

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES  
SCHWEIZ. NATURFORSCHENDE GESELLSCHAFT

---

PROCÈS-VERBAL  
de la 115<sup>e</sup> séance de la  
COMMISSION GÉODÉSIQUE  
SUISSE

tenue au Bernerhof à Berne  
le 14 juin 1969

avec des extraits des rapports sur l'activité de l'année 1968

---

PROTOKOLL  
der 115. Sitzung der  
SCHWEIZ. GEODÄTISCHEN  
KOMMISSION

vom 14. Juni 1969  
im Bernerhof in Bern

mit Auszügen aus den Berichten über die Tätigkeit im Jahre 1968

Spross+Co, Kloten  
1970

PROCÈS-VERBAL

de la 115<sup>e</sup> séance de la

COMMISSION GÉODÉSIQUE  
SUISSE

tenue au Bernerhof à Berne  
le 14 juin 1969

avec des extraits des rapports sur l'activité de l'année 1968

---

PROTOKOLL

der 115. Sitzung der

SCHWEIZ. GEODÄTISCHEN  
KOMMISSION

vom 14. Juni 1969  
im Bernerhof in Bern

mit Auszügen aus den Berichten über die Tätigkeit im Jahre 1968

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.-P. Blaser, Institut de physique de l'Ecole polytechnique fédérale Zurich.

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. M. de Raemy †, ancien vice-directeur du Service topographique fédéral, Berne.

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 18 b, 8006 Zurich.

115. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen  
Kommission am 14. Juni 1969 im Bernerhof  
in Bern

Anwesend sind als Mitglieder der Kommission die Herren F. Kobold, Präsident, J.-P. Blaser, J. Bonanomi, R. Conzett, E. Huber, H. Kasper, M. Schürer, ferner als Mitarbeiter die Herren A. Elmiger, W. Fischer, W. Keller, H. Müller, N. Wunderlin.

Entschuldigt hat sich der Präsident der SNG, Herr Prof. Dr. P. Huber, sowie die Herren Kommissionsmitglieder W.-K. Bachmann, F. Jeanrichard, M. de Raemy, M. Waldmeier.

Der Präsident eröffnet die Sitzung um 9.15 Uhr, wobei er den anwesenden Kommissionsmitgliedern mitteilt, dass Herr de Raemy wegen seines verschlechterten Gesundheitszustandes nicht an der Sitzung teilnehmen kann. Herr de Raemy, der sich während vieler Jahre sehr um die Schweizerische Geodätische Kommission verdient gemacht hatte, möchte zudem aus Gesundheitsrücksichten als Kommissionsmitglied zurücktreten. Der Präsident und der Sekretär werden im Auftrag der Kommission ein Dankschreiben an ihn richten und ihm gute Besserung wünschen.

Die folgende Traktandenliste wird diskussionslos genehmigt:

1. Bericht des Präsidenten über die Tätigkeit der Kommission im Jahr 1968
2. Berichte von Kommissionsmitgliedern über die Teilnahme an Kongressen und über Arbeiten .
3. Tätigkeitsberichte von Mitarbeitern
  - 3.1 Bericht von Prof. Dr. H. Müller über die astronomischen Beobachtungen auf Weissfluh und Säntis
  - 3.2 Berichte von Dipl. Ing. W. Fischer über
    - Beobachtungen auf Mottarone
    - Schwerekontrollnetz
    - Publikation Basis Heerbrugg
  - 3.3 Bericht von Dipl. Ing. F. Jeanrichard über die Messungen Dufourspitze - Punta Gnifetti
  - 3.4 Bericht von Dipl. Ing. N. Wunderlin über den Band "Laplace-Punkte" der astronomisch-geodätischen Arbeiten in der Schweiz

4. Diskussion über Probleme der schweizerischen und europäischen Triangulation.

Grundlagen:

Bericht von Dipl.Ing. W. Keller über die geometrische Netzausgleichung  
Bericht des Präsidenten über das Pariser Symposium

5. Arbeitsprogramm 1969
6. Abnahme der Rechnung für 1968
7. Voranschlag für 1970
8. Verschiedenes

#### 1. BERICHT DES PRAESIDENTEN UEBER DIE TAETIGKEIT DER KOMMISSION IM JAHR 1968

Die Ausführungen des Präsidenten umfassen drei Abschnitte:

1. Tätigkeitsbericht der SGK an die SNG
2. Beitrag an die Denkschrift der SNG
3. Protokoll der ausserordentlichen Sitzung der SGK vom 7. Dezember 1968.

##### 1.1 Bericht über die Tätigkeit der Schweizerischen Geodätischen Kommission für das Jahr 1968

Die personelle Zusammensetzung der Kommission blieb im Jahr 1968 unverändert.

Aus Altersgründen erklärte Prof. Gassmann auf den 31. Dezember 1968 seinen Rücktritt. Er war seit seiner Wahl als Kommissionsmitglied im Jahr 1943 der Berater für gravimetrische Probleme. Ihm verdankt die Schweiz den Aufbau eines modernen Schwerenetzes, von dem Grundnetz und Netz 1. Ordnung der Fertigstellung entgegengehen.

Im Jahr 1967 mussten zufolge der Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (U G G I), die in der Schweiz stattfand, ein grösserer Teil der vorgesehenen Arbeiten auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden. Im Jahr 1968 konnten alle diese Probleme und zudem einige neue erledigt werden.

#### Arbeiten für die europäische Triangulation (RETrig)

- Die Eidgenössische Landestopographie mass mit einem elektronischen Distanzmessgerät die bisher unsichere Distanz zwischen dem schweizerischen Triangulationspunkt Dufourspitze und dem entsprechenden italienischen Punta Gnifetti. Sie mass zudem auf Punkten des Netzes 1. Ordnung im Kanton Graubünden Winkel nach dem neuen astronomischen Punkt Weissfluh. Wegen des langandauernden schlechten Wetters konnte diese Arbeit nicht zu Ende geführt werden.
- Prof. Müller vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH führte die astronomischen Beobachtungen auf Weissfluh (neuer Laplace-Punkt) durch. Ausser Breite und Länge bestimmte er das Azimut nach dem Säntis. Die Arbeiten auf Weissfluh dauerten zufolge des schlechten Wetters länger als vorausgesehen war.
- Auf dem Punkt Säntis bestimmten die Herren Dr. Danial, Ing. Keller und Chapuis (alle ebenfalls vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH) das Azimut nach Weissfluh.
- Ing. Fischer, Mitarbeiter des Institutes für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH führte die elektronischen Distanzmessungen weiter. Mit Messgruppen des Istituto Geografico Militare in Florenz beteiligte er sich an Versuchsbeobachtungen auf der Strecke Mottarone - Campo dei Fiori. Später mass er gemäss Programm das Basisnetz Aarberg.
- Ing. Keller führte die ersten Berechnungen des Netzes 1. Ordnung durch, wie es in die europäische Triangulation einbezogen werden soll. Die bisher vorliegenden Ergebnisse sind sehr befriedigend. Die seit mehr als 10 Jahren laufenden Feldarbeiten für das europäische Triangulationsnetz sind im Laufe 1968 zum grössten Teil zum Abschluss gekommen. Insbesondere sind alle astronomischen Beobachtungen fertig. Noch nicht fertig sind die Entfernungsmessungen mittels elektronischer Messgeräte.

#### Arbeiten für das schweizerische und europäische Schwerenetz

Das schweizerische Grundnetz war im Jahre 1959 fertiggestellt und publiziert. Im Anschluss beobachtete die Kommission das Netz 1. Ordnung, das ebenfalls als abgeschlossen gelten kann. Doch zeigten sich an einigen Stellen Differenzen zwischen

Grundnetz und Netz 1. Ordnung, die Nachmessungen als angezeigt erscheinen liessen. Glücklicherweise wurden uns im Jahre 1968 vom amerikanischen Coast and Geodetic Survey 2 LaCoste-Romberg Gravimeter hoher Präzision zur Verfügung gestellt. Mit ihnen beobachteten die Herren Fischer und Wunderlin eine grosse Anzahl von Schweredifferenzen, sodass das Netz als Ganzes nun einheitlich berechnet werden kann.

#### Satellitengeodäsie

Prof. Schürer, Astronomisches Institut der Universität Bern, führte neue Satellitenbeobachtungen, die zu den besten in Europa zählen, weiter.

Er beschäftigte sich zudem mit dem Ausbau und Einsatz eines Laser-Gerätes zur Bestimmung von Distanzen nach Satelliten.

#### Publikationen

Dr. E. Hunziker, früherer Ingenieur der Kommission, publizierte als Band 27 der Publikationsreihe der Kommission den Band über die astronomischen Beobachtungen auf Gurten und Rigi.

Weitere Publikationen, wie die über die Laplace-Punkte, sind in Vorbereitung. Die Studien von Herrn Elmiger über Lotabweichungen und das Geoid in der Schweiz werden demnächst als Dissertation erscheinen.

Eine Diskussion dieses Tätigkeitsberichts wird nicht verlangt.

#### 1.2 Beitrag an die Denkschrift der Schweizerischen Naturforschenden

##### Gesellschaft an den Bundesrat

Die SNG wünschte von der Schweizerischen Geodätischen Kommission einen Beitrag für die Denkschrift an den Bundesrat (vgl. Protokoll der 114. Sitzung der SGK). Dieser Beitrag, der auf Grund eines Entwurfs des Präsidenten durch Diskussion mit einzelnen Kommissionsmitgliedern erarbeitet worden ist, stellt eine Standortbestimmung der schweizerischen Geodäsie dar. Dieser Bericht erscheint als Anhang 1 dieses Protokolls.

#### 1.3 Ausserordentliche Sitzung der SGK vom 7. Dezember 1968

An der 114. Sitzung vom Jahr 1968 der SGK wurde angeregt, in einer ausserordentlichen Sitzung grundsätzliche Fragen über die Aufgabe der Kommission, über ihre Arbeitsweise und über organisatorische Probleme zu behandeln.

Die Sitzung fand am 7. Dezember 1968 in Bern statt. Themen waren:

1. die zukünftige wissenschaftliche Tätigkeit,
2. heutiger Stand der Arbeiten,
3. Organisationsfragen,
4. finanzielle Fragen.

Ueber die Punkte 1 und 2 lagen schriftliche Vorschläge des Präsidenten vor. Die Verhandlungen dieser Sitzung sind in einem vom Sekretär der Kommission verfassten Protokoll festgehalten, das den Mitgliedern zur Vernehmlassung zugestellt und auf Grund der Stellungnahmen bereinigt wurde. Zuzugabe seines speziellen Charakters soll es nicht in die ordentlichen Protokolle aufgenommen werden. Dagegen sollen im vorliegenden Protokoll die wichtigsten Ergebnisse festgehalten werden, was von der Kommission stillschweigend gutgeheissen wird.

Hauptziele für die Geodäsie in der Schweiz sind vorläufig:

1. die Fortführung der Studien zur Bestimmung des Geoides in der Schweiz,
2. die Fortführung der Arbeiten für das Schwerenetz,
3. die Fortführung der Arbeiten für das RETrig,
4. die Mitwirkung bei den internationalen Programmen für Satelliten-Geodäsie.

Der Satelliten-Geodäsie wird immer grössere Bedeutung zukommen. Die laufenden Arbeiten unter 1, 2 und 3 sollen indessen zu Ende geführt werden. Sie sind ziemlich unabhängig von der Entwicklung der Satelliten-Geodäsie.

Die Aufgabe der Schweizerischen Geodätischen Kommission wird umschrieben als Koordination der in der Schweiz auszuführenden geodätischen Arbeiten und Beratung bei den einzelnen Forschungsprojekten geodätischer Natur (Procès-Verbal 1966 und Eingabe vom Mai 1968 an den Zentralvorstand der SNG).

Die Durchführung der eigentlichen Arbeiten obliegt den Hochschulinstituten der ETH und der Universitäten sowie der Eidg. Landestopographie.

Die Berichte der Beauftragten an die Kommission sollen grundsätzlich weiterhin verlangt werden.

Die bisherige Form der Publikationen soll grundsätzlich beibehalten werden. Vereinfachungen, Kürzungen und damit Kostensenkungen sind namentlich beim Procès-Verbal anzustreben.

2. BERICHTE VON KOMMISSIONSMITGLIEDERN UEBER DIE TEILNAHME AN KONGRESSEN UND UEBER ARBEITEN

2.1 Symposium der Internationalen Kommission für die Ausgleichung der europäischen Dreiecksnetze (RETrig), Paris, 24.-26. Febr. 1969

Bericht des Präsidenten

Herr Kobold als Delegierter der Kommission am Symposium gab in einem an die Mitglieder gerichteten schriftlichen Bericht seine Eindrücke bekannt.

Die für die Schweiz wichtigsten Punkte des Symposiums sind:

- Die Ausgleichung des schweizerischen Netzanteils mit oder ohne Berücksichtigung der Korrelationen fand Interesse. Es wurde angeregt, allgemein die Korrelation nach dem Vorgehen der Schweiz einzuführen.
  - Der Zusammenschluss des schweizerischen Netzanteils mit dem deutschen Netz soll in den nächsten Monaten erfolgen. Als Rechenstelle ist das Leibniz-Rechenzentrum in München vorgesehen.
  - Die Arbeit an der Traverse Tromsø-Catania, mit der verschiedene Satellitenstationen verbunden werden sollen, ist noch im Gange. Bereits zeigt sich jedoch das Bedürfnis, weitere Satellitenbeobachtungsstationen in Europa unter sich zu verbinden.
- Es wird beschlossen, weitere Traversen zu beobachten und zwar
1. eine Traverse zwischen Malvern (GB), Delft und Strassburg,
  2. eine Traverse von Strassburg wenn möglich über Hohenpeissenberg nach Graz,
  3. eine Traverse von Strassburg nach Zimmerwald (Bern).

Die Schweiz hätte ein Stück zwischen einem deutschen oder französischen Punkt in der Nähe der Landesgrenze bis Zimmerwald zu beobachten.

Die Einzelheiten über die Messung der neuen Traversen sollen in einer spätern Sitzung behandelt werden.

Auf Vorschlag des Präsidenten wird der Bericht erst unter Traktandum 4 behandelt.

## 2.2 Satellitengeodäsie

Bericht von Herrn Prof. Dr. M. Schürer

Herr Schürer berichtet mündlich über die Tagung der ost- und west-europäischen Sub-Kommission der internationalen Kommission für künstliche Satelliten, die im Anschluss an diejenige des RETrig vom 26. - 28. Februar 1969 in Paris stattgefunden hat. Er verliest die dort gefassten Resolutionen 6 - 12 (vgl. Chronique de l'U.G.G.I., No. 76, Mai 1969).

Ueber seine eigenen Arbeiten teilt er mit, dass der aktive Satellit Geos 2 seit Anfang 1968 in Zimmerwald beobachtet wird. Bisher wurden nahezu 200 Aufnahmen genommen, zum grössten Teil ausgewertet und die Resultate an das Smithsonian Astrophysical Observatory geschickt.

In Zusammenarbeit mit der westeuropäischen Sub-Kommission für Satellitengeodäsie wurden die passiven Satelliten Echo I, Echo II und Pageos beobachtet. Im ganzen waren darunter etwa 60 simultane Beobachtungen mit andern Stationen, die fertig ausgewertet worden sind. Ein Rechenprogramm wurde zu diesem Zweck aufgestellt. Das ganze Beobachtungsmaterial von Westeuropa über passive Satelliten soll gesamthaft in England bearbeitet werden.

Abschliessend gibt Herr Schürer bekannt, dass der Bau des Lasers im Institut für Angewandte Physik der Universität Bern gute Fortschritte macht. Im Frühjahr 1970 sollten die Arbeiten mit dem Instrument begonnen werden können. Es kann damit gerechnet werden, dass Satelliten mit Laser-Reflektoren vorhanden sein werden.

Herr Schürer beabsichtigt, im Sommer einen Bericht über die bisherigen Arbeiten zu schreiben und als Publikation der Schweizerischen Geodätischen Kommission herauszugeben.

Der Präsident würdigt die wertvollen Arbeiten von Herrn Schürer, die, wie er persönlich feststellen konnte, in Paris grosse Beachtung gefunden haben. Er begrüsst vor allem auch die in Aussicht gestellte Publikation darüber. Es wird beschlossen, sie als Annexe zum Procès-Verbal herauszugeben.

## 2.3 IV. Symposium über mathematische Geodäsie, Triest, 28. - 31. Mai 1969

Bericht von Herrn Prof. Dr. M. Schürer

Herr Schürer berichtet ebenfalls mündlich über dieses Symposium, das dem Andenken an Brig. Hotine gewidmet war und in Zukunft periodisch unter der Bezeichnung Hotine-Symposium zur Durchführung gelangen soll. Die hauptsächlichsten Themen des Symposiums waren der Zusammenhang zwischen terrestrischer Geodäsie und Satellitengeodäsie und die Frage der Konvergenz von Kugelfunktionsentwicklungen des Gravitationspotentials.

Herr Schürer erwähnt auch eine Exkursion in eine Riesengrotte in der Nähe von Triest. Prof. Marussi versucht dort mit Hilfe einer Drehwage, die an einem 90m langen Draht aufgehängt ist, den Wert der Gravitationskonstanten neu zu bestimmen und zu verbessern.

In der Diskussion wurde verschiedentlich zum Ausdruck gebracht, dass die Schweiz an allen derartigen Symposien vertreten sein sollte. Einerseits geht es darum, wichtige Informationen zu erhalten, andererseits kann gelegentlich auch über eigene Arbeiten vorgetragen werden.

### 3. TÄTIGKEITSBERICHTE VON MITARBEITERN

#### 3.1 Astronomische Beobachtungen auf den Punkten Weissfluh und Säntis

Bericht von Herrn Prof. Dr. H. Müller (Siehe Anhang 2)

Herr Schürer weist in seinem Referat auf den kleinen Unterschied zwischen Druckchronographen und Schreibchronographen hin, vor allem auf das zu späte Einsetzen der Signale auf dem Streifen. Herr Bonanomi erklärt, dass Fehler im Radioempfangsgerät vorliegen müssten, die man in Neuenburg nachprüfen könnte, da man selbst in sehr grossen Entfernungen vom Sender wie in England HBG sehr gut empfängt. (Ausgesprochene Verzögerungen durch den Radio-empfänger sollten sich allerdings durch die Referenzbeobachtungen herausheben, und im übrigen ist hier der Schreibchronograph wesentlich anfälliger). Herr Bonanomi empfiehlt, im Feld geeignete Antennen als den Ferritstab zu benutzen. Herr Schürer geht weiter auf die Parswertstörungen ein, über die früher schon häufig diskutiert wurde. Durch Temperaturänderungen wird sicherlich auch die Fassung der Libellenröhre und die Spannung beeinflusst. Die empirische Einführung des Parswertes empfindet er als etwas unbehaglich, zumal die Prüfung in der Klima-Kammer zwar die gleiche Tendenz zeigte, aber in geringerer Masse (allerdings waren bei dieser Prüfung die Parswerte auch bei höheren Temperaturen grösser als bei den früheren Prüfungen). Schliesslich vermerkt er auch den grossen Laplace-Widerspruch. Allgemein rät Herr Schürer, eine andere Zeitbestimmungsmethode zu wählen. Die Meridianmethode war sehr geeignet für die an diese Methode angepassten Passageninstrumente. Beim Universalinstrument kann man gut die Zinger-Methode anwenden, bei der die Stabilität von Instrument und Aufstellung nur für kurze Zeit vorausgesetzt wird. Die Nachteile der mühsameren Arbeit bei der Aufstellung des Programms und der Auswertung sind heute durch die elektronische Rechenmaschine leichter zu überwinden. Freilich braucht man auch hier wieder Libellen, und auf Störungen der Horrebow-Libellen bei starkem Wind wird hingewiesen. Nach Angaben von Herrn Schürer hat man in der Tschechoslowakei bei der Beobachtung von Laplace-Punkten mit der Zinger-Methode gute Erfahrungen gemacht.

In der Diskussion, an der sich die Herren Kobold, Kasper, Blaser, Konzett, Keller beteiligen, wird angeregt, dass man den in Frage kommenden Firmen nahelegen soll, wegen der stets vorhandenen und offensichtlich schwer überwindbaren Mängel der Libellen ihr Hauptaugenmerk auf die Einführung und Weiterentwicklung von Kompensatoren an Stelle der Libellen zu richten.

Abschliessend wird die Arbeit verdankt und genehmigt.

#### 3.2.1 Messung der Triangulationsseite 1.Ordnung Mottarone-Campo dei Fiori

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

Herr Huber hebt in seinem Referat einleitend hervor, dass der vorliegende Bericht von Herrn Fischer über die Messungen auf der Dreiecksseite Mottarone-Campo dei Fiori im Hinblick auf die systematischen Fehler, die bei Distomat- bzw. Tellurometer-Messungen auftreten können, einen für die Vermessungspraxis sehr wichtigen Beitrag liefert.

Auf der 24km langen Seite wurden während einer Woche gleichzeitig Messungen mit Geodimetern, mit Tellurometern auf 10cm-, 3cm- und 8mm- Wellen sowie mit Distomaten auf 3cm- Wellen gemacht. Zudem erfolgten Ballonaufstiege längs des Wellenweges zur besseren Erfassung der Meteorologie. Die günstige Lage der Strecke, ca. 1200m über dem Seespiegel, machte die Messungen frei von den gefürchteten Reflexionen und erlaubte damit eine Untersuchung der systematischen Fehler ohne deren Einflüsse.

Ein weiterer günstiger Faktor besteht darin, dass die meteorologischen Bedingungen während der Messwoche stark wechselten. Neben wolkenlos-klaren Tagen (24. Juni) traten auch Tage mit Nebel und Regen auf (23. und 26. Juni). Sodann war die Verteilung der Distomat-Messungen auf die sechs Tage ausserordentlich gut. Praktisch äusserte sich dies darin, dass die Beträge der meteorologischen Reduktion an den einen Tagen 120 bis 140cm erreichten, an anderen hingegen nur 30 bis 45cm. Die reduzierten Messungen der aufeinanderfolgenden Tage 23. und 24. Juni lagen aber am Mittag noch 20 bis 30cm auseinander, wobei die Messungen bei schönem Wetter deutlich kürzer waren.

Bemerkenswert scheint zudem, dass durch das Anbringen der meteorologischen Korrekturen die Kurven der Messwerte an den einzelnen Tagen nicht geglättet wurden. Die reduzierten Messungen folgen einem deutlichen Tagesgang, der an den täglichen Gang von Höhenwinkeln erinnert. Auch dort tritt jeweils am Nachmittag ein Minimum auf. Die tägliche Schwankung der reduzierten Distanzen beträgt im Mittel etwa 15cm auf 24km oder 6mm/km.

Kurz vor der Kommissionssitzung traf das Resultat der italienischen Geodimeter-Messungen ein, das von Herrn Fischer auf die Distomat-Messstrecke umgerechnet wurde. Es ist 13.7cm länger als das Mittel aller 115 Distomat-Messungen und bestätigt damit die Erfahrungen von Hofrat Dr. Mitter, der in seinem jüngsten Aufsatz „Tellurometermessungen im österreichischen Netz 1.Ordnung“ (Oesterreichische



Zeitschrift für Vermessungswesen, Nr. 2, April 1969) schreibt: „Die Vergleichsmessungen, die sich über mehrere Jahre erstreckten, ergaben, dass die Mikrowellenlängen gegen Geodimeterlängen im Mittel um etwa 6mm/km zu kurz waren.“

Herr Huber nahm hierauf auch die früheren Berichte über elektronische Distanzmessungen vor und brachte an den dort angegebenen Massstabsabweichungen gegenüber dem Triangulationsnetz die gefundene Korrektur von 6mm/km an. Dabei wurde die Übereinstimmung teils besser, teils aber auch schlechter.

