

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES  
SCHWEIZ. NATURFORSCHENDE GESELLSCHAFT

---

**PROCÈS-VERBAL**

de la 119<sup>e</sup> séance de la

**COMMISSION GÉODÉSIQUE  
SUISSE**

tenue au Bernerhof à Berne  
le 2 juin 1973

**avec des extraits des rapports sur l'activité de l'année 1972**

---

**PROTOKOLL**

der 119. Sitzung der

**SCHWEIZ. GEODÄTISCHEN  
KOMMISSION**

vom 2. Juni 1973  
im Bernerhof in Bern

**mit Auszügen aus den Berichten über die Tätigkeit im Jahre 1972**

Spross + Co, Kloten  
1974

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES  
SCHWEIZ. NATURFORSCHENDE GESELLSCHAFT

---

PROCÈS-VERBAL

de la 119<sup>e</sup> séance de la

COMMISSION GÉODÉSIQUE  
SUISSE

tenue au Bernerhof à Berne  
le 2 juin 1973

**avec des extraits des rapports sur l'activité de l'année 1972**

---

PROTOKOLL

der 119. Sitzung der

SCHWEIZ. GEODÄTISCHEN  
KOMMISSION

vom 2. Juni 1973  
im Bernerhof in Bern

**mit Auszügen aus den Berichten über die Tätigkeit im Jahre 1972**

Adresses  
des membres de la Commission géodésique suisse

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

Président: M. le professeur M. Schürer, directeur de l'Institut astronomique de l'Université, Berne

Vice - président: M. E. Huber, directeur du Service topographique fédéral, Wabern

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

M. le professeur A. Miserez, Institut de géodésie et mensuration 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

119. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission  
am 2. Juni 1973 im Bernerhof in Bern

Anwesend sind die Mitglieder M. Schürer (Präsident), W.-K. Bachmann, R. Conzett, F. Jeanrichard, E. Huber, F. Kobold, A. Miserez, St. Müller und die Mitarbeiter W. Fischer und N. Wunderlin.

Entschuldigt haben sich die Kommissionsmitglieder J. Bonanomi, H. Kasper und M. Waldmeier, ferner die Mitarbeiter A. Elmiger und H. Müller.

Herr Schürer begrüsst als neuer Präsident die Anwesenden und dankt nochmals für die Wahl zum Vorsitzenden. Er ist der Überzeugung, dass die Kommission in den über hundert Jahren ihres Bestehens im allgemeinen ökonomisch und zielbewusst gearbeitet hat und hofft, diese Tradition mit der Mitwirkung aller fortsetzen zu können. Insbesondere zählt er weiter auf die Mitarbeit des bisherigen Präsidenten.

Traktanden:

1. Protokoll
2. Bericht des Präsidenten
3. Berichte
  - 3.1 Fischer: Publikation „Basis Heerbrugg“
  - 3.2 Fischer: Elektronische Distanzmessung, Traverse
  - 3.3 Fischer: Erdkrustenbewegungen
  - 3.4 Fischer: Schwere
  - 3.5 Wunderlin: Ausgleichung 1. O.
  - 3.6 Elmiger: Programmdokumentation
  - 3.7 Schürer: Satellitenbeobachtungen

4. Generelles Arbeitsprogramm für 1973 - 1979

5. Arbeitsprogramm für 1973

6. Abnahme der Rechnung für 1972

7. Voranschlag 1974

8. Allgemeine Aussprache

Als zusätzliches Traktandum wird beschlossen:

9. Konstituierung der Kommission

## 1. Procès - Verbal

Das gedruckte Protokoll der 118. Sitzung wird ohne Bemerkungen genehmigt.

## 2. Bericht des Präsidenten (siehe Anhang 1)

Herr Kobold, als Verfasser, verliest seinen Bericht.

Zum Tätigkeitsbericht werden keine Bemerkungen angebracht.

## 3. Berichte

### 3.1 Publikation „Basis Heerbrugg“ (W. Fischer)

Die offenen Fragen sind letzthin mit allen beteiligten Herren geregelt worden. Die Veröffentlichung erfolgt in 5 Heften als 30. Band der Schweizerischen Geodätischen Kommission.

Teil I Beschlüsse und Anlage; das Heft ist im Druck.

Teil II Messung der Basislänge; das Heft wird von Herrn Gerke überarbeitet und soll bis Ende Sommer 1973 vorliegen.

Teil III Die trigonometrischen Messungen im Basisvergrößerungsnetz; Herr Mitter hat das Heft bis auf wenige Einzelheiten druckreif gemacht.

Teil IV Bestimmung der Lotabweichungen und der Lotkrümmungen im Basisvergrößerungsnetz; die Berichte der Beobachtungen werden in Österreich und in der Schweiz gesammelt.

Teil V Berechnung der Seitenlängen im Basisvergrößerungsnetz; mit diesem Heft ist noch nicht begonnen worden.

Der Bericht wird verdankt. Fragen werden keine gestellt.

### 3.2 Elektronische Distanzmessungen, Satellitentraversen (W. Fischer)

Die in den Jahren 1969 bis 1971 mit dem Geodimeter 8 gemessenen Strecken sowie einige von der L+T im Jahr 1972 gemessene Strecken sind für die Ausgleichung im RETrig - Block vorbereitet worden. Die Übereinstimmung ist gut; die früher abgeleiteten Gewichte haben sich bestätigt. Mikrowellenmessungen sind vorläufig nicht berücksichtigt worden.

Dem Rundschreiben des Präsidenten der Internationalen Permanenten Kommission für die Neuausgleichung der Europäischen Haupttriangulationen vom 12.11.71 entsprechend wurden auch die Daten für die Berechnung der Satellitentraverse von Zimmerwald zusammengestellt.

