

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES  
SCHWEIZ. NATURFORSCHENDE GESELLSCHAFT

---

PROCÈS-VERBAL

de la 118<sup>e</sup> séance de la

COMMISSION GÉODÉSIQUE  
SUISSE

tenue au Bernerhof a Berne  
le 10 juin 1972

**avec des extraits des rapports sur l'activité de l'année 1971**

---

PROTOKOLL

der 118. Sitzung der

SCHWEIZ. GEODÄTISCHEN  
KOMMISSION

vom 10. Juni 1972  
im Bernerhof in Bern

**mit Auszügen aus den Berichten über die Tätigkeit im Jahre 1971**

Spross + Co, Kloten  
1973

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES  
SCHWEIZ. NATURFORSCHENDE GESELLSCHAFT

---

**PROCÈS-VERBAL**

de la 118<sup>e</sup> séance de la

**COMMISSION GÉODÉSIQUE  
SUISSE**

tenue au Bernerhof à Berne  
le 10 juin 1972

**avec des extraits des rapports sur l'activité de l'année 1971**

---

**PROTOKOLL**

der 118. Sitzung der

**SCHWEIZ. GEODÄTISCHEN  
KOMMISSION**

vom 10. Juni 1972  
im Bernerhof in Bern

**mit Auszügen aus den Berichten über die Tätigkeit im Jahre 1971**

## Adresses

des membres de la Commission géodésique suisse

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

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

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

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

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

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

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

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

M. le professeur A. Miserez, Institut de topographie de l'Ecole polytechnique fédérale, Lausanne

M. le professeur St. Müller, directeur de l'Institut de géophysique de l'Ecole polytechnique fédérale, Zurich

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

La correspondance doit être adressée au président ou au secrétaire.

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

118. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission  
am 10. Juni 1972 im Bernerhof in Bern

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

Als Gäste begrüsst der Vorsitzende den Zentralpräsidenten der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Herrn Prof. Dr. A. Lombard, Genf, und Herrn Prof. F. Chaperon, Luzern. Ferner heisst er Herrn Prof. Dr. Stephan Müller als neues Mitglied willkommen.

Entschuldigt haben sich die Kommissionsmitglieder W.-K. Bachmann und M. Waldmeier.

Der Präsident eröffnet die Sitzung um 09.30 Uhr. Die folgende Traktandenliste wird ohne Diskussion genehmigt. Im Anschluss an die Traktanden findet eine besondere Sitzung der Mitglieder statt, um die Wahlen zu besprechen.

Traktanden:

1. Procès-verbal der 117. Sitzung
2. Mitteilungen des Präsidenten
3. Berichte:
  - 3.1 Wunderlin: RETrig
  - 3.2 Fischer: Geodynamisches Projekt, Erdkrustenbewegungen
  - 3.3 Jeanrichard: Neue Ergebnisse beim Eidg. Präzisionsniveaulement
  - 3.4 Elmiger: Generalversammlung der UGGI 1971 in Moskau
  - 3.5 Schürer: Satellitenbeobachtungen

#### 4. Arbeitsberichte:

- 4.1 Fischer: Geodimetermessungen 1971
- 4.2 Wunderlin: Netz-Zusammenschlüsse
- 4.3 Elmiger: Lotabweichungen im Netz 1. Ordnung
- 4.4 Prof. Müller: Astronomische Längen- und Breitenbestimmungen im Sommer 1971

#### 5. Arbeitsprogramm 1972

#### 6. Jahresrechnung 1971

#### 7. Voranschlag 1973

#### 8. Verschiedenes und Umfrage

Bevor die Geschäfte behandelt werden, dankt Zentralpräsident Lombard für die Einladung und für die wertvolle Arbeit der Kommission; er erläutert kurz die heutige Situation der SNG und die Budgetprobleme für 1973.

#### 1. PROCÈS-VERBAL

Das gedruckte Protokoll der 117. Sitzung wird ohne Bemerkungen genehmigt und verdankt.

#### 2. MITTEILUNGEN DES PRAESIDENTEN

Der Senat der SNG wählte an seiner Sitzung vom Jahr 1971 Herrn Prof. Dr. Stephan Müller als neues Mitglied der Kommission.

Die im Jahre 1971 durchgeführten Arbeiten bilden eine Fortsetzung früherer Arbeiten und stehen zum grössten Teil wiederum in engstem Zusammenhang mit internationalen wissenschaftlichen Projekten, an

deren Teilnahme die Schweiz wegen ihrer Mitgliedschaft in der Internationalen Assoziation für Geodäsie verpflichtet ist. Sie betreffen folgende Hauptthemen:

- Europäisches Triangulationsnetz
- Traversen zwischen Satellitenbeobachtungsstationen
- Beobachtungen nach künstlichen Satelliten.

Ein eigenes wissenschaftliches Projekt ist

- Bestimmung des Geoides in der Schweiz.

#### 2.1 Europäisches Triangulationsnetz

Mit der Berechnung eines europäischen Triangulationsnetzes wird seit Jahren das Ziel verfolgt, die Triangulationsnetze der europäischen Länder zusammenzuschliessen, um einheitliche Koordinaten für den Kontinent zu erhalten. Diese Koordinaten können später als Grundlagen der Landesvermessungen benützt werden. Sie dienen aber auch - und dies ist zunächst der Hauptzweck - der Bestimmung von Grösse und Form des europäischen Kontinents. Spätere Messungen werden zeigen, ob der Kontinent Änderungen unterworfen ist, die hauptsächlich auf tektonische Einflüsse zurückzuführen wären. Der Zusammenschluss der Landesnetze erfolgt im Prinzip aufgrund der bestehenden Triangulationen. In den meisten Ländern erwiesen sich jedoch neue Messungen und Ergänzungsmessungen als nötig, um ein einwandfreies Kontinentalnetz zu erhalten. Von der Schweiz wurde ein besonders dichtes und genau beobachtetes Netz erwartet, weil das europäische Netz im Alpengebiet verankert werden soll. Zu den von unserem Land, insbesondere von der Schweizerischen Geodätischen Kommission, durchzuführenden Feld- und Berechnungsarbeiten gehören astronomische Beobachtungen und elektronische Distanzmessungen. Die astronomischen Arbeiten gelangten im Jahre 1970 zu einem vorläufigen Abschluss.

Einige Zeit werden noch die elektronischen Distanzmessungen beanspruchen, die vor Jahren begannen und mit immer besseren Instrumenten durchgeführt werden.

Die Schweizerische Geodätische Kommission verfügt seit dem Jahre 1970 über ein Laser-Geodimeter, mit dem hohe Genauigkeiten erzielt werden. Die Beobachtungen des Jahres 1971 umfassen:

- Nachmessungen im Basisnetz Aarberg. Ein grosser Teil des Netzes wurde bereits im Jahre 1970 beobachtet. Die Nachmessungen von 1971 bezweckten einerseits die Vervollständigung des Netzes, und andererseits sollte durch Wiederholungsmessungen untersucht werden, ob und wie die gemessenen Distanzen von Witterungseinflüssen abhängen.
- ein Ast des Netzes 1. Ordnung vom Basisnetz Aarberg aus in östlicher Richtung mit den Punkten 1. Ordnung Chasseral, Berra, Briener Rothorn, Napf, Rötifluh, Rigi, Wisenberg, Lägern, Hörnli, Scheye, Säntis, Pfänder. Dieser Netzteil kann als abgeschlossen gelten.

In den Jahren 1972 und 1973 sollen Ergänzungen in der Westschweiz und in der Südschweiz vorgenommen werden.

Die Distanzmessungen wurden von den Ingenieuren Fischer und Wunderlin, denen Assistenten des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ und Studenten zugewiesen waren, durchgeführt.

Herr Wunderlin führte provisorische Berechnungen im bestehenden Netz durch, um Aufschluss über dessen Genauigkeit zu erhalten und um von ihm ersonnene Berechnungsmethoden zu testen.

Im Frühjahr wurde von der Schweizerischen Geodätischen Kommission eine Sitzung der Permanenten Kommission für die Ausgleichung der europäischen Hauptnetztriangulation in Zürich durchgeführt.

## 2.2 Traversen zwischen den Satellitenbeobachtungsstationen

Im Jahre 1970 war der geodätische Anschluss der Station Zimmerwald an die Stationen Strassburg und Karlsruhe beobachtet worden, die der Traverse Malvern-Graz angehören. Im Jahre 1971 erfolgte der Anschluss der Station Zimmerwald an die deutsche Station Hohenpeissenberg (südlich München). Die Satellitenbeobachtungsstation Zimmerwald ist damit sehr gut mit anderen europäischen Stationen verbunden. Die Beobachtungen erfolgten soweit möglich im Zusammenhang mit dem europäischen Triangulationsnetz und standen unter Leitung der Herren Fischer und Wunderlin. Die zugehörigen Berechnungen werden im geodätischen Rechenzentrum München durchgeführt.

## 2.3 Beobachtungen nach künstlichen Satelliten

Prof. Schürer führte auf der Station Zimmerwald die optischen Beobachtungen nach künstlichen Satelliten weiter. Neu waren die Laser-Distanzmessungen nach Satelliten, die als sehr erfolgreich betrachtet werden können.

## 2.4 Geoidbestimmung

Astronomische Beobachtungen zur Bestimmung von Lotabweichungen wurden von Prof. H. Müller auf den Punkten Bourg St-Pierre, Sitten, Saas-Balen, San Bernardino und Linthal durchgeführt. Sie dienen nicht nur der Geoidbestimmung sondern auch der Bestimmung von Lotabweichungen auf Punkten des Triangulationsnetzes 1. Ordnung mit Hilfe von Interpolationsrechnungen.

Dr. Elmiger führte im Netz 1. Ordnung erste Versuchsberechnungen mit und ohne Lotabweichungseinfluss durch.

## 2.5 Weitere Arbeiten

Die Eidg. Landestopographie vervollständigte das Präzisionsnivelement zwischen Basel und Chiasso. Aus den Ergebnissen darf mit grosser Wahrscheinlichkeit der Schluss gezogen werden, dass das Gotthardmassiv sich um ca. 5 cm gegenüber den Messungen von 1910 gehoben hat.

## 2.6 Publikationen

Die Kommission berichtet über die Arbeiten in ihrem jährlich erscheinenden Procès-verbal. Sie gab für die Generalversammlung der UGGI einen Landesbericht über die geodätischen Arbeiten in der Schweiz heraus. Herr Fischer und Herr Wunderlin verfassten Artikel über elektronische Distanzmessungen und über die Berücksichtigung von Refraktionen.

An der UGGI-Generalversammlung in Moskau nahmen von der Kommission die Herren Huber, Jeanrichard, Kobold und Schürer, ferner Herr Elmiger teil. Am FIG-Kongress in Wiesbaden liess sich die Kommission durch Herrn Fischer vertreten.

### 3. BERICHTE

#### 3.1 RETrig

Herr Wunderlin berichtet über die Arbeiten für das europäische Triangulationsnetz RETrig. Am RETrig-Symposium vom 2.-4. März 1971 in Zürich, das sich weniger wissenschaftlichen Problemen als praktischen Abmachungen zwischen den Ländern widmete, wurde beschlossen, die Zusammenschlüsse der "geometrischen" Netze der beteiligten Länder bis Ende 1971 abzuschliessen und für 1972 die Einführung der Basen und der astronomischen Beobachtungen vorzusehen.

Die Schweiz hatte ihr Beobachtungsmaterial (nur die Richtungsbeobachtungen) bereits vor diesem Symposium dem Rechenzentrum des RETrig (Deutsches geodätisches Forschungsinstitut) zur Verfügung gestellt, und der Netzteil CH war mit demjenigen der Bundesrepublik Deutschland vereinigt worden (s. Procès-verbal de la 117<sup>e</sup> séance de la Commission géodésique suisse 1971). Da bei diesem ersten Zusammenschluss weder Distanzmessungen noch die Richtungskorrekturen wegen Lotabweichungen berücksichtigt worden waren, stellt sich für die Schweiz vorerst die Aufgabe, noch auf der "geometrischen" Stufe die bis heute vorliegenden elektrooptischen und eventuell elektronischen Distanzmessungen und die nun ebenfalls bereitgestellten Lotabweichungen (s. Bericht Elmiger) einzuführen und für die zweite Ausgleichungsstufe die Berücksichtigung der astronomischen Beobachtungen vorzubereiten.

#### 3.2 Geodynamisches Projekt, Erdkrustenbewegungen

Herr Fischer legt über die einzelnen Sitzungen folgenden Bericht vor:

##### 1. Plenarsitzung vom 22.3.1971

Das geodynamische Projekt bildet eine Fortsetzung des Projekts "Oberer Erdmantel". An dieser Sitzung kommt eindeutig zum Ausdruck, dass sich die Schweiz an diesem Projekt beteiligen sollte. Zu diesem Zweck werden 13 Arbeitsgruppen gegründet, als erste

eine solche zur Bestimmung rezenter Erdkrustenbewegungen. Es soll versucht werden, sowohl Vertikal- als auch Horizontalbewegungen zu messen; aktive Scherflächen sollten gesucht werden.

##### 2. Plenarsitzung vom 22.11.1971

Die meisten Arbeitsgruppen legen Projekte vor, die gemeinsam besprochen werden können. Die Gruppe 1, die neu die Bezeichnung "Rezente Krustenbewegungen" trägt, hat in zwei Sitzungen ein Arbeitsprogramm erarbeitet, das gut aufgenommen wird. Es sieht geodätische und seismographische Messungen vor, für die sich folgende Gebiete aufdrängen: Rhein-Rhone-Linie, Simplon, Basel. Dazu kommt noch die Wiederholung des Präzisionsnivelements auf bestimmten Linien.

Die Frage der Finanzierung der Projekte und der Organisationsform des Geodynamischen Projekts ruft einer eingehenden Diskussion. Die Beauftragten der 12 Arbeitsgruppen (Gruppe 9 ist wieder aufgelöst worden) bilden das Komitee für das Geodynamische Projekt.

##### Arbeitsgruppe zur Untersuchung rezenter Erdkrustenbewegungen in der Schweiz

##### 1. Sitzung vom 4.6.1971

Herr Dr. Pavoni wird als Präsident der Arbeitsgruppe vorgeschlagen und gewählt. Es werden sieben Gebiete genannt, die in Untergruppen näher untersucht werden sollen:

1. Gütsch-Stöckli
2. Simplon
3. Engadiner Linie
4. Rhein (Kaiserstuhl-Basel)
5. Genf-Orbe-Yverdon
6. Untersee
7. Insubrische Linie

Nach dieser Voruntersuchung sollen die zwei bis drei Gebiete festgelegt werden, die dann geodätisch erfasst werden sollen.

##### 2. Sitzung vom 15.10.1971

Am Vormittag orientiert Herr Jeanrichard über das internationale

Symposium über rezente Krustenbewegungen, das im Rahmen der XV. Generalversammlung der UGGI in Moskau stattgefunden hat.