Zusammenfassend stellt Herr Huber fest, dass

- 1) Einzelmessungen mit Mikrowellengeräten neben den gefürchteten Reflexionseinflüssen auch infolge meteorologischeischer Unsicherheiten recht grosse Streuungen zeigen,
- 2) durch Messung von Halbtags-Serien die Unsicherheiten und Schwankungen wesentlich verringert werden können,
- 3) bei Mikrowellenmessungen eine Korrektur von ca. + 6mm/km angebracht werden muss, wenn Vergleiche mit dem bestehenden Triangulationsnetz durchgeführt werden.

Er beantragt, Herrn Fischer die interessante Arbeit, die uns zu wichtigen Erkenntnissen in der Verwendung von Mikrowellengeräten im praktischen Vermessungsdienst geführt hat, bestens zu verdanken.

Der Präsident dankt für den Bericht und stellt fest, dass die elektromagnetischen Distanzmessungen offenbar doch nicht so genau sind, wie bisher angenommen wurde. Er erwähnt jedoch die Möglichkeit, dass wir im Sommer ein Laser-Geodimeter als Versuchsinstrument erhalten, mit dem wir Seiten 1. Ordnung bis 60km messen können.

Die von den Herren Conzett, Blaser und Bonanomi geführte Diskussion dreht sich hauptsächlich um das Wesen und die Grösse der „systematischen“ Fehler. Herr Fischer versucht, das Entstehen der zeitlichen Unterschiede zu erklären. In erster Linie ist die Störung der bodennahen Luftschichten, in denen wir nach herkömmlicher Art die meteorologischen Elemente ermitteln, dafür verantwortlich.

### 3.2.2 Erstellung eines Kontrollnetzes über das schweizerische Schwerenetz mit LaCoste-Romberg-Gravimetern

Bericht von Herrn Dipl. Ing. W. Fischer (Siehe Anhang 4)

Anstelle des an der Teilnahme an der Kommissionssitzung verhinderten Referenten, Herrn Bachmann, stellt Herr Fischer seinen Bericht selber vor. Eine Diskussion wird nicht verlangt, nachdem noch keine Ergebnisse von den durchgeführten Messungen vorliegen.

### 3.2.3 Publikation Basis Heerbrugg

Referat von Herrn Dipl. Ing. W. Fischer

Die Basis Heerbrugg wurde im Sommer 1959 gemessen, also von 10 Jahren. Die Verzögerung der Publikation ist zu einem grossen Teil auf die internationale Beteiligung zurückzuführen. Jetzt ist die Angelegenheit erneut in Angriff genommen worden, und es ist zu hoffen, dass sie einem baldigen guten Abschluss entgegengeführt werden kann.

Für die Publikation aller mit der Basismessung zusammenhängenden Fragen und deren Resultate sind sechs Hefte vorgesehen:

1. Beschlüsse und Anlage
2. Invardrahtmessungen auf der Basis
3. Winkelmessungen im Basisvergrösserungsnetz
4. Elektronische Distanzmessungen im Basisvergrösserungsnetz
5. Bestimmung der Lotabweichungen, Lotkrümmungen und ellipsoidischen Höhen
6. Berechnung des Basisvergrösserungsnetzes.

Als Autoren wirken die für die einzelnen Arbeiten verantwortlichen Herren:

1. Prof. Dr. F. Kobold und Ing. W. Fischer
2. Prof. Dr. K. Gerke (Braunschweig)
3. Hofrat Dr. J. Mitter (Wien)
4. Vertreter der beteiligten Institute
5. Hofrat Dr. J. Mitter (Wien) (österreichische Stationen)  
Ing. N. Wunderlin (schweizerische Stationen)  
Ing. W. Fischer (Lotkrümmungen)  
Ing. N. Wunderlin (ellipsoidische Höhen)
6. noch nicht bestimmt.

Die Hefte sollen in der Publikationsreihe der „Commission Permanente Internationale des Triangulations Européennes“ (RETrig) erscheinen. Dies entspricht dem internationalen Charakter der Basismessung Heerbrugg. Herausgeber ist Herr Prof. F. Kobold als Leiter der ganzen Basismessung, und das Redaktionskomitee bilden die Herren Dr. G. Kirschmer (München) und Ing. W. Fischer.

Die Manuskripte der ersten drei Hefte sind im Wesentlichen vorhanden. Das 1. Heft muss noch redaktionell bereinigt werden. Das 2. Heft benötigt noch einige Ergänzungen mit den von schweizerischer Seite geleisteten Hilfsmessungen. Das 3. Heft wird zur Zeit noch etwas überarbeitet. Es ist vorgesehen, die Hefte durch Kartenbeilagen zu bereichern, die von der Eidg. Landestopographie und vom Institut für Angewandte Geodäsie zur Verfügung gestellt werden. Der Druck der Hefte soll in München erfolgen.

Die Ankündigung eines baldigen Abschlusses dieser Arbeiten wird mit Erleichterung zur Kenntnis genommen; eine Diskussion wird nicht verlangt.

### 3.3 Die Distanzmessung Punta Gnifetti - Dufourspitze

Bericht von Herrn Dipl. Ing. F. Jeanrichard

Im Monte Rosa-Gebiet befindet sich der Punkt der schweizerischen Triangulation 1. Ordnung auf der Dufourspitze (4'634 m.ü.M.) und der italienische Punkt auf Punta Gnifetti (oder Signalkuppe, 4'554 m.ü.M.) ca. 1.3km S-E der Dufourspitze. Für die Neuausgleichung der Europäischen Triangulationen sollen die Winkelmessungen auf der Dufourspitze nach Punta Gnifetti zentriert werden.

Die Zentrierungselemente wurden im Jahre 1957 von den italienischen Geodäten bestimmt. Die Distanz wurde aus einer mit geeichter 2m-Invarlatte gemessenen Basis und einem Vergrößerungsnetz abgeleitet. Diese Distanz kann aber auch aus der schweizerischen Triangulation 4. Ordnung abgeleitet werden. Die beiden Bestimmungen weichen um 28cm voneinander ab.

Deshalb beauftragte die Schweizerische Geodätische Kommission die Eidg. Landestopographie, diese Distanz direkt mit einem Geodimeter Modell 6 zu messen. Die Messung erfolgte am 22. August 1968. Vor und nach der Beobachtung wurde eine Kontrolldistanz gemessen. Im Mai 1969 wurden die drei Frequenzen im Labor geprüft

und das Gerät auf der Basis Heerbrugg getestet. Alle Kontrollen ergaben, dass die vom Hersteller angegebene Genauigkeit (mittlerer Fehler) von  $\pm(1\text{cm} + 2\text{mm}/\text{km})$  eingehalten wurde.

Zusätzlich zur Distanz wurden noch die gegenseitige Richtung Dufourspitze-Punta Gnifetti sowie Anschlussrichtungen nach Punkten 2. Ordnung gemessen.

Nach Reduktion der schief gemessenen Distanz in die Ebene des schweizerischen Projektionssystems und Zentrierung auf das italienische Zentrum beträgt die Strecke Punta Gnifetti (Pilastrino) - Dufourspitze (Zentrumbolzen) 1'342.14m.

Die früheren Bestimmungen ergaben folgende Resultate:

italienische Messungen	: 1'341.98m
Triangulation 4. Ordnung	: 1'342.26m

Der Mittelwert (1'342.12m), der früher für die Zentrierungsrechnung vorgeschlagen wurde, darf also für die zukünftigen Berechnungen beibehalten werden.

Das beobachtete ebene Azimut der Strecke Punta Gnifetti - Dufourspitze, gemittelt aus gegenseitigen Richtungsmessungen, beträgt  $359^{\text{g}} 19^{\text{c}} 44^{\text{cc}}$ . Das aus der Triangulation IV. Ordnung abgeleitete ebene Azimut beträgt  $359^{\text{g}} 19^{\text{c}} 47^{\text{cc}}$  und dasjenige aus italienischen Messungen  $359^{\text{g}} 19^{\text{c}} 27^{\text{cc}}$ .

In der kurzen Diskussion wird nochmals darauf hingewiesen - und als sehr erwünscht begrüsst -, dass das Geodimeterresultat praktisch mit dem Mittel aus den beiden bisherigen, durch Italien und durch die Schweiz bestimmten Werten zusammenfällt.

### 3.4 Band „Laplace-Punkte“ der „Astronomisch-geodätischen Arbeiten in der Schweiz“

Referat von Herrn Dipl. Ing. N. Wunderlin

Herr Wunderlin referiert mündlich kurz über den von ihm verfassten Band 28 der „Astronomisch-geodätischen Arbeiten in der Schweiz“, der die astronomischen Beobachtungen auf den Laplace-Punkten Rigi (1961), Gurten (1962), Säntis (1963), Hörnli (1963/64) und Niesen (1964) enthalten wird. Eine Diskussion findet nicht statt.

#### 4. PROBLEME DER SCHWEIZERISCHEN UND EUROPÄISCHEN TRIANGULATION

Der Präsident gibt folgenden Ueberblick:

Zur wichtigsten Aufgabe der SGK ist in den letzten Jahren die Mitwirkung bei der neuen Ausgleichung der europäischen Triangulation geworden. Sie besteht im folgenden:

##### Beobachtungen zur Vervollständigung und Verbesserung des schweizerischen Netzes

- Winkelmessungen für die Anschlüsse mit den Netzen der Nachbarstaaten, von der Landestopographie ausgeführt (seit Jahren abgeschlossen).
- Elektronische Distanzmessungen in den Basisnetzen und von Seiten des schweizerischen Netzes 1. Ordnung (in Arbeit).
- Astronomische Beobachtungen auf Punkten des Netzes 1. Ordnung, die als LaplacePunkte in die Ausgleichung eingeführt werden sollen (Arbeit im Jahr 1969 abgeschlossen).
- Astronomische Beobachtungen auf Punkten der schweizerischen Triangulation 1. bis 4. Ordnung, die als Stützpunkte für die Interpolation von Lotabweichungen dienen sollen (Arbeit noch nicht begonnen).

##### Berechnungen des schweizerischen Netzanteils

- Ausgleichung aller Winkelmessungen auf den Punkten 1. Ordnung nach der strengen Methode mit Berücksichtigung der Korrelationen. (Die Arbeit ist für die meisten Winkel abgeschlossen).
- Berechnung der Basisnetze auf Grund der elektronisch gemessenen Distanzen (diese Arbeit ist für die Basis Heerbrugg begonnen, jedoch noch nicht abgeschlossen, für Aarberg erst provisorisch durchgeführt).
- Ausgleichung von Teilen des schweizerischen Netzes mit Einführung der elektronisch bestimmten Distanzen (teilweise durchgeführt, z.B. Feldberg).
- Berechnung von Breiten, Längen und Azimuten für die Laplace-Punkte.
- Berechnung der Lotabweichungskomponenten für die Stützpunkte.

Liegen diese Ergebnisse vor, so soll der schweizerische Netzanteil den internationalen Empfehlungen entsprechend in folgenden Schritten ausgeglichen werden:

1. Geometrische Ausgleichung des Netzes unter Berücksichtigung aller Winkelmessungen, ausgehend von zwei Festpunkten, wobei die Distanz- und astronomischen Messungen nicht eingeführt werden. Diese Ausgleichung ist für den schweizerischen Netzanteil fertiggestellt.
2. Ausgleichung des Netzes mit Einführung aller gemessenen Winkel, Distanzen und der Ausgangsseiten aus den Basismessungen.
3. Ausgleichung des Netzes mit Einführung der Laplace-Punkte.
4. Ausgleichung des Netzes mit Einführung der Lotabweichungen.

Nach Berechnung der 4 Etappen lassen sich Schlüsse über Genauigkeiten, Lotabweichung, Netzdeformationen, Verschiebungen und Verdrehungen ziehen.

Diese Schlussfolgerungen geben Anlass zu weiteren Berechnungen, vielleicht auch Beobachtungen.

Der Kommission liegen heute als Probleme zur Diskussion vor:

1. Stellungnahme zum Bericht des Herrn Keller über die geometrische Ausgleichung des Netzes,
2. Stellungnahme zu den Vorschlägen des Herrn Elmiger über die Interpolation von Lotabweichungen,
3. Fragen des Vorgehens bei der Ausgleichung des schweizerischen Netzanteils.

##### Diskussionsgrundlagen

- Bericht des Herrn Keller an die SGK über die: "Geometrische Netzausgleichung des schweizerischen Anteils am europäischen Triangulationsnetz", Februar 1969
- Auszug aus diesem Bericht, französisch und englisch, der Internationalen Kommission am Symposium von Paris vorgelegt (siehe Annexe 5)
- Provisorischer Bericht des Herrn Elmiger an die Internationale Kommission über die "Schweizerische Methode zur Bestimmung von Lotabweichungen", französisch und englisch (siehe Annexe 6)
- Bericht des Präsidenten über das RETrig-Symposium in Paris, 24.-26. Febr. 1969
- Notes of the meeting of a working group in support of the WESC programme, Paris, 26. Februar 1969, Chairman: Brig. J. Kelsey.

Diskussion

1) Geometrische Netzausgleichung:

Herr Keller referiert kurz über seinen Bericht. Herr Conzett regt an, relative Fehlerellipsen einzuführen, statt der nicht sehr viel aussagenden Fehlerellipsen für die Koordinaten.

2) Interpolation von Lotabweichungen:

Herr Elmiger verweist auf sein Referat des Vorjahres und überreicht den Kommissionsmitgliedern seine Dissertation, welche auch die Frage nach der nötigen Stützpunktdichte beantwortet. Herr Conzett verweist auf einen Aufsatz von Baarda, wo eine wesentlich höhere Genauigkeit für die Lotabweichungen der Stützpunkte verlangt wird (ca. 0.3", gegenüber 2", die von Herrn Elmiger angegeben werden). Herr Elmiger wird gebeten, diesen Widerspruch abzuklären.

3) Europäische Traverse England - Strassburg - Bern bzw. München:

Herr Kobold regt an, den Punkt Rötifluh in diese Traverse einzubeziehen. Herr Schürer fragt sich, ob die vorgesehene terrestrische Traverse nicht sehr bald überholt sein wird; eine direkte Längenmessung zu einem Satelliten z.B. mit Hilfe von Laser, wäre einfacher und ergäbe den gewünschten Effekt einer Massstabskontrolle in einem räumlichen Netz möglicherweise besser.

5. ARBEITSPROGRAMM 1969

Den Kommissionsmitgliedern wurde vom Präsidenten ein schriftliches Arbeitsprogramm für das Jahr 1969 zugestellt, welches von ihm kurz erläutert wird. Es sieht im wesentlichen folgende Arbeiten vor:

1. Elektronische Distanzmessungen im Basisvergrößerungsnetz Aarberg (Wiederholung der Messungen des Jahres 1968) und im Triangulationsnetz 1. Ordnung der Westschweiz, eventuell auch noch im Viereck Rigi - Napf - Briener Rothorn - Titlis. Wenn möglich soll bei diesen Messungen versuchsweise auch ein Laser-Geodimeter eingesetzt werden.
2. Astronomische Beobachtungen (Länge und Breite mit einem mittleren Fehler von  $\pm 0.5$ ) auf einigen Punkten im Kanton Graubünden zur Ergänzung des bestehenden Systemes von Lotabweichungspunkten für die Bestimmung des Geoides.
3. Die 1968 begonnene Einschaltung des Laplace-Punktes Weissfluh in das Triangulationsnetz 1. Ordnung durch die Eidgenössische Landestopographie wird 1969 zu Ende geführt werden.

Dieses Arbeitsprogramm wird von der Kommission ohne Diskussion genehmigt.

6. ABNAHME DER RECHNUNG 1968

Wegen der Abwesenheit des Quästors, Herrn Jeanrichard, erstattet der Präsident Bericht über die Rechnung 1968.

Die Rechnung 1968 wird einstimmig genehmigt und verdankt.

7. VORANSCHLAG FUER 1970

Die Unterlagen wurden den Mitgliedern schriftlich unterbreitet. Der Vorschlag 1970 wird ohne Bemerkungen einstimmig genehmigt.

8. VERSCHIEDENES

Der Präsident orientiert, dass im September 1969 in Strassburg ein Symposium über „Marées Terrestres“ stattfindet. Es wäre erwünscht, dass ein schweizerischer Delegierter teilnähme.

Herr Conzett teilt mit, dass er im September 1969 an einem Symposium der IAG in Sofia über Berechnungsmethoden in der Geodäsie teilnehmen wird.

Nachdem keine weiteren Bemerkungen mehr gemacht werden, kann der Präsident um 12.45 Uhr die Sitzung schliessen.

Anhang 1

Beitrag an die Denkschrift der  
Schweizerischen Naturforschenden  
Gesellschaft

---

Die Schweizerische Geodätische Kommission

1. Aufgabenkreis

Die wissenschaftliche Geodäsie sucht Grösse und Form des Erdkörpers zu bestimmen. Ihr Ziel ist nicht die Erfassung der Erdoberfläche, wie sie in Karten und Plänen dargestellt wird, sondern die Ermittlung von Grösse und Form eines idealisierten Erdkörpers. Als die für ihre Zwecke geeignete Form betrachtet sie die Fläche der ruhenden Ozeane, die sie sich unter den Kontinenten fortgesetzt denkt. Diese Fläche wird als Geoid bezeichnet. Manche Teile des Geoides sind bereits einigermaßen bekannt. Die Schweiz zählt zu den Ländern, in denen die Geoidforschung weit fortgeschritten ist. Es liegt jedoch im Charakter all der Wissenschaften, die sich auf Messungen stützen, dass die einmal gefundenen Werte durch neue Bestimmungen immer wieder verbessert werden müssen. So wird auch das Geoid durch sukzessive Näherungen immer zuverlässiger bestimmt. Fortgesetzte Messungen haben aber auch den Zweck, Aenderungen der Erdoberfläche, wie Kontinentalverschiebungen und Krustenbewegungen festzustellen. So hat die Bestimmung von Form und Grösse des Erdkörpers zunächst wissenschaftlichen Charakter. Sie dient jedoch auch praktischen Zwecken, liefert sie doch die Grundlagen für die praktischen Vermessungen wie sie für Bauzwecke, für Karten und Kataster nötig sind.

Wissenschaftliche Geodäsie ist nur im internationalen Rahmen möglich. Die in der Schweiz ausgeführten Arbeiten bilden daher in der Regel Bestandteile europäischer oder weltweiter Forschungsarbeiten. Die schweizerischen Beiträge haben jedoch besondere Bedeutung, weil das Geoid im zentralsten Teil Europas und namentlich im Gebiet des Juras und der Alpen mehr als in flachen Ländern Aufwölbungen und Vertiefungen gegenüber einer regelmässigen Fläche zeigt. Zudem ist geodätische Forschung in der Schweiz deshalb wichtig, weil sie erlaubt, die analogen Arbeiten der Nachbarländer miteinander in Verbindung zu bringen.

Das von der Geodäsie benötigte Grundmaterial sind Messungen verschiedener Art. Je mehr Messungen vorliegen, desto genauer lässt sich das Geoid bestimmen. Tatsächlich hat die Zahl der Messungen in allen Ländern in ausserordentlichem Mass zugenommen. Bedeutungsvoller noch ist die Verfeinerung längst bekannter Messmethoden - die Geodäsie geht auf die Griechen zurück - und die Entwicklung neuer Verfahren. Die wichtigsten seien skizziert:

- Als geometrische Methoden bezeichnet man solche, die sich auf Winkel- und Streckenmessungen stützen. Namentlich bei den Streckenmessungen ist die Entwicklung bemerkenswert. Bis vor kurzem war die Messung längerer Strecken nur mit Latten, Bändern oder Drähten möglich. Sie erforderte einen sehr grossen Aufwand. Seitdem elektronische Distanzmessgeräte eingesetzt werden können, scheut man vor der Messung von längeren Strecken - ev. mehreren hundert Kilometern - nicht mehr zurück. Die Triangulation, bei der nur Winkel gemessen werden, wird mehr und mehr von einer Kombination von Winkel- mit Streckenmessungen verdrängt.
- Die physikalische Methode der Geodäsie beruht im Prinzip auf der Messung der Erdbeschleunigung (Schwere) an zahlreichen Punkten der Erdoberfläche. Allgemein nimmt die Schwere vom Aequator zu den Polen zu. Aus der Unregelmässigkeit der Zunahme kann man Schlüsse über die Form des Geoides ziehen. Mit Hilfe moderner Instrumente lassen sich Schwerewerte leicht mit hoher Genauigkeit bestimmen. Grösseren Aufwand erfordern die Berechnungsarbeiten, die sich nicht selten auf wenig zuverlässige Annahmen stützen müssen.
- Zu den Methoden der Geodäsie gehören astronomische Beobachtungen. Es sollen mit Hilfe von Fixsternen geographische Breiten und Längen auf zahlreichen Punkten der Erdoberfläche sowie Azimute bestimmt werden.
- In neuester Zeit hat sich als eine der wichtigsten geodätischen Methoden die Satellitenbeobachtung erwiesen. Sowohl geometrische als auch physikalische Verfahren kommen dabei zur Anwendung. Die Satellitengeodäsie ist namentlich für die Bestimmung des Geoides im Grossen und für die absolute Lagebestimmung weit entfernter Fixpunkte von Bedeutung.

Geodätische Forschung ist demnach Naturforschung im eigentlichen Sinnes Wortes, nämlich die Erforschung von Grösse und Form der Erde sowie deren Aenderungen. Sie zu fördern ist die Hauptaufgabe der Schweizerischen Geodätischen Kommission. Sie sucht daher einerseits die Forschungsprojekte und Arbeiten der verschiedenen Institute zu

unterstützen und zu koordinieren, und sie führt andererseits eigene Arbeiten aus, wenn diese Institute nicht in der Lage sind, gewisse Probleme zu lösen. Zu diesen Instituten gehören: das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH, das Institut für Geophysik der ETH, das Institut für Photogrammetrie der EPUL, die Sternwarten von Zürich, Bern, Basel, Neuenburg und Genf. Ausser diesen Instituten, die zur ETH oder zu Universitäten gehören, ist die Eidg. Landestopographie aufzuführen, welche als ihr durch Gesetz überbundene Aufgabe diejenigen geodätischen Aufgaben der Schweiz ausführt, die zur eigentlichen Landesvermessung gehören. Daraus drängt sich eine Arbeitsteilung zwischen diesem Amt und der Geodätischen Kommission auf. Der Landestopographie obliegen die Basismessungen, die Triangulation und das Präzisionsnivellement, so dass der Geodätischen Kommission die astronomischen Beobachtungen, die Schweremessungen und die Satellitenbeobachtungen bleiben. Diese Arbeiten haben weitgehend wissenschaftlichen Charakter, sind jedoch nach heutigen Begriffen Bestandteile moderner geodätischer Grundlagen einer Landesvermessung.