In der Diskussion erkundigt sich Direktor Huber nach Erfahrungen mit dem neuen Mekometer. Kobold kann noch keine Untersuchungsergebnisse anführen. Fischer bemerkt, dass die Meteorologie der Genauigkeit Grenzen setzen wird; vielleicht bringt in Zukunft die Kombination zweier Frequenzen Fortschritte. Huber erkundigt sich im weiteren nach dem Stand der internationalen Berechnungen der Traversen bis Graz. Fischer weiss, dass eine erste provisorische Ausgleichung gemacht wurde. Nach der Auffassung von Schürer werden die Resultate ohnehin zu spät kommen; die Laserdistanzen nach den Satelliten liefern bessere Resultate. Das heisst nicht,

dass unsere Messungen nutzlos waren; denn sie verbessern ja auch unser Triangulationsnetz 1. Ordnung.

### 3.3 Geodätisches Projekt, Erdkrustenbewegungen (W. Fischer)

Herr Fischer berichtet über die Sitzungen der Arbeitsgruppen, die Feldbegehungen, die Messungsvorbereitungen und die Messungen in den Gebieten von Andermatt, Le Pont, Gebidem (Nanztal), Basel und im Grimselstollen. Ferner werden die Publikationen der Berichtsperiode erwähnt und auf das CRCM - Symposium vom August 1974 hingewiesen. Auf Anfrage von Huber erläutert Fischer die Schwierigkeiten auf Gebidem, und Kobold macht einige Ergänzungen zum Symposium.

### 3.4 Schwere (W. Fischer)

Die Schweizerische Geophysikalische Kommission hat im Oktober 1972 beschlossen, eine neue Schwerekarte der Schweiz zu erstellen. Dazu sind von der Geodätischen Kommission Schwerewerte in geeigneter Form zur Verfügung zu stellen. Das Schwere - Ausgleichungsprogramm ist dazu neu überarbeitet worden.

Das neue LaCoste - Romberg - Gravimeter wird zurzeit eingehend geprüft. Im Juni wird ein zweites Gerät leihweise zur Verfügung stehen, so dass gemeinsam mit dem Institut für Geophysik mit Parallelbeobachtungen Feldversuche im schweizerischen Schwerekontrollnetz durchgeführt werden können.

### 3.5 Ausgleichung 1. O. (N. Wunderlin: siehe Anhang 2)

Conzett referiert: Es handelt um einen Zwischenbericht, der nichts endgültiges festlegt. Er ist gegliedert in Programmierarbeiten und durchgeführte Ausgleichungen. Zu den Arbeiten an den Programmen kann auf den Bericht im Anhang verwiesen werden. Bei den Ausgleichungen ergibt sich zusammenfassend:

Die von den vier Basen auf die Seiten 1. O. übertragenen Distanzen ergeben bei Annahme von mittleren Fehlern a priori von  $\pm 15$  cm (Heerbrugg  $\pm 10$  cm) noch zu grosse Gewichte. Azimute, die vor 1900 gemessen wurden, sind wegzulassen. Die Massstabkonstante der Geodimeterdistanzen von 4 cm/km beruht auf einem Irrtum. Der Einfluss der Lotabweichungen auf das Netz (mit und ohne Distanzen) scheint generell kleiner zu sein als der Einfluss der Distanzen auf das Richtungsnetz. Auch der Einfluss der Korrelation muss zurückhaltend beurteilt werden. Fehlerellipsen bezüglich einer willkürlich gewählten Basis sind nur beschränkt aussagekräftig. Der Referent regt an, relative Fehlerellipsen nach durchgeführter Helmert - Transformation zu rechnen.

Herr Wunderlin ergänzt seinen Bericht durch einige kleine Korrekturen.

Der Bericht wird verdankt, weitere Abklärungen sind erwünscht.

### 3.6 Programmdokumentation (A. Elmiger)

Da Herr Elmiger nicht anwesend ist, erläutert Herr Kobold, dass es sich darum handle,

zu orientieren, in welcher Weise die Programme des Institutes für Geodäsie und Photogrammetrie dokumentiert seien.

### 3.7 Satellitengeodäsie (Prof. Schürer)

Zurzeit laufen drei Satelliten - Programme: Das Westeuropäische Programm wurde mit den Beobachtungen bis Juli 1972 abgeschlossen. Es fehlt die abschliessende Verarbeitung in den Rechenzentren München und England. Ein zweites Programm behandelt ein Verdichtungsnetz zum Weltnetz von Helmut Schmid; auch hier ist Zimmerwald erfolgreich beteiligt. Schliesslich wurde ein sogenanntes short - arc Programm geschaffen, an dem Prof. Tengström aus Upsala massgebend beteiligt ist. Theoretische und praktische Fragen dazu wurden am Symposium in Athen diskutiert. Leider ist die Schweiz an den Sitzungen immer untervertreten.

Die Laser - Beobachtungen in Bern sind umdisponiert worden, damit intensiver beobachtet werden kann. An verschiedenen Arbeitstagen mit den weiteren Zentren, die Distanzen messen (Frankreich, BRD, Athen) konnte festgestellt werden, dass Zimmerwald mit der Entwicklung schritt hält. Kritischer ist, dass die Satelliten immer rarer werden, da die Mittel, die für neue Projekte aufgewendet werden müssten, beträchtlich sind. Deshalb klingen die Prognosen trotz der neuesten Ideen über verbesserte Satelliten nicht sehr optimistisch.

In der Diskussion äussern sich die Herren Huber und St. Müller zu den neuesten Programmen.

## 4. Generelles Arbeitsprogramm

Der Vorsitzende sieht als Diskussionsgrundlage den Bericht des Präsidenten Kobold an das Generalsekretariat der SNG und der SGG, möchte aber nicht an dieser Sitzung eine breite Diskussion veranstalten. Er beabsichtigt, die wichtigen Punkte mit den Mitgliedern einzeln zu besprechen und auf die nächste Sitzung einen Bericht über die geäusserten Auffassungen zu verfassen.

Einer kurzen Diskussion ruft die Frage, wie weit der Vorschlag eines Landes, mit dem Projekt „Geodynamik“ an den Europarat zu gelangen, unterstützt werden sollte. Man ist allgemein der Ansicht, dass sich daraus für die Schweiz kaum Vorteile ergeben würden.

Herr Prof. St. Müller orientiert über eine internationale Sitzung, an der verschiedene europäische geophysikalisch - geodätische Projekte besprochen wurden: Es handelt sich um ein Seismik - Programm (Morelli), um ein Gezeiten - Programm (Melchior) und um das Projekt Satellitengeodäsie (Aardoom). Die Schweiz wird sich spätestens 1974 zu diesen Projekten äussern müssen.