Daran anschliessend berichtet Herr Huber über die Exkursion nach Taschkent, an der er sich im Anschluss an die Generalversammlung zum Studium des dortigen geodynamischen Polygons beteiligt hat. Nachdem die Schweiz bisher offenbar noch keinen offiziellen Vertreter in der Permanenten Kommission für die rezenten Krustenbewegungen hatte, wird Herr Pavoni mit dieser Aufgabe betraut.

Für September 1974 ist ein weiteres Symposium über rezente Krustenbewegungen vorgesehen. Da es auf Vorschlag der Schweiz in Zürich durchgeführt werden soll, wird es noch verschiedentlich zu reden geben.

Am Nachmittag werden die Resultate der Voruntersuchungen in den sieben Teilgebieten besprochen. Die interessantesten Objekte sollen weiter überprüft und zusammen mit Geodäten begangen werden, um die Möglichkeit geodätischer Messungen abzuklären.

### 3. Sitzung vom 27.4.1972

Da sich Herr Pavoni von September 1972 bis August 1973 zum Studium der rezenten Krustenbewegungen in Kalifornien befinden wird, muss ein Vizepräsident der Arbeitsgruppe bestimmt werden. Herr Fischer stellt sich zur Verfügung und wird für die Weiterführung der Arbeiten in diesem Jahr besorgt sein.

Wegen der einjährigen Abwesenheit von Herrn Pavoni steht die Organisation des Symposiums vom September 1974 im Vordergrund. Das Organisationskomitee soll noch vor seiner Abreise zusammengestellt werden und soll unabhängig von der Arbeitsgruppe die Vorbereitungen für das Symposium an die Hand nehmen.

Einzelne Untersuchungsobjekte sind jetzt so weit abgeklärt, dass die Begehung mit den Geodäten stattfinden kann: Im Urserental und in der Schöllenen treten Verwerfungslinien eindeutig zutage; sie sollen in der zweiten Hälfte Juni begangen werden. Im Gebiet des décrochement de Pontarlier ist eine Begehung für Ende Mai/Anfang Juni vorgesehen. Die Begehung der Verwerfungszone im Nanztal wird endgültig auf den 27./28. Juni festgelegt. Für den 16. Mai ist zudem eine Zusammenkunft von deutschen und schweizerischen Fach-

leuten in Basel vorgesehen, an der gemeinsame Projekte im Raum von Basel erörtert werden sollen.

Schliesslich wird von einer Diskussionstagung Kenntnis genommen, die vom 10. bis 12. Mai von der Royal Society durchgeführt wird und an der Herr Pavoni teilnehmen wird.

### Zusammenkunft zur Aufstellung eines Programms zur Feststellung tektonischer vertikaler Bewegungen in den Alpen vom 18./19.4.1972

An der von Herrn Huber einberufenen Tagung sind Vertreter der Alpenländer Bayern, Oesterreich, Italien, Frankreich und Schweiz anwesend. Leider hat der Präsident der Subkommission für Westeuropa der Permanenten Kommission für die rezenten Krustenbewegungen, M. Jones, Brüssel, der Einladung nicht Folge leisten können. Die Berichte der Länder über ihre neuen Nivellemente im Gebiet der Alpen (Tauern, Gotthard, Westalpen) zeigen mit überzeugender Uebereinstimmung eine Hebung des Alpenkörpers. Die vorhandenen und noch zu messenden Querlinien sollen durch zwei Linien längs des nördlichen und des südlichen Alpenfusses untereinander verbunden werden.

Der Bericht wird in der Diskussion ergänzt durch Voten der Herren Huber, Jeanrichard, St. Müller und Zentralpräsident Lombard.

### 3.3 Neue Ergebnisse beim Eidg. Präzisionsnivellement

Herr Jeanrichard hat folgenden Bericht verfasst:

Die Eidg. Landestopographie hat in den Jahren 1967-1971 die Linie Basel-Chiasso des Landesnivellements neu gemessen, die Höhen der Fixpunkte neu bestimmt und die Resultate mit denen der Messungen von 1907-1919 verglichen. Für diesen Vergleich eignen sich nur die im anstehenden Fels verankerten Fixpunkte, deren Höhe in der ersten und in der zweiten Messperiode bestimmt werden konnte. Es standen ca. 120 solcher Fixpunkte zur Verfügung.

Obwohl definitive Auswertungen erst bis Lavorgo (südlich Faido) und provisorische erst bis zum Monte Ceneri vorliegen, sind bereits deutliche Tendenzen sichtbar. Die Alpen scheinen sich im Vergleich zum schweizerischen Mittelland immer noch zu heben. Für den beobachteten Zeitraum von etwa 50 Jahren ergeben sich, ausgehend von den

Felspunkten in der Gegend von Brunnen, folgende Höhenänderungen:

Amsteg	+ 21 mm
Gotthard Passhöhe	+ 36 mm
Lavorgo	+ 49 mm
Monte Ceneri	+ 30 mm (prov.)

Die Genauigkeit dieser Höhenmessungen kann mit 10-15 mm auf 100 km Nivellement angenommen werden. Die festgestellten Hebungen können also nicht mehr durch Messungenauigkeiten erklärt werden. Zudem erhärten sie die Vermutungen der Geophysiker, die mit völlig unabhängigen Untersuchungen ebenfalls auf eine jährliche Hebung von 1 mm geschlossen haben. Genauere Angaben über Betrag und räumliche Ausdehnung dieser Hebungen können nur durch umfangreiche Messungen, wenn möglich in Zusammenarbeit mit unseren Nachbarstaaten, gewonnen werden.

Diese Ergebnisse wurden im August 1971 der XV. Generalversammlung der UGGI in Moskau vorgelegt. Der Vorschlag nach internationaler Zusammenarbeit stiess dabei auf lebhaftes Interesse der Vertreter unserer Nachbarländer.

Dank der Initiative von Herrn Huber konnte am 18./19. April 1972 in Bern eine Konferenz stattfinden mit dem Ziel, ein Messprogramm aufzustellen, um die tektonischen Vertikalbewegungen zu erfassen. An dieser Konferenz nahmen Vertreter aus Frankreich, Oesterreich, Italien und Deutschland (Bayern) teil.

Es zeigte sich, dass der Vergleich von alten und neuen Nivellementen in Oesterreich und Frankreich die am Gotthard gefundenen Resultate bestätigte. In Oesterreich wurde auf der Linie Lend-Tauerntunnel-Spittal a.d. Drau eine maximale Hebung von etwa 1 mm pro Jahr gemessen. In Frankreich ergab sich in den Alpes maritimes (Linien Grenoble-Tunnel de Fréjus und La Beaumette-La Fontaine de Crêtet) sogar eine maximale Hebung von 2 mm pro Jahr. Geologisch gesehen, handelte es sich dabei um kristalline Massive.

Ein Nivellementsnetz wurde entworfen, das den ganzen Alpenraum erfassen soll. Die verschiedenen Staaten werden in den nächsten Jahren Ergänzungs- und Verbindungsstücke messen. Auf diese Weise sollte es möglich sein, aufgrund von Messungen, die 2-3 Jahrzehnte aus-

einander liegen, Aufschluss zu erhalten über die Vertikalbewegungen im gesamten Alpenraum.

Der Vorsitzende dankt Herrn Huber für die initiative Förderung dieses Projektes.

#### 3.4 Generalversammlung der UGGI 1971 in Moskau

Herr Elmiger berichtet über den Ablauf des Kongresses in Moskau.

#### 3.5 Satellitenbeobachtungen

Herr Schürer hat den folgenden Bericht verfasst:

Die Satellitenbeobachtungsstation Zimmerwald nahm vom 9.12.1965 bis zum heutigen Tage an folgenden internationalen Programmen der Satellitengeodäsie teil:

1. U.S. National Geodetic Satellite Program - Geos 1 (NASA-GSFC)
2. U.S. National Geodetic Satellite Program - Geos 2 (NASA-GSFC)
3. West-European Satellite Triangulation
4. International Satellite Geodesy Experiment - ISAGEX
5. Short Arc Method Program des Institute of Geodesy, Uppsala
6. U.S. Densification Program with a bridge to Europe

Im Rahmen der oben erwähnten Programme haben wir folgende optische Richtungsbeobachtungen gewonnen:

- 136 Aufnahmen von Geos 1
- 265 Aufnahmen von Geos 2 und
- 261 Aufnahmen der passiven Satelliten Echo I, Echo II, Pageos, Explorer 19 und Explorer 39.

Alle diese Beobachtungen sind mit der Schmidt-Kamera des Astronomischen Instituts Bern in Zimmerwald angestellt worden. Die Einrichtung für die Zeitmessung ist zur Hauptsache dem Observatorium Neuenburg zu verdanken. Das Ausmessen der Filme erfolgte am Stereokomparator StK-1114 der Sektion für Schiessversuche in Thun. Alle Aufnahmen der aktiven Satelliten Geos 1 und Geos 2 und alle bisher verlangten simultanen Beobachtungen der passiven Satelliten wurden reduziert und an die zuständigen Zentren weitergeleitet.

Unter wesentlicher Beihilfe des Instituts für Angewandte Physik der Universität Bern wurde auf dem Teleskop ein Riesenpulslaser montiert und im Rahmen des ISAGEX-Programms die ersten Distanzmessungen zu den Satelliten BEC, D1C, D1D, Geos 2 gemessen (1), (2). Die Eichung des Lasersystems haben wir auf zwei physikalisch unabhängigen Wegen bestimmt: Erstens durch die Messung einer bekannten terrestrischen Distanz, zweitens durch die Messung der Verzögerung in den Elementen des Lasersystems im Laboratorium. Der Vergleich beider Resultate ergab einen mittleren Fehler von  $\pm 40$  cm als Genauigkeit einer einmal gemessenen Entfernung.

Die Resultate der ersten zwei Programme sind unabhängig von drei Zentren, SAO, GSFC und CNES ausgewertet worden.

Die dynamische Lösung von SAO hat ihren Niederschlag in der sog. "Standard Earth 1969" gefunden. Ausser den amerikanischen Baker-Nunn-Stationen sind auch acht europäische Stationen daran beteiligt gewesen, darunter Zimmerwald.

Die dynamische Lösung von GSFC benützt die Resultate von zwölf europäischen Stationen (Zimmerwald inbegriffen) und drei weiteren Stationen, deren Koordinaten im Europäischen Datum 1950 aufgrund der klassischen Geodäsie gut bekannt sind, um die Transformationsparameter zwischen dem Europäischen Datum und dem geozentrischen Referenzsystem zu bekommen (siehe Tabelle 4 in (3)).

Die Lösung von CNES ist rein geometrisch und beruht auf der Bestimmung der Sehnen von San Fernando nach den einzelnen Stationen. Der Massstab des geometrischen Skeletts erfolgte mittels eines in San Fernando stationierten Lasers, mit welchem die Distanzen zu Geos 1 und 2 gleichzeitig mit den optischen Beobachtungen gemessen worden sind. Der Vergleich der Sehnenlängen, die einmal durch die geometrische CNES-Lösung und ein zweitesmal mittels der klassischen Geodäsie erhalten worden sind, ergab einen Skalenparameter, der mit demjenigen aus der dynamischen GSFC-Lösung besser als auf  $1,5 \cdot 10^{-6}$  übereinstimmt. Dagegen unterscheidet sich der Skalenparameter der SAO-Lösung von den beiden ersten um etwa  $20 \cdot 10^{-6}$ . Der Unterschied ist auf die um 20 m falsch angenommenen geoidischen Höhen der europäischen Stationen zurückzuführen.

Die dynamische GSFC-Lösung ergab für die geozentrischen Koordinaten von Zimmerwald aus 481 beobachteten Richtungen:

$$\begin{aligned} x &= 4\ 331\ 307\ \text{m} \\ y &= 567\ 522\ \text{m} \\ z &= 4\ 633\ 122\ \text{m} \end{aligned}$$

Die dazu adjungierten geodätischen Koordinaten ( $a = 6\ 378\ 155$  m,  $f = 1/298,255$ ) lauten:

$$\begin{aligned} &= 46^{\circ}52'37''18 && \text{Zum Vergleich stehen} && = 46^{\circ}52'41''77 \\ &= 7^{\circ}27'53''55 && \text{rechts die astronomi-} && = 7^{\circ}27'57''56 \\ \text{ell.Höhe} &= 933\ \text{m} && \text{schen Koordinaten:} && \text{orth.Höhe} = 903.44\ \text{m} \end{aligned}$$

Für die Bestimmung der Transformationsparameter zwischen dem Europäischen Datum und dem Geozentrischen System wurden die Resultate von sechs europäischen Stationen, darunter Zimmerwald, benutzt. Für Zimmerwald ergaben sich dabei folgende Residuen:

$$\begin{aligned} x &= -4,7\ \text{m} \\ y &= -2,4\ \text{m} \\ z &= -3,7\ \text{m} \end{aligned}$$

Die SAO-Lösung (Standard Earth 1969) lieferte für Zimmerwald folgende geozentrische Koordinaten:

$$\begin{aligned} x &= 4\ 331\ 310\ \text{m} \\ y &= 567\ 511\ \text{m} \\ z &= 4\ 633\ 093\ \text{m} \end{aligned}$$

Im Rahmen des westeuropäischen Satellitenprogramms haben wir in Zimmerwald bis Mai 1971 insgesamt 385 simultane Richtungen mit den anderen europäischen Stationen zu passiven Satelliten gewonnen. Für den Rest der Periode werden die simultanen Beobachtungen erst noch gemeldet werden. Von den oben erwähnten simultanen Richtungen sind bisher 146 von 20 Stationen für die geometrische "WEST"-Lösung verwendet worden (4). Als Näherungswerte für die Koordinaten von Zimmerwald wurden aus der klassischen Geodäsie im Europäischen Datum die folgenden Werte angenommen:

$$\begin{aligned} x &= 4\ 331\ 390,608\ \text{m} \\ y &= 567\ 637,396\ \text{m} \\ z &= 4\ 633\ 235,893\ \text{m} \end{aligned}$$

entsprechend den geodätischen Koordinaten ( $a = 6\,378\,160\text{ m}$ ,  
 $f = 1/298,2471$ )

$$= 46^{\circ}52'40''318$$

$$= 7^{\circ}27'58''239$$

ell. Höhe =  $898,97\text{ m}$

Die aus der geometrischen "WEST"-Lösung gewonnenen Verbesserungen zu den Koordinaten lauten:

$$x = (25,74 \pm 10,77)\text{ m}$$

$$y = (-16,45 \pm 6,93)\text{ m}$$

$$z = (15,40 \pm 6,49)\text{ m}$$

Diese Werte sind jedoch aus verschiedenen Gründen nicht ganz zuverlässig (siehe S. 25 in (4)).

Im U.S. Densification Program wurden vier simultane Beobachtungen mit Tromsö (Norwegen), sechs mit Thule auf Grönland, zwei mit Malvern in England und zwei mit St. John in Kanada gewonnen, die jedoch noch nicht ausgewertet wurden. Auch für die übrigen Programme liegen noch keine Resultate vor.