## 2. Bedeutung der geleisteten Arbeit für die Schweiz Wissenschaftlicher Nachwuchs

Die Arbeiten der im Jahre 1861 gegründeten Schweizerischen Geodätischen Kommission werden im Abschnitt 8 beschrieben. Hier soll auf deren Bedeutung hingewiesen werden:

- Es ist die Schweizerische Geodätische Kommission, die in den Jahren 1862 bis ca. 1900 die teilweise noch heute gültigen Ausgangswerte der schweizerischen Landesvermessung schuf, welche den Kartenwerken sowie der Grundbuchvermessung als Grundlagen dienen.
- Die späteren Arbeiten der Kommission betrafen in erster Linie die Erforschung des Geoides in der Schweiz. Mit ihnen wurden wesentliche Beiträge zur Erkenntnis über Aufbau und Entstehung der Alpen geleistet.
- Diese Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen. Es handelt sich um Probleme, die immer wieder mit neuen Methoden gelöst werden müssen, um der tatsächlichen Erdform und Erdgrösse mehr und mehr näher zu kommen.
- Auch die nach 1900 durchgeführten Arbeiten sind für die praktische Landesvermessung nicht ohne Bedeutung, da mit ihnen die Triangulations- und Nivellementsnetze verbessert werden können.

An den Arbeiten der Geodätischen Kommission haben seit deren Bestehen die besten Geodäten und Astronomen mitgewirkt. Die vielseitigen Aufgaben der Kommission haben immer wieder junge Gelehrte angezogen. Sie liessen sich zur Durchführung einzelner Aufgaben und gelegentlich für mehrjährige Anstellungen bei den oben erwähnten Instituten gewinnen.

Die Schweizerische Geodätische Kommission erfüllt eine Landesaufgabe. Ihr obliegt die Forschungstätigkeit auf geodätischem Gebiet. Sie leistet dabei auch Beiträge an die Grundlagen der Landesvermessung, deren Beschaffung Sache der Eidg. Landestopographie ist. Wohl in fast allen europäischen Ländern wurden geodätische Kommissionen aufgestellt, und ihnen allen fällt in erster Linie die Organisation geodätischer Forschungstätigkeit zu. Eine besondere Stellung nimmt die Deutsche Geodätische Kommission ein. Ihre Tätigkeit beschränkt sich auf das Gebiet der Bundesrepublik. Bemerkenswert ist ihr reges wissenschaftliches Wirken, was schon daraus hervorgeht, dass ihr das Deutsche Geodätische Forschungsinstitut untersteht. Der gesamte Personalbestand dieses wissenschaftlichen Institutes beträgt etwa 800. Mindestens ein Viertel des Personals ist mit den Problemen beschäftigt, an denen auch die Schweizerische Geodätische Kommission arbeitet.

Die von den Geodätischen Kommissionen in verschiedenen Ländern zu lösenden Aufgaben werden zum grossen Teil von der Internationalen Assoziation für Geodäsie gestellt. In den letzten Jahren waren die Schaffung eines einheitlichen europäischen Nivellementsnetzes (REUN), eines einheitlichen europäischen Triangulationsnetzes (RETrig), eines europäischen Schwerenetzes und die Mitwirkung bei einem europäischen Satellitennetz besonders wichtig.

### 3. Angaben über Personal

Ueber die grosse Zahl von Forschern und Hilfspersonen, die seit mehr als 100 Jahren an den Arbeiten der Schweizerischen Geodätischen Kommission beteiligt waren, und die an verschiedenen Hochschulen und Instituten eine Anstellung fanden, lassen sich kaum zuverlässige Angaben machen. Dagegen kann das für die Kommission in den letzten Jahren arbeitende Personal wie folgt geschätzt werden:

in Zürich, (ETH):

fast ständig: 1 - 2 Professoren,  
3 Ingenieure (Adjunkte des Institutes für Geodäsie und  
Photogrammetrie),

nur zeitweise: 1 Techniker,  
1 Zeichner,  
4 - 6 Assistenten (des Institutes für Geodäsie und  
Photogrammetrie).

in Bern, (Astronomisches Institut der Universität mit Zweigsternwarte Zimmerwald):

zeitweise: 1 Professor,  
2 - 3 Assistenten.

in Neuchâtel, (Universität und Observatorium):

zeitweise: 1 Professor,  
1 Assistent.

### 4. Koordination mit anderen Instituten im Inland

Die Aufgaben der Geodätischen Kommission erfordern Zusammenarbeit mit zahlreichen wissenschaftlichen und Verwaltungsstellen der Schweiz. Besonders enge Beziehungen bestehen mit der Eidg. Landestopographie und mit den Instituten für Geodäsie, Geophysik und Photogrammetrie der ETH und der EPUL sowie mit den Sternwarten Bern (Satellitenbeobachtungen) und Neuchâtel (Zeitdienst). In Kontakt steht die Geodätische Kommission zudem mit der Geologischen und Geotechnischen Kommission sowie mit der Eidg. Vermessungsdirektion und den Kantons- und Stadtgeometern.

### 5. Koordination mit Instituten des Auslandes

Die Koordination der internationalen geodätischen Untersuchungen erfolgt durch die Internationale Assoziation für Geodäsie mit ständigem Sekretariat in Paris. Sie publiziert die Ergebnisse der internationalen Arbeiten in den „rapports“ und berichtet über neue Forschungen in den „bulletins“.

Aus den im internationalen Rahmen der Schweiz zufallenden Aufgaben ergibt sich ein enger Kontakt mit den geodätischen Kommissionen und den staatlichen Vermessungsämtern der Nachbarstaaten. Ohne Koordination mit Instituten des Auslandes ist insbesondere die Satellitengeodäsie nicht denkbar. Auch auf diesem Gebiet herrscht deshalb ein intensiver internationaler Verkehr.

### 6. Wissenschaftliche Apparate

Die Kommission besitzt eine Reihe älterer astronomischer Instrumente, die indessen nicht mehr gebraucht werden. Die modernen Beobachtungen werden zum

grössten Teil mit Instrumenten ausgeführt, die den Hochschulen, namentlich der ETH gehören. In den letzten Jahren hat die Kommission nur solche Geräte gekauft, deren Anschaffung für die Hochschulen nicht in Frage kam.

#### 7. Arbeitsprogramm 1969 - 1973

Bereits wurde darauf hingewiesen, dass die von der Schweizerischen Geodätischen Kommission durchzuführenden Arbeiten Bestandteile des von der Internationalen Assoziation für Geodäsie generell aufgestellten Forschungsprogramms bilden. Gemäss Beschlüssen dieser Assoziation an den letzten Generalversammlungen (letzte im Herbst 1967 in Luzern im Rahmen der UGGI) sollen u.a. folgende Projekte gefördert werden:

##### 7.1 Europäisches Nivellementsnetz (REUN)

Die wichtigsten Linien der Landesnivellements Europas wurden einer gemeinsamen Ausgleichung unterzogen. Die Ergebnisse, die 1957 vorlagen, stimmen besser überein, als erwartet werden konnte. Die Genauigkeit einer Nivellementslinie von 1000km liegt bei rund  $\pm 3$ cm. So bald als möglich soll ein zweites, ähnliches Unternehmen begonnen werden. Man möchte damit das Netz verdichten, um genaue Höhen auch für die Gebiete zu erhalten, die bisher nicht berücksichtigt wurden, und man möchte namentlich Aufschluss über Hebungen und Senkungen auf dem europäischen Kontinent sowie in Fennoskandinavien erhalten. Die Nivellementsarbeiten werden von der Eidg. Landestopographie übernommen, während die zugehörigen Schweremessungen von der Geodätischen Kommission durchgeführt werden.

##### 7.2 Europäisches Triangulationsnetz (RETrig)

In den ersten Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg schloss der Army Map Service der USA die Triangulationen der europäischen Länder zu einem Ganzen zusammen. Das Werk wies manche Mängel auf, sodass die Assoziation für Geodäsie an der Generalversammlung der UGGI vom Jahre 1953 beschloss, die Arbeit neu auszuführen. Dabei sollten die Länder zahlreiche Distanzen in ihren Netzen messen, neue astronomische Beobachtungen ausführen, und es sollten insbesondere die Verbindungen zwischen Nachbarländern besser als bisher gestaltet werden.

An diesem Programm ist auch in der Schweiz in den letzten Jahren intensiv gearbeitet worden, wobei die Landestopographie zur Hauptsache die Winkelmessungen und die Geodätische Kommission die Streckmessungen und die astronomischen Beobachtungen durchführten. Der schweizerische Anteil am europäischen Netz dürfte nach Abschluss der Arbeiten zu den besten gehören, und damit ist dem Wunsch der

europäischen Triangulationskommission Rechnung getragen, das europäische Netz im Alpengebiet möglichst gut zu verankern.

Die Feldarbeiten dürften bis etwa 1971 abgeschlossen sein, die Berechnungen werden kaum vor 1974 vorgelegt werden können.

Das europäische Netz soll folgenden Zwecken dienen:

- Möglichkeit, die Koordinaten eines Landes in die der anderen umzurechnen, (nötig für Karten- und für Bauzwecke im Grenzgebiet zweier Staaten).
- Feststellung der mathematischen Erdform in Europa.
- Grundlage für spätere Vergleiche zur Feststellung von Krustenbewegungen und Kontinentalverschiebungen.

##### 7.3 Europäisches Schwerenetz

Auf Grund der Empfehlungen der Internationalen Assoziation für Geodäsie hat die Schweizerische Geodätische Kommission vor ungefähr 15 Jahren mit den Messungen für ein modernes Schwerenetz begonnen. Ein erster Bestandteil, das weitmaschige, sehr genaue Grundnetz ist seit längerer Zeit fertiggestellt. Durch Netze erster, zweiter und ev. dritter Ordnung wird das Grundnetz verdichtet. Für die Schweizerische Geodätische Kommission ergeben sich für die nächsten Jahre folgende Aufgaben:

- Ergänzung der Beobachtungen im Netz erster Ordnung,
- Ausgleichung des beobachteten Netzes erster Ordnung,
- Ev. Neuausgleichung des Grundnetzes,
- Reduktion der beobachteten Schwerewerte auf das Geoid,
- Erstellen einer Schwerekarte.

##### 7.4 Bestimmung des Geoides in der Schweiz

Ueber das Geoid in der Schweiz liegen bereits mehrere Untersuchungen vor, nämlich das Profil im Meridian durch den St.Gotthard und das Profil im Parallelkreis durch die Sternwarte Zürich, sowie eine flächenmässige Bestimmung im Berner Oberland, Oberwallis und Bedrettal.

Das Geoid für die ganze Schweiz sollte nun in wenigen Jahren bestimmt werden können, da die bisherigen Untersuchungen Aufschluss über die zweckmässigste Methode geben. Sie wird im Prinzip aus der Beobachtung weiterer astronomischer



Stationen und in der Einschaltung zahlreicher Punkte durch Berechnung der Lotabweichungen aus Massen und nachheriger Interpolation in die astronomischen Stationen bestehen.

Das Programm für die Geoidbestimmung sieht demnach vor:

- Ergänzende astronomische Beobachtungen,
- Berechnung von Lotabweichungen aus Massen und Interpolation in die astronomisch bestimmten Lotabweichungen,
- Bestimmung des Geoides aus Lotabweichungen,
- Bestimmung des Geoides aus Schwerewerten,
- Kombination der beiden Methoden,
- Zusammenhang des Geoides in der Schweiz mit den Geoidteilen der angrenzenden Länder.

#### 7.5 Satellitenbeobachtungen

Die Bedeutung der Satellitengeodäsie liegt ausgesprochen auf internationaler Ebene. Erst bei Distanzen von über 1000km ist eine Konkurrenzierung der klassischen Methoden zu erwarten. Eine gut ausgebaute Station genügt deshalb für die Schweiz vollkommen, ist aber für den guten Ruf der Schweiz als geodätisch vollentwickeltes Land auch erforderlich. Die Station Zimmerwald soll deshalb auch mit einem Laser-Entfernungsmesser ausgerüstet werden, der die Genauigkeit noch um eine Grössenordnung steigern dürfte. Ein entsprechendes Gesuch beim Nationalfonds ist bereits bewilligt worden.

Neben der internationalen hat aber eine Satellitenbeobachtungsstation auch nationale Bedeutung, kann doch damit das schweizerische Geoid erstmals auf ein einheitliches weltweites Referenzellipsoid bezogen werden.

#### 8. Bisherige Leistungen

Die heutige Schweizerische Geodätische Kommission wurde im Jahre 1861 gegründet. Sie hatte indessen eine Vorläuferin, die den gleichen Namen verdienen würde, da sie massgebenden Einfluss auf die erste schweizerische Landesvermessung und auf die Herstellung und Herausgabe der Dufour- und Siegfriedkarte ausübte. Von einer amtlichen Vermessung unseres Landes kann erst vom Jahre 1809 an gesprochen werden,

als während der Grenzbesetzung versucht wurde, bestehende Vermessungswerke der Kantone zusammenzuschliessen. Doch erst im Jahr 1832 wurden die grundlegenden Beschlüsse gefasst, als eine vom eidgenössischen Oberstquartiermeister eingesetzte Kommission sich mit dem zu schaffenden Kartenwerk befasste. Sie setzte sich zum kleinen Teil aus Militärs zusammen, in ihr sassen die massgebenden Geodäten, Astronomen und Physiker unseres Landes. Bemerkenswert sind die Beschlüsse dieser Kommission. Das neue Kartenwerk sollte den Massstab 1 : 100.000 aufweisen - für die damalige Zeit keine Selbstverständlichkeit - und die Aufnahme im Feld sollte in den Massstäben 1 : 25.000 und 1 : 50.000 erfolgen. Als Nullpunkt wurde die alte Sternwarte Bern gewählt, weil hier französische Ingenieure während der Besetzungszeit astronomische Beobachtungen ausgeführt hatten, und endlich wurde das Projektionssystem der Karte festgelegt.

So gescheit und zweckmässig diese Beschlüsse auch waren, die Arbeit konnte nicht vorwärts gehen, weil die Tagsatzung die nötigen finanziellen Mittel nicht zur Verfügung stellte. Wohl war das Triangulationsnetz erster Ordnung im Mittelland bis etwa 1830 fertiggestellt, dagegen fehlte es noch im Alpengebiet, und mit der eigentlichen Kartenaufnahme war kaum begonnen worden.

Die Landesaufnahme wäre wohl kaum in Gang gekommen, wenn nicht auch von anderen als nur militärischen Stellen eine moderne Karte mit allem Nachdruck gefordert worden wäre. Den wichtigsten Vorstoss unternahm die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft auf Antrag des Geologen B. Studer in den Jahren 1828 und 1829, als sie in Druckschriften die Oeffentlichkeit und in Eingaben die Militärbehörden über die Bedeutung einer Landesvermessung und von Kartenwerken aufklärte. Sie leistete zudem einen Betrag von Fr. 3.000.- und bestellte eine Kommission, die im Einvernehmen mit Behörden und Amtsstellen das Werk fördern sollte. Von dieser Kommission könnte gesagt werden, dass sie eine Vorläuferin der heutigen war. Wenn sich die Tagsatzung mit der Zeit veranlasst sah, das Unternehmen durch Zuwendung grösserer Mittel zu fördern, so hat die SNG und speziell die Kommission daran grosse Verdienste. So konnte der spätere General Dufour, dem im Jahr 1832 das Amt des Oberstquartiermeisters übertragen wurde - er hatte übrigens den erwähnten Kommissionen nicht angehört - Vermessung und Kartenherstellung so vorantreiben, dass 1864 sämtliche Blätter der Karte 1 : 100.000 vorlagen. Ihm folgte als Chef des Stabsbüros Oberst Siegfried, der die Originalaufnahmen publizierte und so das Kartenwerk schuf, das seinen Namen trägt. Dufour hat übrigens der Kommission der SNG periodisch über den Stand der Arbeiten Bericht erstattet.

Die Gründung der heutigen Kommission geht auf eine Anregung des Chefs der preussischen Landesaufnahme - General Bayer - vom Jahre 1861 zurück. Er schlug den Regierungen der mitteleuropäischen Staaten vor, ihre Landestriangulationen zu einem einheitlichen Netz zusammenzuschliessen, um so die Grösse des Erdkörpers genauer bestimmen zu können als dies bisher der Fall war. Besonderes Gewicht sollte auf die Feststellung der Unregelmässigkeiten dieses Körpers in Mitteleuropa gelegt werden. Der Bundesrat ersuchte sowohl den Chef des topographischen Büros - General Dufour - als auch die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft um ihre Stellungnahme. Beide begrüsst die Mitwirkung unseres Landes und schlugen die Bildung einer Kommission im Rahmen der SNG vor, die mit der Prüfung aller mit dem Projekt zusammenhängenden Fragen sowie mit der Durchführung der Arbeiten beauftragt werden sollte. Der Bundesrat stimmte zu, und im Jahre 1861 wurde die Schweizerische Geodätische Kommission zusammengestellt.

Die von der Kommission bisher ausgeführten Arbeiten lassen sich in zwei Phasen unterteilen:

#### Erste Phase:

Als die Kommission die Frage zu beantworten hatte, ob die für die Siegfried- und Dufourkarte erstellte Triangulation erster Ordnung genüge, um in das europäische Netz einbezogen zu werden, musste sie diese Frage mit Zustimmung von General Dufour, der als erster Kommissionspräsident wirkte, verneinen. Die Aufgabe der Kommission bestand daher zunächst darin, ein neues Dreiecksnetz zu entwerfen und zu messen. In jahrzehntelanger Arbeit (1862 - 1885) entstand das sogenannte Gradmessungsnetz. Es stützt sich auf astronomische Beobachtungen im Nullpunkt Bern, auf drei Basislinien (Aarberg, Bellinzona und Weinfelden) und auf neue Winkelmessungen. Die Ausführung aller Messungen und Berechnungen war Sache der Geodätischen Kommission, da das topographische Büro - die spätere Landestopographie - sich in erster Linie mit der Aufnahme und Herausgabe der Karten beschäftigte. Das Gradmessungsnetz erstreckt sich nicht über die ganze Schweiz, sondern nur über Mittelland und Jura sowie über einen Ast über den Gotthard nach dem Tessin. Graubünden und Wallis werden von diesem Netz nicht erfasst. Die Genauigkeit befriedigte nicht in allen Teilen. Sie genügte jedoch im Mittelland und im Jura nicht nur für den schweizerischen Teil des internationalen Netzes, sondern auch als Grundlage für die kantonalen Vermessungen, die damals im Gange waren. Darin liegt wohl auch der wichtigste Grund, dass die damals bestimmten Koordinationen der Punkte im Jura, im Mittelland und in den Voralpen in die moderne Triangulation übernommen wurden.

So stützt sich also ein grösserer Teil der heutigen Vermessungen auf ein Netz, das vor rund 100 Jahren von der Schweizerischen Geodätischen Kommission gemessen und berechnet wurde.

Kurz nach ihrer Gründung wurde die Schweizerische Geodätische Kommission vom Eidg. Departement des Innern mit einer weiteren Landesaufgabe betraut. Die Kommission sollte für die ganze Schweiz ein Nivellement hoher Präzision durchführen, da die von den Bahnunternehmen verwendeten Höhen nicht miteinander übereinstimmten. Aehnlich wie bei der Triangulation beschritt die Kommission auch hier eigene, vom Ausland unabhängige Wege. Sie stellte bis zum Jahre 1895 ein Landesnivellement her, das nach damaliger Auffassung als genau gehalten werden durfte. Seine Qualität zeigt sich darin, dass für das heutige Landesnivellement, das im allgemeinen höheren Genauigkeiten entsprechen soll, zahlreiche Höhen des alten Präzisionsnivellementes der Kommission übernommen werden konnten.

Schon während dieser ersten Phase wurde auch die wissenschaftliche Geodäsie gepflegt. Nicht nur auf dem Nullpunkt, sondern auf allen Punkten im Mittelland und im Jura des Netzes erster Ordnung wurden astronomische Beobachtungen ausgeführt, die heute noch verwendet werden. Zudem versuchte man durch Pendelmessungen, Schwerewerte zu bestimmen. Diese Ergebnisse sind veraltet und können mit Rücksicht auf die heutigen Genauigkeitsansprüche nicht mehr verwendet werden.

#### Zweite Phase:

Die zweite Phase beginnt ungefähr mit dem Inkrafttreten der Militärorganisation vom Jahre 1907. In dieser wurde die Landestopographie mit der Beschaffung der geodätischen Grundlagen für Karten und Pläne beauftragt, d.h. mit Aufgaben, die vorher in den Aufgabenbereich der Kommission gehörten. Daraus ergab sich eine Trennung der Aufgaben zwischen diesem Amt und der Kommission. Seither führt die Landestopographie alle die Messungen und Berechnungen aus, die der Landesvermessung unmittelbar dienen, während der Kommission die Lösung der Probleme wissenschaftlichen Charakters bleibt. Die Trennung der Aufgaben hat daher zur Folge, dass die Triangulation und das Nivellement grundsätzlich zum Aufgabenbereich der Landestopographie gehören, während die astronomischen Beobachtungen, die Geoidbestimmungen, die Schweremessungen und die Satellitenbeobachtungen von der Kommission durchgeführt werden.

#### Astronomische Beobachtungen

Die von der Schweizerischen Geodätischen Kommission in den Jahren nach 1910 durchgeführten astronomischen Beobachtungen gehen auf ein Projekt der Internationalen Assoziation für Geodäsie zurück. Es sollten die genauen astronomischen Längen zahlreicher Punkte bestimmt werden.

Für die Schweiz wurden die Sternwarten von Zürich, Genf und Neuenburg sowie die Feldpunkte Rigi, Chur, Poschiavo und Gurten gewählt. Der schweizerische Anteil am internationalen Längennetz zeichnet sich durch ausserordentlich hohe Genauigkeit aus. Die Bearbeiter übernahmen nicht einfach bereits bekannte Methoden, sondern sie bauten bestehende aus und entwickelten neue. Dieses Längennetz war nach dem Zweiten Weltkrieg das einzige in Zentraleuropa, das vollständig erhalten geblieben war und an das die deutschen Geodäten ihre Punkte nach 1950 anschlossen.

Zu den astronomischen Beobachtungen hoher Genauigkeit gehören auch Längen-, Breiten- und Azimutbestimmungen auf Punkten des Triangulationsnetzes erster Ordnung. Derartige Beobachtungen gestatten, die Genauigkeit des im allgemeinen nur aus Winkelmessungen aufgebauten Triangulationsnetzes zu erhöhen (sog. Laplace-Punkte). Die Zahl der Laplace-Punkte wurde in der Schweiz höher als in den meisten anderen Ländern gewählt, weil von der Internationalen Assoziation für Geodäsie eine besonders gute Verankerung des europäischen Triangulationsnetzes im Alpengebiet gefordert wurde. Die Beobachtungsmethoden für solche Punkte sind kaum neu, doch wurden sie von den Beauftragten in mancher Hinsicht verbessert.

#### Basis- und elektronische Distanzmessungen

Bei der Berechnung der europäischen Triangulation hatte sich gezeigt, dass die Masstäbe der Triangulationsnetze Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz nicht zusammenstimmen. Es wurde daher im Jahre 1959 eine neue Basis in der Gegend von Heerbrugg nach der klassischen Methode mit höchster Genauigkeit gemessen. Verwendet wurden dabei 20 verschiedene Drähte. Die 7km lange Basis weist einen mittleren Fehler von weniger als 2mm auf, die daraus abgeleitete Seite Säntis-Pfänder einen solchen von  $\pm 4$ cm.