Es wird angeregt, die Arbeit der Schweizerischen Geodätischen Kommission in Zukunft mehr in die öffentliche Diskussion zu bringen, wobei wissenschaftliche Abhandlungen und orientierende Vorträge im Vordergrund stehen sollten.

## 5. Arbeitsprogramm 1973

Professor Kobold erläutert das Arbeitsprogramm 1973 anhand einer Beilage zu der in Traktandum 4 erwähnten Eingabe. Es werden keine Bemerkungen dazu gemacht.

## 6. Abnahme der Jahresrechnung für 1972

Die von Herrn Jeanrichard und anschliessend noch von Herrn Kobold kommentierte Jahresrechnung wird genehmigt.

Der Präsident weist auf die schwierige finanzielle Situation hin, die durch die Umorganisation in der SNG entstanden ist.

Prof. Bachmann offeriert für das kommende Jahr die Mitarbeit eines seiner Ingenieure, wofür der Präsident dankt.

## 7. Budget 1974

Der Voranschlag wird von Prof. Kobold erläutert; die Kommission stimmt ohne Bemerkungen zu.

## 8. Allgemeine Aussprache

Direktor Huber orientiert kurz über die REUN - Sitzung in Brüssel, an der die L+T durch Herrn Gubler vertreten war.

## 9. Konstituierung der Kommission

Mit Akklamation wird Prof. Kobold zum Ehrenpräsidenten gewählt. Als neuer Vicepräsident wird Direktor Huber vorgeschlagen und mit Akklamation gewählt.

Herr Jeanrichard ist zum neuen Direktionsadjunkten der L+T ernannt worden. Seine Funktion an der L+T übernimmt Herr Gubler. Aus dieser Umstellung ergibt sich, dass Herr Jeanrichard seine Demission als Mitglied der Kommission einreichen wird.

Die Kommission schlägt dem Zentralvorstand vor, anstelle von Herrn Jeanrichard Herrn Gubler als neues Mitglied zu wählen. Er wird voraussichtlich auch das Amt des Kassiers übernehmen.

Prof. Kobold dankt anschliessend für seine Wahl zum Ehrenpräsidenten.

## Anhang 1

### Bericht über die Tätigkeit der Schweizerischen Geodätischen Kommission im Jahre 1972

---

Die Arbeiten der Schweiz. Geodätischen Kommission stehen seit Jahren im Zusammenhang mit folgenden internationalen wissenschaftlichen Projekten:

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

Die Bestimmung des Geoides, des Schwerefeldes und der Lotabweichungen bilden Gegenstand schweizerischer Forschungsprojekte.

Es war ursprünglich vorgesehen, im Jahre 1972 eine grössere Anzahl elektronischer Distanzmessungen im Triangulationsnetz 1. Ordnung der Westschweiz und des Südtessins durchzuführen. Auf dieses Vorhaben musste verzichtet werden, da das Laser-Geodimeter des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ nicht zur Verfügung stand. Es musste für den Einsatz bei der Triangulation eines Grundlagenetzes für den Gotthard-Basistunnel reserviert werden. Die für das Jahr 1972 vorgesehenen Distanzmessungen im Netz 1. Ordnung sollen in den Jahren 1973 und 1974 durchgeführt werden.

Die Schweiz. Geodätische Kommission befasste sich im Jahre 1972 mit folgenden Problemen:

#### 1. Europäisches Triangulationsnetz

Für die Berechnung grosser geodätischer Netze standen bisher in unserem Land Programme nicht zur Verfügung. Im vergangenen Jahr wurden Programme verschiedener Art fertiggestellt, mit denen grössere Netze streng ausgeglichen werden können. Von einem Mitarbeiter des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ, Herrn Wunderlin, wurde dabei eine bisher nicht benützte Methode zur Berechnung der Gewichtsmatrix bei Vorliegen von Teilmatrizen verwendet.

Ein schon früher vorliegendes Programm zur Berechnung von Lotabweichungen und von Schwerewerten aus Massen wurde von Herrn Dr. Elmiger, ebenfalls

Mitarbeiter am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie ETHZ, wesentlich verbessert und erweitert.

Die Berechnungen der Basis Heerbrugg wurden von Herrn Fischer vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie ETHZ weitergeführt und konnten zum grössten Teil abgeschlossen werden.

Die Reduktionsrechnungen der in früheren Jahren durchgeführten elektronischen Distanzmessungen im Netz 1. Ordnung des schweizerischen Mittelandes wurden von Herrn Fischer zu Ende geführt.

Der Band über Laplace-Punkte in der Publikationsreihe der Schweiz. Geodätischen Kommission wurde von Herrn Prof. Dr. H. Müller, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie ETHZ, fertig redigiert. Er konnte in Druck gegeben werden und wird in den ersten Monaten 1973 erscheinen.

Die Beobachtungen nach künstlichen Satelliten wurden auf der Station Zimmerwald unter Leitung von Prof. Dr. Schürer weitergeführt. Nach wie vor zeichnen sich diese Beobachtungen durch hohe Genauigkeiten aus. Auch die Bestimmung von Distanzen mit Lasergeräten darf als erfolgreich bezeichnet werden. Ueber alle diese Arbeiten liegen bereits Publikationen vor, oder es werden solche in den nächsten Monaten erscheinen.

#### 2. Krustenbewegungen

Eines der wichtigsten Forschungsprojekte der Union für Geodäsie und Geophysik und der Union für geologische Wissenschaften ist die Bestimmung rezenter Krustenbewegungen. Von Mitgliedern der Kommission und von den Herren Fischer und Wunderlin wurden Projekte für die Erforschung von Krustenbewegungen in der Schweiz aufgestellt und geprüft. Zur praktischen Durchführung gelangte ein kleines Unternehmen im Simplon-Gebiet.

