaltenen, erstmals in die Ausgleichungen aufgenommenen Netzpunkten keine abnormalen Zwänge auftreten und dass die Qualität der Beobachtungen in beiden Netzteilen die gleiche ist:

$$m_e = \pm 1.51^{cc} \text{ bzw. } m_e = \pm 1.50^{cc}.$$

### 5.3 Ausgleichung des Gesamtnetzes

Für den ausgleichungsmässig strengen Zusammenschluss der beiden in 5.2 genannten Teilnetze nach Helmert und für die Berechnung aller reziproken Gewichtskoeffizienten, d.h. für die Aufstellung der Q-Matrix des Gesamtsystems, mussten zuerst Programme geschaffen werden.

Bei der Abfassung dieses Berichts lag das Resultat des Zusammenschlusses, identisch mit demjenigen einer Ausgleichung des Gesamtsystems in einem Guss, zwar vor, war aber weder genügend geprüft noch bearbeitet, sodass es hier noch nicht dargelegt werden kann. Es handelt sich ohnehin um ein Zwischenresultat, indem noch nicht alle Beobachtungen in der Ausgleichung enthalten sind (Distanzen, astronomische Beobachtungen, Lotabweichungen), indem sehr grobe Gewichtsannahmen zugrunde liegen und indem das Netz aus seiner Umgebung losgelöst wurde, d.h. die Verbindungen mit den Nachbarnetzen noch ausgeschlossen blieben.

### 6. Literatur

- (1) Ehlert, D.      Rechenprogramme zur Ausgleichung grosser Dreiecksnetze. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Heft 140, Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt a.M., 1970
- (2) Ehlert, D.      Rechenprogramme für die Ausgleichung kleiner Dreiecksnetze. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe B, Heft 176, Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt a.M., 1970



- (3) Keller, W. Bericht an die Schweizerische Geodätische Kommission über die geometrische Netzausgleichung des schweizerischen Anteils am europäischen Triangulationsnetz. 1969.
- (4) Müller, H. Bericht an die Schweizerische Geodätische Kommission über die Ergebnisse der astronomischen Beobachtungen im August und September 1968 auf den Laplace-Punkten Weissfluh und Säntis. 1969.
- (5) Procès-verbal de la 115e séance de la Commission géodésique suisse, 1970, p. 16-17.
- (6) Procès-verbal de la 115e séance de la Commission géodésique suisse, 1970, p. 37-47.
- (7) Wolf, H. Theoretische und praktische Richtlinien zur Ausgleichung des europäischen Dreiecksnetzes. Manuscript, Bonn, 1965.

#### Anhang 4

Bericht von Herrn Dr. A. Elmiger über:

#### Einfluss von Lotabweichungen in einem Triangulationsnetz 1. Ordnung (Teilnetz des RETrig)

##### 1. Ziel

Die vorliegende kleine Arbeit hat zum Ziel, an einem Beispiel den Einfluss von Lotabweichungen in einem Triangulationsnetz 1. Ordnung zu untersuchen, um vor der Berechnung von Lotabweichungen für alle Stationen und ihrer Einführung in den ganzen schweizerischen RETrig-Block eine Vorstellung über die Grösse ihres Einflusses zu erhalten, über den bisher nur Vermutungen bestanden.

##### 2. Testnetz

Als Versuchsnetz wurde jener Teil des schweizerischen RETrig-Blockes gewählt, der in Figur 1 dargestellt ist. Das Netz umfasst 13 Punkte, hat eine Ausdehnung von ca. je 100 km und erstreckt sich vom Jura zu den Berner Alpen. In Anbetracht der Topographie ist ein relativ grosser Einfluss der Lotabweichungen zu erwarten. Verwendet werden nur Richtungsbeobachtungen, also keine Distanzen, Laplace-Azimute und Basisbedingungen.

##### 3. Lotabweichungen

Auf 10 der 13 Stationen des Netzes liegen astronomisch bestimmte Lotabweichungen vor. Auf den 3 restlichen Punkten (Titlis, Finsteraarhorn, Altels) wurden Werte durch provisorische Interpolation bestimmt, ausgehend von astronomischen Werten umliegender Stationen und Vergleich mit Lotabweichungen aus Massen.

Diese Lotabweichungen, die sich auf das schweizerische Referenzellipsoid in konventioneller Lagerung beziehen, wurden anschliessend auf das System RE 50 umgerechnet. Hierzu diente eine Liste schweizerischer Punkte 1. Ordnung mit geographischen Koordinaten im schweize-



Tabelle 1

EINFLUSS VON LOTABW. AUF HORIZ. RICHTUNGEN

\*\*\*\*\*

RETRIGTESTNETZ

LOTABW. SEXAG., SYSTEM RE 50 DR CC : EINFLUSS AUF RICHT. IN CC

STATION/ZIEL	NR	XI	ETA	RICHT.GEM.	TGHP	DR CC	RICHT.KORR.
WISENBERG	3	-4.8	2.3				
RIGI	13			.00133	.86	-.06	.00134
NAPF	12			49.39977	.56	.03	49.39977
ROETIFLUH	9			121.45250	1.02	.17	121.45248
LAEGERN	4			341.44725	-.68	.11	341.44724
LAEGERN	4	-7.9	3.2				
RIGI	13			72.98060	1.60	.10	72.98059
NAPF	12			118.76657	.37	.08	118.76656
WISENBERG	3			167.74257	.05	.01	167.74257
CHASSERAL	8	-9.3	5.6				
GURTEN	11			.00027	-2.28	.25	.00024
LA BERRA	16			44.59531	-.19	-.02	44.59531
ROETIFLUH	9			332.47933	-.85	.28	332.47930
ROETIFLUH	9	-7.6	4.6				
CHASSERAL	8			-.00080	.25	.07	-.00081
WISENBERG	3			188.98926	-1.51	.41	188.98922
NAPF	12			270.19079	-.30	.02	270.19079
GURTEN	11			334.22143	-1.70	-.30	334.22146
GURTEN	11	4.4	-.6				
NAPF	12			0.00000	1.10	.15	-.00002
ROTHORN	18			35.20204	2.71	.34	35.20201
NIESEN	17			84.99456	4.15	.20	84.99454
LA BERRA	16			156.67977	2.32	-.22	156.67979
CHASSERAL	8			259.94260	1.69	-.16	259.94262
ROETIFLUH	9			326.64408	1.10	.04	326.64408
NAPF	12	4.9	-1.4				
ROETIFLUH	9			-.00040	-.36	.03	-.00040
WISENBERG	3			46.74531	-1.26	-.03	46.74531
LAEGERN	4			89.81661	-1.37	-.16	89.81663
RIGI	13			143.79964	.60	.09	143.79963
TITLIS	19			190.78101	3.84	.37	190.78097
ROTHORN	18			232.20161	3.51	.03	232.20161
NIESEN	17			285.26897	1.75	-.19	285.26899
GURTEN	11			337.38595	-1.72	.27	337.38592