In der modernen Triangulation werden mehr und mehr ausser Winkeln auch Seiten gemessen, seitdem Geräte für elektronische Distanzmessungen zur Verfügung stehen. Die Genauigkeit ist nicht so hoch wie die der Basismessungen, doch genügt sie,

um ein Winkelnetz wesentlich zu verbessern. Die Kommission hat solche Messungen in der NE-Schweiz im Gebiet der alten und neuen Basen von Weinfeldern und Heerbrugg sowie längs der Landesgrenze Deutschland-Schweiz durchgeführt. Sie gedenkt ähnliche Messungen auch im Gebiet der Basen von Aarberg und Bellinzona vorzunehmen. An derartigen Beobachtungen, namentlich im Netz Bellinzona, sind die Geologen stark interessiert, erwarten sie doch, dass durch genaue Messungen vielleicht noch heute andauernde Bewegungen in der Wurzelzone der Alpen nachgewiesen werden können.

#### Schweremessungen

Ende des letzten und noch anfangs dieses Jahrhunderts mussten Schweremessungen auf Grund der Beobachtung von Schwingungszeiten von Pendeln durchgeführt werden. Dabei hatte der Beobachter Zeitbestimmungen mittels astronomischer Beobachtungen durchzuführen. Die Methode war mühsam und gab nicht die Genauigkeiten, die heute erwartet werden dürfen. Zu den Ländern, die damals ein vollständiges Schwerenetz aufbauten, gehört die Schweiz. Ihr Schwerenetz war als einziges im Jahre 1918 fertiggestellt, und es zeichnete sich durch eine Präzision aus, die anderorts im allgemeinen nicht erreicht wurde. Die auf Grund dieser Beobachtungen gezeichnete Schwerekarte zeigt deutlich die Massenverteilung in unserem Land. Sie ist für die Geologen bedeutungsvoll.

Die Methode der Pendelmessungen ist seit 3 Jahrzehnten überholt. An Stelle der Pendel arbeitet man mit statischen Schweremessern, deren Bedienung viel einfacher ist und die bedeutend höhere Genauigkeiten geben. Ein internationales Programm verpflichtet die Länder zur Erstellung moderner, genauer Schwerenetze. Die Schweizerische Geodätische Kommission befasst sich seit rund 15 Jahren mit der Aufgabe und rechnet damit, sie in wenigen Jahren abschliessen zu können.

Schwerewerte sind übrigens auch nötig zur korrekten Berechnung von Nivelementen. Das Programm für deren Ermittlung wird im Einvernehmen mit der Landes-topographie festgelegt.

#### Geoidbestimmungen

Es gibt kaum ein Land, in dem der Verlauf des Geoides so gut bekannt ist wie in der Schweiz. Die Schweizerische Geodätische Kommission hat diese Aufgabe immer als eine ihrer wichtigsten betrachtet und bereits zu Beginn ihrer Tätigkeit Versuche zur Bestimmung der mathematischen Erdform angestellt. Den Untersuchungen aus dem letzten Jahrhundert kommt heute kaum mehr Bedeutung zu.

Die Erforschung des Geoides in der Schweiz geschah im 20. Jahrhundert zunächst längs zwei Profilen, von denen das eine dem Meridian des St. Gotthard folgend die Alpen überquert, während das andere im Parallelkreis von Zürich Aufschluss über die Erdform im Jura und im Mittelland gibt. Diese Arbeiten waren ca. 1948 abgeschlossen und publiziert. Anschliessend an diese Profilaufnahmen erfolgte die Aufnahme grösserer Flächenstücke mit Hilfe gegenseitiger Zenitdistanzmessungen und einiger astronomisch bestimmter Punkte. Diese Untersuchungen, die im Berner Oberland, im Oberwallis und im oberen Tessin durchgeführt wurden, konnten vor kurzer Zeit abgeschlossen werden. Sie lieferten sehr interessante Ergebnisse und geben die Grundlagen für ein abgekürztes Verfahren, das erlaubt, über das Geoid im ganzen Land in einigen Jahren Aufschluss zu erhalten.

So haben die in der zweiten Phase von der Kommission gelösten und zu lösenden Aufgaben mehr wissenschaftlichen Charakter als die der ersten Phase. Auch ihnen ist jedoch eine praktische Bedeutung nicht abzusprechen. Je genauer Erdgrösse und Erdform bekannt sind, und je besser man über Schwerkraft informiert ist, desto einwandfreier sind die Grundlagen für die praktischen Vermessungen. Die vorhandenen genügen für Kartenzwecke und im allgemeinen auch für die Zwecke der Grundbuchvermessung. Sie müssen jedoch verbessert werden, wenn es darum geht, genaue Absteckungen für grosse Bauwerke (z.B. Strassentunnel St. Gotthard) durchzuführen.

Für die Schweizerische Geodätische Kommission wird daher die Aufgabe nach wie vor darin bestehen, wissenschaftliche Geodäsie zu betreiben, die gegebenenfalls auch den praktischen Aufgaben dienstbar gemacht werden kann. Es ist für die Mitglieder, aber auch für alle wissenschaftlich Interessierten unseres Landes eine besondere Pflicht, den hohen Stand der schweizerischen Geodäsie, die auch einen ausgezeichneten Ruf im Ausland besitzt, aufrechtzuhalten und nach Möglichkeit zu vermehren. Dazu bedarf die Kommission des Wohlwollens der Bundesbehörden und der finanziellen Unterstützung.

## Anhang 2

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

### Die Ergebnisse der Astronomischen Beobachtungen im August und September 1968 auf dem Laplace-Punkt Weissfluh-Gipfel und auf dem Säntis

#### Allgemeines über die Beobachtungen

Gemäss dem Beschluss der Schweizerischen Geodätischen Kommission sollte der Triangulationspunkt Weissfluh-Gipfel zu einem Laplace-Punkt gemacht werden. Die astronomischen Beobachtungen erfolgten im August und September 1968 nach den üblichen, auch bei den andern Laplace-Punkten angewandten Methoden. Als Referenzstation für die Längenbestimmungen war die Eidg. Sternwarte Zürich gewählt worden, als Zielpunkt für die Azimutmessungen der Säntis, wobei gleichzeitig auch das Azimut vom Säntis zum Weissfluh-Gipfel gemessen wurde.

Beobachter auf der Weissfluh war Prof. Dr. H. Müller vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich, Beobachter auf dem Säntis Dr. N. Danial aus Kairo und Dipl. Ing. A. Chapuis vom genannten Institut der ETH Zürich. Die Referenzbeobachtungen in Zürich benötigten wegen der ungünstigen Witterung die ziemlich lange Zeitspanne vom 4. - 20. August und 10. - 19. September, die Beobachtungen auf der Weissfluh wurden vom 20. August bis 9. September durchgeführt, die Azimutmessungen auf dem Säntis gelangen in der Zeit vom 21. August bis zum 9. September. Benutzt wurden die Universalinstrumente Wild T4, für eine Serie auf dem Säntis auch ein DKM 3A, der von der Firma Kern zur Verfügung gestellt war. In Zürich und auf der Weissfluh wurden die Instrumente auf Pfeilern aufgebaut, auf dem Säntis auf einem Stativ, da die Visur vom dort befindlichen Pfeiler zum Weissfluh-Gipfel durch das Anemometerhäuschen und die Pyramide über dem Triangulationspunkt verdeckt ist. Als Beobachtungsuhr diente in Zürich und auf der Weissfluh ein Quarzchronometer Nardin-Ebauches Typ B 650, der laufend mit dem Zeitzeichen HBG von Neuenburg verglichen wurde. Die Zeitregistrierung erfolgte bei den Längenbestimmungen in Zürich und auf der Weissfluh diesmal sowohl mit dem Druckchronographen vom Typ Chronotypogines der Firma Longines in St-Imier, als auch mit einem 4-Spitzen-Favag-Schreibchronographen, um einerseits beide Apparaturen auf die Weise miteinander zu vergleichen, und um andererseits zu erproben, wie sich der inzwischen umgebaute Druckchronograph im Feld bewährte. Der Umbau bestand darin, dass nun die Zeit- bzw. Mikrometer-Signale den Drucker direkt betätigen, so dass also die Zeiten sofort bei der

Beobachtung ausgedruckt werden, während früher die Signale auf Tonband aufgenommen wurden, das dann nachher im geschützten Raum abgespielt wurde und hier den Drucker betätigte. Der Vorteil der neuen Methode besteht darin, dass man Zeit spart und gleich während der Beobachtung übersieht, ob die Zeiten in Ordnung sind. Ein gewisser Nachteil besteht darin, dass die Druckapparatur im Feld aufgebaut werden muss und hier den Witterungsbedingungen wie Kälte, Wind, Feuchtigkeit ausgesetzt ist, auch muss 220 V Wechselstrom zur Verfügung stehen. Im vorliegenden Fall hat sich diese neue Einrichtung bewährt, jedenfalls waren die Witterungseinflüsse beim Druckchronographen nicht störender als auch beim Schreibchronographen.

#### Längenbestimmungen auf dem Weissfluh-Gipfel

Die Längenbestimmungen wurden nach der Meridianmethode ausgeführt, und die Reduktion erfolgte in der üblichen Weise (vgl. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, Bd. 26, Seite 68-72). Insgesamt liegen 17 Serien mit 231 Sterndurchgängen vor, 9 Serien auf dem Weissfluh-Gipfel, je 4 Serien vorher und nachher auf dem T4-Pfeiler der Eidg. Sternwarte in Zürich.

Als Beobachtungsuhr diente die erwähnte Quarzuhr. Vor, nach und mehrfach während jeder Beobachtungsserie wurde das Zeitzeichen HBG registriert und daraus unabhängig voneinander für den Druckchronographen und für den Schreibchronographen die Korrektur der Quarzuhr auf HBG bestimmt. Der Empfang der Zeitzeichen variierte stets ein wenig, was an den registrierten Signalen zu erkennen war, die eine etwas verschiedene Länge aufwiesen; zwischen den kürzeren und den längeren Signalen konnten Differenzen der Einsatzzeiten bis zu 26ms festgestellt werden, die kürzeren Signale setzten etwas zu spät ein. Zur Herleitung der Uhrkorrektur wurden deshalb, wie man es auch früher nach Möglichkeit stets getan hatte, immer nur die besten Signale verwendet. Es ist allerdings nicht völlig ausgeschlossen, dass diese Signale gelegentlich auch ein wenig zu früh einsetzten, wenn sich irgendeine Radio-Störung den Zeitsignalen überlagerte. Beim Druckchronographen wirkt sich der Unterschied zwischen besserem und schlechterem Empfang offensichtlich weniger aus, hier sind die Differenzen kaum verbürgbar. Die erhaltenen Uhrkorrekturen differierte ein wenig für beide Chronographen, doch sind die Differenzen fast immer kleiner als 10ms. Dabei waren die Zeiten beim Schreibchronographen sogar im Durchschnitt etwas früher, was wohl auf die Auswahl der besonders langen Kontakte zurückzuführen ist, während der Druckchronograph wohl eher einen mittleren Wert liefert. Setzt man voraus, dass die Referenzbeobachtungen in der gleichen Weise beeinflusst sind wie die

Feldbeobachtungen, so sollte sich der genannte Unterschied aufheben. Hingegen könnte man beim Druckchronographen eher eine etwas höhere Genauigkeit erwarten als beim Schreibchronographen. Das Ablesen der Streifen auf 0.1mm entspricht 10ms, und von dieser Grössenordnung könnten auch hier systematische Fehler sein, während die ausgedruckten Zeiten nur einige Millisekunden streuen. Im Endergebnis sollte man darum wohl dem Druckchronographen den Vorzug geben.

In den Zirkularen D vom Bureau International de l'Heure werden jetzt schon immer nach etwa 2 Monaten die nötigen Daten publiziert, dass man die von HBG ausgestrahlte Zeit in die Weltzeit am Beobachtungsort TUO verwandeln kann. Die Laufzeiten der Signale wurden wegen der kleinen Entfernungen vom Sender nicht berücksichtigt; sie gehen in die persönlich-instrumentelle Gleichung ein, und die hier einzig in Frage kommende Entfernung Zürich-Weissfluh ist viel zu klein, als dass man diese Zeitdifferenz noch einbeziehen müsste.

Die Ausgleichung der einzelnen Serien ergab für Zürich im Durchschnitt einen mittleren Fehler der Uhrkorrektur von  $\pm 0^s.012$ , für die Weissfluh von  $\pm 0^s.015$  für eine einzelne Serie, was durchaus den früheren Erfahrungen entsprach. Sehr unbefriedigend war aber, dass die Uhrkorrekturen der einzelnen Serien sehr stark differierten; die Abweichungen gegen das Mittel wuchsen in Zürich bis auf  $0^s.067$ , auf der Weissfluh bis auf  $0^s.189$  an, was zu mittleren Fehlern der Serienmittel von  $\pm 0^s.015$  bzw.  $\pm 0^s.040$  führte. Die nähere Prüfung der einzelnen Serien liess erkennen, dass die Serien, bei denen die Stehachsenschiefe im Durchschnitt klein war, ziemlich gut übereinstimmten; mit zunehmender Stehachsenschiefe wuchsen auch die Abweichungen gegen den Mittelwert, wobei positive oder negative Beträge der Stehachsenschiefe auch die Abweichungen mit entgegengesetztem Vorzeichen ergaben. Die Durchsicht früherer Beobachtungsreihen mit dem gleichen Instrument und der gleichen Hängelibelle, 1965 auf der La Dôle, 1966 auf dem Monte Generoso, zeigten das gleiche Bild, nur nicht so stark ausgeprägt, so dass man es weniger beachtet hatte. Dieser Befund führt zu dem eigentlich zwingenden Schluss, dass der Parswert des Niveaus nicht konstant ist, dass er offensichtlich mit der Temperatur, vielleicht auch mit dem Luftdruck variiert. Dazu passt auch noch folgende Beobachtungstatsache. Besonders auf der Weissfluh, aber auch in den Vorjahren auf der La Dôle und auf dem Monte Generoso war es aufgefallen, dass sich der Spielpunkt des Niveaus oft stark verschoben hatte. Nach Korrektur vor den Beobachtungsserien mit den dafür vorhandenen Korrekturschrauben änderte sich seine Position im Laufe der Nacht nicht mehr. Parswertänderung und Spielpunktverschiebung kann man vielleicht in der Weise verstehen, dass die Halterung der Niveauröhre sich bei sinkender Temperatur

auf der einen Seite stärker zusammenzieht als auf der anderen; die Röhre wird dann stärker gekrümmt, d.h. der Parswert wird grösser und der Spielpunkt wandert. Dass Parswertänderungen von Libellen auftreten, ist nicht unbekannt. Der Vorläufer des jetzt benutzten Hängenniveaus zeigte zeitliche Parswertänderungen bei nicht wesentlich verschiedenen Temperaturen bis zu 20%; die Ursache davon ist völlig ungeklärt. Es wird auch auf einige neuere diesbezügliche Publikationen hingewiesen, in denen gezeigt wird, dass der Parswert von verschiedenen Faktoren abhängt und dass durch solche Niveaufehler systematische Fehler in astronomischen Ortsbestimmungen verursacht sind.

Im vorliegenden Fall wurde nun der Versuch gemacht, rein empirisch aus den Beobachtungsreihen auf der Weissfluh, auf der La Dôle, auf dem Monte Generoso, eine möglichst einfache Beziehung zwischen Parswert und Temperatur herzuleiten, durch die die gefundenen Diskrepanzen der einzelnen Serien stark verringert oder beseitigt werden. Als Ergebnis wurde daraufhin angenommen: Der Parswert wächst unterhalb von  $+18^{\circ}\text{C}$  linear stark an bis zur Temperatur von  $+8^{\circ}\text{C}$ , um dann wieder konstant zu bleiben. Da eine starke Differenzierung sicherlich nicht sinnvoll ist, wurde im einzelnen folgender Ansatz benutzt: Der ursprüngliche Parswert wird multipliziert

- mit 1.1 bei Temperaturen von  $+15^{\circ}$  bis  $+17^{\circ}\text{C}$ ,
- mit 1.2 bei Temperaturen von  $+12^{\circ}$  bis  $+14^{\circ}\text{C}$ ,
- mit 1.3 bei Temperaturen von  $+9^{\circ}$  bis  $+11^{\circ}\text{C}$ ,
- mit 1.4 bei Temperaturen von  $+8^{\circ}$  und darunter.

Dass diese Annahmen nicht abwegig sind, zeigt die nun ganz wesentlich bessere Übereinstimmung der einzelnen Serien von 1968 in Zürich und auf der Weissfluh. Der mittlere Fehler am Serienmittel verringert sich in Zürich von  $\pm 0.015$  auf  $\pm 0.011$ , auf der Weissfluh von  $\pm 0.040$  auf  $\pm 0.012$ . Bei den älteren Serien von 1965 und 1966 dürfte es nach groben Überschlagsrechnungen ähnlich sein. Die ziemlich starke Änderung des Parswertes widerspricht auch keineswegs den Befunden in den vorher erwähnten Publikationen.

Einen anderen Weg zur Parswertbestimmung könnte man darin sehen, bei der Ausgleichung der Sterndurchgänge einer jeden Serie den Parswert als Unbekannte einzuführen und ihn damit zugleich mit der Uhrkorrektur und dem Azimutfehler zu ermitteln. Das ist im Prinzip etwas Ähnliches, wie es eben gemacht wurde; man schliesst aus den Beobachtungen auf den Parswert des Niveaus, nur jetzt für jede Serie gesondert. Dieses Verfahren dürfte aber nicht sehr aussichtsreich sein, wie

auch früher schon bei derartigen Untersuchungen festgestellt worden ist. Man kommt nur zu einigermaßen vernünftigen Werten, wenn sich die Stehachsenschiefe im Verlauf der Serie stärker systematisch ändert. Da dies bei den Beobachtungen auf der Weissfluh nicht der Fall war (der Pfeiler war offensichtlich und erfreulicherweise recht stabil) wurde dieser Weg nur bei zwei Serien eingeschlagen, die hierfür etwas günstiger erschienen. Für diese beiden Serien ergab sich dann auch eine merkliche Vergrößerung des Parswertes um den Faktor 1.24 bzw. 1.53, also im Mittel um 1.4, was also im Einklang mit dem soeben gefundenen Faktor steht.

Am naheliegendsten ist eigentlich der Weg, den Parswert auf dem Niveauprüfer bei verschiedenen Temperaturen zu bestimmen. Aus Mangel an geeigneten klimatisierten Räumen konnte ein solcher Versuch erst Ende April 1969 von Herrn R. Walliser von der Geodätischen Kommission bei der Firma Wild, Heerbrugg, durchgeführt werden. Die Untersuchung erfolgte in mehreren Schritten im Temperaturbereich zwischen  $0^{\circ}$  und  $22^{\circ}\text{C}$ , wozu noch eine Messung am Niveauprüfer des Institutes an der ETH Zürich bei  $23^{\circ}\text{C}$  hinzukam. Das Ergebnis dieser Messreihen kann man folgendermaßen zusammenfassen. Eine Zunahme des Parswertes mit abnehmender Temperatur ist mit Sicherheit vorhanden, allerdings ist der Gang geringer, als bei obiger Bearbeitung angenommen wurde; zwischen den extremen Werten dieser Reihen bei  $+3^{\circ}$  und  $+17^{\circ}$  wäre die Vergrößerung des Parswertes 1.23. Andererseits streuen die Werte mit der Temperatur recht erheblich z.B. zwischen  $+17^{\circ}$  und  $+14^{\circ}$  um den Faktor 1.17, so dass nur schwer ein einfacher linearer Gang daraus abzuleiten ist. Recht auffallend ist auch, dass die in den Jahren 1965, 1966, 1968 bei  $19^{\circ}\text{C}$  aus mehreren Messreihen abgeleiteten Parswerte sämtlich einen merklich kleineren Parswert ergeben hatten, wobei diese Werte der verschiedenen Jahre sehr wenig differierten und auch die einzelnen Reihen nur relativ geringe Streuung aufwiesen, aus welchem Grunde man eigentlich zunächst ein rechtes Zutrauen zu dieser Hängelibelle hatte. Dieses Zutrauen ist nun allerdings sowohl durch diese Messreihen im Kühlraum als auch durch die praktischen Beobachtungsreihen im Feld recht erschüttert. Da man nicht weiss, ob eventuell auch noch eine Abhängigkeit von anderen Faktoren besteht, etwa vom Luftdruck, ob auch Variationen mit der Zeit vorhanden sind, scheint der zuerst eingeschlagene empirische Weg nicht der schlechteste zu sein. Immerhin soll betont werden, dass diese ganze Angelegenheit äusserst unbefriedigend ist und dass durch die Libellen allgemein ein beträchtlicher Unsicherheitsfaktor in alle astronomischen Beobachtungen eingeführt ist.

Die Ergebnisse der Ausgleichungen mit den so korrigierten Parswerten sind in der Tabelle 1 zusammengestellt und zwar für die Messwerte mit dem Druckchronographen;

Tabelle 1

Die mit den korrigierten Parswerten erhaltenen Werte von  $\Delta U$  mit den mittleren Fehlern  $m_{\Delta U}$  und den Verbesserungen  $v$  für Zürich und Weissfluh (Druckchronograph)

Datum 1968	Tempe- ratur in °C	Pars- wert- faktor	Zahl der Sterne	Zürich		
				Länge des Pfeilers	34 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> .313	östl. Greenw.
				$\Delta U$	$m_{\Delta U}$	$v$
August						
4-5	+17	1.1	14	+0 <sup>s</sup> .034	±0 <sup>s</sup> .006	-0 <sup>s</sup> .028
12-13	+15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.1	10	-0.020	±0.017	+0.026
19-20	+14	1.2	14	+0.025	±0.010	-0.019
19-20	+13	1.2	14	+0.044	±0.013	-0.038
September						
10-11	+17	1.1	15	-0.045	±0.011	+0.051
12-13	+16	1.1	11	-0.010	±0.014	+0.016
13-14	+16 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.1	14	-0.006	±0.010	+0.012
19-20	+14	1.2	14	+0.022	±0.012	-0.016

$\overline{\Delta U} = +0<sup>s</sup>.006 \pm 0<sup>s</sup>.011$

Datum 1968	Tempe- ratur in °C	Pars- wert- faktor	Zahl der Sterne	Weissfluh		
				Angenommene Länge des Pfeilers	39 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> .9	östl. Greenw.
				$\Delta U$	$m_{\Delta U}$	$v$
August						
21-22	+2	1.4	9	-1 <sup>s</sup> .195	±0 <sup>s</sup> .017	-0 <sup>s</sup> .035
24-25	+2	1.4	15	-1.186	±0.013	-0.044
25-26	+2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.4	14	-1.217	±0.014	-0.013
26-27	+3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.4	15	-1.214	±0.014	-0.016
27-28	+2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.4	15	-1.261	±0.017	+0.031
September						
1-2	+1	1.4	13	-1.272	±0.019	+0.042
5-6	-1	1.4	14	-1.239	±0.012	+0.009
6-7	+2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.4	14	-1.204	±0.017	-0.026
7-8	+2	1.4	14	-1.280	±0.019	+0.050

$\overline{\Delta U} = -1<sup>s</sup>.230 \pm 0<sup>s</sup>.012$

die mit den Messwerten des Schreibchronographen erhaltenen Ergebnisse unterscheiden sich nur unwesentlich davon. Das Doppeldatum ist in der Tabelle aufgeführt, um die Beobachtungsnacht eindeutig zu charakterisieren, da die Beobachtungen sich bisweilen über Mitternacht hinaus erstreckten oder erst in der zweiten Hälfte der Nacht erfolgten. Beachtenswert ist jedenfalls, dass nach der Parswertkorrektur der mittlere Fehler am arithmetischen Mittel  $\overline{\Delta U}$  nun ein vernünftiges Mass hat und für die Beobachtungen auf der Weissfluh nicht grösser ist als für die auf der Referenzstation Zürich.

