

SUISSE

COMMISSION GÉODÉSIQUE SUISSE

et

SERVICE TOPOGRAPHIQUE FÉDÉRAL

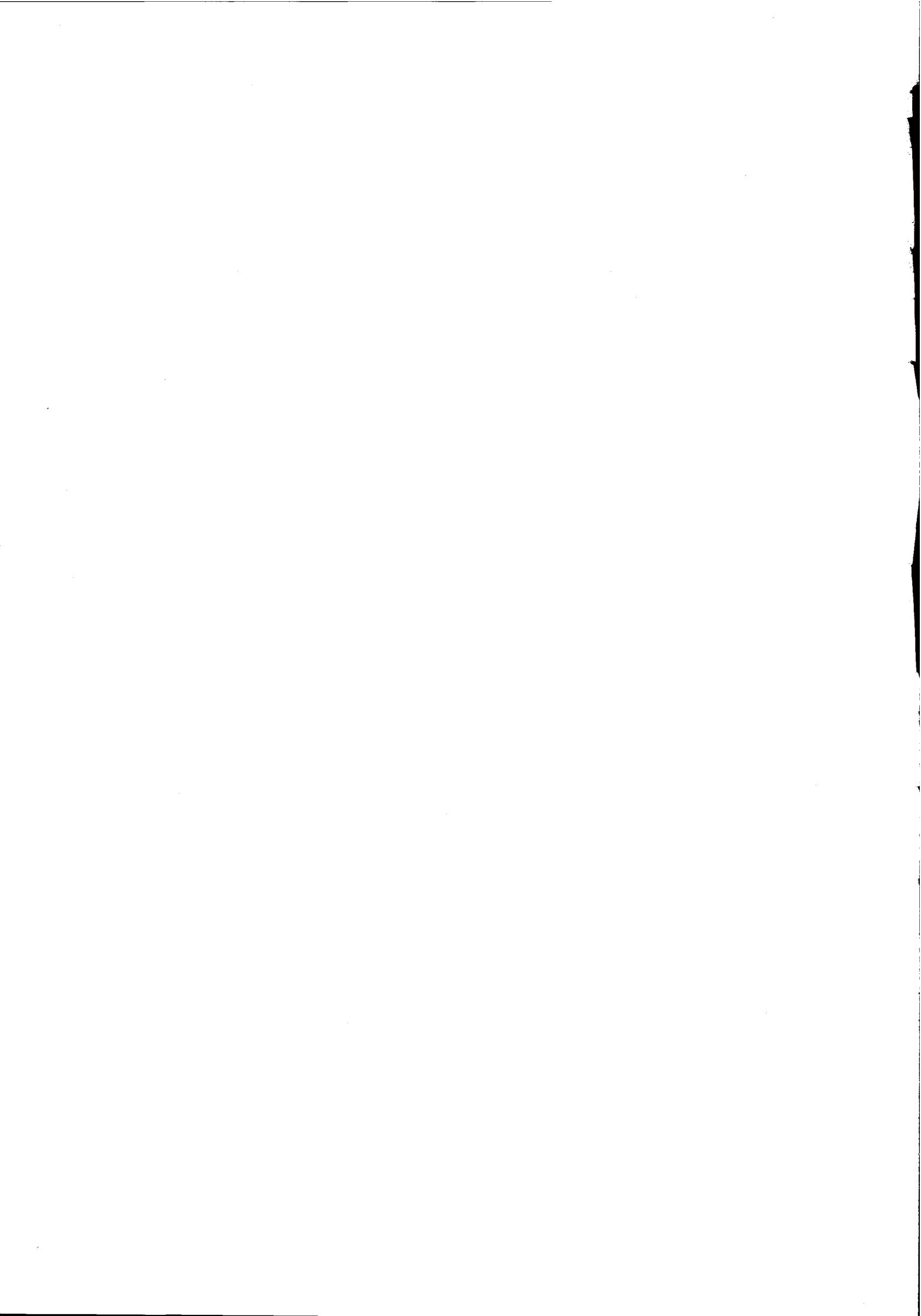
Rapport sur les

TRAVAUX GÉODÉSIIQUES

exécutés de 1971 à 1974

Présenté à la seizième Assemblée générale
de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale
tenue à Grenoble août/septembre 1975