STATION/ZIEL	NR	XI	ETA	RICHT.GEM.	TGHP	DR CC	RICHT.KORR.
RIGI	13	14.2	-3.7				
WISENBERG	3			-.00091	-1.8	.48	-.00096
LAEGERN	4			46.68300	-2.35	-.11	46.68301
TITLIS	19			202.50708	4.28	-.67	202.50715
ROTHORN	18			308.84402	.88	-.35	308.84406
NAPF	12			346.45149	-1.26	.57	346.45143
LA BERRA	16	6.7	-11.2				
GURTEN	11			-.00032	-2.84	-1.14	-.00021
NIESEN	17			65.24112	1.50	.26	65.24109
ALTELS	27			99.27780	3.71	-.13	99.27781
CHASSERAL	8			347.85759	-.62	-.19	347.85761
NIESEN	17	18.3	2.6				
LA BERRA	16			.00091	-2.07	1.18	.00079
GURTEN	11			63.07453	-4.68	1.57	63.07437
NAPF	12			125.96284	-2.46	-.49	125.96289
ROTHORN	18			163.30577	-.30	-.14	163.30578
ALTELS	27			288.69336	5.04	.65	288.69330
ROTHORN	18	5.3	-2.4				
NAPF	12			.00005	-3.91	-.06	.00006
RIGI	13			73.99099	-1.58	-.27	73.99102
TITLIS	19			124.15016	2.74	.44	124.15012
FINSTERAARHORN	28			207.02168	6.55	-.24	207.02170
ALTELS	27			260.15027	2.24	-.35	260.15030
NIESEN	17			290.41057	-.23	.04	290.41057
GURTEN	11			340.38665	-3.47	.47	340.38660
TITLIS	19	14.0	.0				
RIGI	13			-.00002	-4.78	-.21	.00000
FINSTERAARHORN	28			240.03717	2.65	-.76	240.03725
ROTHORN	18			296.49618	-3.21	1.39	296.49604
NAPF	12			330.92629	-4.36	1.57	330.92613
ALTELS	27	7.0	-7.0				
NIESEN	17			.00007	-5.42	-1.07	.00018
ROTHORN	18			44.35288	-3.00	-.90	44.35297
FINSTERAARHORN	28			83.60227	1.48	.41	83.60223
LA BERRA	16			345.34526	-4.45	.21	345.34524
FINSTERAARHORN	28	4.0	2.0				
TITLIS	19			-.00063	-3.20	-.12	-.00062
ALTELS	27			231.70837	-2.06	.20	231.70835
ROTHORN	18			339.33023	-6.99	.61	339.33017



rischen System und im System RE 50 sowie eine graphische Darstellung der Differenzen beider Systeme in Länge und Breite. (Koordinatenliste und Graphikon wurden dem Verfasser in freundlicher Weise von der Eidg. Landestopographie zur Verfügung gestellt.)

Die Lotabweichungen im System RE 50 sind in Tabelle 1 aufgeführt und in Figur 1 dargestellt. Der Verlauf der Lotabweichungen entspricht generell den topographischen Grossformen: Im Jura Lotabweichungen nach Süden (quer zum Jurazug), südlich der Linie Rigi - Gurten Lotabweichungen nach Nord-Westen (quer zu den Alpen). Nebenbei sei daran erinnert, dass, wie gebräuchlich, mit Lotabweichungen effektiv Zenitabweichungen gemeint sind (Abweichungen des physikalischen Zenits vom geometrischen). Die grösste Lotabweichung erreicht den Betrag von 18" bzw. 57<sup>CC</sup> im Punkt Niesen.

4. Einfluss der Lotabweichungen im Testnetz

4.1 Einfluss auf die Horizontalrichtungen

Da die Horizontalrichtungen in der Ebene senkrecht zur tatsächlichen physikalischen Lotrichtung gemessen werden, enthalten sie die Einflüsse der Lotabweichungen, für welche die bekannte, genäherte Beziehung gilt:

dR = LA · sin u · tg h

wobei dR : Einfluss der Lotabweichung auf die gemessene Horizontalrichtung

LA : Betrag der resultierenden Lotabweichungen im Standpunkt

u : Azimut der Lot(Zenit)abweichung - Azimut Zielpunkt

h : Höhenwinkel zum Zielpunkt.

Tabelle 1 zeigt die berechneten Einflüsse unter der Bezeichnung DR. Der grösste Einfluss beträgt 1.6<sup>CC</sup>, entspricht also praktisch dem mittleren Fehler einer Richtung aufgrund der Netzausgleichung (siehe 4.3). Nach Abzug der Einflüsse dR beziehen sich die Horizontalrichtungen auf die Flächennormalen des benützten Referenzellipsoides.

Tatsächlich wurde die unter 4.3 beschriebene Netzausgleichung aber in der Ebene (Schweiz. Projektionssystem) durchgeführt. Hiezu wurden

die gemessenen Richtungen in bekannter Weise vom Ellipsoid ins Projektionssystem übergeführt (Ellipsoidische + Projektionskorrekturen), und in Tabelle 1 unter "gemessene Richtungen" aufgeführt. Desgleichen beziehen sich auch die "korrigierten Richtungen" auf die Ebene.

Tabelle 2

DREIECKSWIDERSPRUECHE

\*\*\*\*\*

R E T R I G T E S T N E T Z CHNE LOTABW.KORP. MIT LOTABW.KORR.

DREIECK	WIDERSPRUCH CC (WINKELSUMME - SOLL)	WIDERSPRUCH CC (WINKELSUMME - SOLL)
3 4 12	-1.8	-1.4
3 4 13	-.4	.5
3 9 12	-.3	-.1
3 12 13	3.7	3.6
4 12 13	5.1	5.5
8 9 11	1.9	1.3
8 11 16	-.4	.8
9 11 12	2.1	2.5
11 12 17	-1.5	.1
11 12 18	-2.2	-2.0
11 16 17	2.7	1.3
11 17 18	-1.6	-.3
12 13 18	3.8	3.1
12 13 19	-5.3	-5.1
12 17 18	-2.3	-2.4
12 18 19	8.2	7.9
13 18 19	-.9	-.3
16 17 27	-3.6	-8.5
17 18 27	7.0	5.8
18 19 28	-3.3	-4.2
18 27 28	-1.6	-3.2

ANZAHL DREIECKE 21 21

MITTL. WIDERSPRUCH ± 4.0<sup>CC</sup> ± 3.7<sup>CC</sup>

M.F. RICHT. NACH FERRERO ± 1.6<sup>CC</sup> ± 1.5<sup>CC</sup>



#### 4.2 Dreieckswidersprüche

Für die beiden Zustände, Horizontalrichtungen ohne bzw. mit Lotabweichungskorrekturen, wurden Dreieckswidersprüche gerechnet und in Tabelle 2 aufgeführt.