Aus den Referenzbeobachtungen ergibt sich die persönlich-instrumentelle Gleichung zu  $-0<sup>s</sup>.006$  für den Druckchronographen,  $-0<sup>s</sup>.004$  für den Schreibchronographen, und damit für die astronomische Länge des Pfeilers auf dem Weissfluhgipfel  $39<sup>m</sup> 9<sup>s</sup>.664 \pm 0<sup>s</sup>.012$  östlich von Greenwich mit dem Druckchronographen,  $39<sup>m</sup> 9<sup>s</sup>.654 \pm 0<sup>s</sup>.012$  östlich von Greenwich mit dem Schreibchronographen. Der Unterschied zwischen beiden Werten liegt innerhalb des mittleren Fehlers und entspricht auch den Erwartungen, wobei noch zu bemerken ist, dass nicht immer alle benutzten Sterne bei beiden Apparaturen identisch sind, da bisweilen infolge von Störungen bei beiden einzelne Sterne ausfielen. Da im übrigen gemäss den früheren Ausführungen dem Druckchronographen der Vorzug gegeben wird, wird im folgenden nur dieser Wert benutzt. Aus den Landeskoordinaten des Pfeilers, auf deren Bestimmung noch später eingegangen wird, errechnet sich die geodätische Länge zu  $39<sup>m</sup> 10<sup>s</sup>.908$  und damit:

$$\begin{aligned} \text{Astronomische minus geodätische Länge} &= -1<sup>s</sup>.244 \\ (\lambda_a - \lambda_g) \cos \phi &= \eta_\lambda = -0<sup>s</sup>.851 = -12<sup>''</sup>.76 \end{aligned}$$

Breitenbestimmungen auf dem Weissfluh-Gipfel

Die Breitenbestimmung erfolgte in üblicher Weise nach der Methode der Meridianzenitdistanzen oder der Sterneck-Methode, die dadurch charakterisiert ist, dass die beiden Komponenten eines Paares beidseits des Zenits liegen und möglichst nicht sehr verschiedene Zenitdistanzen haben sollen, oder praktisch strebt man an, dass die Summe der südlichen Zenitdistanzen aller Paare einer Serie gleich der Summe der nördlichen Zenitdistanzen wird. Dadurch wird der Einfluss der Refraktion im ganzen stark vermindert. Wie beim gleichen Instrument schon mehrfach festgestellt wurde, ist der Zenitpunktfehler an verschiedenen Abenden stets recht verschieden, scheint sich aber während einer Serie nicht systematisch zu ändern. Dieser Effekt ist sicherlich darauf zurückzuführen, dass der Höhenkreis verstellbar ist. Auch unmotiviertes Wandern der Blase der Höhenkreislibelle wurde wieder häufig beobachtet;

Tabelle 2

Die astronomische Breite des Pfeilers auf dem Weissfluh-Gipfel

Datum 1968	MEZ	Zahl der Paare	Reduktion auf den CIO	$\phi$ reduziert auf den CIO	$v$
August 25	3 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> - 4 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	8	-0.03	46°50'17.79 ±0.29	-0.44
August 26	1 31 - 2 39	7	-0.03	17.08 ±0.19	+0.27
August 26	23 28 - 24 13	8	-0.02	17.54 ±0.26	-0.19
August 27	23 48 - 24 40	8	-0.02	16.38 ±0.31	+0.97
September 1	23 40 - 24 37	8	-0.01	16.17 ±0.31	+1.18
September 6	0 08 - 1 16	8	0.00	18.74 ±0.28	-1.39
September 6	23 09 - 24 06	8	+0.01	16.91 ±0.35	+0.44
September 8	21 08 - 22 15	8	+0.01	18.17 ±0.21	-0.82
Mittelwert der astronomischen Breite				46°50'17.35 ±0.31	

die Libelle sollte wohl zweckmässiger besser geschützt im Instrument eingebaut sein. Die beobachteten Breiten wurden auf den mittleren Pol oder nach der heutigen Bezeichnung auf den Konventionellen Internationalen Ursprung (CIO) reduziert. 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 Mittelwerte der einzelnen Serien mit ihren mittleren Fehlern sind in der Tabelle 2 gegeben mitsamt ihrem Mittelwert und dem Fehler am arithmetischen Mittel. Die mittleren Fehler und die Streuung der einzelnen Abendwerte entsprechen den bisherigen Erfahrungen. Sicherlich nicht ohne Einfluss auf die Höhenkreislibelle war der häufig sehr starke Wind auf dem Weissfluh-Gipfel. Mit der aus den Landeskoordinaten errechneten geodätischen Breite des Pfeilers

$$\phi_g = 46^\circ 50' 11.50''$$

ergibt sich für die  $\xi$ -Komponente der Lotabweichung

$$\phi_a - \phi_g = \xi = +5.85''$$

Azimummessungen auf dem Weissfluh-Gipfel und auf dem Säntis

Die Azimummessungen erfolgten in gewohnter Weise nach der Polarismethode, die in unsern Breiten recht geeignet ist, zumal sie auch Tagesbeobachtungen ermöglicht. Das Einstellen des feinen Lichtpüchchens von Polaris gelingt am Tageshimmel sogar besser als bei Nacht, hingegen flackert die horizontnahe Mire am Tage im allgemeinen noch stärker als nachts. Es wurden wechselseitige Azimute zwischen dem Weissfluh-Gipfel und dem Säntis gemessen. Als Zielpunkte dienten die üblichen Scheinwerfer,

deren Intensität auch für diese Entfernung stets ausreichte.

Beide Scheinwerfer waren exzentrisch zu den Pfeilern aufgebaut; auf dem Säntis stand auch das Universalinstrument wegen der eingangs erwähnten Sichtbehinderung nicht auf dem Pfeiler, sondern exzentrisch auf einem Stativ. Auf dem Weissfluh-Gipfel war der Scheinwerfer auf dem kürzlich von der Eidg. Landestopographie errichteten Signal angebracht, auf dem Säntis war er auf dem Schutzdach montiert, das an das Anemometerhäuschen anschloss; er befand sich 1.59m hinter dem Universalinstrument in etwa 2m Höhe über dem Erdboden. Der Scheinwerferstrahl zur Weissfluh ging zwischen dem Beobachter und dem recht nahen Anemometerhäuschen hindurch, wohl in etwas grösserer Höhe als der Beobachter, aber nur ungefähr in der halben Höhe des etwa 4 1/2 m hohen sehr nahen Häuschens. Es fragt sich, ob diese Aufstellung sehr zweckmässig war, ob nicht etwa dadurch eine Refraktionsanomalie ähnlich der bekannten „Saalrefraktion“ zustande gekommen sein kann.

Die Positionen der Universalinstrumente und der Scheinwerfer wurden durch Anschlussmessungen an bekannte Ziele und durch Distanzmessungen mit dem Bandmass gegen die Triangulationspunkte bestimmt. Die Landeskoordinaten dieser Positionen sind in der Tabelle 3 aufgeführt. In der gleichen Tabelle finden sich auch die Reduktionen der beobachteten Azimute auf die Azimute der Richtungen zwischen den beiden Pfeilern; die Reduktionen vom Normalschnitt auf die geodätische Linie sind kleiner als 0.01 und können vernachlässigt werden.

Tabelle 3

Landeskoordinaten der Positionen von Pfeilern, Instrumenten und Scheinwerfern  
Reduktionen der gemessenen Azimute auf die Azimute der Richtung zwischen den beiden Pfeilern

	Weissfluh-Gipfel		Säntis	
	Y	X	Y	X
Zentrum	179 672.18	-10 176.85	Pfeiler	144 169.15 +34 918.52
Pfeiler	179 675.01	-10 181.09	Instrument	144 177.14 +34 915.96
Scheinwerfer	179 673.91	-10 178.41	Scheinwerfer	144 175.60 +34 916.35
Reduktion Standpunkt		-	Reduktion Standpunkt	-16.88
Meridiankonvergenz		-	Meridiankonvergenz	- 0.28
Reduktion Zielpunkt		-13.41	Reduktion Zielpunkt	+ 2.85
Korrektur wegen Höhe des Zielpunktes		- 0.12	Korrektur wegen Höhe des Zielpunktes	- 0.14
Gesamtreduktion		-13.53	Gesamtreduktion	-14.45



Tabelle 4

Azimute Weissfluh-Gipfel zum Säntis

reduziert auf die Richtung vom Pfeiler zum Pfeiler bezogen auf den CIO

Serie	Datum 1968	Beobachtungszeit MEZ	Beobachter	Anzahl	Reduktion auf CIO	Azimut	v
1	Sept. 1	21 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> - 23 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup>	M	12	-0.23	323°30'16.32 ± 0.28	-0.34
2	" 5	22 07 - 23 31	M	12	-0.23	16.04 ± 0.43	-0.06
3	" 6	9 59 - 10 43	M	8	-0.23	15.77 ± 0.14	+0.21
4	" 6	19 17 - 20 21	M	12	-0.23	16.70 ± 0.31	-0.72
5	" 7	19 25 - 22 25	M	12	-0.23	15.56 ± 0.32	+0.42
6	" 8	19 06 - 20 08	M	12	-0.23	15.73 ± 0.33	+0.25
7	" 8	23 03 - 24 27	M	12	-0.23	14.25 ± 0.19	+1.73
8	" 9	9 20 - 10 26	M	12	-0.23	16.54 ± 0.42	-0.56
9	" 9	20 11 - 21 19	M	12	-0.23	16.91 ± 0.28	-0.93

Astronomisches Azimut Weissfluh-Gipfel zum Säntis 323°30'15.98 ± 0.27  
 Geodätisches Azimut Weissfluh-Gipfel zum Säntis 323 30 32.43  
 Astronomisches minus geodätisches Azimut - 16.45  
 Lotabweichung  $\eta_a$  - 15.34

Azimute Säntis zum Weissfluh-Gipfel

reduziert auf die Richtung vom Pfeiler zum Pfeiler bezogen auf den CIO

Serie	Datum 1968	Beobachtungszeit MEZ	Beobachter	Anzahl	Reduktion auf CIO	Azimut	v
1	Aug. 21	10 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> - 11 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>	D	12	-0.25	143°10'37.82 ± 0.18	-0.10
2	" 21	20 31 - 22 13	C	12	-0.25	38.02 ± 0.30	-0.30
3	Sept. 1	20 42 - 22 00	D	12	-0.23	38.52 ± 0.23	-0.80
4	" 2	0 00 - 1 20	C	12	-0.23	37.06 ± 0.35	+0.66
5	" 5	20 23 - 21 40	D	12	-0.23	37.17 ± 0.35	+0.55
6	" 6	9 37 - 10 58	D	12	-0.23	37.84 ± 0.27	-0.12
7	" 6	19 36 - 21 23	D	12	-0.23	37.61 ± 0.23	+0.11
8	" 8	23 13 - 25 37	C	12	-0.23	38.06 ± 0.30	-0.34
9	" 9	20 18 - 21 28	C	12	-0.23	37.39 ± 0.21	+0.33

Astronomisches Azimut Säntis zum Weissfluh-Gipfel 143°10'37.72 ± 0.15  
 Geodätisches Azimut Säntis zum Weissfluh-Gipfel 143 10 44.20  
 Astronomisches minus geodätisches Azimut -6.48  
 Lotabweichung  $\eta_a$  -5.99

Die Azimutmessungen sind in üblicher Weise in jeder Serie bei 6 verschiedenen Kreisstellungen durchgeführt worden. Die erhaltenen Werte wurden noch wegen der Kreis- teilungsfehler korrigiert, die früher schon bestimmt worden waren; praktisch änderten sich dadurch die Mittelwerte nur ganz unwesentlich. Schliesslich wurden die Azimute auch noch mit den früher erwähnten Angaben des IPMS auf den CIO reduziert. Die Er- gebnisse sämtlicher Serien sind getrennt für die beiden Beobachtungsstationen in der Tabelle 4 zusammengestellt; die Beobachter Chapuis, Danial, Müller sind durch die Anfangsbuchstaben gekennzeichnet. Die mittleren Fehler der einzelnen Serien entsprechen den früheren Erfahrungen; sie sind für die einzelnen Beobachter im Durchschnitt nicht sehr verschieden und sind etwas kleiner als bei den Beobachtungen auf den Laplace-Punkten in den Jahren 1965 und 1966. Die Streuung der einzelnen Serien um den Mittelwert ist erfreulich gering auf dem Säntis, merklich grösser auf der Weissfluh, aber auch hier noch erheblich kleiner als bei den Laplace-Punkten in den Jahren 1965 und 1966. Abgesehen von den atmosphärischen Einflüssen, die ganz sicher gerade auf Berggipfeln stets eine wesentliche Rolle spielen, zweifellos eine grössere als im Flachland, dürften aber auch instrumentelle Effekte wirksam sein, vor allem das schon ausgiebig erörterte Niveau.

Machen somit die Azimutmessungen eigentlich einen zuverlässigen Eindruck, so ist recht unbefriedigend, dass sich auf der Weissfluh ein recht erheblicher Laplace-Widerspruch zeigt. Die Differenz zwischen den  $\eta_\lambda$ - und  $\eta_a$ -Komponenten der Lotabweichung beträgt auf der Weissfluh 2.6, auf dem Säntis 0.8. Da die Stehachsen- schiefe bei den Azimutmessungen auf der Weissfluh nicht sehr gross war, dürfte auch das Variieren des Parswertes des Niveaus im Mittel nur einen geringen Einfluss haben. Die einzige Möglichkeit, diesen Widerspruch zu erklären, könnte man in der Wirkung der erwähnten „Saalrefraktion“ sehen.

Anhang 3

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

Messung der Triangulationsseite 1.Ordnung Mottarone-Campo dei Fiori

1. Messungen 1966

Im Juli 1966 führte das Istituto Geografico Militare (IGM) von Florenz eine Kontrollmessung der 24 km langen Triangulationsseite 1.Ordnung Mottarone - Campo dei Fiori mit seinem Geodimeter NASM 2 durch. Gleichzeitig wurde die Strecke zu Vergleichszwecken mit dem Tellurometer gemessen.

Daneben lief noch ein Versuch, die meteorologische Elemente in drei Punkten längs der Messstrecke durch Radiosonden zu erfassen. Der Versuch wurde in (1) ausführlich beschrieben und in (2) erwähnt. Das Resultat war recht ermutigend, sodass sich das IGM entschloss, die Apparatur weiter auszubauen und sodann das Experiment zu wiederholen.

2. Zweck der Messungen 1968

1968 waren die Vorbereitungen so weit gediehen, dass die neuen Messungen auf die Zeit vom 19. bis 29. Juni angesetzt werden konnten. Die Strecke sollte wiederum mit möglichst vielen verschiedenen Instrumenten gemessen werden, wobei sehr erwünscht war, dass sich die Schweizerische Geodätische Kommission (SGK) mit dem elektronischen Distanzmessgerät Distomat DI 50 von Wild/Albiswerk daran beteiligte. Eine solche Mitwirkung war schon 1966 vorgesehen, musste aber damals auf später verschoben werden. Sie lag auch im Interesse der SGK, da auf der Seite Mottarone - Campo dei Fiori das italienische an das schweizerische Triangulationsnetz 1.Ordnung anstösst, das im Süden einer guten Massstabsseite bedarf.

Wie 1966 sollten längs der Messstrecke drei Radiosonden installiert werden, die nun dank den durchgeführten Modifikationen die meteorologischen Elemente kontinuierlich übermitteln konnten. Dadurch sollte es möglich sein, zuverlässige Durchschnittswerte für den Brechungskoeffizienten längs der Strecke zu erhalten. Auch in dieser Beziehung war die SGK stark interessiert, konnten so doch praktische Erfahrungen beim Einsatz von Radiosonden gesammelt werden, die für die eigenen, zukünftigen Arbeiten von Bedeutung sein dürften.

Die elektromagnetischen Distanzmessungen konnten schliesslich mit Geodimeter-Messungen verglichen werden. Dies versprach ebenfalls wertvolle Aufschlüsse, gab

es doch meist nur kürzere Strecken, die zu Vergleichszwecken mit elektro-optischen Geräten gemessen wurden.

### 3. Stationen

Die gemessene Triangulationsseite ist ziemlich genau 24 km lang und verläuft in Richtung West - Ost (Abb. 1). Ungefähr in der Mitte überquert sie den Lago Maggiore. Die Seeoberfläche dürfte aber keinen Einfluss auf die elektromagnetischen Messungen haben, da der Messweg rund 1200 m über den Seespiegel hinweggeht. Das Geländeprofil ist damit sehr ähnlich den Profilen, wie sie bei Triangulationsseiten in der Schweiz häufig auftreten (Abb. 2).

Der Monte Mottarone liegt 6 km westlich von Stresa auf 1491 m Meereshöhe. Die flache Gipfelkuppe bietet reichlich Platz für die Einrichtung der Stationen. Zur gleichzeitigen Aufstellung von drei verschiedenen Instrumenten wurden vom IGM drei kleine Eisenpfiler (A,B,C) in den Boden eingelassen. Alle Distomat-Messungen erfolgten vom Pfeiler A aus, wobei aber der Sender nicht auf dem niederen Pfeiler sondern auf einem Stativ über dem Pfeiler montiert wurde.

Der Monte Campo dei Fiori befindet sich etwa 7 km nordwestlich von Varese auf 1226 m Höhe. Er bildet einen west-östlich verlaufenden Grat und fällt im Norden steiler ab als im Süden. Auf dem Gipfel ist der Platz eher knapp für drei gleichzeitige Instrumentenaufstellungen. Ein Gerät wurde jeweils auf dem Eisenpfiler über dem Zentrum montiert, eines wurde über dem Stationsbolzen A aufgestellt, und der Sender des Distomat wurde immer über einem von uns eingeschlagenen und eingemessenen Eisendorn E auf das Stativ gestellt.

### 4. Sondenaufstiege

Wie 1966 gelangten Radiosonden Thommen-Hasler zum Einsatz, die aber wie folgt abgeändert worden waren: Das Uhrwerk war durch einen kleinen Elektromotor ersetzt worden, der von einer Batterie betrieben wurde. Der Sender war geändert worden, indem Schwingquarze von drei bestimmten Frequenzen eingesetzt wurden, die auf folgende Frequenzen verdoppelt wurden: 136 MHz, 136.5 MHz, 137 MHz. Für den Empfang der Signale wurde ein Eddystone-Empfänger eingesetzt, der in 9 Bereichen einen Frequenzbereich von 300 kHz bis 30 MHz umfasst. Somit war auch noch ein Konverter notwendig; der Vorteil lag aber darin, dass durch blosses Umschalten des Wellenbereichs eine beliebige der drei Sonden A, B und C aufgenommen werden konnte. Die Sondenimpulse wurden normalerweise über zwei Zyklen von 30 Sekunden

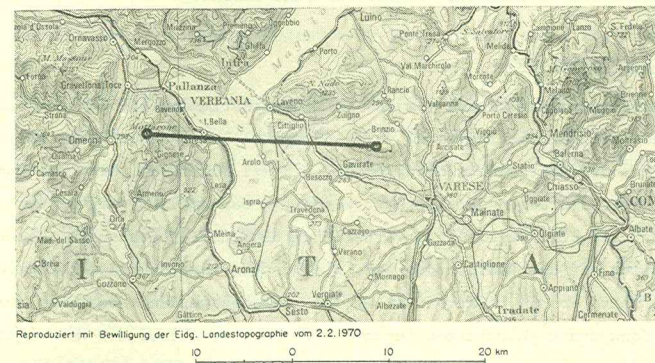


Abb. 1 Situation

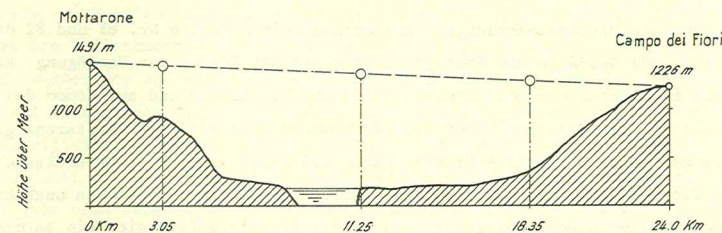


Abb. 2 Geländeprofil

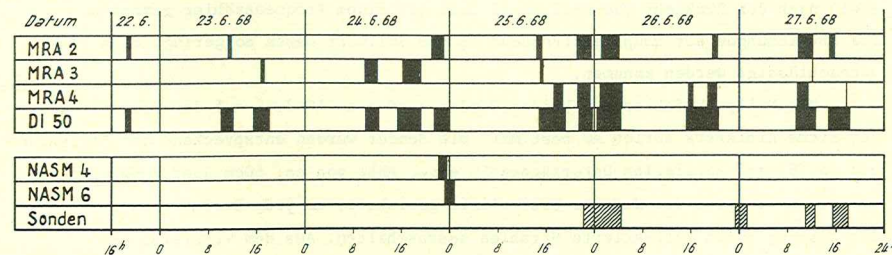


Abb. 3 Beobachtungsplan

Dauer auf einem Hasler-Schreiber registriert und anschliessend wie üblich abgelesen.

#### 5. Arbeitsprogramm

Das Arbeitsprogramm wurde vom IGM in Uebereinstimmung mit der „Scuola di Artiglieria“, die für die Bedienung der Radiosonden beigezogen wurde, festgelegt. Danach konnten die Distanzmessungen vom 22. bis 27. Juni 1968, also während sechs aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt werden, wobei darauf geachtet wurde, dass sie möglichst auf alle Tageszeiten verteilt wurden. Leider traten zu Beginn Schwierigkeiten mit den Radiosonden auf. Sie konnten aber dank dem pausenlosen Einsatz von Herrn Rossi, Elektroniker am IGM, behoben werden, sodass in der zweiten Hälfte die Sonden die gewünschten Daten lieferten. Der Ablauf der Messungen mit den verschiedenen Instrumenten kann der Abb. 3 entnommen werden, die sich auf eine Darstellung des IGM stützt.

#### 6. Distomat-Messungen

Für die Distomat-Messungen standen die beiden Geräte Nr. 81 und 82 des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich zur Verfügung. Als Beobachter wirkten auf Mottarone A. Waade und W. Fischer und auf Campo dei Fiori R. Walliser. Das Protokoll über die Distanzmessungen wurde auf Mottarone geführt, sodass die schwach besetzte Station Campo dei Fiori dadurch etwas entlastet war.

Die meteorologischen Messungen erfolgten auf beiden Stationen unabhängig von den italienischen Beobachtern. Auf jeder Station befand sich ein Barometer Thommen, ein Psychrometer Lambrecht und ein Psychrometer Haenni. Die Instrumente wurden für die Dauer der Distomat-Messungen möglichst ununterbrochen abgelesen, um einen guten Ueberblick über die Veränderungen in der Atmosphäre zu erhalten.

Die Quarzfrequenzen der Distomat-Geräte wurden am 10. Juni von der Firma Albiswerk Zürich AG (AWZ) auf ihre Sollwerte abgestimmt und am 14. und 18. Juni sowie nach der Rückkehr vom Feld am 1. Juli mit einem Frequenzzähler gemessen. Die Abweichungen der Hauptmessfrequenz 7H vom Sollwert waren so gering, dass sie vernachlässigt werden konnten.