- 1 M. Keller: Vorstudien zum Satellite-Ranging Projekt
- 2 M. Keller: Zeitliches und spektrales Verhalten von Rubin-Riesenspulslasern
- 3 J.G. Marsh et al.: The Relation of the European Datum to a Geocentric System (Moscow, August 1971)
- 4 Deutsche Geodätische Kommission München und Geodetic Office Feltham: Western European Satellite Triangulation Program, Second experimental computation, Joint Report by two Computing Centres (May 1972).

Ergänzend zu seinem Bericht äussert sich Herr Schürer zur weiteren Entwicklung der Satellitengeodäsie. Er weist auf Schwierigkeiten und Mängel der aktuellen Arbeit hin. Aber die Anstrengungen in andern Ländern sind eindrücklich, auch die Budgetzahlen.

Herr Schürer postuliert ein geodätisch-geophysikalisches Zentrum in jedem Land. Dort könnten die Satellitenprogramme, die astronomischen Bestimmungen und die gravimetrischen Studien koordiniert werden.

In der Diskussion weist Herr Kobold darauf hin, dass die Schweiz auf dem Gebiet der Satellitengeodäsie allgemein grosses Ansehen genießt. Er dankt Herrn Schürer für seine hervorragende Arbeit.

Zentralpräsident Lombard nimmt Kenntnis vom interessanten Vorschlag Herrn Schürers. Er glaubt, dass solche koordinierte Projekte heute zur Realisierung mehr Chance haben dürften als früher.

Auf Anfrage von Herrn Huber äussert sich Herr Schürer noch zum Programm 1972, welches sich für die Schweiz auf die Laser-Messungen konzentriert.

Herr St. Müller orientiert noch über die Vorschläge Marussi und Melchior, welche europäische Zentren vorschlagen. Dabei scheint das Alpengebiet von besonderem Interesse zu sein.

#### 4. ARBEITSBERICHTE

##### 4.1 Geodimetermessungen 1971

Bericht von dipl. Ing. W. Fischer (siehe Anhang 1).

Herr Huber referiert über diese Arbeit:

Über die bisherigen Distanzmessungen liegt ein ausführlicher Gesamtbericht vor, der unter der Nummer 501.2 am XIII. Internationalen Kongress der Vermessungsingenieure im September 1971 in Wiesbaden vorgetragen wurde. Der vorliegende Teilbericht bildet eine Ergänzung dazu.

Seine Hauptziele waren:

1. Die Feststellung von Korrelationen bei Geodimetermessungen
2. Die Ausgleichung des Testnetzes Aarberg
3. Die Berechnung einer Traverse der Satellitenstationen Zimmerwald - Hohenpeissenberg

Da für die Messequipes pro Tag acht Mann erforderlich waren, erwiesen sich diese Messungen als sehr aufwendig. Da nun heute ein beträchtliches Beobachtungsmaterial vorliegt, liegt in dessen gründlicher Bearbeitung noch eine grosse Aufgabe. Von den bereits

vorliegenden Ergebnissen interessiert vor allem die eindeutige Bestätigung, dass Geodimeterdistanzen immer länger sind als die Messungen mit dem Distomat. Erstaunlich ist dabei der geringe mittlere Fehler des Massstabsfaktors für die Distomatmessungen von  $\pm 0,4$  mm/km.

Im definitiven Bericht wäre es erwünscht, wenn die Ergebnisse des Basisnetzes Heerbrugg in einer Tabelle den Resultaten der Geodimetermessungen gegenübergestellt würden.

Von der Traverse Zimmerwald - Hohenpeissenberg sollte zudem durch eine Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe in München eine Gesamtdarstellung und eine Resultatübersicht erarbeitet werden.

Eine Gesamtwürdigung ergibt sich erst nach Abschluss dieser Arbeiten.

In der Diskussion macht Herr Konzett einige kritische Bemerkungen zu den Formulierungen über Fragen der Gewichte und anderer Modellhypothesen.

Der Bericht wird genehmigt und verdankt.

#### 4.2 Netzzusammenschlüsse

(Ausführlicher Titel: Zur Bildung der Kofaktorenmatrix der Unbekannten einer durch Vereinigung von Teilausgleichungen entstandenen Ausgleichung).

Bericht von dipl. Ing. N. Wunderlin.

Dieser Aufsatz wurde in "Vermessung - Photogrammetrie - Kulturtechnik" 3-72 veröffentlicht und als Sonderdruck herausgegeben.

Herr Miserez hat zu diesem Bericht folgendes Referat verfasst:

On trouve dans la littérature spécialisée des méthodes qui permettent de résoudre de grands problèmes d'équations linéaires par fragmentation ou découpage en blocs. Cependant, les auteurs se limitent en général à décrire le calcul des inconnues et ne se préoccupent pas, ou du moins fort peu, de la détermination de la matrice inverse du système.

Le rapport de Monsieur Wunderlin a le mérite de montrer comment

obtenir, après une résolution par blocs, la matrice inverse du système global, c'est-à-dire les coefficients de poids et de corrélation de toutes inconnues. Pour illustrer la théorie développée, Monsieur Wunderlin traite en détail deux exemples très simples et de caractère didactique, mais qui montrent bien l'enchaînement des calculs. La connaissance de la matrice inverse présente un intérêt certain lors du calcul de grands réseaux de triangulation comme le RETrig, car elle permet de connaître les ellipses d'erreurs moyennes entre points voisins mais appartenant à deux blocs différents. Pour la Suisse, cet intérêt est très grand puisque les points de premier ordre de notre réseau géodésique se trouvant à l'Ouest de la ligne Faux d'Enson - Ruinette ont été calculés dans le bloc France du RETrig.

La méthode et le programme de calcul mis au point par Monsieur Wunderlin ont permis une première compensation globale du réseau géodésique suisse de premier ordre et d'obtenir, pour tous les points, les ellipses d'erreurs moyennes.

Herr Jeanrichard hat in den Ergebnissen Differenzen mit den Resultaten der Landestopographie festgestellt, die abgeklärt werden müssen.

Der Bericht wird genehmigt und verdankt.

#### 4.3 Lotabweichungen im schweizerischen Triangulationsnetz 1. Ordnung

Dieser Bericht von Dr. A. Elmiger wurde in "Vermessung - Photogrammetrie - Kulturtechnik" 3-72 veröffentlicht und als Sonderdruck herausgegeben.

Berichterstatter sind die Herren Schürer und Konzett.

Herr Schürer würdigt die Arbeit, die als Frucht der bisherigen Bemühungen der SGK, in der Schweiz ein dichtes Netz von Lotabweichungsstationen aufzubauen, angesehen werden darf. Die Methode der Lotabweichungsinterpolation für Punkte 1. Ordnung, auf denen keine astronomischen Beobachtungen vorliegen, wird zur Diskussion gestellt. Anstelle eines einheitlichen Interpolationspolynoms, bzw. Fourierreihe, das das Cogeoid für die ganze Schweiz zu erfassen sucht,

könnte an enger begrenzte lokale Interpolationsfunktionen gedacht werden, wodurch einerseits Störzonen, wie diejenige im Tessin, auf die Interpolation ausserhalb derselben keinen schädlichen Einfluss ausüben, andererseits die Lotabweichungen in den Störzonen selbst besser erfasst würden. Im weiteren könnte man die Polynome aus orthogonalen Polynomen aufbauen, wobei eventuell mit weniger Parametern eine bessere Näherung zu erreichen wäre, indem man mit Hilfe des F-Kriteriums jedes Glied auf seine statistische Signifikanz prüfen würde. Am Endresultat dürften jedoch all diese Vorschläge keinen grossen Einfluss haben. Die resultierenden Lageänderungen der Netzpunkte durch Lotabweichungskorrekturen können einigermaßen durch die Aufwölbung des Geoides in den Alpen plausibel gemacht werden.

Herr Conzett ergänzt die Ausführungen Herrn Schürers folgendermassen:

Das Resultat der Auswirkung der Lotabweichungen auf die Punktkoordinaten ist nicht endgültig. Es fehlen einige Randpunkte und Stationsausgleichungen. Wesentlich ist vor allem, dass noch keine Distanzen im Netz enthalten sind.

Die Auswirkungen der Lotabweichungsrichtungen können folgendermassen beschrieben werden:

max. Korr.	3.3 <sup>cc</sup>			
Korr. <	0.5 <sup>cc</sup>	:	300	: 80%
0.5 < Korr. <	2 <sup>cc</sup>	:	65	: 18.5%
Korr. >	2 <sup>cc</sup>	:	6	: 1.5%

Der Richtungsfehler a posteriori im Netz beträgt 1.5<sup>cc</sup>. Die Dreiecksschlüsse zeigen keine Verbesserung; der mittlere Fehler an den Richtungskorrekturen wegen Lotabweichungen wird auf ca. 0.3<sup>cc</sup> geschätzt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Einführung der Lotabweichungen Unterschiede in der gleich grossen Ordnung ergibt wie die Einflüsse von Korrelation oder individuellen Stationsgewichten.

Zum Interpolationsverfahren sind einige kritische Bemerkungen angebracht: die physikalisch-geometrische Bedeutung des angewandten Verfahrens scheint kein stichhaltiges Argument; die fehlertheore-

tischen Schlussfolgerungen aus den Residuen sind eher fragwürdig. Man wünschte sich Zahlenvergleiche mit den Resultaten der klassischen Sektorenmethode und einen Genauigkeitstest, bei dem in einem reduzierten Stützpunktnetz Punkte als Testpunkte interpoliert würden, deren Soll-Werte astronomisch bekannt sind.

Bei der durchgeführten Helmert-Transformation wäre darauf hinzuweisen, dass alle Punkte mit derselben Genauigkeit eingeführt wurden. Dieses Modell könnte erweitert werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass diese Arbeit die lang ersehnte Antwort auf die Frage gibt, wie sich im Gebirge Lotabweichungen auf das Netz 1. Ordnung auswirken. Spätere Retouchen an den vorliegenden Resultaten werden daran kaum etwas ändern.

In der Diskussion äussert sich Zentralpräsident Lombard sehr anerkennend über diese Arbeit. Als Geologe ist er sehr erfreut über so "substantielle Fakten".

Der Bericht wird genehmigt und verdankt.

#### 4.4 Astronomische Längen- und Breitenbestimmungen im Sommer 1971

Bericht von Prof. Dr. H. Müller (siehe Anhang 2).

Herr Schürer als Referent fasst den Bericht folgendermassen zusammen:

Es handelt sich um die Ergebnisse von astronomischen Längen- und Breitenbestimmungen auf den Stationen Orsières, Sion, Saas Grund, San Bernardino und Linthal, die im Sommer 1971 durchgeführt wurden.

Da die Arbeit sich kaum von früheren derselben Art unterscheidet und auch keine besonderen Umstände zu verzeichnen waren, kann man sich darauf beschränken, die sorgfältige Ausführung, insbesondere auch die guten Beobachtungen von Herrn J. Rüeger, Assistent am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ, zur Genehmigung hervorzuheben.

Der Bericht wird genehmigt und verdankt.

## 5. ARBEITSPROGRAMM 1972

Der Präsident gibt folgenden Ueberblick über die pendenten Arbeiten:

1. Es sind zurückgestellte Arbeiten abzuschliessen:  
Basis Heerbrugg: Publikation der Berechnungen.  
Schwerenetz: Grundnetz, Netz 1. Ordnung.
2. RETrig: Distanzbeobachtungen ergänzen: Westschweiz, Störzone Tessin.
3. Gotthard: Strassen- und Basistunnel: im oberordischen Netz sollen Lotabweichungen in die Ausgleichungen eingeführt werden; es sind Versuche mit Raumnetzen vorgesehen.
4. Publikationen: der Band 29 soll herausgegeben werden.

Mit diesem Programm möchte der Präsident seine Tätigkeit abschliessen.

Elektronische Distanzmessungen sind für diesen Sommer nicht vorgesehen, da zurückgestellte Arbeiten gefördert werden sollen.

Herr Konzett weist auf die Mitarbeit der Landestopographie bei der Erstellung eines neuen Triangulationsprogramms hin und wünscht entsprechende Zusicherungen, wofür Herr Huber Verständnis zeigt.

Das Arbeitsprogramm wird genehmigt.

## 6. JAHRESRECHNUNG 1971

Die Rechnung wird ohne Diskussion genehmigt, und dem Rechnungsführer, Herrn Rostetter von der Landestopographie, wird der Dank ausgesprochen.

## 7. VORANSCHLAG 1973

Der Vorsitzende weist auf die Aenderungen in der Organisation der Finanzen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG) hin. In Zukunft werden nur noch die Betriebsauslagen von der SNG übernommen, die Forschungsarbeiten sollen über den Nationalfonds budgetiert und abgerechnet werden.

Zentralpräsident Lombard unterstreicht die Anstrengungen des Zentralvorstandes, die notwendigen Mittel durch den Bund zu erhalten. 1972 ist ein Uebergangsjahr; bis 1975 wird die SNG neue Statuten erhalten.

Herr Kobold dankt dem Zentralvorstand für sein Verständnis für die SGK.

Herr Schürer erläutert, dass die Kredite für die Satellitenprojekte 1973 grösser sein werden als für 1972, weil dann alle Anteile enthalten seien, während bis heute die SNG nur einen Teil der Kosten übernommen hat.

Herr Huber fragt, ob in Zukunft die Kommission von den Krediten für die einzelnen Forschungsvorhaben lediglich noch Kenntnis zu nehmen habe statt darüber zu beschliessen.

Diese Frage ist nach Auffassung des Vorsitzenden noch nicht geklärt.

## 8. VERSCHIEDENES UND UMFRAGE

Herr St. Müller orientiert über ein Angebot von Prof. Melchior, Brüssel. Als Leihgabe soll die Schweiz ein Horizontalpendel erhalten. Es wird ein geeigneter unterirdischer Raum für die Installation gesucht. Zur Zeit laufen Abklärungen mit Prof. Florin von der Kantonsschule Chur.

Herr Jeanrichard muss sich mit der Erhöhung von Versicherungsprämien befassen. Er erhält die Kompetenz, im Rahmen eines Vertragsentwurfs weiter zu verhandeln.

Die Sitzung wird um 12.30 Uhr geschlossen; es findet anschliessend noch eine Wahlsitzung statt.

9. WAHLEN

Vorerst sind zwei Vertreter der SGK im Landeskomitee der UGGI zu bezeichnen. Man einigt sich darauf, dass beide Hochschulen je einen Vertreter zu bestimmen haben. Für die ETH Zürich wird Herr Schürer gewählt. Die ETH Lausanne wird ihren Vertreter später bezeichnen.

Der Vorsitzende will weiter die Wahlen für den neuen Kommissionspräsidenten und allfällige neue Mitglieder besprechen. Als Nachfolger für den zurücktretenden Präsidenten wird dem Zentralvorstand Herr Schürer vorgeschlagen.