Durch die Einführung von Lotabweichungskorrekturen sinkt der mittlere Dreiecks-Schlussfehler, berechnet aus den einzelnen Widersprüchen w

$$\text{als } \sqrt{[w^2]} / n$$

$$\text{von } \pm 4.02^{\text{CC}} \quad \text{auf } \pm 3.75^{\text{CC}}$$

Der mittlere Richtungsfehler nach Ferrero, d.h. der Wert  $\sqrt{[w^2]} / 6n$  sinkt demzufolge

$$\text{von } \pm 1.64^{\text{CC}} \quad \text{auf } \pm 1.54^{\text{CC}}.$$

#### 4.3 Netzausgleichungen

Für die beiden Zustände wurde je eine vermittelnde, zwangsfreie Netzausgleichung in der Ebene gerechnet, ausgehend von den beiden Festpunkten Chasseral und Lägern.

Aus der Ausgleichung ergibt sich ein mittlerer Richtungsfehler von

$$\pm 1.64^{\text{CC}} \text{ bei Richtungen ohne Lotabweichungskorrekturen}$$

$$\pm 1.54^{\text{CC}} \text{ nach Einführung der Korrekturen.}$$

#### 4.4 Einfluss der Lotabweichungen auf das Netz

Die Einführung der Lotabweichungen bewirkt Änderungen in den ausgeglichenen Punktkoordinaten, die in Tabelle 3 zahlenmässig aufgeführt und in Figur 1 graphisch dargestellt sind. Zu beachten ist:

- Die Verschiebungsbeträge (Einflüsse der Lotabweichungen) sind eindeutig reell; ihre Genauigkeit ist wesentlich höher als die Genauigkeit eines Punktes im Netz. (Die angegebenen mittleren Fehler und Fehlerellipsen beziehen sich auf die Punktgenauigkeit im Netz, nicht auf die Genauigkeit der Lotabweichungseinflüsse).
- Die angegebenen Verschiebungsbeträge stellen den Einfluss aller Lotabweichungen im Netz dar, nicht etwa den Einfluss der Lotabweichung im betrachteten Punkt allein (Algebraische Korrelation durch Netzausgleichung).

Die Wahl der benützten Festpunkte für die freie Netzausgleichung ist natürlich willkürlich. Demzufolge sind die Lagerung des Netzes und sein Massstab etwas zufällig. Die erhaltenen Koordinatenänderungen sind nicht absolut zu werten, sondern nur im Hinblick auf eine Formänderung des Netzes, die bei freien Netzen unabhängig von den eingeführten Festpunkten ist. In diesem Sinne lautete das Ergebnis:

Die Lotabweichungen bewirken, wenigstens der Tendenz nach, hauptsächlich eine Deformation des Netzes in der Richtung, in welcher die Mehrheit der Lotabweichungsvektoren verläuft, nämlich senkrecht zur Alpen- und Jurakette. Die Einführung der Lotabweichungskorrekturen verkürzt das Netz in dieser Richtung um ca. 18 cm pro 100 km oder relativ um ca.  $2 \cdot 10^{-6}$ . Umgekehrt: Ohne Korrekturen wird das Netz in dieser Richtung zu lang. - Dieser Deformationseffekt erscheint dem Verfasser plausibel und entspricht dem Sinne nach den Erwartungen.

#### 5. Schlussbemerkungen

Der Einfluss von Lotabweichungen in einem Netz 1. Ordnung wurde hier an einem Beispiel gezeigt; ein Anspruch auf eine allgemeine Aussage wird nicht erhoben.

In einem Netz, das neben Richtungen auch Distanzen, Laplace-Azimute und Basisbedingungen enthält, dürften sich die Lotabweichungen etwas schwächer auf die Netzform auswirken.

Ferner ist es nicht der Sinn dieser Arbeit nachzuweisen, dass Lotabweichungen in einem Netz 1. Ordnung eingeführt werden müssen. Bei Voraussetzungen, wie sie jedoch in der Schweiz vorliegen (dichtes Netz astronomisch bestimmter Punkte; brauchbares Interpolationsverfahren vorhanden; gebirgige Topographie mit grossen Lotabweichungen und Visuren, die, wenn sie auch nicht sehr steil sind, doch Neigungen bis 7% erreichen), dürfte es sicher sinnvoll und nützlich sein, sie einzuführen.