1975 Spross Kloten



SUISSE

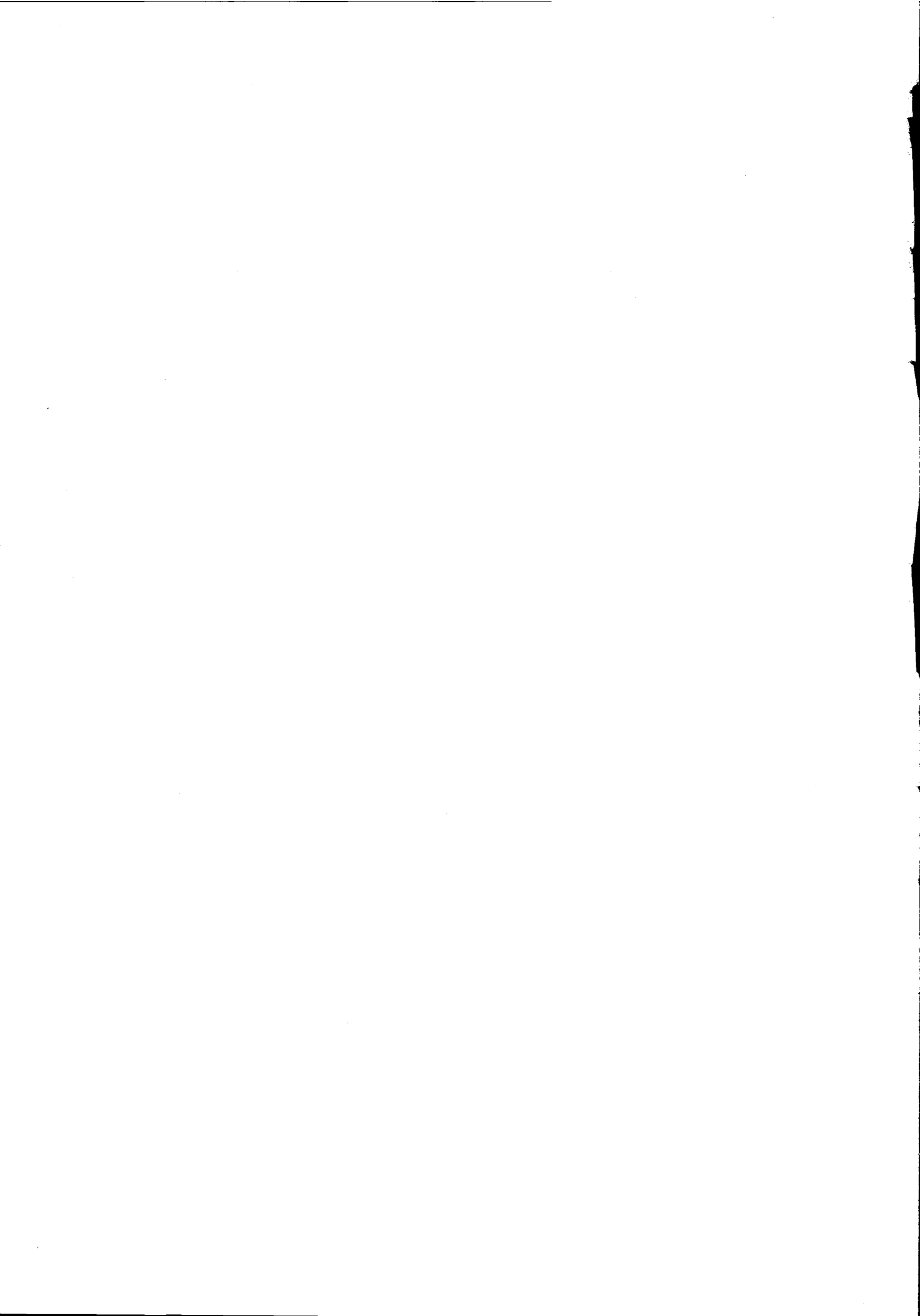
COMMISSION GÉODÉSIQUE SUISSE
et
SERVICE TOPOGRAPHIQUE FÉDÉRAL

Rapport sur les
TRAVAUX GÉODÉSIQUES

exécutés de 1971 à 1974

Présenté à la seizième Assemblée générale
de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale
tenue à Grenoble août/septembre 1975

1975 Spross Kloten



1. NETZE

Triangulation

Die Mitarbeit der Schweiz (Eidgenössische Landestopographie und Schweizerische Geodätische Kommission) an der Neuausgleichung der europäischen Triangulationen RETRIG bestand im Berichtsabschnitt - ausser der Messung neuer Distanzen - im wesentlichen aus folgendem:

Im Frühling 1973 wurden neue Normalgleichungen des Blockes CH für die Phase I des RETRIG (Ausgleichung ohne Laplace-Azimute und mit nichtmassstabbestimmenden Distanzbeobachtungen) aufgestellt, welche nun - gegenüber denjenigen von 1971 - 48 Geodimeter 8-Distanzmessungen (massstabfrei) enthalten und deren Richtungsbeobachtungen jetzt mit Lotabweichungskorrekturen versehen sind. - Die teilreduzierten Normalgleichungen der Nahtunbekannten des Blockes CH wurden im Sommer 1973 dem RETRIG-Rechenzentrum München abgeliefert.

Darauf wurden die Normalgleichungen des Blockes CH für die Phase II des RETRIG aufgestellt, enthaltend 17 Laplace-Azimute und 56 massstabbestimmende Geodimeter 8-Distanzen [9]. - Die teilreduzierten Naht-Normalgleichungen wurden im Frühling 1974 dem Rechenzentrum München übergeben.

Nach Erhalt der Ergebnisse der Blockzusammenschlüsse von RETRIG Phase I im Sommer 1974 wurden die "innern" Unbekannten des Blockes CH und ihre mittleren Fehler berechnet [10], so dass seit Anfang 1975 RETRIG-Koordinaten der Phase I für den ganzen Block CH vorliegen.