Die Berechnungen zum Präzisionsnivellement, das die Eidg. Landestoptographie in den vergangenen Jahren zwischen Basel und Chiasso gemessen hatte, wurden fertiggestellt. Sie deuten mit grosser Wahrscheinlichkeit auf eine Hebung des Alpenmassivs von ca. 5 cm im Laufe der vergangenen 50 Jahre hin. Analoge Untersuchungen in den französischen und österreichischen Alpen zeigen ähnliche Ergebnisse.

### 3. Besondere Aufgaben

Das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ wurde von den Schweizerischen Bundesbahnen mit der Leitung der Grundlagenvermessung für den Gotthard-Basistunnel beauftragt.

Im Zusammenhang mit dieser Grundlagenvermessung sollen von der Schweiz. Geodätischen Kommission geodätische Untersuchungen im Zentralgebiet der Alpen durchgeführt werden. Sie betreffen die Bestimmung von Schwereanomalien, Lotabweichungen, Niveauflächen und Höhen über Meer. Die Herren Fischer und Wunderlin führten Studien für das wissenschaftliche Programm durch. Von Mitarbeitern des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie wurden zahlreiche Distanzen im Grundlagennetz mit dem Laser-Geodimeter beobachtet. Die Ergebnisse sollen im kommenden Jahr verarbeitet werden.

Die Herren Fischer und Wunderlin wirkten zudem bei den elektronischen Distanzmessungen nach Punkten am Weisshorn-Gletscher mit, von dem ein Absturz gegen das Dorf Randa befürchtet wird. Diese Distanzmessungen sowie die zugehörigen Höhenwinkelmessungen erfolgten im Einvernehmen mit der Schweiz. Gletscherkommission und dem Institut für Glaziologie der ETHZ.

### Anhang 2

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

#### Ausgleichungen des Netzes 1. Ordnung der schweizerischen Landesvermessung

##### 1. Inhalt

Der Bericht handelt über Programmierungsarbeiten an den Ausgleichungsprogrammen des Institutes für Geodäsie und Photogrammetrie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich für geodätische Netze und über die Prüfung und Einführung in die Netzausgleichungen von bis jetzt noch nicht verwendeten Beobachtungen (aus Basismessungen abgeleitete Seitenlängen, Geodimeter 8-Messungen, Laplace-Azimute). Da die Arbeiten nicht abgeschlossen sind, handelt es sich um einen Zwischenbericht, dessen Inhalt noch Änderungen erfahren wird.

##### 2. Programmierungsarbeiten

Das in [15] beschriebene Programm für die Ausgleichung grösserer geodätischer Netze in zwei Blöcken arbeitete in einem ebenen rechtwinkligen Koordinatensystem. Bedingt durch die Mitarbeit der Schweiz an der Neuausgleichung der europäischen Triangulationen RETRIG musste dieses Programm für Ausgleichungen mit ellipsoidischen Koordinaten umgearbeitet werden. Als hauptsächlichste Änderungen und Ergänzungen seien erwähnt:

1. Zweite geodätische Hauptaufgabe zur Berechnung der Näherungswerte für das Azimut  $\alpha_0$  und die Distanz  $s_0$  der geodätischen Linien
2. Berechnung der ellipsoidischen Korrekturen an den beobachteten Richtungen wegen der Windschiefe der Ellipsoidnormalen und wegen der Azimutdifferenz zwischen Normalschnitt und geodätischer Linie
3. Korrekturen wegen Lotabweichung
4. Einführung einer weiteren Art von Verbesserungsgleichungen (für Laplace-Azimute).

Zu 1. Es wird ein von W. Keller verfasstes Hilfsprogramm benützt, das sich auf Formeln von Helmert stützt. Als Ellipsoidparameter können wahlweise diejenigen des „Internationalen Ellipsoides“ (1924) oder

des „Ellipsoides 1967“ aufgerufen werden.

Zu 2. Das Programm verwendet eine Formel, die für das ganze Gebiet der Schweiz eine in allen Fällen ausreichende Genauigkeit ergibt.

Zu 3. Lotabweichungen können auf zwei verschiedene Arten eingeführt werden: a) durch Eingabe astronomischer Längen und (oder) Breiten, wobei die Lotabweichungen vor der Ausgleichung aus den zugehörigen geodätischen (Näherungs-) Koordinaten durch das Programm abgeleitet werden.

b) durch direkte Eingabe von Lotabweichungen, z.B. von aus „sichtbaren Massen“ berechneten und durch Interpolation verbesserten Lotabweichungen nach [1]

Zu 4. Die für Laplace-Azimute verwendeten Verbesserungsgleichungen lauten:

$$v_{ik} = \left(\frac{\sin \alpha_{ik}}{s_{ik}}\right) \circ x_i - \left(\frac{\cos \alpha_{ik}}{s_{ik}}\right) dy_i + \left(\frac{\sin \alpha_{ki}}{s_{ik}}\right) dx_k - \left(\frac{\cos \alpha_{ki}}{s_{ik}}\right) dy_k$$

$$+ (\alpha_{ik}^e) \circ - \alpha_{ik}^* - (n_i \cos \alpha - \xi_i \sin \alpha) \operatorname{tg} \beta_{ik} + (\lambda_i^* - \lambda_{i_0}^e) \sin \phi_i$$

$$dY = N \cos \phi \frac{d\lambda^{cc}}{\rho^{cc}} \quad dX = M \frac{d\phi^{cc}}{\rho^{cc}}$$

$\alpha$  Azimute (hin bzw. rück) der geodätischen Linie

$s$  Bogenlänge der geodätischen Linie

$\xi, n$  Lotabweichungskomponenten (vgl. Bemerkungen zu 3.)

$\beta$  Höhenwinkel

$\lambda, \phi$  geogr. Länge und Breite

$e$  ellipsoidische (geodätische) Grössen

$*$  astronomische (beobachtete) Werte

$\circ$  Näherungswerte

Bei Fehlerbetrachtungen und Gewichts festlegungen bei Laplace-Azimuten sollte nicht vergessen werden, dass in diesen Verbesserungsgleichungen zwei Beobachtungen ( $\alpha^*$  und  $\lambda^*$ ) enthalten sind und die Verbesserung  $v_{ik}$  sich daher eigentlich aus zwei Anteilen  $v_{\alpha^*}$  und  $v_{\lambda^*} \sin \phi$  zusammensetzt, die sich aber normalerweise ohne willkürliche Annahmen nicht trennen lassen.