Tabelle 3

Einfluss der Lotabweichungskorrekturen auf die ausgeglichenen Koordinaten

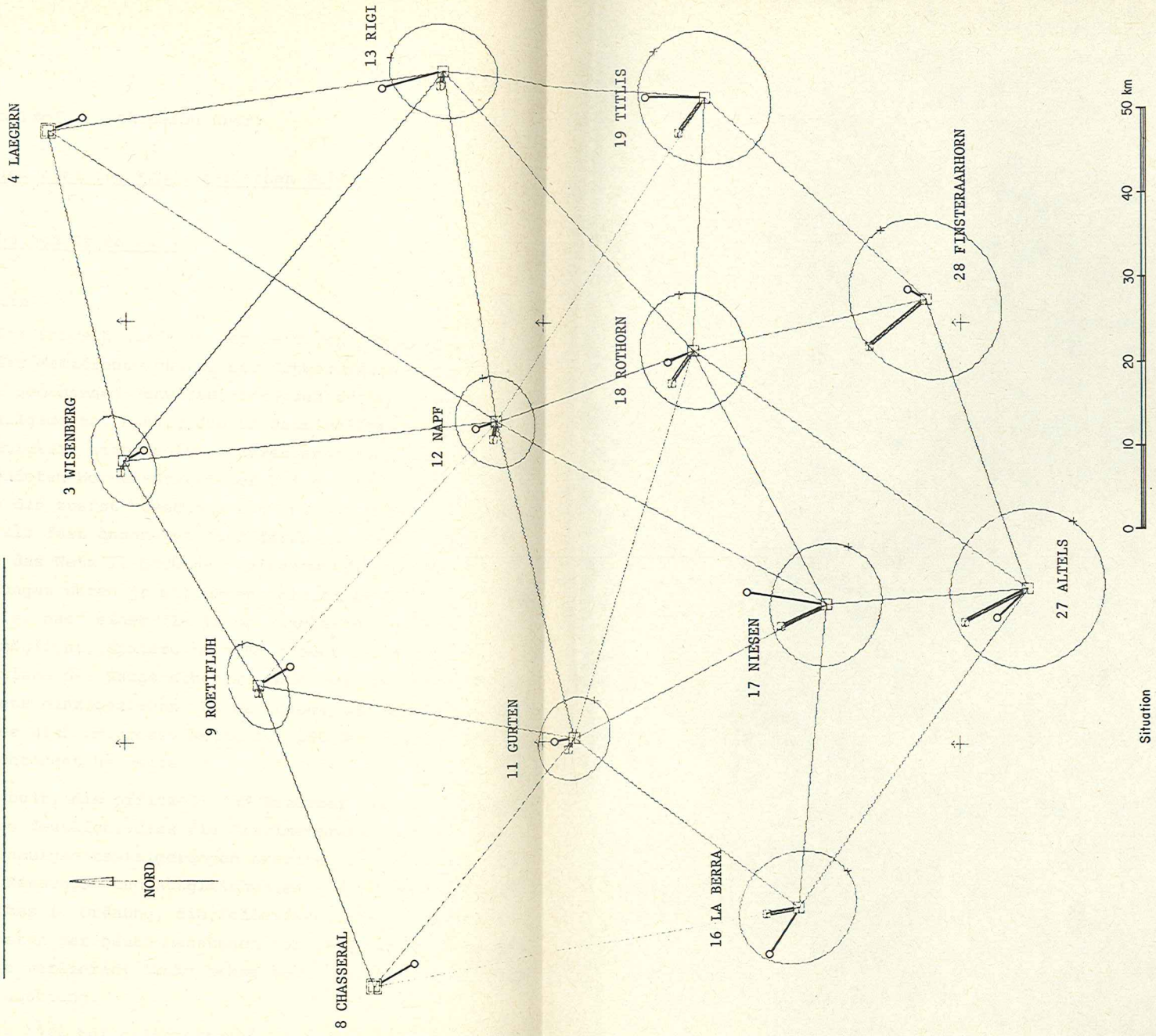
Verschiebungen DX, DY ( ohne Korrekturen → mit Korrekturen )

Mittl. Koordinatenfehler, mittl. Fehlerellipsen bezüglich der Ausgangspunkte Chasseral und Lägern

NR	VERSCHIEBUNGEN, MITTL. FEHLER					MITTL. FEHLERELLIPSEN		
	DX	NF AV DX	DY	MF AN DY	GF, H.A.	KL, H.A.	THETA	
5	6,39 MM	78,03 MI	-26,87 MM	108,18 MM	112,70 MM	71,31 MM	76,41 G	
9	-1,34 MM	74,03 MI	-16,34 MM	103,08 MM	107,76 MM	67,04 MM	75,72 G	
11	12,15 MM	68,37 MI	-26,39 MM	99,83 MM	104,11 MM	83,28 MM	131,36 G	
12	6,93 MM	96,71 MI	-42,60 MM	108,56 MM	109,73 MM	95,37 MM	80,96 G	
13	8,71 MM	129,15 MI	-33,24 MM	111,43 MM	130,41 MM	109,96 MM	16,56 G	
16	74,89 MM	140,43 MI	-14,13 MM	134,97 MM	146,62 MM	128,18 MM	159,53 G	
17	106,59 MM	134,43 MI	-51,69 MM	146,06 MM	148,06 MM	132,20 MM	123,67 G	
18	50,30 MM	126,05 MI	-75,35 MM	138,94 MM	139,81 MM	125,09 MM	83,99 G	
19	62,56 MM	158,43 MI	-82,88 MM	157,51 MI	163,88 MM	151,85 MM	47,53 G	
27	149,13 MM	185,43 MI	-79,61 MM	190,14 MM	193,95 MM	181,44 MM	137,70 G	
28	134,99 MM	162,93 MI	-113,36 MM	189,93 MM	195,15 MM	177,40 MM	62,83 G	



TESTNETZ LOTABWEICHUNGEN



Figur 1



Anhang 5

Bericht von Herrn Prof. F. Chaperon über:

Studien zur Ausglei chung des schweizerischen Schwerenetzes

1. Voraussetzungen und Ergebnisse

1.1 Voraussetzungen

Das Schwerenetz der Schweiz wurde in der Zeit von 1953 bis 1969 beobachtet. Mit der Weiterentwicklung der Schweremesser (Gravimeter) wurden die gemessenen Schweredifferenzen zwischen den Bezugspunkten (im allgemeinen Punkte des Landesnivellements) immer genauer. Die Genauigkeit einer solchen gemessenen Schweredifferenz lag für die verwendeten Worden-Gravimeter bei  $\pm 0.02$  m Gal. Es war nun störend, dass das zuerst gemessene und ausgeglichene sogenannte Schweregrundnetz als fest angenommen und darin die später gemessenen Netzteile - das Netz 1. Ordnung - eingezwängt werden sollte. Die späteren Messungen waren ja mindestens gleich genau. Es bestand daher das Bedürfnis, nach einem flexiblen Ausgleichsverfahren zu suchen, das es ermöglicht, spätere Messungen oder Netzteile in aller Strenge im Sinne der Gauss'schen Methode der kleinsten Quadrate ins Gesamtnetz einzubeziehen. Es war dabei von der Tatsache auszugehen, dass es sich um grosse Netze mit 100-200 Unbekannten und 200-300 Beobachtungen handelte.

Im Laufe meiner Arbeit, die offiziell vom Dezember 1968 bis Oktober 1969 dauerte, wurde deutlich, dass die Gravimeterentwicklung weitere bedeutende Genauigkeitssteigerungen brachte. Es ist sogar so, dass die früheren Messungen und Ausgleichungen - des Schweregrundnetzes und des Netzes 1. Ordnung, die Schleifenblöcke - zusehends an Bedeutung zugunsten der neuen Messungen von 1968/69 mit LaCoste-Romberg-Gravimetern verlieren. Damit bekam auch die mir zugestellte Aufgabe eine neue Richtung.