Anhang 1

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

Geodimeter-Messungen 1971

1. Aufgabenstellung und Projekt

Nach dem Beschluss der 117. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission vom 18. Juni 1971 sollten im Jahre 1971 weitere elektronische Distanzmessungen im Mittelland durchgeführt werden. Diese hatten gleichzeitig verschiedenen Zwecken zu dienen, nämlich:

- Feststellung von Korrelationen bei Geodimeter-Messungen; dazu sollten möglichst viele Messungen von 1969 und 1970 bei veränderten Bedingungen wiederholt werden.
- Ausgleichung des vollständig ausgemessenen Streckennetzes Aarberg als Testnetz; da 1970 nicht alle Strecken gemessen werden konnten, waren auf jeden Fall die noch fehlenden Strecken zu messen.
- Berechnung einer Traverse zwischen den Satellitenstationen Zimmerwald und Hohenpeissenberg; dazu war die Messung eines zusammenhängenden Streckenzuges oder Streckennetzes zwischen der Station Zimmerwald und dem Punkt 1. Ordnung Pfänder erwünscht.
- Einschaltung der Satellitenstation Zimmerwald ins Triangulationsnetz 1. Ordnung; diese erforderte die Messung weiterer Strecken nach Punkten 1. Ordnung, nachdem 1970 nicht alle gemessen werden konnten.

Das auf dieser Basis konzipierte Projekt konnte im Prinzip in zwei Teilprojekte gegliedert werden, nämlich das Streckennetz Aarberg und das Streckennetz 1. Ordnung.

- Das Streckennetz Aarberg sollte Geodimeter-Messungen auf allen Seiten des seinerzeitigen Distomat-Netzes (6) umfassen. Dadurch sollte erreicht werden, dass einerseits möglichst viele Wiederholungsmessungen bei veränderten Bedingungen zur Verfügung standen und dass andererseits ein Netz entstand, das stark überbestimmt war.
- Als Streckennetz 1. Ordnung war ein Teilnetz des Triangulations-

netzes 1. Ordnung zwischen den Punkten Chasseral und Pfänder vorgesehen. Im Raum Chasseral - Wisenberg - Niesen sollten dabei möglichst viele Messungen von 1970 bei veränderten Bedingungen wiederholt werden. Dazu hatte das Netz die durchgehende Verbindung zwischen Zimmerwald und Pfänder zu enthalten, wobei es sich nachträglich als zweckmässig erwies, den Punkt Scheye mit einzubeziehen. Auch der Einbezug des Punktes Hersberg war wünschenswert. Im übrigen sollte auch der Punkt Berra in das Teilnetz aufgenommen werden, um die Station Zimmerwald allseitig ins Netz 1. Ordnung einschalten zu können. Schliesslich war auch der Punkt Titlis an das Teilnetz anzuhängen, um die Richtungsmessungen überprüfen zu können (Abb. 1).

## 2. Durchführung der Messungen

Von Anfang an war klar, dass die vollständige Durchführung dieses Maximalprogramms nur im besten Fall möglich war. Es wurde jedoch grosser Wert darauf gelegt, dass wenigstens einzelne geschlossene Netzteile geschaffen wurden. So war in erster Linie die Messung der fehlenden Strecken im Streckennetz Aarberg erwünscht; sodann war eine durchgehende Verbindung zwischen Zimmerwald und Pfänder anzustreben, und schliesslich sollten die Messungen von Zimmerwald vervollständigt werden.

Leider war es aus verschiedenen Gründen nicht möglich, die Messungen schon anfangs August zu beginnen, um die erwünschten sommerlichen Messbedingungen vorzufinden. Sie fielen in die Zeit vom 24. August bis 22. Oktober 1971 und damit in eine Periode mit ähnlichen Wetterlagen wie 1970.

Normalerweise wurden auf jeder Strecke zwei vollständige Beobachtungsreihen mit den drei Messfrequenzen  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  gemessen. Auf die vierte Messfrequenz  $U_4$  konnte verzichtet werden, da sie keinen Beitrag an das Messresultat liefert und das Vielfache von 2000 m aus der Lage der Stationenpunkte hinreichend bekannt war. Die beiden Beobachtungsreihen folgten meist unmittelbar aufeinander, doch wurden sie wenn immer möglich von zwei verschiedenen Beobachtern erledigt. Bei schwachem Empfangssignal wurden die Messungen zur Sicherheit öfters wiederholt, doch musste man sich gelegentlich auch mit

einer einzigen Reihe begnügen. Hingegen wurde prinzipiell darauf verzichtet, die Messungen über den ganzen Tag zu verteilen, wie dies 1970 zu einem grossen Teil gemacht worden war, weil dadurch der Fortgang der Arbeiten zu stark gehemmt worden wäre.

In Befolgung der Resolution Nr. 2 der XV. Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik in Moskau (1) wurden parallel mit den Distanzen auch die Höhenwinkel gemessen. In der ersten Woche war dies zwar auf den Geodimeter-Stationen noch nicht möglich, da der Beobachter hierfür fehlte, doch war das bei den verhältnismässig kurzen Strecken nicht von Bedeutung. Auch später kam gelegentlich auf der Geodimeter-Station keine Höhenwinkelmessung zustande, wenn das reflektierte Licht zu schwach war; hingegen wurden auf den Reflektor-Stationen die Höhenwinkel praktisch immer gemessen. Der Theodolit vom Typ DKM2-A von Kern & Co. AG wurde stets unmittelbar neben Geodimeter oder Reflektor aufgestellt und seine Lage und Höhe gegenüber diesen durch einen Vektor bestimmt. Die meteorologischen Elemente wurden auf beiden Endpunkten der Strecke während der ganzen Dauer einer Geodimeter-Messung erhoben. Die Ablesungen am Psychrometer erfolgten alle fünf Minuten und wurden in ein separates Feldbuch eingetragen. Beobachtungen über den allgemeinen Wetterverlauf sowie über den Luftdruck wurden in grösseren Zeitabständen im Feldbuch vermerkt.

Alle Distanzmessungen erfolgten mit dem Laser-Geodimeter AGA Modell 8 Nr. 80 059 des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich und der Schweizerischen Geodätischen Kommission. Ferner wurden insgesamt 60 Reflektorprismen eingesetzt, die jeweils entsprechend der Länge der zu messenden Strecken auf die Reflektor-Stationen verteilt wurden. Das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich besitzt selbst 39 Prismen, während 12 vom Geodätischen Institut der EPF Lausanne und 9 von der Eidg. Landestopographie leihweise zur Verfügung gestellt wurden.

Die Messfrequenzen des Geodimeters wurden vor, während und nach der Kampagne mit dem portablen 50MHz-Universal-Zähler General Radio Typ 1192-9720 der Schweizerischen Geodätischen Kommission überprüft. Uebereinstimmend mit den Messungen von 1970 wurde dabei gefunden,

dass die drei Frequenzen  $U_1, U_2, U_3$  im Mittel um etwa 15 Hz oder  $0.5 \cdot 10^{-6}$  zu tief lagen. Diese Abweichung wurde dann bei der Reduktion der gemessenen Distanzen berücksichtigt.

Das übrige Instrumentarium für die verschiedenen Equipen, wie Theodolite DKM2-A Kern, Aneroid-Barometer Thommen, Psychrometer Lambrecht oder Haenni, wurde aus Beständen des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie zusammengestellt. Wie üblich wurden die meteorologischen Geräte vor und nach der Kampagne verglichen, die Barometer wenn immer möglich auch zwischenhinein.

### 3. Auswertung der Messungen

Die Geodimeter-Messungen wurden in verschiedenen Etappen ausgewertet, wobei Wert darauf gelegt wurde, dass die Daten und Berechnungen einer Etappe nach Möglichkeit im nächsten Arbeitsgang kontrolliert wurden. Die ersten Berechnungen erfolgten bereits im Feld, die weiteren im Büro.

### 4. Ausgleichung der Messungen

Zur Prüfung und Untersuchung der gemessenen Distanzen wurden diese vermittelnd ausgeglichen. Dazu wurden sie freien Netzausgleichungen unterzogen, bei denen nur die Koordinaten von zwei Punkten festgehalten wurden. Zur Einpassung des Netzes in diese zwei Punkte mussten aber alle gemessenen Strecken mit einem vorerst unbekanntem Massstabsfaktor versehen werden. Die Messungen wurden damit gleich behandelt wie bei den früheren Untersuchungen. Der einzige Unterschied bestand darin, dass anstelle des Programms 3-DIM, das für den Computer CDC 1604-A der ETH Zürich entwickelt worden war, das Algol-Programm KONETZ von A. Carosio benützt wurde, das auf der neuen Rechenanlage CDC 6400/6500 der ETH Zürich lief (4).

Da das Programm KONETZ in der Ebene rechnet, mussten vorerst alle gemessenen Strecken in das schweizerische Projektionssystem umgerechnet werden. Im selben Arbeitsgang wurden die exzentrisch gemessenen Strecken zentriert und das Gewicht jeder Streckenmessung berechnet. Als Grundlage für die Gewichtsrechnung diente der mittlere Fehler a priori einer Geodimeter-Messung

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

wobei als mittlerer Fehler der Gewichtseinheit wie früher der Wert

$m_0 = \pm 105 \text{ mm}$  gewählt wurde. Bei mehreren Wiederholungsmessungen einer Strecke am gleichen Tag wurde schliesslich für das Mittel

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

gesetzt, um der Korrelation dieser Messungen genähert Rechnung zu tragen. Messungen einer Strecke von verschiedenen Tagen wurden hingegen gesondert in die Ausgleichung eingeführt. Für alle diese Berechnungen wurde ein kleines Hilfsprogramm entwickelt, das die ermittelten Daten auch gleich für die Eingabe in das Programm KONETZ organisiert und auf Lochkarten herausstanzt.

### 4.1 Streckennetz Aarberg

Das vollständige Streckennetz Aarberg besteht aus 30 messbaren Strecken, sodass bei 15 notwendigen Strecken ebensoviele überschüssig sind. 1971 wurden zudem drei Strecken an zwei verschiedenen Tagen gemessen, sodass sich die Zahl der in die Ausgleichung eingehenden Strecken auf 33 erhöhte. Die Ausgleichung dieser 33 Streckenmessungen von 1971 führte auf den mittleren Fehler der Gewichtseinheit  $m_e = \pm 90 \text{ mm}$ . Er liegt etwas unter dem mittleren Fehler a priori  $m_0 = \pm 105 \text{ mm}$ , was zeigt, dass die Messungen die zu erwartende Genauigkeit einhielten. Dabei ist noch besonders zu erwähnen, dass die auf Lochkarten ausgegebenen Resultate der Reduktions- und Zentrierungsrechnung direkt in die Ausgleichung eingeführt wurden, wobei sich keinerlei grobe Fehler zeigten, die Nachkontrollen oder gar Streichungen nötig gemacht hätten.

Ein wesentlich zuverlässigeres Bild konnte nun allerdings gewonnen werden, wenn alle Geodimeter-Messungen aus den Jahren 1969, 1970 und 1971 gemeinsam behandelt wurden. Aus der Ausgleichung der insgesamt 68 Streckenmessungen resultierte der mittlere Fehler der Gewichtseinheit  $m_e = \pm 98 \text{ mm}$ . Er ist zwar etwas grösser als aus dem Netz von 1971 allein, doch ist dabei zu bedenken, dass es sich um Messungen aus drei verschiedenen Messperioden handelt. Insbesondere zeigten sich keine Massstabsunterschiede zwischen den Ergebnissen der einzelnen Jahre, sodass für alle Messungen die gleiche Massstabsunbekannte eingeführt werden konnte. Für sie ergab sich der Wert  $M = -10.9 \pm 0.4 \text{ mm/km}$ , bezogen auf die gegebene Länge der Strecke Gurten - Rötiflüh, während sie im Netz von 1971

$m = - 10.6 \pm 0.5$  mm/km wurde.

In einem weiteren Schritt wurden schliesslich noch die 79 Distomat-Messungen von 1968 und 1969 mit in die Ausgleichung einbezogen. Auch bei dieser Ausgleichung wurde der mittlere Fehler der Gewichtseinheit  $m_e = \pm 98$  mm. Dabei ist daran zu erinnern, dass das Gewicht der Distomat-Messungen durchwegs kleiner war als das der entsprechenden Geodimeter-Messungen; es wurde von früheren Ausgleichungen übernommen, bei denen der mittlere Fehler a priori zu  $m_D = \pm (20 + C \cdot 10^{-6} \cdot D)$  mm mit  $C = 1.8$  oder  $C = 3.6$  entsprechend den Wetterbedingungen angenommen wurde (7). Die gute Uebereinstimmung der mittleren Fehler der beiden Ausgleichungen zeigt erneut, dass diese Gewichtsverhältnisse offenbar richtig angesetzt waren. Als Massstabsfaktoren wurden folgende Werte aus der Ausgleichung bestimmt:

für die Geodimeter-Messungen  $M_G = -10.8 \pm 0.3$  mm/km,

für die Distomat-Messungen  $M_D = - 5.4 \pm 0.4$  mm/km.

#### 4.2 Streckennetz 1. Ordnung

Entgegen zeitweiliger Befürchtungen konnte die zusammenhängende Verbindung zwischen Zimmerwald und Pfänder hergestellt werden und zwar nicht nur in einem Zug sondern zur gegenseitigen Kontrolle in zwei bis drei Zügen. Dieses Resultat wurde allerdings nur auf Kosten anderer Programmteile erreicht, die im Lauf der Kampagne abgestrichen werden mussten (Abb. 1). Als erstes musste der Punkt Hersberg fallengelassen werden, da er zu tief lag und die Visuren dorthin somit immer durch eine Dunstschicht beeinträchtigt waren. Sodann wurde auf den Punkt Titlis verzichtet, nachdem bei einem ersten Versuch die Reflektor-Equipe wegen des Schnees auf halbem Weg umkehren musste. Schliesslich war es auch nicht möglich, die vorgesehenen Querverbindungen im Netz zu messen, die aber grösstenteils schon 1969 oder 1970 gemessen worden waren (die Messung der Seite Hörnli - Scheye wurde zwar versucht, kam aber leider wegen starkem Dunst nicht zustande).

Wie Abb. 1 zeigt, ist der Zusammenhang der einzelnen Strecken so lose, dass eine reine Streckennetz-Ausgleichung nicht möglich war. Hingegen versprach die kombinierte Ausgleichung der Strecken und

der Richtungen im Triangulationsnetz 1. Ordnung ein zuverlässiges Resultat. Der Gesamtausgleichung wurde wiederum das Teilnetz des Triangulationsnetzes 1. Ordnung zugrundegelegt, das schon für die Bearbeitung der Streckenmessungen 1963-1970 benützt worden war (7). Dieses Teilnetz mit 148 Richtungen wurde vorgängig mit dem Programm KONETZ für sich ausgeglichen, wobei wie früher die Koordinaten der beiden Eckpunkte Grand Ballon und Pfänder festgehalten wurden. Bei einem mittleren Fehler a priori  $m_r = \pm 1.5^{CC}$  erhielt eine Richtung das Gewicht  $p_r = (105/1.5)^2 = 4900$ . Dieser mittlere Fehler a priori wurde durch die Ausgleichung gut bestätigt, indem der mittlere Fehler der Gewichtseinheit  $m_e = \pm 104$  und der mittlere Fehler einer Richtung  $m_e = \pm 104/70 = \pm 1.49^{CC}$  wurde.