Ferner sei als wichtigste der übrigen Aenderungen am Programm die Einführung der Speicherung der Normalgleichungsmatrix (und ihrer Inversen) als Vektor erwähnt, wobei ein von A. Carosio erstelltes Unterprogramm benützt wurde.

Schliesslich wurde für die Bildung der „teilreduzierten“ Normalgleichungen der Verbindungsunbekannten zur Ablieferung an das RETRIG ein neues selbständiges Programm aufgestellt, da das oben erwähnte Gesamtprogramm zu viele zu diesem speziellen Zweck nicht nötige Teile enthielt.

### 3. Ausgeführte Ausgleichungen

#### 3.1 Angaben zum Beobachtungsmaterial

Als Richtungsbeobachtungen sind unverändert die in früheren Ausgleichungen [4], [7], [14], [15] verwendeten Werte benützt worden. Bei den von Italien stammenden Richtungsbeobachtungen besteht noch Unsicherheit, ob es sich um die neuesten, definitiven, „offiziellen“ Werte handelt oder um (wenigstens teilweise) veraltete Angaben.

Als Distanzmessungen wurden die 1969, 1970 und 1971 gemessenen Geodimeterbeobachtungen eingeführt [5], [6], [11], [12]. Die vorhandenen Mikrowellenmessungen fanden vorläufig keine Berücksichtigung. Die Bearbeitung der eigentlichen Feldbeobachtungen sind von W. Fischer durchgeführt worden: Anbringen der notwendigen Korrekturen, Reduktion auf das Ellipsoid (genauer: auf das Geoid), Zentrierung etc. Die Gewichte sind, ebenfalls von W. Fischer aufgrund seiner Untersuchungen [5], [6], [11], [12] so vorgeschlagen, nach folgendem Ansatz eingeführt worden:

$$p = \left(\frac{1.5}{5+D_{km}}\right)^2 \left(1 + \frac{n-1}{10}\right)$$

$1.5^{cc}$  mittlerer Fehler einer (mit dem Gewicht 1 in die Ausgleichungen eingeführten) Richtungsbeobachtung

$5+D_{km}$  mittlerer Fehler (in mm) einer 1-fachen Geodimetermessung

$\left(1 + \frac{n-1}{10}\right)$  Faktor für n-fache Messung

Bei Probeausgleichungen sind die vier Basisvergrößerungsseiten des schweizerischen Landesnetzes verwendet worden, wobei für die drei „alten“ Seiten die in [13] S. 167 publizierten Werte:

Chasseral - Rötiflüh	38129.788 m	p = 0.00010	
Hörnli - Hersberg	45140.215		
	-13.531		Zentrierung Pavillon-
	<u>45126.684</u> m	p = 0.00010	Pfeiler
Gridone - Menone	38387.424 m	p = 0.00010	

übernommen wurden, während für die aus der Basismessung Heerbrugg (1959) abgeleitete Seite Säntis-Pfänder ein noch nicht endgültiger und noch nicht publizierter Wert von W. Fischer zur Verfügung gestellt wurde:

Säntis - Pfänder	43714.280 m	p = 0.00022
------------------	-------------	-------------

Die für die alten Basisseiten gewählten Gewichte ([13] S. 164) entsprechen einem mittleren Fehler von ±15 cm, dasjenige für die Seite Säntis-Pfänder einem solchen von ±10 cm.

Die in den Laplace-Gleichungen verwendeten astronomischen Azimut- und Längenbestimmungen und die für die Ableitung der Lotabweichungen benutzten Längen und Breiten sind der Zusammenstellung [2] entnommen, zum Teil unwesentlich korrigiert aufgrund neuerer, definitiver Veröffentlichungen (z.B. [9]), zum Teil auch leicht verschieden wegen anderer Mittelbildung bei Vorliegen mehrerer Werte. Die Laplace-Beobachtungen erhielten in allen Ausgleichungen das Gewicht  $p = 1$  wie die Richtungsbeobachtungen.

### 3.2 Angaben zu den wichtigsten Ausgleichungen

Alle im folgenden kurz beschriebenen Ausgleichungen umfassen das schweizerische „Landesnetz“, wie es in Figur 1 dargestellt ist. Es enthält zur Abrundung auch etliche im Ausland liegende Punkte. Der der Schweiz zur Bearbeitung zugewiesene RETRIG-Block CH ist nicht identisch mit diesem Landesnetz und die für diesen Block durchgeführte Berechnung der teilreduzierten Normalgleichungen der Nahtunbekannten mit anstossenden Blöcken soll in anderem Zusammenhang dargelegt werden.

a) Ausgleichung zur Prüfung der erstmals verwendeten 59 Geodimeterdistanzen und 4 Basisvergrößerungsseiten (neben den 352 Richtungsbeobachtungen):

2 Festpunkte (Ruinette und Pfänder mit RE50-Koordinaten)

je 1 Massstab-Unbekannte für Geodimeterdistanzen und Basisseiten

Ergebnis: Für die Geodimeterdistanzen ergibt sich ein durchschnittliches Verhältnis  $v:m_v$  von 0.8; die Gewichte sind also eher etwas zu klein gewählt. Der grösste Wert für  $v:m_v$  beträgt 2.6 mit  $v=8.4$  cm (Rigi-Napf).

Es muss keine Beobachtung gestrichen werden.