Hatte sich erstmals 1964 bei meinen Messungen mit dem Worden-Gravimeter eine deutliche Temperaturabhängigkeit gezeigt, die eine Tem-



peraturreduktion der Messungen erforderlich machte, so erübrigte sich eine solche Reduktion bei den LaCoste-Romberg-Messungen. Ebenfalls konnten Massstabsfaktoren, wie ich sie bei den noch zu beschreibenden Methoden vorgesehen hatte, weggelassen werden.

## 1.2 Zusammenfassung der Ergebnisse der Studie Schwerenetz-Ausgleichung

### 1.2.1 Das Schmidt'sche Orthogonalisierungsverfahren

Vom theoretischen Standpunkt aus ist das Schmidt'sche Orthogonalisierungsverfahren als konstruktive Methode bei der Verwendung von Bedingungsgleichungen ausgezeichnet geeignet, allen geforderten Ansprüchen zu genügen. Diese Methode wird bei der Verwendung von Terminal und Disk als Speicher dem Geodäten neue Möglichkeiten eröffnen. Jede neue Bedingungsgleichung wird damit sofort in ihrer Wirkung auf alle bisherigen Messungen zerlegt.

Ebenfalls möglich ist der Zusammenschluss von Teilausgleichungen. Die Methode schliesst also das Boltz'sche Entwicklungsverfahren und das Krügersche Zweigruppenverfahren ein.

Vom didaktischen Standpunkt aus kann die Methode den Vermessungsingenieur-Studenten und den Geodäten der Praxis davor bewahren, allzu sehr dem Trend zu verfallen, fertige Programme anzuwenden, welche ihm die "Ausgleichung machen", ohne dass er die Wirkung seiner Messungen im Einzelnen noch sieht.

### 1.2.2 Die Methode der konjugierten Gradienten (von Stiefel-Hestenes)

Diese zweite vorzuschlagende Methode hat sich bereits bei der Ausgleichung des Kontrollnetzes 1968/69 bewährt. W. Fischer berichtete darüber bereits in seinem Bericht an die Schweiz. Geodätische Kommission im Mai 1970 (2). Ebenfalls als Folge dieser Untersuchung publizierte Dr. Schwarz in der Zeitschrift für Vermessungswesen einen Artikel "Die Methode der konjugierten Gradienten in der Ausgleichsrechnung", der in Geodätenkreisen viel Beachtung fand (1). Es zeigte sich in (2), dass mit den herkömmlichen Ausgleichsmethoden bzw. Programmen bereits unliebsame Speicherprobleme aufgetreten waren. Bei der Verwendung der

Methode der konjugierten Gradienten war der Speicherbedarf sechsmal kleiner, womit die Gesamtausgleichung des Kontrollnetzes 1968/69 erst möglich wurde. Die Methode schliesst in der programmierten Art auch die Einführung von Massstabsfaktoren für Untergruppen der Messungen ein. Dies kann zur Einfügung des Schleifennetzes in das Kontrollnetz dienen. Eine Darstellung der Methode in ihrer allgemeinen Formulierung findet sich in (3) oder (4).

## 2. Umfang der Studien

### 2.1 Sichtung der bisherigen Schweremessungen und ihrer Ausgleichungen

- a) Pendelmessungen von Prof. Niethammer 1900-1918 auf 321 Stationen. Gemessen wurden Schweredifferenzen zur Station Bernoullianum, Basel. Genauigkeit  $\pm 1$  mGal.
- b) Schweregrundnetz, 7 Schleifen mit 123 Stationen. Gemessen 1953/54 mit einem Worden-Gravimeter.
- c) Linien des REUN (Réseau Européen Unifié de Nivellement) 1955/56.
- d) Schwerenetz 1. Ordnung. Gedacht als Füllnetz der Schleifen. Ca. 80 Stationen und Anschlussmessungen 1962/66.
- e) Kontrollnetz 1968/69. Gemessen mit 3 LaCoste-Romberg-Gravimetern auf über 100 Stationen.

Die Messungen b) bis e) beziehen sich auf einen festen Schwerewert des Fundamentalpunktes (Schwerepfeiler) im Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich. Schwierigkeiten machte immer wieder die Empfindlichkeit der Worden-Gravimeter (Sprünge und eine gewisse Temperaturabhängigkeit). Die Messungen mit den LaCoste-Romberg-Gravimetern weisen dagegen eine grosse innere Stabilität auf.

### Bisherige Berechnungen

Die Ausgleichungen erfolgten nach durchgeführter Reduktion der Ablesungen beim Grundnetz nach Bedingungsgleichungen, bei den Füllnetzen der Schleifen dagegen vermittelnd. Sie zeugen allgemein von sehr sorgfältigen Messungen. Trotzdem ergaben sich gewisse Zwänge zwischen Grundnetz und Netz 1. Ordnung, die Nachmessungen erforderten. Die Ursachen sind oben erwähnt. Allgemein hatte man wohl auch die Messgenauigkeit überschätzt.



Schwache Punkte dieser Messungen und Ausgleichungen sind:

1. Der absolute Schwerewert des Fundamentalpunktes.
2. Der Netzmassstab, d.h. das Fehler einer nationalen Eichstrecke.

### 2.2 Mögliche Ausgleichsverfahren in Schwerenetzen

#### 2.2.1 Bisherige Ausgleichungsverfahren

An und für sich hätte es nahe gelegen, ein bewährtes Verfahren, wie es für die Ausgleichung von Höhen und Schwerenetzen verwendet wird, vorzuschlagen. Die Besonderheit des zeitlichen und räumlichen Aufbaus des schweizerischen Schwerenetzes riefen aber nach einer anderen Lösung. Zudem sollte nach neuen Möglichkeiten Ausschau gehalten werden.

Von den heute bekannten, zum Teil sehr allgemeinen Ausgleichsverfahren korrelierter Beobachtungen habe ich bald absehen müssen. Sie wären, bei so grossen Netzen, mit den anfallenden (vollen) AB- und Q-Matrizen kaum mehr zu bewältigen gewesen.

Ebenfalls nicht zweckmässig erwies sich die Methode des Zusammenschlusses von Teilnetzen mittels des Additionstheorems der reduzierten Normalgleichungen.

#### 2.2.2 Orthogonalisierung von Bedingungsgleichungen

Erstmals zeigte Wermann in (5) dieses Verfahren. Praktisch fand aber der Artikel kaum ein Echo, obwohl die Methode der Orthogonalisierung dem Geodäten - etwa von der Heuwelink-Methode für Teilkreisanalysen oder der Approximation von Messwerten durch Orthogonalreihen her - bekannt ist. Der Artikel hatte mich damals gefreut, und ich erinnere mich nun daran.