Das Resultat der kombinierten Ausgleichung von Strecken und Richtungen kann durch den mittleren Fehler der Gewichtseinheit  $m_e = \pm 96$  charakterisiert werden. Dieser ist etwas kleiner als derjenige des reinen Richtungsnetzes, was wohl den Schluss zulässt, dass die Fehler der eingeführten 34 Streckenmessungen eher noch etwas unter dem mittleren Fehler a priori lagen. Dabei konnten auch in diesem Netz alle Messungen unmittelbar in die Ausgleichung eingegeben werden, und Streichungen waren keine notwendig.

Entgegen der ursprünglichen Aufgabenstellung konnten 1971 nur verhältnismässig wenig Strecken wieder gemessen werden, die schon 1969 oder 1970 einmal gemessen worden waren. Damit konnten von einer Gegenüberstellung alter und neuer Geodimeter-Messungen keine wesentlichen Ergebnisse erwartet werden. Hingegen wurde durch den Einbezug der früheren Messungen das etwas lose Streckennetz von 1971 deutlich versteift, weshalb sich eine Gesamtausgleichung mit allen Geodimeter-Messungen geradezu aufdrängte. Aufgrund von Voruntersuchungen konnten alle Messungen mit dem gleichen Massstabsfaktor versehen werden, und auch die übrigen Voraussetzungen waren dieselben wie bei der ersten Gesamtausgleichung. Als mittlerer Fehler der Gewichtseinheit ergab sich rund  $m_e = \pm 104$ , also praktisch der mittlere Fehler a priori. Dieser Wert dürfte wegen der stärkeren Verknüpfung der Streckenmessungen zuverlässiger sein als derjenige aus den Messungen von 1971 allein; er zeigt zudem, dass auch Messungen verschiedener Jahre zufriedenstellend zusammenpassen. Immerhin muss dazu etwas einschränkend gesagt werden, dass die Messungen aller drei Jahre im Herbst erfolgten.

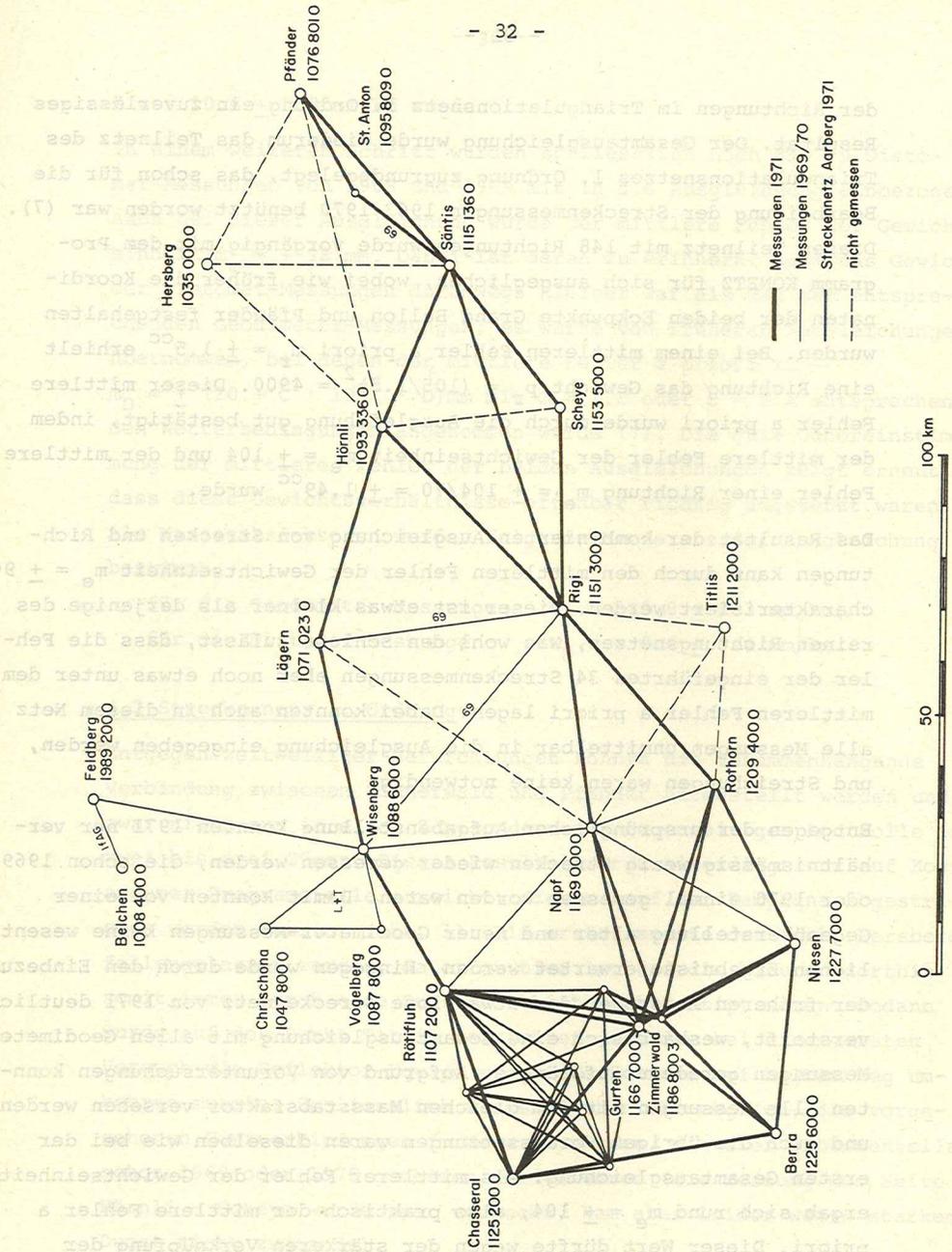


Abb. 1 Geodimeter - Messungen 1969 - 1971

Als weitere Möglichkeit bot sich eine Gesamtausgleichung an, die auch die Distomat-Messungen mit dem entsprechenden Gewicht berücksichtigt. Aus ihr resultierte der mittlere Fehler der Gewichtseinheit  $m_e = \pm 104$ , also derselbe Wert wie ohne Distomat-Messungen, was zeigt, dass die Gewichtsansätze offenbar in Ordnung waren. Bei insgesamt 314 Beobachtungen standen den 148 Richtungen 166 Strecken gegenüber, nämlich 108 Distomat-Messungen (darunter einige Tellurometer- und Electrotape-Messungen) und 58 Geodimeter-Messungen (1969 : 5, 1970 : 19, 1971 : 34). Im Vergleich dazu führte die Gesamtausgleichung der Messungen von 1963 bis 1970 bei 280 Beobachtungen auf den mittleren Fehler der Gewichtseinheit  $m_e = \pm 102$  (7). Dieses Resultat dürfte nun durch die neuen Messungen von 1971 bestätigt worden sein.

### 5. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die 1971 durchgeführten Geodimeter-Messungen die an sie gestellten Anforderungen erfüllten. Wenn es auch nicht möglich war, das ganze Messprogramm einzuhalten, so konnte doch einerseits das vollständige Streckennetz Aarberg und andererseits die durchgehende Verbindung zwischen Zimmerwald und Pfänder gemessen werden.

Die Ausgleichungen zeigten in allen Netzteilen durchwegs gute Resultate. Der mittlere Fehler einer Geodimeter-Messung  $m_G = \pm (5 \text{ mm} + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$  schien dadurch erneut bestätigt worden zu sein. Etwas grosse Verbesserungen wiesen z.B. die Strecken Rigi - Napf und Rigi - Rorhorn auf, wo sich möglicherweise etwas extreme Wetterverhältnisse bemerkbar machten, da die Messungen gerade noch knapp vor einem Schlechtwettereinbruch zustandekamen. Davon abgesehen darf wohl angenommen werden, dass durchwegs sehr ähnliche Wetterbedingungen herrschten, was natürlich wesentlich zu dem guten Ergebnis beitrug.

### 6. Weitere Arbeiten

Der vorliegende Bericht ist als Zwischenbericht zu betrachten. Wenn auch ein gewisses Urteil über die Geodimeter-Messungen 1971 möglich war und auch deren Weiterverwendung (z.B. für die Berechnung der Satellitentraversen) erfolgen kann, dürfte das umfangreiche Beobach-

tungsmaterial doch noch lange nicht vollständig ausgeschöpft sein. Verschiedene Bearbeitungen und Untersuchungen sind noch in Angriff zu nehmen, sofern sie nicht schon teilweise im Sinne eines Versuchs gemacht worden sind. Auf einzelne noch zu lösende Probleme sei deshalb abschliessend noch hingewiesen.

Die naheliegendste Aufgabe besteht wohl in der Berücksichtigung der gemessenen Höhenwinkel, einerseits zur Verbesserung der Bahnkrümmungsparameter, andererseits zur Verbesserung der mittleren Brechungskoeffizienten nach Saastamoinen. Bisher wurden alle Strecken mit dem mittleren Refraktionskoeffizienten  $k = 0.15$  und der sog. 2. Geschwindigkeitsreduktion reduziert. Für die praktische Weiterverwendung der Streckenlängen dürfte dieses Vorgehen genügen, nachdem in ähnlichen topographischen Verhältnissen in der Steiermark die Streckenverbesserungen durch Berücksichtigung der Höhenwinkel 12 mm nicht überstiegen haben (8). Bei genauigkeitsmässigen Untersuchungen sollten aber die entsprechenden Korrekturen noch angebracht werden, nicht zuletzt auch, um den grossen Aufwand bei der Messung zu rechtfertigen.

In diesem Zusammenhang muss auch die Höhenreduktion der gemessenen Strecken neu überdacht werden. Bisher wurden als Endpunkthöhen stets die Gebrauchshöhen der schweizerischen Landesvermessung benutzt, die genähert als geoidische Höhen anzusprechen sind. N. Wunderlin (10) hat jedoch gezeigt, dass diese in unseren topographischen Verhältnissen schon auf kleinem Raum ganz beträchtlich von Höhen abweichen, die sich auf ein einheitliches Ellipsoid als Rechnungsfläche beziehen. Bei steilen Strecken können dadurch bei der Höhenreduktion bereits merkliche Unterschiede auftreten. Das Rechnungsellipsoid muss schliesslich mit dem Internationalen Ellipsoid in Beziehung gebracht werden, wozu die Höhen des "lokalen" Geoids über dem gewählten Rechnungsellipsoid mit den entsprechenden Höhen des Bomford-Geoids 1970-71 (3) in einigen Punkten verglichen werden müssen. Dies bewirkt dann noch eine zusätzliche massstäbliche Korrektur der reduzierten Distanzen.

Eine direktere und deshalb vermutlich auch zuverlässigere Möglichkeit als über die gemessenen Höhenwinkel, systematische Abweichungen der Endpunkt-Temperaturen von den Temperaturen der freien Atmosphäre

festzustellen und zu korrigieren, besteht in der Berücksichtigung der Radiosonden von Payerne. Die einwandfreiste, aber auch aufwendigste Lösung würde hingegen die Kombination mit Temperaturwerten bieten, die nach der von N. Wunderlin entwickelten Methode (9) errechnet werden.

Die vorläufige Analyse der Streckenverbesserungen aus den Ausgleichungen lässt eine gewisse Abhängigkeit von der Tageszeit vermuten. Dies wäre eine direkte Folge der erwähnten Temperaturabweichungen und muss unbedingt noch eingehender untersucht werden.

Bisher wurden sämtliche Messungen eines Tages zu einem Streckenmittel zusammengefasst, welches dann in die Ausgleichung einging. 1970 wurden die Messungen nach Möglichkeit über den ganzen Tag verteilt, was im Hinblick auf ein zuverlässiges Streckenmittel sehr erwünscht war. Hingegen wurde natürlich durch diese Zusammenfassung der tageszeitliche Verlauf der Messungen verwischt, sodass für eine dahingehende Untersuchung nur Messungen in einem kürzeren Zeitbereich gemittelt werden sollten.

Damit in engem Zusammenhang steht die Frage der Korrelationen, die noch nicht abschliessend behandelt ist. Als Näherungslösung wurde angenommen, alle Messungen einer Strecke, die an demselben Tag gemacht wurden, seien untereinander korreliert (Autokorrelation). Als Konsequenz wurde für das Tagesmittel der Gewichtsansatz

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

benützt. Nach den soeben gemachten Feststellungen über das Verhalten der Messungen im Laufe eines Tages müssten jedoch die Mittelwerte anders behandelt werden, sobald die Messungen über den ganzen Tag verteilt sind.

Auch das ursprünglich gesetzte Untersuchungsziel, die Feststellung der Korrelationen zwischen Messungen einer Strecke, die an verschiedenen Tagen, d.h. unter verschiedenen Bedingungen gemacht wurden, ist noch nicht erreicht worden. Hier stellt sich aber die prinzipielle Frage, wie weit Korrelationen überhaupt experimentell "feststellbar" sind, oder ob nicht einfach gewisse Annahmen getroffen werden müssen, die dann anhand des vorliegenden Beobachtungsmaterials zu "verifizieren" sind. Das Gleiche gilt noch in vermehrtem

Masse für die Korrelationen zwischen Messungen verschiedener Strecken eines Netzes.

Als weitere Aufgabe sind allgemein die Gewichtsannahmen noch konsequenter zu überprüfen, als dies bisher geschah. Vor allem bei den Gesamtausgleichungen sollten die Tests nach Bjerhammar (2) angewendet werden, um die Gewichtsansätze der einzelnen Beobachtungsgruppen auf ihre Richtungkeit zu prüfen.

Aber auch die einzelnen Messungen sind noch gründlicher zu testen, nachdem im neuen Ausgleichungsprogramm KONETZ die nötigen Unterlagen zur Verfügung gestellt werden. Sofern dabei grobe Fehler aufgedeckt werden sollten (was bis jetzt nicht möglich war), müssten noch die erforderlichen Nachmessungen gemacht werden.

In diesem Zusammenhang wäre es natürlich sehr zu begrüßen, wenn das bestehende Streckennetz mindestens noch soweit ergänzt werden könnte, als die 1971 nicht mehr ausgeführten Messungen nachgeholt würden (Abb. 1).

Nachdem bis jetzt eigentlich nur die Streckenmessungen selbst beurteilt wurden, sollte auch das Netz als solches einer näheren Untersuchung unterzogen werden. Konkret wäre z.B. die Frage zu lösen, wie sich die Mitberücksichtigung der Distomat-Messungen auf die Lagegenauigkeit der Netzpunkte auswirkt.

Schliesslich ist auch von Interesse, welche Auswirkungen die neueren Messungen auf die Landeskoordinaten des bestehenden Triangulationsnetzes haben, nachdem diese bisher lediglich als Näherungswerte benützt worden waren. In diesem Zusammenhang ist auch eine Ueberprüfung der Uebertragungsseiten der im Bereich des Streckennetzes 1. Ordnung liegenden Basen Aarberg, Weinfeldern und Heerbrugg möglich.