Die 4 Basisvergrößerungsseiten sind im Durchschnitt

3 mm/km kürzer als die Geodimeterdistanzen. Die eingeführten Gewichte sind trotz ihrer Kleinheit noch zu gross ( $v:m_v$  im Durchschnitt 1.7). Bei den folgenden Ausgleichungen sind diese Seiten weggelassen worden.

b) Prüfung der 35 erstmals eingeführten Laplace-Azimute (neben den Richtungen und Geodimeterdistanzen)

1 Festpunkt (Pfänder), keine Massstab-Unbekannte

Ergebnis: Einige der „alten“, vor 1900 ausgeführten Laplace-Beobachtungen erhielten grosse Verbesserungen (z.T. wohl wegen Ungewissheit der Punktidentifikation). In den folgenden Ausgleichungen sind alle vor 1900 beobachteten Laplace-Azimute weggelassen worden. Die Azimute Hersberg - Pfänder und Pfänder - Hersberg (vgl. [8]) und das Azimut Weissfluh - Säntis [9] stimmen aus unbekanntem Gründen schlecht und müssen weggelassen werden.

c) Bestimmung von verbesserten RE50-Koordinaten

Für die Schweiz liegen ellipsoidische RE50-Koordinaten zweierlei Art vor:

- 1) Eigentliche RE50-Koordinaten für diejenigen Punkte, die in der RE50-Rahmennetausgleichung enthalten waren.
- 2) Koordinaten der Maschen-Füllnetz-Ausgleichungen unbekannter Herkunft (Coast+Geodetic Survey? vgl. [10]) für die meisten übrigen Punkte 1. Ordnung. Ausnahmen: Chrischona, Generoso, Mottarone, Palanzone, Weissfluh, für welche keine RE50-Koordinaten gerechnet wurden oder nicht bekannt sind.

Für die Nahtpunkte des RETRIG-Blockes CH sind diese RE50-Koordinaten (beider Kategorien) obligatorische Näherungskoordinaten.

Leider sind die RE50-Koordinaten beider Kategorien „schlecht“ (S. [10]), d.h. passen schlecht zu den schweizerischen Beobachtungen. Es schien vernünftig, verbesserte, d.h. bei den Beobachtungen kleinere Widersprüche verursachende Koordinaten abzuleiten, die aber trotzdem im System RE50 zu bleiben, d.h. in Massstab und Orientierung sich den RE50-Koordinaten anzupassen hätten, weil ja das RETRIG vom RE50 auszugehen hat.

Es wurde folgendermassen vorgegangen:

Mit Titlis als einzigem Festpunkt wurde eine „freie“ Netzausgleichung (ohne Massstab-Unbekannte, Orientierung durch die Laplace-Azimute) durchgeführt (350 Richtungen, 25 Laplace-Azimute, 59 Geodimeterdistanzen. Die Koordinaten, die aus dieser Ausgleichung hervorgingen, wurden durch eine (ebene) Helmert-Transformation den RE50-Koordinaten angepasst. Es ergab sich eine Massstabänderung von  $-1.94 \cdot 10^{-6}$  und eine Orientierungskorrektur von  $+0.4^{\text{CC}}$ . Um die Geodimetermessungen dem System RE50 anzupassen, müssen sie daher mit  $-2$  mm/km reduziert oder mit dem Faktor  $0.999\ 998$  multipliziert werden. Bei allen folgenden Ausgleichungen sind denn auch als Distanzmessungen die mit  $-2$  mm/km reduzierten Geodimetermessungen eingeführt worden. - Die Orientierungskorrektur von  $+0.4^{\text{CC}}$ , die an alle Laplace-Azimute anzubringen gewesen wäre, wurde wegen ihrer Kleinheit nicht berücksichtigt. Es handelt sich ja auch um einen recht zufälligen Wert, der aus jeder andern Ausgleichung (mit anderem Beobachtungsmaterial oder andern Gewichten z.B.) anders erhalten worden wäre, während die Einführung eines Massstabfaktors wegen seiner Grösse und seiner zuverlässigen Bestimmung gegeben schien.

Die helmerttransformierten Koordinaten der freien Ausgleichung („verbesserte RE50-Koordinaten“) wurden in den folgenden Ausgleichungen als Näherungskoordinaten verwendet, was den Vorteil hatte, dass dann keine grossen Koordinatenänderungen mehr auftraten. Bei Ausgleichungen im RETRIG-Block CH müssen aber für alle Nahtpunkte die „offiziellen“ RE50-Koordinaten eingeführt werden.

Der mittlere Fehler der Helmerttransformation, d.h. die mittleren Koordinatenunterschiede  $dX$  und  $dY$  zwischen dem Stützpunktsystem RE50 und den helmerttransformierten Koordinaten der freien Netzausgleichung beträgt  $0.30\text{m}$ .

- d) Ausgleichungen zur Prüfung des Einflusses der Einführung von Lotabweichungskorrekturen an den Richtungsbeobachtungen auf die ausgeglichenen Koordinaten.

Von Dr. A. Elmiger liegen Arbeiten ([3], [4]) zu diesem Thema vor, bei denen die untersuchten Netze reine Richtungsnetze waren. Hier sollte nun noch abgeklärt werden, ob bezüglich des Einflusses von Lotabweichungen wesentliche Unterschiede bestehen zwischen reinen Richtungsnetzen und Netzen mit Richtungen und Distanzen. Das Resultat der durchgeführten Ausgleichungen lässt sich folgendermassen zusammenfassen: Die Einführung von Lotabweichungskorrekturen einerseits im reinen Richtungsnetz, andererseits im Richtungen und Distanzen enthaltenden Netz ergab nach Grösse und Richtung sehr ähnliche Punktverschiebungen (gegenüber den Ausgleichungen ohne Lotabweichungen). Allerdings ist dieses Ergebnis beschränkt aussagekräftig, da die Verteilung der Distanzbeobachtungen im Netz ziemlich einseitig war und weil die auftretenden Punktverschiebungen natürlich nicht nur durch die Lotabweichungen, sondern in hohem Masse auch durch die Wahl der Festpunkte bedingt sind.