Die Nullpunktfehler der beiden Geräte wurden am 10. Juni auf der Prüfstrecke der Firma Albiswerk Zürich AG bestimmt. Die Sender wurden entsprechend den Empfehlungen in (6) auf speziellen Untersätzen in einer Höhe von ca. 60cm über Boden aufgestellt und 2° über die direkte Visierlinie gerichtet, um jede Beeinflussung der Messung durch reflektierte Strahlen auszuschalten. Aus dem Vergleich des

Mittels jedes Swings mit der Sollstrecke von 99.993 m resultierte für das Gerät Nr. 81 eine Korrektur von -15mm, während beim Gerät Nr. 82 keine Korrektur anzubringen war.

Die verwendeten Barometer wurden vor und nach den Messungen mit dem Hg-Barometer des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie verglichen, wobei sich die folgenden an den Ablesungen anzubringenden Korrekturen ergaben: für Mottarone -6.2 mbar, für Campo dei Fiori -1.5 mbar.

Bei der Durchführung der Distomat-Messungen wurde im Rahmen des Möglichen danach getrachtet, zu jeder Tageszeit häufige Wiederholungsmessungen anzusetzen, um Material für eine gründliche Untersuchung zur Verfügung zu haben. Normalerweise wurde jeweils auf Mottarone ein ganzer Frequenz-Swing gemessen und anschliessend daran ein solcher auf Campo dei Fiori. Bei der einfachen Art der Messung benötigte eine solche Hin- und Rückmessung nur gut 10 Minuten. Insgesamt wurden 58 vollständige Hin- und Rückmessungen gemacht. Dazu kam eine Einzelmessung am 24. Juni, die versuchsweise gleichzeitig mit einer Messung des Tellurometers MRA 3 gemacht wurde; dabei zeigten sich anfänglich keine Störungen, bis die Trägerfrequenz sich mit derjenigen des Tellurometers deckte, was beide Messungen verunmöglichte. Eine weitere Einzelmessung auf Mottarone wurde am späten Nachmittag des 26. Juni gemacht, als infolge des raschen Absinkens der vorhandenen Dunstschicht der Brechungskoeffizient und damit der Messwert plötzlich spürbar abnahm. Damit lagen gesamthaft 118 Einzelmessungen der Strecke Mottarone - Campo dei Fiori vor. Tabelle 1 gibt eine Uebersicht über die Verteilung der Messungen auf die sechs Messtage.

Tabelle 1: Zusammenstellung der Hin- und Rückmessungen

Tag	Datum	Dauer der Messungen (italienische Sommerzeit)	Tageszeit	Anzahl Serien (Hin- und Rückmess.)
1.	22.6.	18.10 - 19.23	N	2
2.	23.6.	10.04 - 12.19	V	5
3.	24.6.	15.25 - 18.11	N	4
		10.10 - 12.33	V	3) <sup>1</sup>
		15.30 - 19.17	N	5
4.	25.6.	21.22 - 23.54	A	5
		14.37 - 19.10	N	4
		21.15 - 23.43	A	4
5.	26.6.	00.52 - 04.17	M	6
		15.30 - 20.28	N	9) <sup>2</sup>
6.	27.6.	09.20 - 12.50	V	6
		14.44 - 18.16	N	5
		Vormittag : 3 Gruppen	V	mit 14 Serien
		Nachmittag: 6 Gruppen	N	mit 29 Serien
		Abend : 2 Gruppen	A	mit 9 Serien
		Morgen : 1 Gruppe	M	mit 6 Serien
		Total : 12 Gruppen		mit 58 Serien

)<sup>1</sup> +1 Serie, abgebrochen wegen Störung durch Tellurometer!

)<sup>2</sup> +1 Serie bei stark abnehmendem Brechungskoeffizienten.

7. Auswertung der Distomat-Messungen

Die Auswertung der Distomat-Messungen erfolgte unabhängig von den italienischen Messungen. Bei der grossen Zahl von Wiederholungsmessungen und den laufenden meteorologischen Beobachtungen auf beiden Stationen war genügend Material vorhanden, um eine einigermaßen gesicherte Beurteilung der Messungen abgeben zu können.

Vorerst wurden alle 118 Messungen, dh. die Mittel aller Frequenz-Swings, für jeden Tag in Funktion der Beobachtungszeit aufgetragen. Dabei zeigten sich deutliche Unterschiede von Tag zu Tag, die ihren Ursprung in den Aenderungen der meteorologischen Bedingungen haben mussten (Tab. 2).

Tabelle 2: Bereich der Messwerte jedes Tages

Datum	Bereich der Messwerte	
22. Juni	24 009.3 m	
23. Juni	24 009.65 - 24 009.3 m	
24. Juni	8.8	8.9
25. Juni	9.3	9.5
26. Juni	9.55	9.85
27. Juni	9.8	9.9

Auffallend ist vor allem das ziemlich konstante Ansteigen der Messwerte vom 24. bis zum 27. Juni, das sich auch im Verlauf der Messungen während der einzelnen Tage widerspiegelt. Man geht wohl nicht fehl mit der Annahme, dass die stetige Zunahme des Brechungskoeffizienten der Luft mit einer allmählichen Zunahme der relativen Luftfeuchtigkeit einherging. Der Aenderung der 24 km langen Strecke von rund einem Meter, die immerhin einer beträchtlichen relativen Aenderung von etwa +4 cm/km entspricht, müsste eine Aenderung des mittleren Brechungskoeffizienten längs der Strecke  $\Delta N = +40$  zugrundeliegen. Was dies praktisch bedeutet, geht vielleicht am deutlichsten aus dem Diagramm Abb. 1 in (5) hervor, wonach bei einer mittleren Temperatur von +18°C dieses  $\Delta N$  einer Aenderung der psychrometrischen Temperaturdifferenz  $t-t'$  von etwa -6°C entspricht. Tatsächlich zeigen die Temperaturmessungen auf den beiden Stationen einen Rückgang von  $t-t'$  von dieser Grössenordnung.

Ohne aber noch näher auf die meteorologischen Messungen und deren Resultate einzugehen, sei hier lediglich angeführt, wie die Beobachter auf den beiden Stationen durch ihre persönliche Wahrnehmung die meteorologischen Bedingungen beurteilten. Tabelle 3 gibt eine Zusammenfassung der entsprechenden Feldbucheintragen für jeden Tag.

Tabelle 3: Wettercharakterisierung für jeden Beobachtungstag

Datum	Mottarone	Campo dei Fiori
22. Juni	windstill, dunstig, 8/10 bewölkt	windstill, trübe, bedeckt
23. Juni	Wind 1-2, Nebel, Regen	Wind 1-2, Nebel, Regen
24. Juni	Wind 0-2, wolkenlos, klar	Wind 1-3, wolkenlos
25. Juni	Wind 0-1, leichte Wolkenschleier	Wind 0-1, dunstig
26. Juni	Wind 1, starker Dunst, zeitweise Nebel, 2/10-8/10 bewölkt	Wind 1, dunstig, 5/10 bewölkt bis bedeckt, zeitw. leichter Regen
27. Juni	Wind 1, Nebel, am Abend in Regen übergehend.	Wind 1, sehr dunstig, 8/10-10/10 bewölkt.

Die Reduktion der vielen Messungen erfolgte wie früher im Rechenzentrum der ETH nach einem 1965 erstellten Algol-Programm, das in (3) kurz beschrieben ist. Die geometrische Reduktion benützte die in Tabelle 4 enthaltenen Angaben, wobei sich die in Tabelle 5 zusammengestellten Reduktionsbeträge ergaben.

Tabelle 4: Elemente für die geometrische Reduktion

Element	Mottarone	Campo dei Fiori
Punkthöhe	1 490.80 m	1226.24 m
Instrumentenhöhe	0.82 m	1.42 m
Schiefe Distanz	24 009 m	
Breite	45° 53'	45° 52'
Azimut	93° 13'	

Tabelle 5: Komponenten der geometrischen Reduktion

Komponente	Betrag
wegen Neigung	-1.451m
wegen mittlerer Meereshöhe	-5.110m
wegen Erdkrümmung	+0.014m
wegen Bahnkrümmung	-0.001m
zweite Geschwindigkeitsreduktion	-0.005m
Gesamtreduktion	-6.553m

Die meteorologischen Reduktionen schwanken etwa im gleichen Bereich wie die Distanzmessungen selbst. Sie sind am 24. Juni mit etwa +1.4 m am grössten und am Ende der Messungen vom 27. Juni mit +0.3 m am kleinsten. Wie der Vergleich der Tabelle 2 mit der Zusammenstellung in Tabelle 6 zeigt, werden so die Schwankungen der Distanzmessungen weitgehend kompensiert.

Tabelle 6: Bereich der meteorologischen Reduktionen jedes Tages

Datum	met. Reduktionen
22. Juni	+0.75 m
23. Juni	+0.65 - +0.9 m
24. Juni	+1.2 - +1.4
25. Juni	+0.7 - +0.8
26. Juni	+0.75 - +0.35
27. Juni	+0.45 - +0.3

Zur Beurteilung der Reduktion wurden nun alle reduzierten Messungen in den graphischen Darstellungen eingetragen. Dabei trat nun die zunehmende Tendenz, wie sie bei den Messungen selbst so auffällig war, nicht mehr auf. Vielmehr streuten die reduzierten Messungen mehr oder weniger willkürlich zwischen 24 003.35 m und 24 003.8 m. Der Streubereich von 45 cm war aber doch noch verhältnismässig gross, entsprach er doch etwa einem 50 000stel der Strecke oder  $20 \cdot 10^{-6}$ . Es war deshalb gegeben, die reduzierten Messungen noch weiter zu untersuchen.

Zuerst wurden die reduzierten Messungen für jede Messperiode zu einem Gruppenmittel zusammengefasst. In Tabelle 7 sind alle Einzelmessungen als Ueber-schuss  $L_1$  der reduzierten Messungen gegenüber der runden Länge 24 003 m mit der Beobachtungszeit aufgeführt. Die Millimeter aus der Reduktionsrechnung wurden dabei mitgenommen, obschon es sich um reine Rechnungsgrössen handelt. Ferner sind alle Gruppenmittel  $L_2$  und die Verbesserungen  $v_{1,2}$  der Einzelmessungen auf das jeweilige Gruppenmittel angegeben. Bei der Bezeichnung der Gruppen bedeutet:

- V = Vormittag
- N = Nachmittag
- A = Abend
- M = Morgen.

In Tabelle 8 sind sodann die Gruppenmittel  $L_2$  zu Tagesmitteln  $L_{3,1}$  und zu einem Gesamtmittel  $L_4$  zusammengefasst. Das Gewicht  $p_i$  jedes Mittels entspricht der Anzahl der darin enthaltenen Einzelmessungen. Die Verbesserung eines Mittels  $L_i$  gegenüber einem Mittel  $L_k$ , die mit  $v_{i \rightarrow k}$  bezeichnet wird, ist auch angegeben.

Bei der graphischen Darstellung der reduzierten Messungen fiel auf, dass sozusagen an jedem Tag die Nachmittags-Messungen die tiefsten Werte lieferten, die Nacht-Messungen (Abend + Morgen) hingegen die höchsten. Demzufolge wurden alle Verbesserungen  $v_{2,3,1}$  der Gruppenmittel vom Nachmittag positiv, diejenigen der drei Abend- und Morgen-Gruppen negativ. Diese Feststellung legte den Versuch nahe, die Gruppenmittel  $L_2$  auch zu Tageszeitenmitteln  $L_{3,2}$  zusammenzufassen (Tabelle 8, unten) und die entsprechenden Verbesserungen zu bilden. Dabei kam das Mittel aller Nachmittags-Messungen etwa 11cm oder fast  $5 \cdot 10^{-6} \cdot D$  unter das Nacht-Mittel zu liegen, während das Mittel der Vormittags-Messungen dazwischen lag.

Es schien sich dabei deutlich um den Einfluss von Korrelationen zu handeln. Deshalb wurde der Versuch unternommen, die Fehlerrechnung nicht wie üblich unter der Annahme unabhängiger Beobachtungen durchzuführen. Dabei musste zuerst ein Weg gefunden werden, wie die Grösse der verschiedenen Korrelationsbeträge gefunden werden konnte.

Datum	Zeit	L <sub>1</sub>	v <sub>1-2</sub>	Datum	Zeit	L <sub>1</sub>	v <sub>1-2</sub>	Datum	Zeit	L <sub>1</sub>	v <sub>1-2</sub>		
		L <sub>2</sub>	[v <sub>1-2</sub> ]			L <sub>2</sub>	[v <sub>1-2</sub> ]			L <sub>2</sub>	[v <sub>1-2</sub> ]		
		mm	mm			mm	mm			mm	mm		
22.6.	1813	522	-15	24.6.	2124	680	+34	26.6.	1532	618	+43		
	1820	521	-14			2133	665		+49		1542	625	+36
	1912	491	+16			2143	705		+9		1552	654	+7
	1921	494	+13			2152	715		-1		1600	648	+13
	N	507	0			2208	735		-21		1636	690	-29
23.6.	1006	753	-16			2221	731		-17		1645	633	+28
	1015	736	+1			2300	730		-16		1736	697	-36
	1032	759	-22			2318	670		+44		1746	711	-50
	1041	740	-3			2348	769		-55		1840	697	-36
	1102	776	-39			2352	738		-24		1845	659	+2
	1116	778	-41		A	714	+2		1852	634	+27		
	1131	759	-22	25.6.	1439	494	+54		1902	596	+65		
	1143	671	+66			1451	504	+44		1908	658	+3	
	1156	660	+77			1520	475	+73		1924	692	-31	
	1217	(563)				1536	456	+92		1933	609	+52	
V	737	+1			1835	612	-64		1948	(345)			
1527	567	+102			1845	582	-34		1956	(349)			
1536	547	+122			1857	647	-99		2021	756	-95		
1555	690	-21			1908	616	-68		2026	658	+3		
1607	662	+7			N	548	-2	27.6.	0922	768	-51		
1745	796	-127				2117	662		+65	0930	719	-2	
1749	760	-91			2156	689	+38		0953	730	-13		
1801	696	-27			2206	700	+27		1000	704	+13		
1808	637	+32			2215	718	+9		1011	729	-12		
N	669	-3			2255	751	-24		1026	728	-11		
1012	559	-24			2306	757	-30		1057	758	-41		
1016	556	-21			2331	771	-44		1104	675	+42		
1027	550	-15			2341	766	-39		1145	736	-19		
1031	539	-4			A	727	+2		1152	676	+41		
1105	584	-49		26.6.	0054	736	-1		1239	703	+14		
1222	500	+35				0103	692	+43		1248	676	+41	
1231	460	+75				0117	712	+23		V	717	+2	
V	535	-3				0126	729	+6		1446	583	+62	
1532	577	+11				0156	719	+16		1456	572	+73	
1541	553	+35				0204	701	+34		1616	613	+32	
1552	562	+26				0245	771	-36		1622	577	+68	
1601	524	+64				0257	767	-32		1710	727	-82	
1705	620	-32				0312	764	-29		1717	683	-38	
1717	600	-12				0322	745	-10		1739	716	-71	
1735	658	-70			0407	745	-10		1745	676	-31		
1753	552	+36			0414	741	-6		1807	653	-8		
1906	610	-22			M	735	-2		1814	645	0		
1915	624	-36							N	645	+5		
N	588	0											

Tab. 7: Einzelmessungen und Gruppenmittel

Datum	Zeit	L <sub>2</sub>	p <sub>2</sub>	v <sub>2+3.1</sub>	[p <sub>2</sub> v <sub>2+3.1</sub> ]	Datum	Zeit	L <sub>2</sub>	p <sub>2</sub>	v <sub>2+4</sub>	[p <sub>2</sub> v <sub>2+4</sub> ]
		L <sub>3.1</sub>	p <sub>3.1</sub>		[p <sub>2</sub> v <sub>2+3.1</sub> ]			L <sub>4</sub>	p <sub>4</sub>		[p <sub>2</sub> v <sub>2+4</sub> ]
		mm		mm				mm		mm	
23.6.	V	737	9	-32	-288	22.6.	N	507	4	+155	+620
	N	669	8	+36	+288		23.6.	V	737	9	-75
	Tag	705	17		0	24.6.	V	669	8	-7	-56
24.6.	V	535	7	+86	+602	N	535	7	+127	+889	
	N	588	10	+33	+330	A	588	10	+74	+740	
	A	714	10	-93	-930	N	714	10	-52	-520	
	Tag	621	27		+2	25.6.	N	548	8	+114	+912
25.6.	N	548	8	+90	+720	A	727	8	-65	-520	
	A	727	8	-89	-712	26.6.	M	735	12	-73	-876
	Tag	638	16		+8	27.6.	N	661	17	+1	+17
26.6.	M	735	12	-43	-516	V	717	12	-55	-660	
	N	661	17	+31	+527	N	645	10	+17	+170	
	Tag	692	29		+11	Gesamtmitt.	662	115		+41	
27.6.	V	717	12	-33	-396	Datum	Zeit	L <sub>3.1</sub>	p <sub>3.1</sub>	v <sub>3.1-4</sub>	[p <sub>3.1</sub> v <sub>3.1-4</sub> ]
	N	645	10	+39	+390			L <sub>4</sub>	p <sub>4</sub>		[p <sub>3.1</sub> v <sub>3.1-4</sub> ]
	Tag	684	22		-6	22.6.	Tag	507	4	+155	+620
Datum	Zeit	L <sub>2</sub>	p <sub>2</sub>	v <sub>2+3.2</sub>	[p <sub>2</sub> v <sub>2+3.2</sub> ]	23.6.	Tag	705	17	-43	-731
		L <sub>3.2</sub>	p <sub>3.2</sub>		[p <sub>2</sub> v <sub>2+3.2</sub> ]	24.6.	Tag	621	27	+41	+1107
23.6.	V	737	9	-59	-531	25.6.	Tag	638	16	+24	+384
24.6.	V	535	7	+143	+1001	26.6.	Tag	692	29	-30	-870
27.6.	V	717	12	-39	-468	27.6.	Tag	684	22	-22	-484
	Vormittag	678	28		+2	Gesamtmitt.	662	115		+26	
Datum	Zeit	L <sub>2</sub>	p <sub>2</sub>	v <sub>2+4</sub>	[p <sub>2</sub> v <sub>2+4</sub> ]	Datum	Zeit	L <sub>3.2</sub>	p <sub>3.2</sub>	v <sub>3.2-4</sub>	[p <sub>3.2</sub> v <sub>3.2-4</sub> ]
		L <sub>4</sub>	p <sub>4</sub>		[p <sub>3.2</sub> v <sub>3.2-4</sub> ]			L <sub>4</sub>	p <sub>4</sub>		[p <sub>3.2</sub> v <sub>3.2-4</sub> ]
23.6.	V	737	9	-16	-448	23/7.	V	678	28	-16	-448
24.6.	V	535	7	+42	+2394	22/7.	N	620	57	+42	+2394
27.6.	V	717	12	-64	-1920	24/6.	A+M	726	30	-64	-1920
	Nachmittag	620	57		+9	Gesamtmitt.	662	115		+26	
22.6.	N	507	4	+113	+452						
23.6.	N	669	8	-49	-392						
24.6.	N	588	10	+32	+320						
25.6.	N	548	8	+72	+576						
26.6.	N	661	17	-41	-697						
27.6.	N	645	10	-25	-250						
	Abend + M.	726	30		+4						

Tab. 8 : Mittelbildungen und Verbesserungen

L<sub>1</sub> = Einzelmessung (- 24'003 m)  
 L<sub>2</sub> = Gruppenmittel  
 L<sub>3.1</sub> = Tagesmittel  
 L<sub>3.2</sub> = Tageszeitenmittel  
 L<sub>4</sub> = Gesamtmittel  
 v<sub>1-2</sub> = L<sub>2</sub> - L<sub>1</sub>, etc.

Auf Grund dieser Beträge konnte hierauf eine allgemeine Mittelbildung mit Fehlerrechnung durchgeführt werden.

Das ganze Verfahren ist im Aufsatz „Die Korrelation von Distomat-Messungen“ (4) beschrieben, auf den hier verwiesen wird. Das Resultat darf als recht aufschlussreich betrachtet werden, insbesondere was die Grösse der Korrelationskoeffizienten betrifft. Wie weit es sich auf andere Distanzmessungen bei veränderten topographischen und meteorologischen Bedingungen übertragen lässt, sei allerdings dahingestellt.

### 8. Resultat der Distomat-Messungen

Zur Veranschaulichung des Resultats der Distomat-Messungen wurden die 115 reduzierten Messungen der sechs Tage in einem einzigen Diagramm in Funktion der Beobachtungszeit aufgetragen (Abb. 4). Darin sind auch die drei Tageszeitenmittel  $L_{3.2}$  als gestrichelte Linien dargestellt. Daneben wurde aber auch eine stetige Mittelwertkurve entworfen, die zwischen 8 und 24 Uhr eine Sinuskurve bildet. Die Verbesserungen der einzelnen Beobachtungen auf diese „Ideallinie“ führten auf einen mittleren Fehler einer Beobachtung von  $\pm 70\text{mm}$  gegenüber  $\pm 72\text{mm}$  bei der Annahme von drei verschiedenen Mittelwerten.

Die tageszeitliche Schwankung scheint also tatsächlich reell zu sein und lässt sich am ehesten so erklären, dass mit zunehmender Sonneneinstrahlung der Brechungskoeffizient der Luft an den Bodenstationen grösser wird als der entsprechende Wert auf gleicher Höhe in der freien Atmosphäre. Da wir aber nach der üblichen Reduktionsmethode den mittleren Brechungskoeffizienten der beiden Endpunkte auf die ganze Streckenlänge anwenden, werden die reduzierten Messungen mit fortschreitender Tageszeit immer kleiner und erreichen etwa um 16 Uhr ihr Minimum. Dieses Verhalten dürfte aus der Abb. 4 ziemlich deutlich hervorgehen, wenn es auch durch die Unterschiede von Tag zu Tag etwas verwischt wird, die dadurch entstehen, dass der genannte Effekt je nach Bewölkungs- und Windverhältnissen mehr oder weniger stark auftritt.

Das Mittel aller 115 Messungen ist  $24\,003.662\text{ m}$  und ändert nur um  $1\text{ mm}$ , wenn die Beobachtung mit ihren Korrelationen eingeführt werden (4, Tabelle 4). Dieses vielleicht etwas unerwartete Ergebnis ist damit zu erklären, dass die Beobachtungen mehr oder weniger gleichmässig auf die verschiedenen Tage und Tageszeiten verteilt waren. Der mittlere Fehler am Mittel ist  $\pm 36\text{ mm}$  oder  $\pm 1.5 \cdot 10^{-6} \cdot D$ .