### 7. Literatur

- (1) Union Géodésique et Géophysique Internationale, Association Internationale de Géodésie: XVème Assemblée générale. Bulletin géodésique, année 1971, no. 102, p. 391.
- (2) Bjerhammar, A.: Tests of the european triangulation. Association Internationale de Géodésie, Commission Permanente Internationale des Triangulations Européennes, Publication no. 9, 1971, p. 56.

- (3) Bomford, G.: European Geoid 1970-71. Association Internationale de Géodésie, Commission Permanente Internationale des Triangulations Européennes, Publication no. 9, 1971, p. 45.
- (4) Carosio, A.: KONETZ 71, Ausgleichung ebener Netze mit korrelierten Beobachtungen und grober-Fehler-Test Programmbeschreibung, vervielfältigt, Dezember 1971.
- (5) Felletschin, V.: Erfahrungen mit dem elektrooptischen Kurzdistanzmessgerät Tellurometer MA 100. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 79. Jahrgang (1972), Heft 2, p. 59.
- (6) Fischer, W.: Distomat-Messungen im Basisvergrößerungsnetz Aarberg. Bericht an die Schweizerische Geodätische Kommission, April 1970, und Procès-verbal de la 116e séance de la Commission Géodésique Suisse, Kloten, 1971, p. 27.
- (7) Fischer, W.: Distomat-Messungen mit Wild Distomat DI 50 und AGA Geodimeter 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung. XIII. Internationaler Kongress der Vermessungsingenieure, Wiesbaden, September 1971, Bericht 501.2, und Procès-verbal de la 117e séance de la Commission Géodésique Suisse, Kloten, 1972, p. 37.
- (8) Rinner, K.: Erster Vergleich zwischen Mikrowellen- und Lasermessungen im Testnetz Steiermark. Mitteilungen der geodätischen Institute der Technischen Hochschule in Graz, Folge 10, Graz, 1971, p. 34.
- (9) Wunderlin, N.: Verwendung rechnerisch bestimmter Refraktionswinkel in einem Höhenwinkelnetz. Zeitschrift für Vermessungswesen, 95. Jahrgang (1970), Heft 11, p. 480.
- (10) Wunderlin, N.: Berechnungen im Höhennetz Heerbrugg. Bericht an die Schweizerische Geodätische Kommission, April 1970, und Procès-verbal de la 116e séance de la Commission Géodésique Suisse, Kloten, 1971, p. 47.

## Anhang 2

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

### Die Ergebnisse der astronomischen Längen- und Breitenbestimmungen auf den fünf Stationen: Orsières, Sion, Saas Grund, San Bernardino und Linthal im Sommer 1971

#### Allgemeines über die Beobachtungen

Gemäss Beschluss der Schweizerischen Geodätischen Kommission sollten auf einer Anzahl von Stationen astronomische Längen- und Breitenbestimmungen durchgeführt werden, damit in der Schweiz ein einigermaßen gleichförmig besetztes Netz von Stützpunkten für die Berechnung von Lotabweichungen aus sichtbaren Massen zur Verfügung steht. Nach diesen Ueberlegungen wurden im Wallis Orsières, Sion und Saas Grund, ferner im Misox San Bernardino villaggio und in Glarus Linthal in Betracht gezogen.

Es erschien ratsam, schon vorher die in Frage kommenden Orte zu besichtigen, um überall gut zugängliche Standpunkte zu suchen, die für die astronomischen Beobachtungen geeignet sind, also freie Sicht im Meridian hatten und ungestörtes Beobachten gewährleisteten, auf denen das Universalinstrument fest und sicher aufzustellen war und die sich in der Nähe von markierten und vor allem noch vorhandenen vermessenen Punkten befinden, sodass man ihre Landeskoordinaten zuverlässig ermitteln konnte. Diese Rekognoszierungen erfolgten am 5.-6. und am 22. Juli durch die Herren Prof. Dr. H. Müller, Adjunkt am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ, J. Rüeger, Assistent am gleichen Institut, und W. Schneibel von demselben Institut, welche drei auch nachher die Beobachtungen durchführten. Diese Vorarbeit erwies sich als sehr notwendig, da eine ganze Anzahl von Anschlusspunkten nicht mehr aufzufinden war, während andere wiederum an sehr ungeeigneten Stellen lagen, sodass es doch oft einige Zeit brauchte, bis der passende Standort festgelegt war.

Die definitiv gewählten Beobachtungsstandpunkte befanden sich in Orsières und Sion auf Wiesen, wo durch eingerammte Pfähle eine stabile Aufstellung des Stativs erreicht werden konnte; die Stehachsenschiefe änderte sich im Verlauf der Beobachtungsserie in Orsières nur sehr

wenig, in Sion im allgemeinen auch nicht viel, nur am zweiten Beobachtungsabend zu Beginn etwas mehr. In Saas Grund erschien eine verlassene Baustelle unweit der Hauptstrasse, die nachts wenig befahren wurde, geeignet, in San Bernardino war es ein grösserer Platz am Rande des Dorfes, wo nachts überhaupt kein Verkehr war, und in Linthal wurde ein sehr ruhiger Ort am Ende eines Feldweges gefunden. In allen diesen drei Fällen war der Untergrund ziemlich fest, doch wurden auch noch nach Bedarf Pfähle eingerammt. Die Stehachsenschiefe variierte in Saas Grund im allgemeinen geringfügig, nur bei der ersten Serie des zweiten Abends stärker; in San Bernardino waren die Aenderungen weit grösser, besonders am ersten Abend und auch noch bei der ersten Serie des zweiten Abends, während in Linthal einzig bei der ersten Serie des zweiten Abends eine etwas stärkere Aenderung festzustellen war. Insgesamt betrachtet war demnach die Aufstellung auf Wiesenuntergrund nicht schlechter als auf den befestigten Wegen, eher könnte man fast das Gegenteil sagen. Zweckmässig wäre es allerdings, wenn man das Instrument schon sehr frühzeitig aufbauen und erst nach vielleicht zwei Stunden mit dem Beobachten beginnen würde, wenn sich alles stabilisiert hat, doch ist das aus praktischen Gründen schwer zu ermöglichen, da man bei den hiesigen Wetterverhältnissen oft oder sogar meist auf mehr oder weniger kurze Zeiten günstiger Beobachtungsbedingungen angewiesen ist, die man dann rasch ausnützen muss.

Als Referenzstation für die Längenbestimmungen wurde die Eidgenössische Sternwarte in Zürich gewählt. Es war vorgesehen, dass beide Beobachter, die Herren Müller und Rüeger, vor und nach den Feldbeobachtungen je zwei Serien auf der Referenzstation beobachteten, während auf den Feldstationen jeweils zwei vollständige Abende genügen sollten, mit insgesamt zwei bis vier Serien für die Längen, verteilt auf beide Beobachter, und zwei Serien für die Breiten, wo sich ebenfalls die Beobachter abwechselten. Die Referenzbeobachtungen in Zürich erfolgten in der Zeit vom 26.-29. Juli und vom 24.-28. August, während die Beobachtungen auf den fünf Feldstationen in der Zeit vom 30. Juli bis zum 19. August erledigt werden konnten. Das Wetter war in diesem Sommer erheblich günstiger als sonst in dieser Jahreszeit. Das Beobachtungsinstrument war das Universalinstrument Wild T4 Nr. 86 968, das auf den Feldstationen auf dem dazugehörigen Stativ,

in Zürich auf dem sogenannten T4-Pfeiler aufgestellt wurde. Als Achsenniveau wurde das ältere Nr. 236 mitgenommen, das ursprünglich zum T4 Nr. 33 112 gehört; es hatte sich nach allen Erfahrungen als recht zuverlässig und temperaturunabhängig erwiesen, während sämtliche neueren Achsenlibellen teils nicht erklärliche, teils temperaturabhängige Parswertänderungen gezeigt hatten. Meidet man Ablesungen an den extremen Enden der Libelle, so kann man beim Niveau Nr. 236 durchaus mit einem einheitlichen Parswert rechnen, der nach mehreren Untersuchungen auf dem Niveauprüfer des Instituts vor und nach der Beobachtungsperiode zu  $p = 1.26 = 0.5084$  bestimmt worden war, was praktisch identisch mit dem in früheren Jahren erhaltenen Wert ist.

Für die Zeitmessung und Zeitregistrierung stand der neue Druckchronograph der Firma Longines TL 2002 zur Verfügung, der schon im vergangenen Jahr parallel zum alten Druckchronographen vom Typ Chronotypogines der gleichen Firma erprobt worden war. Dieser neue Typ stellt einen ganz wesentlichen Fortschritt gegenüber dem alten dar. Infolge der Anwendung elektronischer Hilfsmittel ist die ganze Apparatur in einem einzigen Gehäuse untergebracht, das bequem zu transportieren und am Beobachtungsstandpunkt aufzustellen ist. Die Bedienung ist gegen früher ganz wesentlich einfacher, notfalls kann sie sogar der Sekretär noch zusätzlich übernehmen. Die Tausendstelsekunde wird noch ausgedruckt und der Druck ist klar und deutlich, was für die weitere Verarbeitung eine grosse Erleichterung bedeutet. Der Druck selber erfolgt nicht unbedingt im gleichen Moment, in dem das Signal eintrifft, sondern die Signale werden gespeichert und dann in einer zeitlichen Folge ausgedruckt, die die Druckapparatur leisten kann, sodass auch bei sehr rasch aufeinanderfolgenden Signalen keines verloren geht. Es ist dabei stets sehr darauf zu achten, dass die Kontakträdchen des Mikrometers sauber sind, weil sonst leicht Doppelschläge auftreten können. Der Gang des Quarzoszillators ist sehr klein und konstant, er hängt offenbar wenig oder gar nicht von der Temperatur ab. Bei den Beobachtungen in diesem Sommer ging der Quarz gegenüber dem Zeitzeichen HBG im Durchschnitt nur 1.6 ms pro Stunde vor, was sich nach Angabe der Firma auch noch korrigieren liesse. Für die Speisung der Apparatur ist 12 V Gleichstrom nötig, wie es eine Autobatterie liefert. Der Stromverbrauch ist

speziell beim Ausdrucken ziemlich gross, sodass es ratsam ist, die Batterie laufend aufzuladen. Zu diesem Zweck war ein durch einen Benzinmotor betriebener Stromerzeuger Honda mitgenommen worden, der leicht transportabel und für den vorliegenden Zweck recht geeignet ist. Vor Beginn jeder Beobachtung wurde der Druckchronograph auf MEZ eingestellt und mit Hilfe des Zeitzeichens HBG auf die volle Minute eingeschaltet, sodass er praktisch die HBG-Zeit druckte. Zur genauen Bestimmung von Stand und Gang der ausgedruckten Zeit gegen die HBG-Zeit wurde mehrfach während einer Serie das Zeitzeichen HBG auf den Drucker geleitet und um die volle Minute herum für 10-30 Sekunden ausgedruckt. Für den Empfang von HBG war ein auf die Sendefrequenz des Zeitzeichens von 75 kHz fest eingestellter Empfänger der Firma Golay angeschafft worden, der sich gut bewährte. Mit wenigen Ausnahmen, die durch schwierigere Witterungsverhältnisse bedingt waren, streuten die ausgedruckten Zeitzeichen nur wenig, sodass die Reduktion der ausgedruckten Kontaktzeiten auf die HBG-Zeit UTC mit einer Sicherheit von 1 ms gewährleistet ist.

Das Einmessen der Beobachtungsstandpunkte auf die Bezugspunkte erfolgte mit einem T2 und einer Basislatte in der üblichen Weise und wurde jeweils von den Herren Rüeger und Schneibel durchgeführt. Die Berechnung der Landeskoordinaten der Beobachtungsstandpunkte besorgte Herr Rüeger. Die Ergebnisse sind mit den dazugehörigen ellipsoidi-

Tabelle 1

Landeskoordinaten der Beobachtungsstationen und der Anschlusspunkte. Ellipsoidische Koordinaten.

Standort		Y	X	Meeres- höhe in m	$\lambda$ ellips. östl. von Greenwich	$\varphi$ ellips.
Orsières	Bodenpunkt Nr. 91 = Station 1971	- 23 266.68	-103 161.60	937.71	28 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> 384	46°01'26"05
	Sion	Punkt Nr. 9 Station 1971	- 4 025.33 - 4 026.84	- 79 301.34 - 79 300.44	495.56 495.96	29 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> 969
Saas Grund	Punkt Nr.128 Station 1971	+ 38 850.41 + 38 801.94	- 92 746.12 - 92 803.65	1576.85 1578.81	31 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> 973	46°06'58"94
	San Bernar- dino villagio	Polygonpunkt Nr. 332 Station 1971	+134 680.38 +134 668.86	- 52 708.46 - 52 681.65	1623.67 1612.72	36 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> 346
Linthal	Bodenpunkt Nr. 133 Station 1971	+118 675.77 +118 697.90	- 2 676.54 - 2 627.03	686.19 680.54	35 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> 559	46°55'05"37

schen Koordinaten, die auf dem Bessel-Ellipsoid der schweizerischen Landesvermessung mit dem Nullpunkt Bern  $\lambda_0 = 29^m 45^s 500$  östlich von Greenwich,  $\varphi_0 = 46^\circ 57' 08'' 66$ , beruhen und nach den Formeln von Odermatt elektronisch berechnet wurden, in der Tabelle 1 gegeben. Die Landeskoordinaten der jeweiligen Bezugspunkte sind ebenfalls noch beigefügt.

Die Längenbestimmungen

Die Längenbestimmungen wurden wie bisher nach der Meridianmethode durchgeführt und die Bearbeitung erfolgte in der gewohnten Weise, sodass hinsichtlich von Einzelheiten auf frühere Berichte verwiesen werden kann. Auf der Referenzstation Zürich wurden von jedem der beiden Beobachter insgesamt vier Serien beobachtet, in Orsières und San Bernardino villaggio waren es je drei Serien, in Sion, Saas Grund und Linthal je vier Serien, wovon allerdings eine von Saas Grund später ausgeschlossen wurde, da wegen einsetzender Bewölkung nur sieben Sterndurchgänge, und auch diese teils unter schwierigen Bedingungen, beobachtet werden konnten, während es sonst 13, meist 14 Sterndurchgänge waren. Die Reihenfolge der Beobachtungen war stets so, dass Herr Müller mit einer Längenbestimmung begann, danach folgte eine Breitenbestimmung, bei der sich die Beobachter auf den Stationen abwechselten, indem an einem Abend der eine den Stern einstellte, der andere den Kreis ablas, während am nächsten Beobachtungsabend die Beobachter ihre Rollen vertauschten. Nach der Breitenbestimmung wurde nach Möglichkeit noch eine Längenbestimmung von Herrn Rüeger durchgeführt.

Die Mittelwerte der ausgedruckten Kontaktzeiten wurden zunächst in die HBG-Zeit  $T_{\text{signal}}$ , die für diesen Sender identisch mit UTC ist, verwandelt, sodann wurde nach den Angaben in den Zirkularen D58 und D59 vom Bureau International de l'Heure UTC auf UTO, die am jeweiligen Beobachtungsort gültige momentane Weltzeit, reduziert. Die anzubringenden Korrekturen variieren für die einzelnen Stationen und die in Frage kommenden Daten nur zwischen -49 und -46 ms, so dass sich eine detaillierte Darstellung erübrigt. Die Laufzeiten der Radiowellen von der Sendestation in Prangins zu den Beobachtungsstationen wurden stets vernachlässigt, sie sind kleiner als 1 ms.