- e) Ausgleichung mit Korrelations-Gewichtsmatrix für die Richtungen

In allen bis jetzt beschriebenen Ausgleichungen besaßen sämtliche Richtungsbeobachtungen das Gewicht 1. Um den Einfluss von Korrelationen (mathematischen, nicht physikalischen) zu untersuchen, wurde eine Ausgleichung mit den aus den Stationsausgleichungen der Richtungen hervorgegangenen Gewichtsmatrizen nach Helmert (Quadratsumme der Ausser-Diagonal-Glieder minimalisiert) [7] durchgeführt. Für 24 Stationen von im ganzen 62 lagen zwar diese Gewichtsmatrizen nicht vor, weil sie ganz oder teilweise aus ausländischen Beobachtungen bestehen, über deren Beobachtungszahlen (Winkelmessungswiederholungszahlen) uns nichts bekannt ist und deren Stationsausgleichungen nicht vorliegen. - Die Distanzbeobachtungen wurden mit

ihren immer verwendeten Gewichten  $p = \left(\frac{1.5}{5+D_{km}}\right)^2 \left(1+\frac{n-1}{10}\right)$  eingeführt ohne Berücksichtigung der zwischen ihnen sicher bestehenden, aber zu wenig genau bekannten ([12] S.35) physikalischen Korrelationen. Für die beiden zu vergleichenden, bis auf die Gewichtsmatrizen der Richtungen identischen Ausgleichungen gelten folgende Angaben:

Landesnetz 1. Ordnung mit Zimmerwald  
 1 Festpunkt (Titlis)  
 350 Richtungen, 25 Laplace-Azimute ( $p = 1$ , unkorreliert),  
 57 Geodimetermessungen (reduziert mit  $-2^{mm}/km$ ).

Resultat:

Die Koordinaten aus den beiden Ausgleichungen unterscheiden sich, gemessen an ihren mittleren Fehlern, sehr wenig. Die Durchschnitte für die Koordinatenunterschiede (absolut) betragen:

$ dY _m = 4.2 \text{ cm}$	$ dX _m = 3.7 \text{ cm}$
$dY \text{ max.} = +11.6 \text{ cm}$ (Sulzfluh & Döle)	$dX \text{ max.} = -15.3 \text{ cm}$ (C. di Piazzi)

Sie sind natürlich im allgemeinen um so grösser, je weiter entfernt vom gemeinsamen Festpunkt Titlis ein Punkt liegt.

Folgerung:

Auf die Einführung der Stationsausgleichungs-Gewichtsmatrizen sollte verzichtet werden, weil sie nur für 2/3 aller Stationen vorhanden sind, und weil die Berücksichtigung der viel wichtigeren physikalischen Korrelationen auch nicht möglich ist. Der „Schaden“ ist gering: Koordinatenmässig ergeben sich praktisch keine Unterschiede, fehlertheoretisch sollte einfach nicht vergessen werden, dass ohne Berücksichtigung tatsächlich vorhandener Korrelationen (aber eben auch der physikalischen!) die reziproken Gewichtskoeffizienten, d.h. die Diagonalglieder der Normalgleichungsinversen zu klein herauskommen, die aus ihnen abgeleiteten Fehlermasse (z.B. die Fehlerellipsen) daher zu günstig erscheinen.

3.3 Allgemeines zu den Resultaten

Für die mittleren Fehler der Beobachtung vom Gewicht 1 ergaben alle erwähnten Ausgleichungen Werte zwischen 1.43cc und 1.60cc.

Das Bjerhammarsche Kriterium zur Prüfung der Gewichtsannahme bei Einführung einer zusätzlichen Beobachtungsmenge - z.B. beim Hinzufügen der Distanzen zum reinen Richtungsnetz, oder bei der Einführung der Laplace-Azimute ins Richtungs/Distanz-Netz- wurde nicht angewendet. Wegen der geringen Aenderungen der  $m_e$  bei diesen Erweiterungen der Beobachtungen schien diese Kontrolle unnötig und konnten die Gewichtsverhältnisse

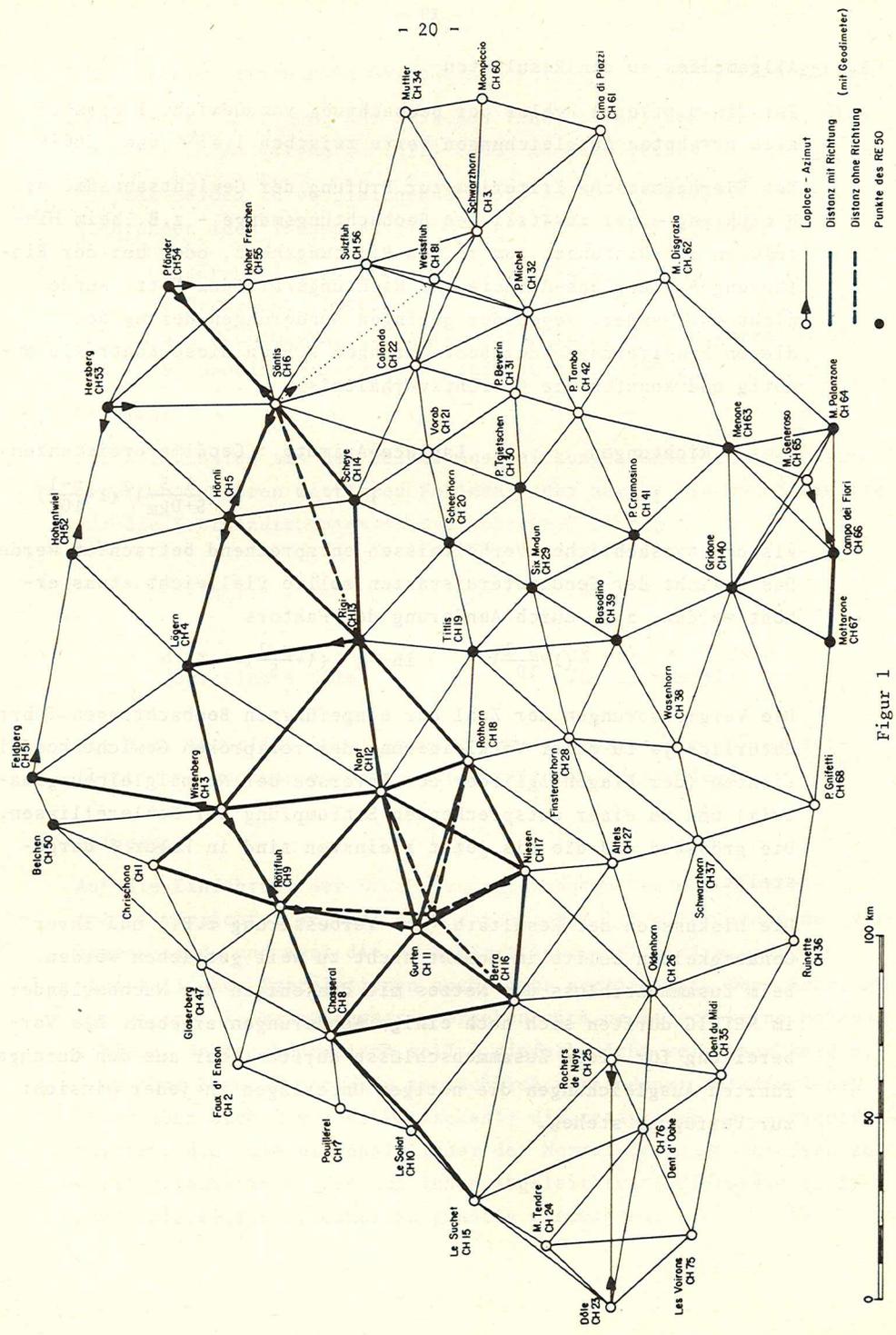
Richtungen	:	Laplace-Azimute	:	Geodimeterdistanzen
1		1		$\left(\frac{1.5}{5+D_{km}}\right)^2 \left(1+\frac{n-1}{10}\right)$