In (6) wird das Verfahren allgemein entwickelt und auf eine mathematische Darstellung gebracht. Eine sehr schöne und moderne Darstellung findet sich in (3), Seite 93-102. (Breiter Raum ist nebenbei bemerkt der Methode von Cholesky eingeräumt, welche ja schon zu meiner Studienzeit die Methode des Geodäten zur Inversion von Matrizen war.)

Das Verfahren der Orthogonalisierung besteht darin, in einem Vektor-

raum schrittweise eine orthonormierte Basis zu konstruieren. Das Verfahren wird nach seinem Begründer Erhard Schmidt (1867-1959) Schmidt'sches Orthogonalisierungsverfahren genannt. Das Verfahren ermöglicht interessante Anwendungen und vermittelt neue Einblicke bei seiner Anwendung auf die Standardprobleme der Geodäsie. Ich hoffe, in der nächsten Zeit darüber in einem Aufsatz berichten zu können.

Da bei der Problemstellung vom Schwerenetz her die Blickrichtung immer auf die strenge Einschaltung neuer Messungen gerichtet war, ergab sich kein statisches, sondern ein Entwicklungsverfahren, bei dem ständig neue Messungen und damit Bedingungsgleichungen hinzukamen. Für Bedingungsgleichungen ist das Verfahren der Orthogonalisierung besonders geeignet, da dessen Ausbau auf höhere Dimensionen leicht möglich ist. Dabei nimmt - bei Einführung eines neuen Bedingungsgleichungsvektors - die Dimension  $n$  des Vektorraumes um so viel Einheiten zu, als neue Beobachtungen gemacht wurden, während die Dimension  $r$  der orthogonalen Basis um 1 zunimmt (Unterraum). Die "Ränderung" der bereits vorhandenen (orthogonalen) Matrix der Bedingungsgleichungen gestattet dann leicht die Berechnung der Einflüsse der neuen Bedingungsgleichung auf die bisherigen ausgeglichenen Werte. Die neue  $[vv]$  ergibt sich schon vor der Berechnung der neuen  $v$  als Skalarprodukt (Entfernung). Durch die Zerlegung des neuen Vektors der Bedingungsgleichung in die orthonormierte Basis wird der Anteil der neuen Bedingungsgleichung bezüglich der "alten", orthogonal zerlegten Bedingungsgleichungen abgespalten, und der Rest wird in die neue orthogonale Basisrichtung gelegt. (Neue Dimension, Schmidt'sches Verfahren!).

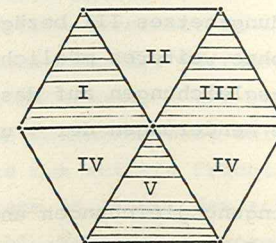


Fig. 1



Das Verfahren eignet sich auch für den sukzessiven Zusammenschluss von Teilnetzen (Ausgleichung in Blöcken). Dabei wird man mit Vorteil vorhandene Unabhängigkeiten der Beobachtungen ausnützen, bzw. solche Strukturen herstellen. So lässt sich z.B. das Schwerenetz der Figur 1 zerlegen in die beiden Teilnetze I, III, V, und II, IV VI, wobei die Ausgleichung des Teilnetzes 1 (II, III, V) wegen der schon vorhandenen Orthogonalität (= Unabhängigkeit) der Bedingungsgleichungen sofort anzugeben ist. Es müssen jetzt noch die Bedingungsgleichungen des Netzes 2 (II, IV, VI) bezüglich der Basis des Netzes 1 zerlegt werden. Bzw. die 3 neuen Vektoren der Bedingungsgleichungen ermöglichen den schrittweisen Ausbau der Orthonormierten Basis bis zur Dimension 6. Auf diese Weise wird 50% der Orthogonalisierungsarbeit gespart.

Ebenso können räumlich getrennte Teilnetze ausgeglichen und durch ein Verbindungsnetz zusammengeschlossen werden (Figur 2).

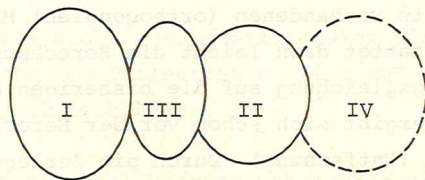


Fig. 2

Die Netze I und II geben a priori orthogonale Bedingungsgleichungen. Innerhalb dieser Netze wurde z.B. nach Figur 1 vorgegangen. Der Zusammenschluss erfolgt durch sukzessive Orthogonalisierung der Bedingungsgleichungen des Verbindungsnetzes III bezüglich I und II. Ebenso ist die Fortsetzung IV ohne weiteres möglich, wobei stets die Wirkung der neuen Bedingungsgleichungen auf das ganze Netz klar ersichtlich ist, indem die Änderungen der  $v$  und der  $[vv]$  leicht erhalten werden.

Bei grossen Netzen mit 100 Bedingungsgleichungen und 200 oder mehr Beobachtungen (wie im Falle des Schwerenetzes ohne Kontrollnetz)

erfordert nun die Matrix der Bedingungsgleichungen B bereits 20'000 Speicherplätze (wenn auch noch bei der orthogonalisierten Matrix mit rund 50% Nullen). Dazu kommt die Matrix der Zerlegungskomponenten R der Bedingungsgleichungsvektoren bezüglich der jeweils vorhandenen orthonormierten Basis. Diese Matrix ist eine obere Dreiecksmatrix der Ordnung  $r = 100$  (Beispiel), benötigt also rund 5000 Speicherplätze. Zusammen also rund 25'000 Speicherplätze, d.h. ein grosser Aufwand an Zahlen, der eine geeignete Speicherorganisation mit rascher Zugriffszeit - z.B. mit Terminal und Disk - verlangt, denn auch für den Geodäten sollte das Datenpaket leicht erreichbar sein. Der Vorteil der Durchschaubarkeit des Ausgleichungsvorganges und der ständigen Kontrolle der  $v$  und  $[vv]$  muss eben entgolten werden. Mir scheint aber, dass die Orthogonalisierung wegen ihrer mathematischen Klarheit und der grossen Flexibilität, die das Entwicklungs- und Mehrgruppenverfahren in neuer Form einschliesst, von seiten der Geodäsie vermehrt zur Lösung von Problemen herangezogen werden sollte. Für grosse Netze, wie es das Schwerenetz der Schweiz ist, kommt die Methode aber im Augenblick aus den oben genannten organisatorischen Gründen wohl nicht in Frage.