Tabelle 2

Ergebnisse der Ausgleichungen der einzelnen Serien für  $\Delta U$  und  $k$  mit den mittleren Fehlern in ms  
Instrument: T4 Nr. 86 968, Hängeniveau: Nr. 236, n: Zahl der Sterndurchgänge

Datum 1971	Weltzeit	Wetter	Beobachter	n	$\Delta U$	$m_{\Delta U}$	k	$m_k$
<u>Station: Zürich</u>		$\lambda_0 = 34^m 12^s 313$ östl. von Greenwich						
26.-27.7.	19 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> -21 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	klar, leichter W-Wind 25½°→23½° C	M	14 - 61	+14	+ 843	+37	
26.-27.7.	22 04 -23 51	klar, 23½°→21½° C	R	14 - 12	+11	+ 638	+38	
29.-30.7.	19 50 -21 18	klar, leichter N-Wind 22°→21° C	M	14 + 66	+16	+ 670	+48	
29.-30.7.	21 23 -23 07	klar, windstill 21°→20° C	R	14 - 26	+10	+ 778	+32	
24.-25.8.	19 01 -20 29	ringsum wolkig, kein Wind, 14°→13½° C	M	14 - 26	+12	+ 294	+35	
24.-25.8.	20 41 -22 15	ringsum wolkig 13½°→12½° C	R	14 - 15	+ 9	+ 305	+31	
28.-29.8.	18 39 -20 13	klar, windstill 18°→16° C	M	14 + 7	+12	+ 515	+34	
28.-29.8.	20 25 -21 59	klar, 16°→15° C	R	14 - 15	+ 6	+ 553	+21	
<u>Station: Orsières</u>		$\lambda_0 = 28^m 33^s 384$ östl. von Greenwich						
30.-31.7.	20 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> -22 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	klar, etwas S-Wind 18°→17° C	M	14 -457	+17	+ 125	+47	
30.-31.7.	24 27 -26 00	klar, 16°→15½° C	R	14 -433	+13	- 581	+47	
31.-32.7.	20 22 -21 54	Cirren, ringsum Wetterleuchten, schwacher S-Wind, 18° C	M	14 -490	+13	- 160	+39	
<u>Station: Sion</u>		$\lambda_0 = 29^m 32^s 969$ östl. von Greenwich						
4.- 5.8.	19 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> -20 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup>	leicht bewölkt, leichter W-Wind, 20°→16° C	M	14 -663	+15	+4337	+45	
4.- 5.8.	22 14 -23 51	leicht bewölkt, 12½°→11° C	R	14 -621	+10	+4016	+40	
5.- 6.8.	19 27 -20 50	leicht bewölkt, windstill, 18°→16½° C	M	13 -621	+21	+4366	+64	
5.- 6.8.	22 56 -24 27	leicht bewölkt, 12½°→12° C	R	14 -648	+ 7	+4190	+26	
<u>Station: Saas Grund</u>		$\lambda_0 = 31^m 45^s 973$ östl. von Greenwich						
7.- 8.8.	19 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> -20 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	bewölkt, windstill, 12°→11° C	M	13 +350	+15	+ 544	+46	
7.- 8.8.	22 00 -23 11	zunehmend bewölkt bis bedeckt, 10½° C	R	7 +280	+29	+ 343	+115	
9.-10.8.	19 16 -21 04	teils Cirren, windstill, 12°→10½° C	M	14 +338	+20	+1157	+66	
9.-10.8.	22 46 -24 23	teils Cirren, 8½° C	R	14 +332	+ 9	+1184	+29	

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Ergebnisse der Ausgleichungen der einzelnen Serien für  $\Delta U$  und  $k$  mit den mittleren Fehlern in  $m_s$   
Instrument: T4 Nr. 86 968, Hängenniveau: Nr. 236, n: Zahl der Sterndurchgänge

Datum 1971	Weltzeit	Wetter	Beobachter	n	$\Delta U$	$m_{\Delta U}$	k	$m_k$
<b>Station: San Bernardino</b> $\lambda_0$ $36^m46^s.346$ östl. von Greenwich								
12.-13.8.	20 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> -21 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	leicht bewölkt, feucht, windstill, 9 1/2°-8° C	M	13	-347	+17	+ 563	+54
14.-15.8.	22 51 -24 21	neblig, feucht, windstill, 9 1/2° C	M	13	-209	+14	+1793	+48
14.-15.8.	25 58 -27 54	teils Wolken, feucht 8°-7 1/2° C	R	14	-223	+15	+1969	+49
<b>Station: Linthal</b> $\lambda_0$ $35^m59^s.559$ östl. von Greenwich								
17.-18.8.	18 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> -20 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	klar, feucht, kaum Wind 18°-17° C	M	14	+ 8	+14	+ 706	+41
17.-18.8.	22 02 -23 34	klar, feucht, 15 1/2°-14° C	R	14	+ 27	+12	+ 197	+46
18.-19.8.	18 46 -20 11	klar, etwas föhnig, trocken, 19 1/2°-18° C	M	13	+ 22	+18	+1370	+51
18.-19.8.	21 32 -23 06	klar, etwas föhnig, trocken, 17 1/2°-16° C	R	14	+ 15	+ 9	+ 881	+31

Die Ergebnisse der Ausgleichungen aller 26 Serien sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Die für die Berechnung der Ortssternzeit angenommene Länge  $\lambda_0$  ist für Zürich die bekannte astronomische Länge, für die andern Stationen die jeweilige ellipsoidische Länge des Beobachtungspunktes gemäss Tabelle 1. In der Datumsspalte ist stets ein Doppeldatum aufgeführt, um die Beobachtungsnacht eindeutig zu kennzeichnen; die Beobachtungen erstrecken sich oft über Mitternacht hinaus und die Zeiten sind in Weltzeit gegeben. Die mittleren Fehler der  $\Delta U$  entsprechen den üblichen Erfahrungen; sie sind auf den Feldstationen nur wenig grösser als in Zürich, sie sind bei Herrn Rüeger bemerkenswert klein. Der Azimutfehler ist in Sion durch ein Versehen etwas grösser, was aber praktisch ohne Bedeutung ist, sonst ist er meist kleiner als 1<sup>s</sup>, wie es mit der Einstelltabelle für Polaris zu erreichen ist. Die mittleren Fehler von  $k$  sind rund dreimal grösser als die von  $\Delta U$ , wie es sich auch sonst stets ganz ähnlich ergeben

hatte. Die Einstellfehler des Azimuts sind bei den kleinen Zenitdistanzen der benutzten Sterne von weniger als 20° von ziemlich geringem Einfluss.

Zur Bestimmung der persönlich-instrumentellen Gleichung beider Beobachter wurden nicht nur die Beobachtungen auf der Referenzstation, sondern auch die auf den Feldstationen verwendet, was zu einer vermittelnden Ausgleichung mit den sieben Unbekannten  $u_M$ ,  $u_R$ ,  $\Delta\lambda_{Or}$ ,  $\Delta\lambda_{Si}$ ,  $\Delta\lambda_{Sa}$ ,  $\Delta\lambda_{Be}$ ,  $\Delta\lambda_{Li}$  führt. Die  $u$  sind die persönlich-instrumentellen Gleichungen der zwei Beobachter, die durch die Indices charakterisiert sind; die  $\Delta\lambda$  sind die Längenverbesserungen der angenommenen Längen  $\lambda_0$  der fünf durch die Indices gekennzeichneten Stationen. Jede Serie liefert eine Fehlergleichung der Form:

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

Tabelle 3

Fehlergleichungen der vermittelnden Ausgleichung zur Bestimmung der persönlich-instrumentellen Gleichungen und der Längenverbesserungen.

Lfd. Nr. der Serie	Station	Persönlich-instrumentelle Gleichung		Längenverbesserung					Absolutglied - $\Delta U$	Verbesserung	
		$u_M$	$u_R$	$\Delta\lambda_{Or}$	$\Delta\lambda_{Si}$	$\Delta\lambda_{Sa}$	$\Delta\lambda_{Be}$	$\Delta\lambda_{Li}$		$v_M$	$v_R$
1	Zürich	-1							+ 61	+47	
2	Zürich		-1						+ 12		+ 5
3	Zürich	-1							- 66	-80	
4	Zürich		-1						+ 26		+19
5	Zürich	-1							+ 26	+12	
6	Zürich		-1						+ 15		+ 8
7	Zürich	-1							- 7	-21	
8	Zürich		-1						+ 15		+ 8
9	Orsières	-1		+1					+457	- 5	
10	Orsières		-1	+1					+433		-22
11	Orsières	-1		+1					+490	+28	
12	Sion	-1			+1				+663	+21	
13	Sion		-1		+1				+621		-14
14	Sion	-1			+1				+621	-21	
15	Sion		-1		+1				+648		+13
16	Saas Grund	-1				+1			-350	-12	
17	Saas Grund	-1				+1			-338	0	
18	Saas Grund		-1			+1			-332		+13
19	San Bernardino	-1					+1		+347	+85	
20	San Bernardino		-1				+1		+209	-53	
21	San Bernardino	-1					+1		+223		-32
22	Linthal	-1						+1	- 8	+ 6	
23	Linthal		-1					+1	- 27		- 5
24	Linthal	-1						+1	- 22	- 8	
25	Linthal		-1					+1	- 15		+ 7

Das Schema der 25 Serien, die eine etwas unvollständige in Saas Grund wurde wie erwähnt weggelassen, ist in der Tabelle 3 gegeben, in der auch die aus der Ausgleichung erhaltenen Verbesserungen der einzelnen Serien aufgeführt sind. Für die sieben Unbekannten erhält man folgende Werte:

Persönlich-instrumentelle Gleichung Müller	$+0.014 \pm 0.015$
Persönlich-instrumentelle Gleichung Rüeger	$+0.007 \pm 0.015$
Längenverbesserung Orsières	$-0.449 \pm 0.025$
Längenverbesserung Sion	$-0.628 \pm 0.022$
Längenverbesserung Saas Grund	$+0.351 \pm 0.025$
Längenverbesserung San Bernardino	$-0.248 \pm 0.025$
Längenverbesserung Linthal	$+0.028 \pm 0.022$

Die persönlich-instrumentelle Gleichung ist für beide Beobachter ziemlich klein und hat darum keinen grossen Einfluss auf das Resultat. Die Streuung der Längenwerte der einzelnen Serien für jede Station ersieht man aus den Verbesserungen in Tabelle 3. Diese Verbesserungen sind im allgemeinen recht klein, für Linthal und Saas Grund ist es am günstigsten, aber auch für Orsières und Sion ist es nicht viel schlechter. Wesentlich stärker fallen die ersten Serien an den beiden ersten Abenden in Zürich, Serie 1 und 3, heraus, und genau die entsprechenden in San Bernardino villagio, Serie 19 und 20. Witterungsmässig ist nicht viel zu erkennen, es herrschte an diesen Abenden wenig oder kein Wind, in Zürich war es sehr warm, in San Bernardino villagio kalt und feucht, die Temperatur nimmt im Verlauf der Serie um  $1-2^{\circ}$  ab, was auch nicht allzu ungewöhnlich ist, bei Serie 20, die um Mitternacht begonnen wurde, nachdem es vorher bedeckt war und sogar etwas geregnet hatte, blieb sie sogar konstant.

Neben Refraktionsanomalien, die sich im Laufe einer Nacht eigentlich nicht wesentlich ändern sollten, sind instrumentelle Effekte sicherlich für die Streuung der Abendwerte mit verantwortlich, die wiederum weitgehend auf die Temperatur und Temperaturdifferenzen zurückzuführen sind, wie mehrfach nachgewiesen wurde (vgl. z.B. Vladeta Milovanovic: Beitrag zur Erklärung der systematischen Fehler bei der astronomisch-geodätischen Ortsbestimmung, und Otto Hirsch: Temperaturabhängigkeit der Ziellinie von Universalinstrumenten; Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der

Wissenschaften, Reihe C, Heft Nr. 129, 1968 und Heft Nr. 152, 1970). Hirsch hat gezeigt, dass die für den Temperatenausgleich benötigte Zeit erheblich grösser ist, als man üblicherweise angenommen hat, sie ist durch das Wärmespeichungsvermögen der Instrumente bedingt, hängt also von deren Masse ab. Hat man z.B. eine Temperaturdifferenz von 4-5 Grad, so reichen beim T4 zwei Stunden nicht aus, bis ein Temperatenausgleich stattgefunden hat, wobei diese Zeit für verschiedene Instrumententeile z.B. für das Objektiv und für den Umlenkspiegel sehr verschieden ist, sodass es zu störenden Temperaturdifferenzen kommt. Es ist somit verständlich, dass im allgemeinen die ersten Serien an einem Abend stärker von instrumentellen Effekten beeinflusst sind als die späteren, die erst nach der Breitenbestimmung erfolgten, vielleicht hat das auch mit dazu beigetragen, dass die mittleren Fehler der Serien bei Herrn Müller, der stets die erste Serie durchführte, grösser sind als bei Herrn Rüeger.

Die nähere Durchsicht der Beobachtungsdaten der vier beanstandeten Serien ergab ferner, dass sich in allen diesen Fällen die Stehachsen-schiefe im Verlauf der Serie weit mehr als bei den andern Serien geändert hat, nämlich um 4" bis 5", bei der ersten Serie in Zürich sogar um 9", wobei diese Änderung mehr oder weniger stetig erfolgte und zwar bei den beiden Abenden in Zürich im gleichen Sinn, in San Bernardino villagio am zweiten Abend im entgegengesetzten Sinn. Das wäre zumindest in Zürich ein Zeichen dafür, dass sich der Pfeiler und vermutlich auch das Instrument erst sehr allmählich der Umgebungstemperatur anpasste, sodann wirken sich aber auch alle Unzulänglichkeiten des Niveaus, bei dem gerade Temperaturdifferenzen, wie Milovanovic nachwies, eine grosse Rolle spielen, bei grösseren Neigungen stärker aus. Der beschriebene Befund dürfte kaum ein Zufall sein.

Die definitiven astronomischen Längen und die sich daraus ergebenden  $\eta$ -Komponenten der Lotabweichung sind für die fünf Stationen in der Tabelle 4 zusammengestellt; die ellipsoidischen Längen sind der Tabelle 1 entnommen und sind identisch mit den bei der Ausgleichung angenommenen Längen  $\lambda_0$ , sodass die dort gefundenen Längenverbesserungen direkt die hier aufgeführten Werte von  $\lambda_{astr.} - \lambda_{ellips.}$  sind. Die für die Berechnung von  $\eta$  notwendigen astronomischen Breiten sind die im nächsten Abschnitt bestimmten Werte.