als den tatsächlichen Verhältnissen entsprechend betrachtet werden. Das Gewicht der Geodimeterdistanzen sollte vielleicht etwas erhöht werden, z.B. durch Aenderung des Faktors

$$\left(1+\frac{n-1}{10}\right) \text{ in } \left(1+\frac{n-1}{5}\right)$$

Die Vergrößerungen der Zahl der eingeführten Beobachtungen führte natürlich je zu einer Verkleinerung der reziproken Gewichtskoeffizienten (der Diagonalglieder der Inversen der Normalgleichungsmatrix) und zu einer entsprechenden Schrumpfung der Fehlerellipsen. Die grössten und die bis jetzt kleinsten sind in Figur 3 dargestellt.

Die Diskussion der Resultate (der Verbesserung z.B.) und ihrer Genauigkeiten sollte im Moment nicht zu weit getrieben werden. Beim Zusammenschluss des Netzes mit denjenigen der Nachbarländer im RETRIG dürften sich noch einige Aenderungen ergeben. Als Vorbereitung für diese Zusammenschlüsse dürften aber aus den durchgeführten Ausgleichungen die nötigen Unterlagen in jeder Hinsicht zur Verfügung stehen.



Figur 1

#### 4. Literatur

- [1] Elmiger, A. Studien über Berechnung von Lotabweichungen aus Massen, Interpolation von Lotabweichungen und Geoidbestimmung in der Schweiz. Diss ETHZ 1969
- [2] Elmiger, A. Astronomisch-geodätische Lotabweichungen in der Schweiz. Zusammenstellung 1867-1970. Bericht an die SGK Juni 1971.
- [3] Elmiger, A. Einfluss von Lotabweichungen in einem Triangulationsnetz 1. Ordnung (Teilnetz des RETRIG). Bericht an die SGK Mai 1971.
- [4] Elmiger, A. Lotabweichungen im schweizerischen Triangulationsnetz 1. Ordnung. Vermessung-Photogrammetrie-Kulturtechnik Fachblatt 3-1972.
- [5] Fischer, W. Distanzmessungen mit Wild Distomat DI 50 und AGA Geodimeter 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung. Invited Paper XIII Internationaler Kongress der Vermessungsingenieure, Wiesbaden, 1971 und Procès-verbal de la 117<sup>e</sup> séance de la Commission Géodésique Suisse 1971.
- [6] Fischer, W. Geodimeter-Messungen 1971. Bericht an die SGK April 1972.
- [7] Keller, W. Geometrische Netzausgleichung des schweizerischen Anteils am europäischen Triangulationsnetz. Bericht an die SGK Februar 1969.
- [8] Ledersteger, K. Die Azimutmessungen 1951 im Bodenseedreieck. Wissenschaftliche Referate, Deutsche Geodätische Kommission, Reihe A, Heft 3.
- [9] Müller, H. Bestimmung von astronomischen Längen, Azimuten und Breiten in den Jahren 1965-1970. Astr.-geod. Arbeiten in der Schweiz, 29. Band, 1973
- [10] Procès-verbal de la 100<sup>e</sup> séance (1955) de la Commission géodésique suisse.
- [11] Procès-verbal de la 117<sup>e</sup> séance (1971) de la Commission géodésique suisse.
- [12] Procès-verbal de la 118<sup>e</sup> séance (1972) de la Commission géodésique suisse.

- [13] Schweiz. Geodätische Kommission. Das schweizerische Dreiecksnetz, 5. Band, 1890.
- [14] Wunderlin, N. Berechnungen am Netz 1. Ordnung der schweizerischen Landstriangulation. Bericht an die SGK Mai 1971.
- [15] Wunderlin, N. Zur Bildung der Kofaktorenmatrix der Unbekannten einer durch Vereinigung von Teilnetzen entstandenen Gesamtausgleichung. Bericht an SGK Mai 1972 und Vermessung-Photogrammetrie-Kulturtechnik Fachblatt 3-1972.

## TABLE DES MATIERES

Adresses des membres de la Commission géodésique suisse	2
119. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission am 2. Juni 1973 im Bernerhof in Bern	3
1. Procès - Verbal	4
2. Bericht des Präsidenten	4
3. Berichte	
3.1 Publikation „Basis Heerbrugg“	4
3.2 Elektronische Distanzmessungen, Satellitentraversen	4
3.3 Geodätisches Projekt, Erdkrustenbewegungen	5
3.4 Schwere	5
3.5 Ausgleichung 1.O.	5
3.6 Programmdokumentation	5
3.7 Satellitengeodäsie	6
4. Generelles Arbeitsprogramm	6
5. Arbeitsprogramm 1973	7
6. Abnahme der Jahresrechnung für 1972	7
7. Budget 1974	7
8. Allgemeine Aussprache	7
9. Konstituierung der Kommission	7

## ANHANG

1. Bericht über die Tätigkeit der Schweizerischen Geodätischen Kommission im Jahre 1972	8
2. Ausgleichung des Netzes 1. Ordnung der schweizerischen Landesvermessung	11