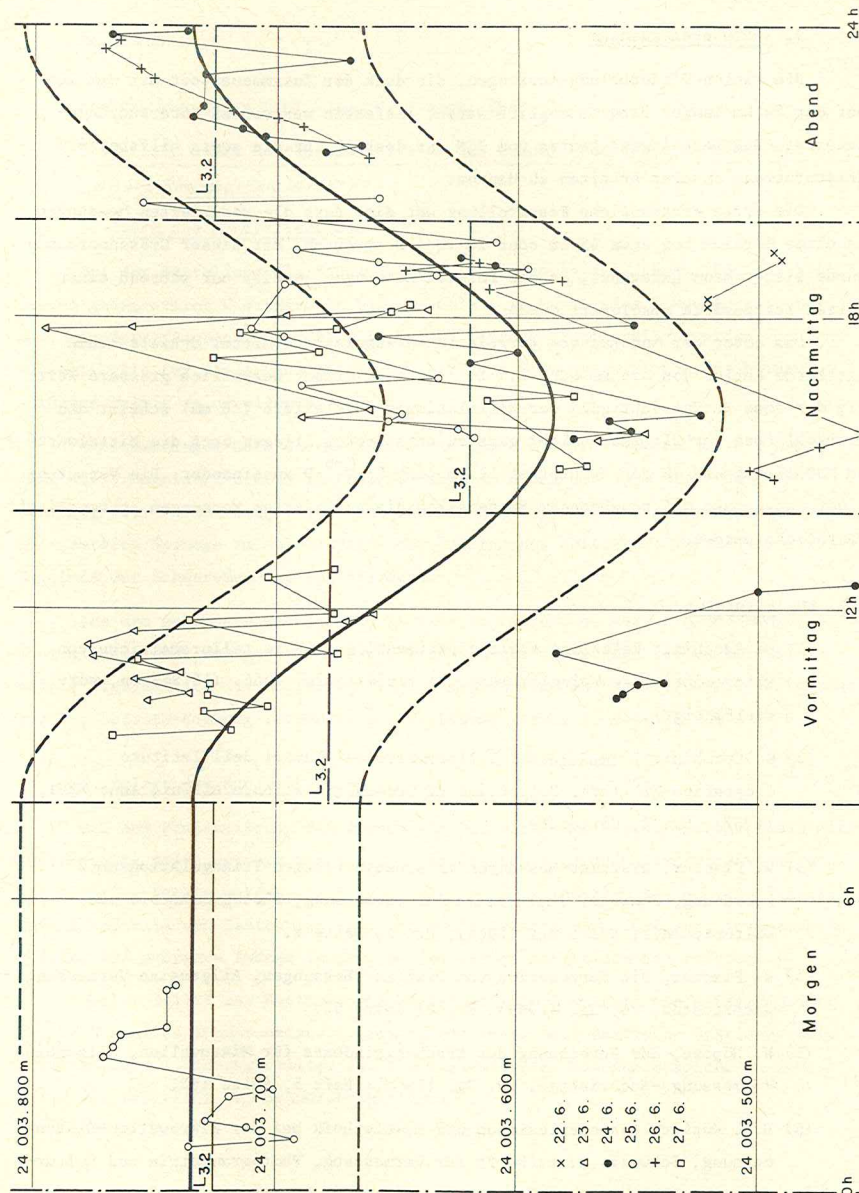


Abb. 4 Reduzierte Messungen in Funktion der Tageszeit



### 9. Schlussbemerkungen

Die vielen Wiederholungsmessungen, die dank der Zusammenarbeit mit dem IGM auf der 24 km langen Strecke möglich waren, lieferten wertvolles Untersuchungsmaterial. Den beteiligten Leuten vom IGM ist deshalb für die stets hilfsbereite Unterstützung unserer Arbeiten zu danken.

Die erste erstaunliche Feststellung war die, dass die reduzierten Messungen in einem Bereich von etwa 45 cm oder  $20 \cdot 10^{-6} \cdot D$  streuten. Mit dieser Grössenordnung wurde bisher kaum gerechnet, da die meisten Messungen jeweils nur während einer kurzen Zeitperiode absolviert wurden.

Das unter der Annahme von Korrelationen abgeleitete Mittel erhielt einen mittleren Fehler von  $\pm 36$  mm oder  $1.5 \cdot 10^{-6} \cdot D$ . Auch dieser wesentlich grössere Wert als der ohne Berücksichtigung der Korrelationen abgeleitete ( $\pm 8$  mm) scheint den tatsächlichen Verhältnissen nicht ganz zu entsprechen, liegen doch die Mittelwerte am Nachmittag und in der Nacht fast 11 cm oder  $5 \cdot 10^{-6} \cdot D$  auseinander. Die Vermutung liegt nahe, dass mit zunehmendem Sonnenstand die reduzierten Messungen systematisch verfälscht werden.

### 10. Literatur

- (1) G. Cecchini: Relazione sugli esperimenti di misure telluometriche con rilevamenti meteorologici lungo la traiettoria. 1966. (16 Seiten, vervielfältigt).
- (2) G. Cecchini: L'Impiego del Telluometro nei lavori dell'Istituto Geografico Militare, Bollettino di Geodesia e scienze affini, Anno XXVI, (1967), Nr. 2, Seite 283.
- (3) W. Fischer, Distomat-Messungen im schweizerischen Triangulationsnetz 1. Ordnung, Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik, LXIV. Jg. (1966), Nr. 1, Seite 1.
- (4) W. Fischer, Die Korrelation von Distomat-Messungen, Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 76. Jg. (1969), Nr. 2, Seite 57.
- (5) W. Höpcke, Zur Berechnung des Brechungsindex für Mikrowellen, Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 69. Jg. (1962), Heft 5, Seite 162.
- (6) H.P. Küpfer, Bodenreflexionen und Messtechnik bei der Mikrowellen-Distanzmessung, Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik, LXVI. Jg. (1968), Nr. 9, Seite 290, Nr. 10, Seite 329.

### Anhang 4

Bericht von Herrn Dipl. Ing. W. Fischer über:

#### Erstellung eines Kontrollnetzes über das schweizerische Schwerenetz mit LaCoste-Romberg-Gravimetern

##### 1. Zweck des Kontrollnetzes

Bei der Erstellung des Schwerenetzes 1. Ordnung in den Jahren 1962 bis 1966 traten gelegentlich Widersprüche beim Anschluss an Punkte des Schweregrundnetzes auf, die durch Beobachtungsfehler im Netz 1. Ordnung nicht erklärt werden konnten. Dasselbe galt für einige Anschlüsse des Netzes 1. Ordnung an Linien des Réseau européen unifié de nivellement (REUN).

Untersuchungen über die Messungen mit dem Gravimeter Worden No. 472 ergaben, dass der Trommelwert dieses Instruments irgendwie von der Umgebungstemperatur abhängig ist. Ferner zeigte eine Analyse der graphischen Auswertungen, dass gelegentlich Sprünge im Ablesesystem des Instruments auftreten, welche das Ergebnis der Schweremessung verfälschen.

Aus den genannten Gründen war es sehr zu begrüssen, dass ein unabhängiges Kontrollnetz über das ganze schweizerische Schwerenetz gelegt werden konnte. Es zeigte sich nämlich die Möglichkeit, dass uns während beschränkter Zeit Gravimeter vom Typ LaCoste-Romberg leihweise zur Verfügung gestellt wurden.

##### 2. Anlage des Kontrollnetzes

Bei der Projektierung des Kontrollnetzes wurde Wert darauf gelegt, dass alle Knotenpunkte sowie weitere wichtige Punkte des Schweregrundnetzes erfasst wurden. Als wichtige Punkte wurden solche mit extremen Schwerewerten betrachtet, ferner Anschlusspunkte von Linien des REUN und des Schwerenetzes 1. Ordnung, insbesondere solche, die grössere Zwänge in den provisorischen Ausgleichungen zeigten.

Weiter sollte das Kontrollnetz möglichst alle Endpunkte von offenen Linien des REUN und des Schwerenetzes 1. Ordnung umfassen. Auch kritische Stationen des Schwerenetzes 1. Ordnung sollten darin enthalten sein, besonders solche in der Mitte von Schleifen des Schweregrundnetzes.

Schliesslich war es erwünscht, einige weitere Punkte mit extremen Schwerewerten zu bestimmen, vor allem leicht zugängliche Berggipfel. Da der Messbereich der LaCoste-Romberg-Gravimeter praktisch unbeschränkt ist, stellte der Einbezug solcher Punkte keine Probleme. Auch sonst war man in der Verbindung der gewählten Punkte völlig frei, sodass die Durchführung der Messungen ganz dem Entscheid des Beobachters auf Grund der momentanen Gegebenheiten überlassen werden konnte.

Der Netzentwurf umfasste an die 100 Stationen, die ziemlich gleichmässig über die ganze Schweiz verteilt waren. Eine Ausnahme bildeten die Walliser Seitentäler, in denen das Schwerenetz 1. Ordnung noch nicht erstellt war. Dieser Netzteil wurde ganz im Rahmen des Kontrollnetzes bestimmt.

### 3. Durchführung der Messungen

Leider war es nicht (wie vorgesehen war) möglich, gleichzeitig drei Gravimeter einzusetzen, da diese Geräte ständig irgendwo gebraucht werden. Deshalb mussten die Messungen in zwei Teilen durchgeführt werden, wobei aber darnach getrachtet wurde, alle Stationen mindestens einmal mit jedem Instrument aufzusuchen.

Einzig vom 25. bis zum 28. Juni 1968 standen gleichzeitig alle drei Gravimeter im Einsatz, wobei folgende Linien gemessen wurden:

- 25.6. Zürich - Pfäffikon - Sargans - Reichenau - Hinterrhein - San Bernardino.
- 26.6. San Bernardino - Castione - Monte Generoso - Chiasso.
- 27.6. Chiasso - Chiasso (REUN - Anschlusspunkt) - Flugplatz Magadino - Bignasco - Flugplatz Magadino - Castione - Lukmanierpass - Disentis.
- 28.6. Disentis - Reichenau - Sargans - Pfäffikon - Zürich.

#### 3.1 Messungen mit LaCoste-Romberg-Gravimeter No. 54

Das Gravimeter No. 54 wurde uns von Herrn Professor E. Tengström vom Geodätischen Institut der Universität von Uppsala zur Verfügung gestellt. Es wurde am 7. Mai 1968 von Herrn Dr. V. Krysanov, Mitarbeiter am genannten Institut, persönlich überbracht. Am 28. Juni 1968 musste es per Luftfracht nach Oslo geschickt werden, da es von Herrn Professor Saxov benötigt wurde.

Vom 10. bis 20. Mai wurden die ersten Versuchsmessungen in der Umgebung von Zürich gemacht, um Erfahrungen über die Behandlung und das Verhalten des Instruments zu sammeln. Diese Messungen umfassten die Eichstrecke in Zürich mit den Stationen Landesmuseum, Geodätisches Institut und Zürichberg, sowie Punkte der Schleife 5 des Schweregrundnetzes, die schon bei der Messung des Schwerenetzes 1. Ordnung als Testschleife diente. Ferner wurden laufend Kontrollmessungen auf dem Schwerepfeiler des Geodätischen Instituts der ETH Zürich gemacht, um Auskunft über das zeitliche Verhalten des Instruments zu erhalten.

Vom 21. Mai bis 13. Juni wurden weitere Schleifen gemessen. Als Beobachter und Sekretär wechselten W. Schneibel und N. Wunderlin gegenseitig ab. Die Messungen wurden laufend von R. Walliser reduziert und von W. Fischer ausgeglichen. Auf diese Weise war es möglich, rasch über die Beobachtungsgenauigkeit des Instruments Aufschluss zu erhalten und das weitere Vorgehen festzulegen. War man ursprünglich der Meinung, jede Schleife am gleichen Tag schliessen zu müssen, so zeigte es sich, dass dank der kleinen instrumentellen Drift die Schleifen mehrerer Tage aneinandergehängt werden konnten, was das Fortschreiten der Messungen wesentlich beschleunigte.

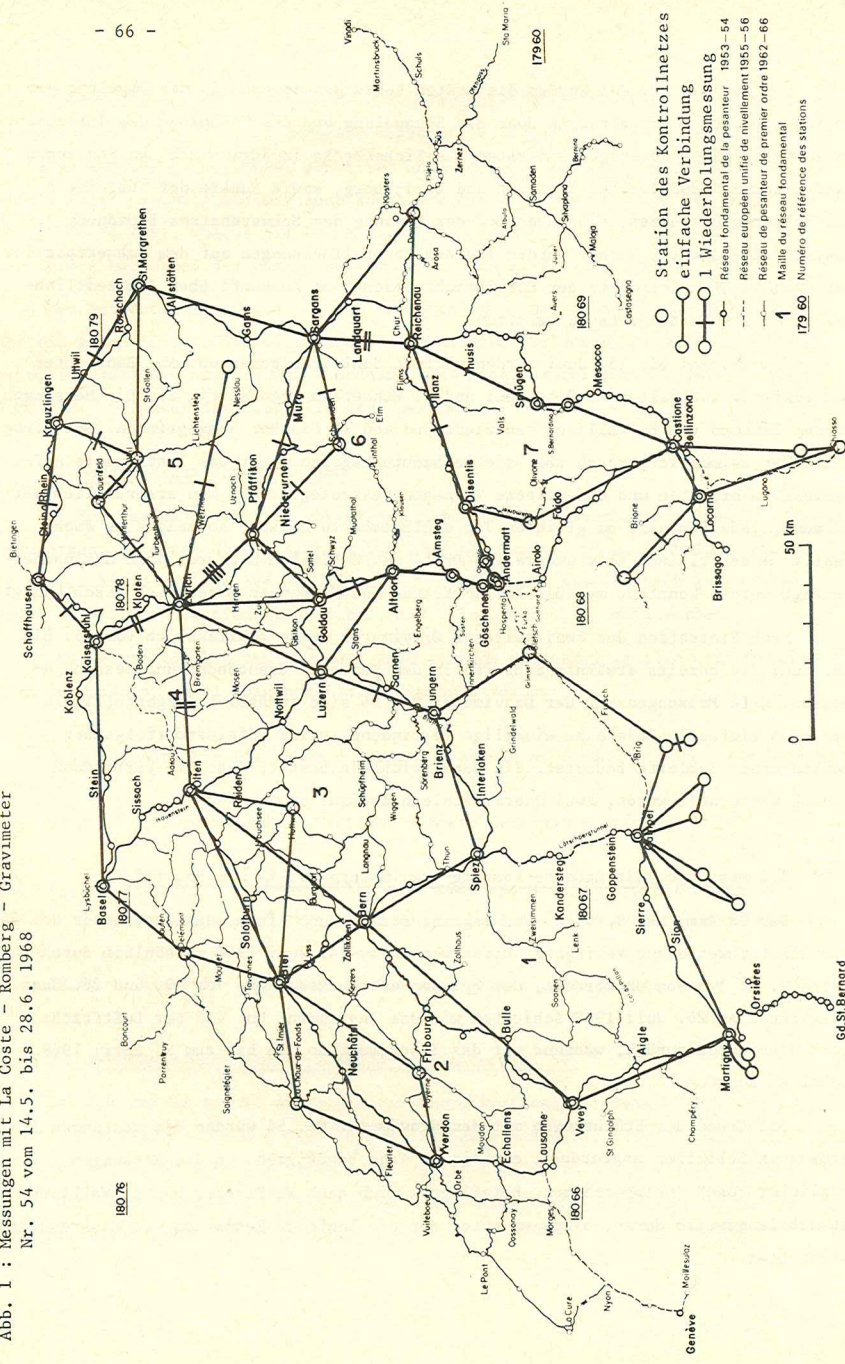
Nach Eintreffen der zwei weiteren Gravimeter wurde schliesslich vom 25. bis 28. Juni die bereits erwähnte Schleife in den Kantonen Graubünden und Tessin gemessen. Alle Messungen mit der Gravimeter No. 54 sind in Abb. 1 dargestellt, in der eine einfache Linie eine einmalige Verbindung zweier aufeinanderfolgender Punkte einer Schleife bedeutet. Ein Querstrichlein besagt, dass die Verbindung einmal wiederholt wurde, zwei Querstrichlein zweimal usw.

#### 3.2 Messungen mit LaCoste-Romberg-Gravimetern No. 24 und No. 115

Der US Army Map Service, Washington, stellte uns die beiden Gravimeter No. 24 und 115 leihweise zur Verfügung. Diese wurden am 24. Juni 1968 persönlich durch Herrn R. M. Iverson überbracht, der bei den ersten Messungen vom 25. und 26. Juni mitwirkte. Am 26. Juli 1968 schickten wir das Instrument No. 115 per Luftfracht nach Washington zurück, während wir das Instrument No. 24 bis zum 9. April 1969 behalten konnten.

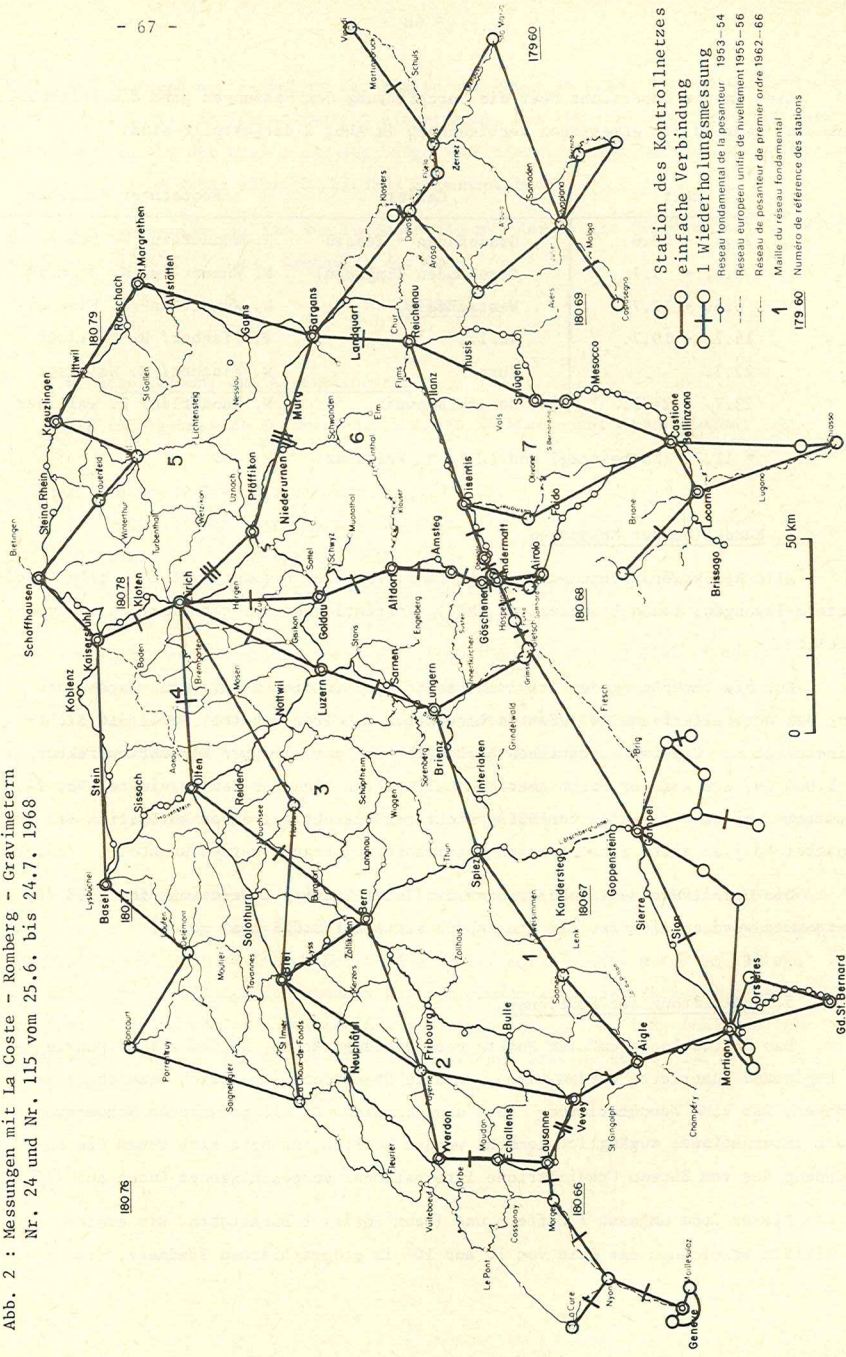
Auf Grund der Erfahrungen mit dem Gravimeter No. 54 wurden die Messungen in grösseren Schleifen angeordnet, die einige Tage benötigten. Um die Messungen möglichst rasch voranzutreiben, beteiligten sich auch W. Fischer und R. Walliser abwechselungsweise daran, hingegen wurde auf die laufende Reduktion der Messresultate verzichtet.

Abb. 1 : Messungen mit La Coste - Romberg - Gravimeter  
 Nr. 54 vom 14.5. bis 28.6. 1968



Station des Kontrollnetzes  
 einfache Verbindung  
 1 Wiederholungsmessung  
 Réseau fondamental de la pesanture 1953-54  
 Réseau européen unifié de nivellement 1955-56  
 Réseau de pesanture de premier ordre 1962-66  
 Maille du réseau fondamental  
 1  
 179 60 Numéro de référence des stations

Abb. 2 : Messungen mit La Coste - Romberg - Gravimetern  
 Nr. 24 und Nr. 115 vom 25.6. bis 24.7. 1968



Station des Kontrollnetzes  
 einfache Verbindung  
 1 Wiederholungsmessung  
 Réseau fondamental de la pesanture 1953-54  
 Réseau européen unifié de nivellement 1955-56  
 Réseau de pesanture de premier ordre 1962-66  
 Maille du réseau fondamental  
 1  
 179 60 Numéro de référence des stations

Eine knappe Uebersicht über die Durchführung der Messungen gibt die folgende Tabelle, während die gemessenen Verbindungen in Abb. 2 dargestellt sind.

Zeit	Gebiet	Beobachter/Sekretär
25.6. - 28.6.	Graubünden - Tessin	N. Wunderlin/ W. Schneibel
2.7. - 5.7.	Graubünden (Engadin)	N. Wunderlin/ W. Schneibel
8.7. - 12.7.	Westschweiz	N. Wunderlin*/W. Fischer
15.7. - 19.7.	Wallis	W. Fischer/ R. Walliser
22.7.	Jura	W. Fischer/ R. Walliser
23.7. - 24.7.	Zentralschweiz	N. Wunderlin/ R. Walliser

\* 11.7. (Nachmittag) und 12.7. R. Walliser.

#### 4. Reduktion der Messungen

Alle Reduktionsrechnungen wurden von R. Walliser besorgt, wobei er alle Gravimeterablesungen, Beobachtungszeiten (MEZ), Korrekturen usw. tabellarisch zusammenstellte.

Für die Umrechnung der Gravimeterablesungen in die Einheit mgal wurden die von der Herstellerfirma gelieferten Korrektortabellen benützt, womit die Nichtlinearität der Gravimeterschrauben berücksichtigt war (1). Der Korrekturfaktor + 1.000 36, der auf der North American Calibration Line für das Gravimeter No. 24 bestimmt worden war, wurde vorläufig nicht berücksichtigt, da er anlässlich der Ausgleichung an allen Schwerewerten gesamthaft angebracht werden konnte.

Die Gezeitenkorrekturen konnten den Tidal Gravity Corrections for 1968 (2) entnommen werden, die für jede Stunde die Werte auf 0.005 mgal geben.

#### 5. Numerierung der Stationen

Das Kontrollnetz umfasst Punkte verschiedener Netze, in denen alle Punkte bei 1 beginnend numeriert worden waren. Um alle Stationen einheitlich bezeichnen zu können, war eine Neunummerierung fast unumgänglich. Da die gefundenen Schwerewerte auch international zugänglich gemacht werden sollten, drängte sich zudem die Anwendung des vom Bureau Gravimétrique International vorgeschlagenen Codes auf (3).