Tabelle 4

Astronomische und ellipsoidische Längen der Stationen  
 $\eta$ -Komponente der Lotabweichung

Station	Astronomische Länge östl.Gr.	Ellipsoidische Länge östl.Gr.	$\lambda_a - \lambda_e$	$\eta$ in s	$\eta$ in "
Orsières	28 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> 935	28 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> 384	-0 <sup>s</sup> .449	-0 <sup>s</sup> .312	-4 <sup>m</sup> .68
Sion	29 32.341	29 32.969	-0.628	-0.434	-6.51
Saas Grund	31 46.324	31 45.973	+0.351	+0.243	+3.65
San Bernardino	36 46.098	36 46.346	-0.248	-0.171	-2.56
Linthal	35 59.587	35 59.559	+0.028	+0.019	+0.29

Die Breitenbestimmungen

Wie üblich erfolgten die Breitenbestimmungen nach der Methode der Meridianzenitdistanzen (Sterneck-Methode), wobei jedes Paar aus einem Nordstern und einem Südstern möglichst nicht sehr verschiedener Zenitdistanz bestand. Die Zenitdistanzen gingen nur ausnahmsweise ein wenig über 30° hinaus. Wegen der Konstruktion des T4 mit Einstellokular und Kreisableseokular an den entgegengesetzten Enden der Kippachse ist es zweckmässig, wenn für jedes Okular ein Beobachter vorhanden ist, es geht schneller und man kann für besseres Einspielen der Höhenkreislibelle besorgt sein, die im übrigen diesmal dank günstiger Wetterverhältnisse, es herrschte meist wenig oder kein Wind, auch kaum unmotivierte Bewegungen ausführte, was sonst häufig festgestellt worden war. Mit einer Ausnahme in Orsières wechselten sich die Herren Müller und Rüeger nach jeder Serie mit Einstellen und Ablesen ab. Es wurden stets acht Paare pro Abend beobachtet, einmal in Sion auch zehn Paare, da bisweilen Wolken gestört hatten, und für jede Station lagen zwei vollständige Abendserien vor.

Die Beobachtungsergebnisse sämtlicher 82 Sternpaare sind in der Tabelle 5 aufgeführt. Es erübrigt sich, hier Angaben über das Wetter hinzuzufügen, die man aus der Tabelle 2 entnehmen kann, da die Breitenbestimmungen stets zwischen den beiden Längenbestimmungen bzw. direkt

Die mit dem T4 Nr. 86 968 beobachteten astronomischen Breiten

Orsières

Datum 1971 UT	Okularlage	Breite $\varphi$	v
Juli 30 22 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	W-E	46°01'36"58	+ 0 <sup>m</sup> .74
bis	E-W	39.34	- 2.02
Juli 31 0 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>	W-E	36.48	+ 0.84
	E-W	37.40	- 0.08
Beobachter: Müller	W-E	37.95	- 0.63
Kreis: Rüeger	E-W	35.85	+ 1.47
	W-E	37.53	- 0.21
	E-W	37.40	- 0.08
	n=8	46°01'37"32 ± 0"38	m <sub>e</sub> ± 1"07
Juli 31 22 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	W-E	46°01'36"90	- 0"08
bis	E-W	36.08	+ 0.74
Juli 31 23 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>	W-E	37.82	- 1.00
	E-W	35.75	+ 1.07
Beobachter: Müller	W-E	37.08	- 0.26
Kreis: Müller	E-W	36.50	+ 0.32
	W-E	36.45	+ 0.37
	E-W	37.98	- 1.16
	n=8	46°01'36"82 ± 0"28	m <sub>e</sub> ± 0"79

Sion

Datum 1971 UT	Okularlage	Breite $\varphi$	v
Aug. 4 21 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup>	W-E	46°14'24"26	- 1"67
bis	E-W	22.12	+ 0.47
Aug. 4 22 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup>	W-E	22.69	- 0.10
	E-W	22.51	+ 0.08
Beobachter: Müller	W-E	23.04	- 0.45
Kreis: Rüeger	E-W	21.61	+ 0.98
	W-E	22.12	+ 0.47
	E-W	22.34	+ 0.25
	n=8	46°14'22"59 ± 0"28	m <sub>e</sub> ± 0"80
Aug. 5 20 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	W-E	46°14'21"94	+ 0"42
bis	E-W	21.81	+ 0.55
Aug. 5 22 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>	W-E	21.73	+ 0.63
	E-W	22.72	- 0.36
Beobachter: Rüeger	W-E	23.03	- 0.67
Kreis: Müller	E-W	22.48	- 0.12
	W-E	20.91	+ 1.45
	E-W	22.87	- 0.51
	W-E	22.78	- 0.42
	E-W	23.30	- 0.94
	n=10	46°14'22"36 ± 0"23	m <sub>e</sub> ± 0"74

Die mit dem T4 Nr. 86 968 beobachteten astronomischen Breiten

Saas Grund

Datum 1971 UT	Okularlage	Breite $\varphi$	v
Aug. 7 20 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> bis	W-E	46°07'05"75	+ 0"01
	E-W	06.15	- 0.39
Aug. 7 21 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	W-E	06.15	- 0.39
	E-W	06.28	- 0.52
Beobachter: Müller Kreis: Rüeger	W-E	06.13	- 0.37
	E-W	04.73	+ 1.03
	W-E	05.14	+ 0.62
	E-W	05.71	+ 0.05
	n=8	46°07'05"76 ± 0"20	m <sub>e</sub> ± 0"56
Aug. 9 21 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> bis	W-E	46°07'05"85	+ 0"10
	E-W	05.79	+ 0.16
Aug. 9 22 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>	W-E	06.54	- 0.59
	E-W	05.43	+ 0.52
Beobachter: Rüeger Kreis: Müller	W-E	06.50	- 0.55
	E-W	06.33	- 0.38
	W-E	05.27	+ 0.68
	E-W	05.88	+ 0.07
	n=8	46°07'05"95 ± 0"17	m <sub>e</sub> ± 0"47

San Bernardino

Datum 1971 UT	Okularlage	Breite $\varphi$	v
Aug. 12 22 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> bis	W-E	46°27'42"15	+ 0"68
	E-W	42.97	- 0.14
Aug. 12 23 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup>	W-E	42.92	- 0.09
	E-W	42.68	+ 0.15
Beobachter: Müller Kreis: Rüeger	W-E	43.65	- 0.82
	E-W	43.16	- 0.33
	W-E	42.64	+ 0.19
	E-W	42.49	+ 0.34
	n=8	46°27'42"83 ± 0"16	m <sub>e</sub> ± 0"45
Aug. 15 0 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> bis	W-E	46°27'43"01	+ 0"20
	E-W	43.75	- 0.54
Aug. 15 1 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>	W-E	43.97	- 0.76
	E-W	43.32	- 0.11
Beobachter: Rüeger Kreis: Müller	W-E	42.78	+ 0.43
	E-W	43.30	- 0.09
	W-E	42.77	+ 0.44
	E-W	42.80	+ 0.41
	n=8	46°27'43"21 ± 0"16	m <sub>e</sub> ± 0"46

Die mit dem T4 Nr. 86 968 beobachteten astronomischen Breiten

Linthal

Datum 1971 UT	Okularlage	Breite $\varphi$	v
Aug. 17 20 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> bis	W-E	46°55'14"52	+ 0"36
	E-W	15.32	- 0.44
Aug. 17 21 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	W-E	15.68	- 0.80
	E-W	14.19	+ 0.69
Beobachter: Müller Kreis: Rüeger	W-E	14.73	+ 0.15
	E-W	14.70	+ 0.18
	W-E	15.51	- 0.63
	E-W	14.39	+ 0.49
	n=8	46°55'14"88 ± 0"20	m <sub>e</sub> ± 0"55
Aug. 18 20 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> bis	W-E	46°55'15"43	- 0"03
	E-W	14.56	+ 0.84
Aug. 18 21 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>	W-E	14.70	+ 0.70
	E-W	14.64	+ 0.76
Beobachter: Rüeger Kreis: Müller	W-E	16.44	- 1.04
	E-W	15.89	- 0.49
	W-E	16.43	- 1.03
	E-W	15.08	+ 0.32
	n=8	46°55'15"40 ± 0"28	m <sub>e</sub> ± 0"78

Datum	x	y
1971.50	+0.270	+0.337
1971.51	+0.281	+0.409
1971.52	+0.281	+0.409
1971.53	+0.281	+0.409
1971.54	+0.281	+0.409
1971.55	+0.281	+0.409
1971.56	+0.281	+0.409
1971.57	+0.281	+0.409
1971.58	+0.281	+0.409
1971.59	+0.281	+0.409
1971.60	+0.281	+0.409
1971.61	+0.281	+0.409
1971.62	+0.281	+0.409
1971.63	+0.281	+0.409
1971.64	+0.281	+0.409
1971.65	+0.281	+0.409
1971.66	+0.281	+0.409
1971.67	+0.281	+0.409
1971.68	+0.281	+0.409
1971.69	+0.281	+0.409
1971.70	+0.281	+0.409

nach der ersten Längenbestimmung erfolgten. Die mittleren Fehler der Breiten der einzelnen Serien sind eher kleiner als sonst, was vielleicht auch auf das ruhigere Verhalten der Höhenkreislibelle zurückzuführen ist, sie sind für beide Beobachter ziemlich gleich; die mittleren Fehler des Zenitpunktfehlers sind wie üblich etwas grösser, variieren aber auch in mässigen Grenzen. Der Zenitpunktfehler selber ist bei jeder Serie verschieden, wie stets bei diesem T4 mit verstellbarem Höhenkreis beobachtet wurde, ändert sich aber während einer Serie nie systematisch. Die Verschiebung des Index geschieht offenbar beim Verpacken des Instruments.

Die Abendwerte der Breiten unterscheiden sich nicht allzu viel, die Differenzen liegen zwischen 0"19 und 0"52. In Orsières und in Linthal, wo die Differenzen am grössten sind, war die Wetterlage an beiden Abenden verschieden, in Orsières war es am zweiten Abend gewittrig mit Wetterleuchten ringsum, in Linthal herrschte am zweiten Abend ein wenig Föhn, während auf den andern Stationen an beiden Abenden jeweils ziemlich die gleiche Wetterlage war. Da auf allen Stationen immer nur zwei Serien beobachtet worden waren, schien es sinnvoller zu sein, den mittleren Fehler vom Gesamtmittel nicht aus den beiden Abendwerten, sondern aus den Verbesserungen sämtlicher Sternpaarwerte auf das Gesamtmittel zu berechnen. Sie könnten ein wenig zu klein herauskommen, da die Beobachtungen einer Serie korreliert sind, doch dürfte das hier nicht viel ausmachen.

Schliesslich wurden die beobachteten Breiten, die sich auf den momentanen Pol beziehen, auch noch auf den internationalen konventionellen Ursprung (CIO) reduziert. Die Koordinaten x, y des momentanen Pols in bezug auf den CIO, x positiv nach Süden, y positiv nach Westen gezählt, sind den Monthly Notes of the International Polar Motion Service (IPMS) Nr. 8-12, entnommen worden. Es gelten danach folgende Werte:

Besselsches Jahr	Datum	x	y
1971.50	Juli 2.631	+0"086 +64 + 4	+0"482 -14 -18
1971.55	20.893	+0.150 +64 0	+0.468 -24 -10
1971.60	Aug. 8.155	+0.214 +64 -17	+0.444 -35 -11
1971.65	26.417	+0.261 +47 -38	+0.409 -72 -37
1971.70	Sept. 13.680	+0.270 + 9 -23	+0.337 -72 +11

Hieraus errechnet sich die Reduktion  $\Delta\varphi$  auf den CIO nach der bekannten Formel:

$$\Delta\varphi = \varphi_{\text{CIO}} - \varphi_{\text{moment. Pol}} = - (x \cos \lambda + y \sin \lambda) \lambda \text{ positiv nach Westen gezählt.}$$

Die beobachteten astronomischen Breiten mit ihren mittleren Fehlern, die auf den CIO reduzierten Werte, die ellipsoidischen Breiten aus Tabelle 1 und schliesslich die  $\xi$ -Komponenten der Lotabweichung sind in der Tabelle 6 zusammengestellt. Die mittleren Fehler sind befriedigend klein, wenn man bedenkt, dass meist nur insgesamt 16 Sternpaare vorliegen. Das wird einerseits an der günstigen, windstillen Witterung liegen, andererseits aber auch daran, dass sich die Stationen nicht auf exponierten Berggipfeln befanden.

Tabelle 6

Die beobachteten und die auf den CIO reduzierten astronomischen Breiten mit ihren aus allen Paaren, nicht aus den Abendwerten, berechneten mittleren Fehlern  $\xi$ -Komponente der Lotabweichung

Station	Datum 1971	Zahl der Paare	Beobachtete astronomische Breite $\varphi$	Reduktion auf den CIO	Astron. Breite bezogen auf den CIO	Ellipsoidische Breite	$\varphi_a - \varphi_e = \xi$
Orsières	Juli 30-31	16	46°01'37"07±0"24	-0"13	46°01'36"94	46°01'26"05	+10"89
Sion	Aug. 4-5	18	46 14 22.46±0.18	-0.15	46 14 22.31	46 14 20.26	+ 2.05
Saas Grund	Aug. 7-9	16	46 07 05.85±0.13	-0.15	46 07 05.70	46 06 58.94	+ 6.76
San Bernardino	Aug. 12-15	16	46 27 43.02±0.12	-0.16	46 27 42.86	46 27 53.66	-10.80
Linthal	Aug. 17-18	16	46 55 15.14±0.18	-0.17	46 55 14.97	46 55 05.37	+ 9.60

## TABLE DES MATIERES

Adresses des membres de la Commission géodésique suisse	2
118. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission am 10. Juni 1972 im Bernerhof in Bern	3
1. Procès-verbal	4
2. Mitteilungen des Präsidenten	4
2.1 Europäisches Triangulationsnetz	5
2.2 Traversen zwischen den Satellitenbeobachtungsstationen	6
2.3 Beobachtungen nach künstlichen Satelliten	7
2.4 Geoidbestimmung	7
2.5 Weitere Arbeiten	7
2.6 Publikationen	7
3. Berichte	8
3.1 RETrig	8
3.2 Geodynamisches Projekt, Erdkrustenbewegungen	8
3.3 Neue Ergebnisse beim Eidg. Präzisionsnivellement	11
3.4 Generalversammlung der UGGI 1971 in Moskau	13
3.5 Satellitenbeobachtungen	13
4. Arbeitsberichte	17
4.1 Geodimetermessungen 1971	17
4.2 Netzzusammenschlüsse	18
4.3 Lotabweichungen im schweizerischen Triangulationsnetz 1. Ordnung	19
4.4 Astronomische Längen- und Breitenbestimmungen im Sommer 1971	21
5. Arbeitsprogramm 1972	22
6. Jahresrechnung 1971	22
7. Voranschlag 1973	23
8. Verschiedenes und Umfrage	23
9. Wahlen	24
ANHANG	
1. Geodimetermessungen 1971	25
2. Die Ergebnisse der astronomischen Längen- und Breitenbestimmungen auf den fünf Stationen Orsières, Sion, Saas Grund, San Bernardino und Linthal im Sommer 1971	38