### 2.2.3 Die Methode der konjugierten Gradienten

Im Gespräch mit Dr. H.R. Schwarz (dem Verfasser von (3)) schlug mir dieser vor, auch die Methode der konjugierten Gradienten von Stiefel-Hestenes zu "evaluieren". Diese Methode begann als Relaxationsmethode ihren Siegeszug im Jahre 1952. Sie ist ein Iterationsverfahren zur Lösung linearer Gleichungssysteme oder des zugehörigen Minimalproblems des Minimums einer quadratischen Funktion in  $n$  Variablen. Dabei wird der Minimalpunkt des  $n$ -dimensionalen Fehlerellipsoides mittels einer 2-dimensionalen optimalen Gradientenstrategie spätestens nach  $n$  Iterationsschritten erreicht. In (7) hatte P. Lächli einige interessante Eigenschaften des Verfahrens der konjugierten Gradienten in der Ausgleichsrechnung - und geometrische Deutungen im  $R^n$  - gegeben. Diese Zusammenarbeit der angewandten Mathematik und der Geodäsie zeigte nun weitere Früchte. Dr. Schwarz erstellte ein geeignetes Programm im ALGOL, das schliesslich alle Wünsche erfüllte (Gewichtswahl, Massstabsfaktoren, einfache Organisation). Die ersten



Probeausgleichungen ergaben erfreuliche Resultate. Der Minimalpunkt war bei der geforderten Genauigkeit bereits nach  $n/2$  Iterationsschritten erreicht. Der Grund liegt in der kleinen Konditionszahl der zugehörigen Matrix des Normalgleichungssystems, wie das bei "vernünftigen" Ausgleichsproblemen stets der Fall ist. Auch darüber findet sich in (3) für den Geodäten manch interessante und neue Tatsache.

### 3. Schlussfolgerungen

Die mir gestellte Aufgabe, ein für das Schwerenetz der Schweiz geeignetes Ausgleichsverfahren maximaler Flexibilität zu erproben und vorzuschlagen, kann als gelöst betrachtet werden. Dass das möglich war, verdanke ich der ständigen Unterstützung, die mir Prof. Dr. F. Kobold vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie und Prof. Dr. E. Stiefel vom Institut für Angewandte Mathematik zukommen liessen. Beide angegebenen Verfahren, das der Orthogonalisierung und die Methode der konjugierten Gradienten, vermögen neue Vorteile zu bieten. Zur Zeit scheint die Methode der konjugierten Gradienten wegen ihrer einfacheren Organisation zweckmässiger zu sein. Doch wird auch die Methode der Orthogonalisierung weiterhin verfolgt werden müssen.

Zur Behebung der schwachen Stellen im schweizerischen Schwerenetz sollte die Frage einer weiteren Anschlussmessung des Fundamentalpunktes - eventuell an Potsdam - und die Erstellung einer Eichbasis - z.B. Basel-Jungfrauoch - geprüft werden.

### 4. Literatur

- (1) Schwarz, H.R. Die Methode der konjugierten Gradienten in der Ausgleichsrechnung. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1970, Nr. 4, p. 130-140.
- (2) Fischer, W. Bericht an die Schweiz. Geodätische Kommission über die Ausgleichung des Kontrollnetzes über das schweizerische Schwerenetz, Mai 1970.
- (3) Schwarz, Rutishauser, Stiefel Matrizen-Numerik. Teubner, Stuttgart.
- (4) Faddejew/Faddejewa Numerische Methoden der linearen Algebra.
- (5) Wermann, G. Ausgleichung nach bedingten Beobachtungen durch Orthogonalisierung der Bedingungsgleichungen. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1960, Nr. 2.
- (6) Hsuan-Loh-Su Orthogonal equations by Surveying Adjustment. Feb. 1963.
- (7) Läuchli, P. Iterative Lösung und Fehlerabschätzung in der Ausgleichsrechnung. Diss. 1959.



Anhang 6

Bericht von Herrn Dr. A. Elmiger über:

Astronomisch-geodätische Lotabweichungen in der Schweiz.  
Zusammenstellung 1867-1970

1. Einleitung

Im Jahre 1967 hat der Verfasser, als Arbeitsgrundlage für seine Dissertation, eine Neubearbeitung und Zusammenstellung aller Lotabweichungen in der Schweiz (und Grenzzonen) unternommen und darüber im Protokoll der 113. Sitzung der Schweiz. Geodätischen Kommission berichtet. Eine Veröffentlichung der Zusammenstellung ist aus zeitlichen Gründen bis jetzt unterblieben. Die Veröffentlichung soll hier nachgeholt werden, wobei gleichzeitig die Messungen bis 1970 sowie Korrekturen an früheren Werten Berücksichtigung finden.

Ziel der Zusammenstellung:

1. Uebersicht über alle bis heute bestimmten Lotabweichungen
2. Einheitliche Bearbeitung (besonders bezüglich Nullpunkt)
3. Arbeitsgrundlage für Anwendungen:
  - Einführung in das Netz 1. Ordnung,
  - Lotabweichungsinterpolation,
  - Geoid- und Cogeoidbestimmung.

Form und Konzept der Zusammenstellung:

Da die ursprünglichen Daten in den verschiedenen Publikationen der Schweiz. Geodätischen Kommission und anderswo ziemlich verstreut und nicht einheitlich bearbeitet und dargestellt sind, ist eine solche Sammlung, Bearbeitung und Zusammenstellung von Lotabweichungen leicht fehleranfällig. Es soll daher einfach möglich sein, Korrekturen, Nachträge und Ergänzungen einzuführen und die Liste neu zu drucken.

Alle Daten (wie sie in den beigegeführten Tabellen angegeben sind) wurden auf Lochkarten gelocht, wodurch eine leichte Nachführung möglich ist. Der Druck der Liste erfolgt mit einem kleinen Programm auf dem



Computer CDC 6400/6500 der ETH und kann, sobald dies nötig sein wird, leicht neu erfolgen.

Die vorliegende Zusammenstellung ist in diesem Sinne als vorläufig zu betrachten. Die Tabellen sollen in einem der nächste Bände der Schweiz. Geodätischen Kommission publiziert werden.

## 2. Grundlagen

### 2.1 Lotabweichungen

Vorzeichen: im Sinne astron.-geodät. Wert

### 2.2 Bezugssysteme

Die Lotabweichungen werden aufgeführt

- a) im schweizerischen Referenzsystem, Ellipsoid von Bessel,
- b) im System RE 50, internationales Ellipsoid.