Dieser Code umfasst 7 Ziffern und (wenn nötig) 1 Buchstaben. Die ersten 3 Ziffern bezeichnen das Feld von 10 auf 10° im geographischen Gradnetz, die

nächsten 2 Ziffern die Einheiten der Breite und Länge in Grad. Diese 5 Ziffern sind im Annexe 4 in (4) in jedem Gradfeld eingetragen. Die letzten 2 Ziffern bezeichnen die Zehnerminuten der Breite und der Länge, und die einzelnen Punkte innerhalb eines 10'- Feldes sind durch einen Buchstaben gekennzeichnet.

Beispielsweise ist für den Fundamentalpunkt Zürich mit der Breite + 47°22'6 und der Länge 8°33'0 östl. Greenwich der Code

1807823A.

#### 6. Beschreibung des Kontrollnetzes

Das 1968 gemessene Kontrollnetz umfasst 85 Stationen; davon liegen:

- 35 Punkte im Schweregrundnetz (Netz No. 2),
- 2 Punkte in der Testschleife (Netz No. 3),
- 10 Punkte auf Linien des REUN (Netz No. 4),
- 19 Punkte im Schwerenetz 1.Ordnung (Netz No. 5),
- 19 Stationen wurden neu bestimmt, davon liegen:
  - 5 Punkte im Schweregrundnetz (Cointrin, Genève, Aigle, Biel, Kreuzlingen),
  - 1 Punkt auf Linien des REUN (Chiasso),
  - 10 Punkte im Schwerenetz 1.Ordnung (Walliser Seitentäler),
  - 3 Punkte auf Berggipfeln (Monte Generoso, Weissfluh, Säntis).

Die lagemässige Verteilung der Kontrollnetzpunkte kann den Abb. 1 und 2 entnommen werden.

Zählt man das Mittel der je 3 bis 4 Gravimeterablesungen auf einer Station als eine Messung, so wurden total 504 Messungen gemacht. Davon entfallen 123 Messungen im Netz auf das Gravimeter No. 54 und je 177 auf die Gravimeter No. 24 und No. 115, ferner 15 Kontrollmessungen auf dem Fundamentalpunkt Zürich auf das Gravimeter No. 54 und je 1 auf die Gravimeter No. 24 und No. 115, schliesslich 10 Messungen auf der Eichstrecke in Zürich mit dem Gravimeter No. 54.

## 7 Literatur

- (1) LaCoste & Romberg, Inc., Austin, Texas 78752, Instruction Manual for LaCoste and Romberg, Inc. Model G Geodetic Gravity meter No. 115
- (2) European Association of Exploration Geophysicists, Geophysical Prospecting, Volume XV, Supplement No. 1, December 1967, Tidal Gravity Corrections for 1968.
- (3) Bureau Gravimétrique International, Bulletin d'Information No. 15, Février 1967.
- (4) - Rapport sur les travaux géodésiques exécutés de 1963 à 1966, Zurich 1967.

## Annexe 5

Extrait du rapport de M. W. Keller, ing.dipl., sur:

### La compensation géométrique de la part suisse du réseau européen de triangulation

#### 1. Introduction

Les travaux comprennent:

- la nouvelle compensation de toutes les mesures angulaires, où le calcul des corrélations a fait l'objet de soins particuliers,
- la compensation géométrique, en trois variantes, de la part suisse du réseau européen.

Dans l'ensemble, les résultats sont très satisfaisants; surtout si l'on songe qu'une grande part des stations se trouve en haute montagne, où les observations présentent plus de difficultés qu'en plaine.

#### 2. La compensation des mesures angulaires

##### a) Les observations

Ce chapitre récapitule les différentes époques où le réseau suisse actuel a été observé. La méthode des secteurs est commune à toutes les observations.

##### b) Compensation des stations

Toutes les compensations précédentes ont été recalculées; la corrélation entre les angles compensés, qui n'avait auparavant pas été introduite dans le calcul du réseau, fut exactement déterminée. Chaque angle mesuré une fois dans les deux positions de la lunette reçoit le poids 1. En outre, le poids de la moyenne d'un angle mesuré n fois est égal à n.

Les angles par rapport à une direction origine sont les inconnues de la compensation de la station.

Les angles compensés, les cofacteurs et les résidus sont le résultat de la compensation de la station.

##### c) Précision et nombre des observations

Nous distinguons ici les petits v des grands V; les petits v sont les différences entre les valeurs compensées et les mesures particulières des angles.

Les grands V, par contre, sont les différences entre les valeurs compensées et les moyennes des angles mesurés. L'erreur quadratique moyenne de l'unité de poids est calculée aussi bien à partir des petits v que des grands V. Elle devrait être égale dans les deux cas. Cependant l'erreur quadratique moyenne calculée à partir des petits v est presque toujours plus petite, dans certains cas même beaucoup plus petite que celle calculée à partir des grands V. Les influences systématiques lors des mesures ou, selon la terminologie actuelle, les corrélations physiques, en sont la cause.

Comme résultat global, on obtient en moyenne une erreur quadratique moyenne de ±0"4 pour un angle compensé, ou de ±0"3 pour une direction compensée. Cette valeur moyenne varie fortement d'une station à l'autre, et selon les directions.

d) Les matrices des poids pour la compensation corrélée du réseau avec les directions compensées

Nous n'avions à disposition, pour la compensation du réseau, qu'un programme pour les directions et non pour les angles. Pour cette raison il a fallu transformer les angles compensés en un tour d'horizon et la matrice de corrélation en une matrice correspondante. Cette matrice présente quelques difficultés, car elle n'est pas déterminée univoquement. Il faut donc introduire des conditions pour la calculer, nous avons exigé que la somme des carrés des éléments non diagonaux de la matrice soit minimum.

3. Compensation géométrique du réseau avec l'attribution des trois poids différents

Remarquons d'abord qu'une grande partie des compensations a été effectuée au Leibniz-Rechenzentrum à Munich. Je remercie le professeur Kneissl de sa constante prévenance et M. Ehlert de son aide pour les calculs, qu'il a effectués en partie.

Trois compensations ont été effectuées:

Compensation 1: Avec la matrice P des poids calculés selon le paragraphe 2d.

Cette compensation est une compensation géométrique rigoureuse.

Compensation 2: Seuls les éléments diagonaux de la matrice P sont pris en considération.

Compensation 3: On remplace la matrice P par une matrice unitaire.

a) Bases du calcul

Les points d'appui de la compensation sont le point français Grand Ballon et le point international Pfänder. Les calculs ont été faits sur l'ellipsoïde international.

b) Résultats

1. toutes les ellipses ont presque la forme d'un cercle,
2. les différences entre les trois hypothèses sont étonnement petites.

Les axes ont été dessinés pour quelques points. Pour simplifier le dessin, deux cercles ont été dessinés pour tous les points en lieu et place des trois ellipses. Ces trois dernières sont contenues entièrement entre les deux cercles.

Résidus: Les distributions des résidus v et des résidus normes sont représentées dans des histogrammes. On définit les résidus de manière suivante:

$$v_{N_i} = \sqrt{v_i (Pv)_i}$$

Dans le cas où P est une matrice diagonale, on obtient la relation bien connue:

$$v_N = P^{1/2} v$$

Les histogrammes correspondent à nos prévisions.

Erreur quadratique moyenne de l'unité de poids: Un angle mesuré une fois dans les deux positions a été introduit avec le poids 1 dans les compensations 1 et 2. Les deux compensations fournissent à peu près la même valeur de l'erreur quadratique moyenne de l'unité de poids, soit 3"0 et 3"1. Par contre, la valeur correspondante donnée par la compensation des stations est de 1"5. Le rapport 2 : 1 des deux valeurs est sans doute assez élevé. Il peut s'expliquer parce que la déviation de la verticale n'a pas été introduite dans les calculs. Mais il est dû probablement aussi à une introduction incorrecte de la corrélation physique mentionnée plus haut. Il semble que les poids des moyennes des angles mesurés plusieurs fois soient trop élevés.

La compensation 3 fournit une erreur quadratique moyenne de ±1.7<sup>cc</sup> ou ±0"52 pour une direction. L'estimation, d'après la compensation des stations, était de ±0"3. Le rapport 2 : 1 apparaît ici également. Cette erreur quadratique moyenne ne doit pas être comparée à celles des compensations 1 et 2. Par contre, les ellipses d'erreur peuvent se comparer. Elles montrent que les attributions

diverses des poids, c'est-à-dire l'introduction de la corrélation, conduisent au même résultat. Cette remarque ne vaut provisoirement que pour le réseau suisse. Il est douteux qu'on puisse la généraliser.

#### 4. Comparaison des résultats des compensations 1 - 3

Coordonnées: Trois représentations graphiques indiquent les différences des coordonnées. Les ellipses d'erreur sont représentées à la même échelle pour quelques points. Les différences sont partout largement dans les ellipses d'erreur moyenne. En outre, elles sont à peu près égales malgré les différentes attributions des poids. Comme il fallait s'y attendre, elles sont un peu plus grandes en marge du réseau.

Distribution des différences des résidus: Les histogrammes des différences des résidus sont représentés également. Il ne s'agit pas de prouver que nous avons affaire là à une distribution normale, mais de donner une vue d'ensemble de ces différences. Comme il fallait s'y attendre, aux plus grands résidus correspondent les plus grandes différences. Mais, en général, ces différences sont minimes.

Côtés d'amplification des bases: L'influence de l'attribution des poids sur quelques distances est démontrée dans un tableau. En plus, ces distances sont comparées à celles obtenues par la mesure des bases.

#### 5. Compensation non corrélée avec poids égaux dans le système suisse des coordonnées

Une compensation avec les mêmes poids pour toutes les directions a été entreprise également dans le système suisse des coordonnées. Le but recherché était le contrôle des résultats obtenus lors des calculs sur l'ellipsoïde. Les résidus  $v$  doivent être les mêmes dans les deux cas. Par suite des différentes exactitudes de calcul, on attendait une concordance de 0"1, ce qui fut obtenu. La justesse des calculs est ainsi démontrée. Les différences entre les coordonnées n'excèdent jamais 15 mm. Les ellipses d'erreur concordent également partout.

### Annexe 6

Rapport provisoire de M. A. Elmiger, Dr.sc.techn., sur:

#### La méthode prévue en Suisse pour la détermination des déviations de la verticale

##### 1. Introduction

Le réseau suisse ayant été compensé, dans une première phase, par les angles observés, il faudra, dans une deuxième phase, réduire ces angles de manière aussi précise que possible sur l'ellipsoïde de référence et effectuer à nouveau la compensation. Pour cela, il faudra déterminer d'une façon ou d'une autre les déviations de la verticale de toutes les stations, et les introduire. En plus de cela, il faudra prendre en considération, outre la compensation géométrique, les azimuts de Laplace, les côtés d'amplification de base, les hauteurs du géoïde et les corrélations entre les observations.

Etant donné que les déviations de la verticale dans la partie montagneuse de la Suisse peuvent atteindre des valeurs considérables, il est certainement raisonnable d'en tenir compte.

Pour la détermination des déviations de la verticale, on a choisi le procédé suivant, qui a déjà été éprouvé: Pour tous les points auxquels les déviations de la verticale ont été déterminées astronomiquement (ainsi que pour tous les points auxquels les déviations de la verticale sont à déterminer), on calcule les déviations de la verticale à partir des masses visibles en ayant recours à la théorie de l'isostasie. On compare ces valeurs calculées aux valeurs observées (astronomiquement) des points correspondants. Les différences "déviations de la verticale astronomique moins déviations de la verticale topographique-isostatique", que l'on nomme déviations réduites, ont un comportement relativement régulier et se prêtent à une interpolation que l'on peut appeler une interpolation de déviations de la verticale topographique-isostatique. La déviation de la verticale cherchée en un point quelconque est alors égale à la somme:

déviations de la verticale topographique-isostatique (1<sup>ère</sup> étape)  
+ déviations de la verticale interpolée (2<sup>ème</sup> étape).

Les deux étapes de calcul, le calcul à partir de masses visibles et par l'isostasie, et ensuite l'interpolation de déviations de la verticale, s'effectuent par l'ordinateur électronique à l'aide de programmes de calcul rédigés en ALGOL.

## 2. Calcul des déviations

### Première étape de calcul

#### Déviations de la verticale à partir de masses visibles et par l'isostasie (Déviations de la verticale topographiques et isostatiques)

Pour exprimer les masses topographiques, on se sert du réseau de coordonnées planes du système de projection suisse. On a renoncé à un quadrillage géographique, car le procédé ne doit être utilisé qu'en Suisse. Ainsi, la région prise en considération atteint une superficie de 300 x 400 km au plus.

A partir de ce système de coordonnées cartésiennes toute la Suisse et les régions avoisinantes ont été réparties en carrés de 500 m de côté; pour chaque carré on a pris une hauteur moyenne de la topographie sur la carte nationale au 1 : 50 000. Ce réseau fondamental de 500 m est la base de tous les calculs.

La prochaine unité d'organisation est un bloc de 10 x 10 km, qui comprend 400 carrés de 500 m.

Pour saisir de façon encore plus détaillée les environs immédiats de chaque station, il faut déterminer des hauteurs topographiques supplémentaires pour des carrés de 100 x 100 m dans une région de 1.5 x 1.5 km autour de chaque station. Une division plus dense des alentours immédiats de la station de 300 x 300 m est obtenue sans travail supplémentaire par le programme qui répartit les carrés de 100 m en carrés de 50 m et définit leurs hauteurs par une fonction d'interpolation.

La formule exacte pour prisme rectangulaire d'une part, et les formules d'approximation (point de masse et ligne de masse) d'autre part, servent de formules de calcul. Le choix de la formule se fait automatiquement par le programme en fonction de la distance, de la différence d'altitude et de la grandeur de l'élément de masse considéré.

Le calcul effectué par voie électronique fournit outre les composantes de la déviation de la verticale également les réductions topographiques de la gravité (corrections de terrain).

Dans cette première phase en plus des masses visibles, une contribution normale des masses invisibles est prise en considération à savoir la contribution qui correspond au modèle d'isostasie choisi. Le choix du modèle d'isostasie est sans importance car les déviations systématiques de la répartition réelle des

masses du modèle se font dans la phase suivante, l'interpolation de la déviation de la verticale.

### Deuxième étape de calcul

#### Interpolation de déviations de la verticale

Les déviations de la verticale calculées à partir de masses sont soumises, dans une deuxième phase, à une interpolation de déviations de la verticale, ce qui fournit des déviations de la verticale par rapport à l'ellipsoïde de référence suisse, qui est d'ailleurs tout à fait arbitraire. Cette deuxième phase tient compte de la partie des masses invisibles (masses de perturbation) pas encore prise en considération dans la première partie, pour autant que leur influence s'effectue de façon systématique, ainsi que de toutes les fautes systématiques de calcul de la première phase comme, par exemple, la position particulière de l'ellipsoïde de référence utilisé.

L'interpolation se fait par calcul (et non graphiquement), en fonction des surfaces, et repose sur une compensation à savoir une approximation des valeurs de base utilisées.

Dans les grandes lignes le procédé consiste à déterminer une surface de niveau dont on connaît les composantes des normales à la surface à certains points (déviations de la verticale ou déviations de la verticale réduites). La surface de niveau étant déterminée, on peut évaluer les composantes des normales à la surface pour n'importe quel point à l'aide de la dérivée partielle de la fonction utilisée pour la surface de niveau. On se sert de ce procédé pour l'interpolation de la déviation de la verticale en interpolant non les déviations de la verticale, ce qui serait possible en principe, mais les déviations réduites qui ont un comportement plus régulier. Il y a lieu d'ajouter ici qu'en même temps une surface de niveau appartenant aux normales utilisées est déterminée. Si les normales à la surface sont des déviations de la verticale, la surface de niveau considérée est le géoïde dont la détermination ne nous intéresse pas dans ce contexte; si ce sont des déviations réduites, il s'agit d'un cogéoïde, qui représente dans notre cas, un moyen pour l'interpolation de la déviation de la verticale. Les deux surfaces sont représentées à l'aide de différences d'altitude par rapport à l'ellipsoïde de référence utilisé.

Pour les surfaces de niveau, on se sert de séries de puissance à deux dimensions et trigonométriques (séries de Fourier). Les coefficients de la



fonction sont déterminés selon la méthode des moindres carrés. Le calcul, la détermination de surface et l'interpolation des déviations de la verticale se font par voie électronique. Le degré nécessaire pour les séries de puissance est d'environ 1 à 3 pour l'interpolation de déviations de la verticale (éventuellement plus) et 4 à 12 pour la détermination de surfaces, selon la grandeur de la région.

3. Précision de la méthode

La précision des déviations de la verticale définies par la méthode décrite dépend de la précision avec laquelle les déviations peuvent être établies à partir de masses visibles et de la densité des points de base astronomiques.

Sur la base des nombreuses recherches entreprises on peut établir ce qui suit en résumé:

- l'insécurité du calcul exprimée sous forme d'erreur moyenne, a partir de masses est d'environ  $\pm 0''3$ . Les erreurs systématiques ne sont pas comprises puisqu'elles sont éliminées par l'interpolation. L'insécurité dépend du système choisi pour définir les masses visibles et, dans ce cas, est constante pour la méthode en question.
- Outre cette insécurité, il y a l'inexactitude de l'interpolation, qui dépend de l'étendue de la région et de la densité des points de base astronomiques. La part attribuée à l'interpolation dans l'erreur moyenne totale est en général plus grande que celle que l'on peut attribuer au calcul à partir des masses.

Sur la base d'essais effectués dans les Alpes suisses, nous indiquons ci-dessous les erreurs moyennes totales à une déviation de la verticale définie par la méthode décrite:

Distance moyenne entre les points de base:	Erreur moyenne maximale de la déviation de la verticale:
160 km	$\pm 2''0$ (sexagésimal)
100 km	$\pm 1''5$
40 km	$\pm 1''0$

Dans certaines régions (au sud de la Suisse) où la répartition des masses présente de grandes anomalies les valeurs indiquées ne sont plus valables.

Dans ce cas, il est indiqué de déterminer les déviations de la verticale directement.

La précision indiquée en haut est augmentée si l'on peut utiliser plus de points de base. Voici deux exemples:

Pour une zone de 150 x 300 km couvrant la majeure partie de la Suisse septentrionale, on a obtenu une erreur moyenne totale de  $\pm 1''5$ , déjà pour une fonction d'interpolation linéaire en utilisant tous les points astronomiques donnés. Pour un degré plus élevé de la fonction d'interpolation l'erreur moyenne décroît à  $\pm 1''0$  ou moins. - Dans des cas très favorables, comme dans l'Oberland Bernois, où la densité des points donnés est très grande et en se bornant à une surface de 70 x 80 km, on obtient une erreur moyenne totale de  $\pm 0''3$  à  $\pm 0''7$  pour une déviation interpolée.

La méthode décrite permet aujourd'hui déjà de déterminer des déviations de la verticale pour tous les points du réseau suisse de premier ordre avec une erreur moyenne de  $\pm 2''0$ . Si on augmente le nombre des points astronomiques dans certaines régions, où ils sont peu nombreux maintenant, on devrait obtenir une précision de  $\pm 1''5$  pour tous les points.

4. Influence des déviations de la verticale dans le réseau de premier ordre

La réduction sur l'ellipsoïde des directions horizontales mesurées équivaut à un transfert des directions mesurées de la verticale effective sur la normale à l'ellipsoïde. L'influence des déviations de la verticale sur les directions horizontales dépend, on le sait, de la déviation de la verticale, de la tangente de l'angle vertical et de la direction de la visée par rapport à la direction de la verticale.

Aux stations suisses de premier ordre, la plus grande déviation de la verticale déterminée astronomiquement est de 20" (sexagésimal). Aux stations difficilement accessibles, où les déviations de la verticale doivent être déterminées par le procédé décrit, on peut s'attendre à des valeurs de 30" au plus.

Dans le réseau suisse la pente de la visée la plus inclinée atteint 7%, en moyenne elle est de 3% environ.

L'influence maximale d'une déviation de la verticale sur une direction horizontale sera, en conséquence, d'environ 2". L'insécurité de cette influence atteint  $\pm 0''1$ , lorsqu'on admet une erreur moyenne de la déviation de la verticale de  $\pm 1''5$ .

L'exactitude des déviations interpolées démontrée au paragraphe 3 répondrait donc aujourd'hui déjà à l'exactitude désirée de  $\pm 0''1$ . Si on désire malgré tout

augmenter le nombre des points de déviation de la verticale déterminés astronomiquement, c'est qu'ainsi on peut prendre en considération d'éventuelles perturbations locales.

Une introduction de corrections à cause de déviations de la verticale devrait avoir, comme effet principal, une réduction de l'erreur moyenne après la compensation. Par conséquent, le rapport des erreurs moyennes avant (d'après la compensation des stations) et après la compensation du réseau devrait s'améliorer. Les écarts de fermeture des triangles devraient aussi devenir plus petits, et on pourra introduire des poids à priori correspondants mieux à la précision actuelle du réseau en question.

Toutefois l'influence sur la position même des points est probablement plus petite, car dans un réseau de surface on peut s'attendre à une certaine compensation des influences des déviations de la verticale. En revanche, seules des expériences pratiques renseigneront sur les rapports numériques.

TABLE DES MATIÈRES

Adresses des membres de la Commission géodésique suisse	2
115. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission am 14. Juni 1969 im Bernerhof in Bern	3
1. Bericht des Präsidenten über die Tätigkeit der Kommission im Jahr 1968	4
1.1 Bericht über die Tätigkeit der Schweizerischen Geodätischen Kommission für das Jahr 1968	4
1.2 Beitrag an die Denkschrift der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft an den Bundesrat	6
1.3 Ausserordentliche Sitzung der SGK vom 7. 12. 1968	7
2. Bericht von Kommissionsmitgliedern über die Teilnahme an Kongressen und über Arbeiten	9
2.1 Symposium der Internationalen Kommission für die Ausgleichung der europäischen Dreiecksnetze (RETrig), Paris, 24.-26. 2. 1969	9
2.2 Satellitengeodäsie	10
2.3 IV. Symposium über mathematische Geodäsie, Triest, 28.-31. 5. 1969	11
3. Tätigkeitsberichte von Mitarbeitern	12
3.1 Astronomische Beobachtungen auf den Punkten Weissfluh und Säntis	12
3.2.1 Messung der Triangulationsseite 1. Ordnung Mottarone-Campo dei Fiori	13
3.2.2 Erstellung eines Kontrollnetzes über das schweizerische Schwerenetz mit LaCoste-Romberg-Gravimetern	15
3.2.3 Publikation Basis Heerbrugg	15
3.3 Die Distanzmessung Punta Gnifetti-Dufourspitze	16
3.4 Band «Laplace-Punkte» der «Astronomisch-geodätischen Arbeiten in der Schweiz»	17
4. Probleme der schweizerischen und europäischen Triangulation	18
5. Arbeitsprogramm 1969	21
6. Abnahme der Rechnung 1968	21
7. Voranschlag für 1970	21
8. Verschiedenes	21

ANHANG

1. Beitrag an die Denkschrift der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft	23
2. Die Ergebnisse der Astronomischen Beobachtungen im August und September 1968 auf dem Laplace-Punkt Weissfluh-Gipfel und auf dem Säntis	37
3. Messung der Triangulationsseite 1. Ordnung Mottarone-Campo dei Fiori	49
4. Erstellung eines Kontrollnetzes über das schweizerische Schwerenetz mit LaCoste-Romberg-Gravimetern	63
5. La compensation géométrique de la part suisse du réseau européen de triangulation	71
6. La méthode prévue en Suisse pour la détermination des déviations de la verticale	75