#### a) Schweizerisches Referenzsystem

Für den Nullpunkt Bern werden folgende geodätische Werte benützt:

Breite: 46°57'08"66

Länge: 7°26'22"50 bzw. 29<sup>m</sup>45<sup>s</sup>.500 östl. Greenwich,

dies in Uebereinstimmung mit dem Grossteil der bisherigen Lotabweichungsangaben (Geoidprofile, Publikationen SGK), aber in Abweichung z.B. zu SGK, Band 28, wo die 1937 im Nullpunkt gemessene Breite (07"89) verwendet wird. Wesentlich ist in diesem Zusammenhang nicht, ob die Ausgangswerte für den Nullpunkt "richtig" sind, (d.h. dass dort geodätische und astronomische Werte übereinstimmen) sondern dass der Satz von Lotabweichungen einheitlich ist.

#### b) System RE 50

Für die Punkte 1. Ordnung des Schweizer Netzes liegen geographische Koordinaten im schweizerischen und im System RE 50 vor, womit der Zusammenhang beider Systeme praktisch gegeben ist, (Koordinatenliste und graphische Darstellung der Koordinatenunterschiede beider Systeme in Breite und Länge von der Eidg. Landestopographie). Nach Berücksichtigung der leicht andern Ausgangslänge für Bern er-

gaben sich aus diesem Graphikon Korrekturen, welche die schweizerischen Lotabweichungen in das System RE 50 überführen.

## 3. Bearbeitung der astronomischen Beobachtungen und Lotabweichungen

### 3.1 Reduktion der astronomischen Beobachtungen

- a) Zentrierung der Messungen von den Stations- bzw. Zielpunkten auf die Zentren der entsprechenden Triangulationspunkte (dies im allgemeinen; Ausnahmen z.B., wenn Station dauernd versichert ist).
- b) Reduktion auf den mittleren Pol
  - Keine Reduktion aller Messungen vor ca. 1890, da Polschwankungen noch nicht verfügbar. Die Vernachlässigung beträgt bis ca. 0"4.
  - Bei österreichischen Punkten (in den Tabellen markiert) ist unklar, ob Polreduktionen eingeschlossen sind oder nicht. Dies mag auch bei älteren schweizerischen Messungen der Fall sein; eine systematische Kontrolle fehlt (schwierig oder unmöglich).
  - Reduktion auf den mittleren Pol der Epoche (Albrecht) bei Messungen ab ca. 1890.
  - Reduktion auf den mittleren Pol von 1900-1905 bei Messungen ab ca. 1945 (SIL, IPMS).
  - Reduktion auf den CIO bei neuesten Messungen.
- c) Reduktion der astronomischen Azimute auf das Ellipsoid, nur bei neueren Messungen, nach ca. 1950, bestehend aus
  - Torsionskorrektur (Höhe Zielpunkt)
  - Normalschnitt → geodätische Linie
 Vernachlässigung, wenn nicht eingeführt, bis ca. 0"1.

### 3.2 Kontrollrechnungen

Das Zusammenpassen der aufgeführten Punktkoordinaten, astronomischen Werte und Lotabweichungen wurde geprüft mit Hilfe eines ALGOL-Programms. Die erhaltenen Lotabweichungen wurden von Hand in den Lochkartensatz übertragen und die Tabellen anschliessend durch ein kleines Programm gelistet.



### 3.3 Einfluss der Netzorientierung auf die Lotabweichungen aus Azimuten

Aus den Messungen bis 1967 ergab sich für die Schweiz (siehe Diss. des Verfassers) ein mittlerer Laplace-Widerspruch von  $+ 0''9$ , der auf eine falsche Netzorientierung zurückzuführen ist (Geodät. Azimute im Mittel zu klein). Seither sind noch drei Laplace-Stationen dazugekommen, welche den mittleren Laplace-Widerspruch nicht wesentlich verändern (Station Weissfluh ausgenommen). Die Lotabweichungen aus Azimuten sind demnach im Mittel um  $0''8$  zu gross. Für die Mittelbildung wurde dies berücksichtigt bei Stationen, wo Eta-Komponenten nur aus Azimuten (nicht aus Länge) vorliegen.

### 3.4 Bemerkungen zu den Tabellen

#### Aufgeführt sind:

Stationspunkt und Zielpunkt bei Azimuten.

Verwendete Landeskoordinaten und Punkthöhen (Identifikation).

Astronomische Breite, Länge, Azimut, inkl. genannte Reduktionen.

Jahr der Beobachtung, Bemerkungen.

Lotabweichungen in sexag. Sekunden für beide Systeme.

Mittel der Lotabweichungen (von Hand, Gewichte nach Ermessen;

Azimute nicht berücksichtigt, wenn auch Längen vorhanden).



## TABLE DES MATIÈRES

Adresses des membres de la Commission géodésique suisse	2
117. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission am 18. Juni 1971 an der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich	3
1. Procès-verbal	4
2. Bericht des Präsidenten	4
3. Berichte der Ingenieure	7
3.1 Ergebnisse der astronomischen Beobachtungen auf den Laplace-Punkten Rötiflüh und Wisenberg im Sommer 1970	7
3.2 Distanzmessungen mit Wild Distomat DI 50 und AGA Geodimeter 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung	8
3.3 Berechnungen am Netz 1. Ordnung der schweizerischen Landstriangulation	9
3.4 Einfluss von Lotabweichungen in einem Triangulationsnetz 1. Ordnung	10
3.5 Ausgleichung des schweizerischen Schwerenetzes	11
3.6 Verzeichnis der astronomischen Stationen der Schweiz	11
3.7 Bericht über die Satellitenbeobachtungen	12
4. Arbeitsprogramm für das Jahr 1971	12
5. Rechnungsabnahme für das Jahr 1970	13
6. Endgültiger Voranschlag für das Jahr 1971	13
7. Voranschlag für das Jahr 1972	14
8. Verschiedenes und Umfrage	14

## ANHANG

1. Die Ergebnisse der astronomischen Beobachtungen auf den Laplace-Punkten Rötiflüh und Wisenberg im Sommer 1970	15
2. Distanzmessungen mit Wild Distomat DI 50 und AGA Geodimeter 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung	37
3. Berechnungen am Netz 1. Ordnung der schweizerischen Landstriangulation	53
4. Einfluss von Lotabweichungen in einem Triangulationsnetz 1. Ordnung (Teilnetz des RETrig)	67
5. Studien zur Ausgleichung des schweizerischen Schwerenetzes	77
6. Astronomisch-geodätische Lotabweichungen in der Schweiz. Zusammenstellung 1867—1970	87