Elektronische Distanzmessungen

Die bisherigen Messungen mit Mikrowellengeräten und elektro-optischen Geräten wurden 1971 einer gesamthaften Bearbeitung unterzogen, die besonders der Genauigkeit der einzelnen Gerätetypen bei verschiedenen Messbedingungen und den systematischen Massstabsunterschieden galt [2].

In der Berichtsperiode sind dann weitere Strecken im Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung gemessen worden. Dabei ist aber ausschliesslich das AGA Geodimeter 8 Nr. 80059, also ein elektro-optisches Gerät mit einem Laser als Lichtquelle, eingesetzt worden, keine Mikrowellengeräte mehr.

Nachdem 1970 der schweizerische Anteil der Traversenverbindung von der Satellitenstation Zimmerwald (ca. 5 km SSE Gurten) nach den Stationen Karlsruhe und Strassburg gemessen worden war (vgl. Landesbericht 1971), folgte 1971 eine entsprechende Verbindung von Zimmerwald nach München/Hohenpeissenberg, wobei wiederum neben dem eigentlichen Verbindungspolygon von Zimmerwald nach dem Pfänder ein Teil des Triangulationsnetzes 1. Ordnung gemessen wurde (vgl. Beilage "Elektro-optische Distanzmessungen"). Im gleichen Jahr wurden ausserdem die Distanzmessungen im Basisvergrößerungsnetz Aarberg, die teilweise schon 1970 gemessen worden waren, wiederholt und ergänzt. Alle diese Messungen wurden gesamthaft bearbeitet und sind in [3] beschrieben.

In den Jahren 1973 und 1974 ist das Streckennetz über das schweizerische Mittelland in die Westschweiz ausgedehnt worden (vgl. "Beilage Elektro-optische Distanzmessungen"). Stationiert wurde auf den gleichen Punkten 1. und 2. Ordnung wie bei den Distomat-Messungen von 1969 (vgl. Landesbericht 1971), so dass die Messungen beider Netze miteinander kombiniert werden konnten. 1974 sind zusätzlich drei Distanzen nach dem Punkt 1. Ordnung Dôle gemessen worden, ferner sechs Strecken im Basisvergrößerungsnetz Weinfelden, womit gleichzeitig der Punkt 1. Ordnung Hersberg an das Traversennetz angeschlossen wurde [4].

Basismessung Heerbrugg

Die bisherige Länge der Basis Heerbrugg beruhte auf der Feldeichung der Drähte auf der Normalstrecke München. Nachdem sich nun gezeigt hatte, dass die Länge der zur Interferenzmessung dieser Eichstrecke benützten Quarzmeter um $+ 1.03 \mu\text{m}$ geändert werden musste, waren auch die abgeleiteten Streckenlängen um einen entsprechenden Betrag zu korrigieren. Die Länge der Basis Heerbrugg im mittleren Messungshorizont $h_m = 420.000 \text{ m}$ beträgt somit

$$7\,253\,999 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm},$$

was in der nunmehr erfolgten Publikation bereits berücksichtigt ist [5, 6, 7].

Landesnivellement

Das heute in Gebrauch stehende Nivellementsnetz 1. Ordnung ist in den Jahren 1903 bis 1925 durch die Eidgenössische Landestopographie beobachtet worden. Als Fixpunkte dienten Bronzebolzen, die alle 3 bis 4 km in Gruppen von wenigstens 3 Bolzen an möglichst stabilen Objekten, nach Möglichkeit im anstehenden Fels, verankert worden sind.

Seit 1943 werden nach und nach alle Linien instand gestellt und neu gemessen. Die Beilage "Landesnivellement" gibt einen Ueberblick über die bis Ende 1974 revidierten Abschnitte. Von 1971 bis 1974 sind insbesondere die Linien Faido - Chiasso, Sargans - Chur - Andermatt - Gletsch, Brig - Fiesch und Aarburg - Burgdorf beobachtet worden. Für diese zweite Messung waren bis 1970 fast ausschliesslich Nivellierinstrumente vom Typ Wild N3 im Einsatz. Seit 1970 werden immer mehr automatische Instrumente vom Typ Wild NA2 eingesetzt. Aus den bis jetzt geschlossenen 4 Polygonen lassen sich erste Angaben über die Genauigkeit der neuen Messungen errechnen. So zeigen die um den theoretischen Fehler reduzierten Schleifenschlüsse, dass die angestrebte Genauigkeit erreicht werden konnte. Der mittlere Fehler eines Doppelnivellementes liegt nach einer vorläufigen Ausgleichung unter 1 mm/km.

Astronomische Beobachtungen

Im Sommer 1971 wurden durch Mitarbeiter des Institutes für Geodäsie und Photogrammetrie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich auf den fünf Punkten Orsières, Sion, Saas Grund, San Bernardino und Linthal die Lotabweichungen bestimmt [1, 8]. Mit einem astronomischen Theodoliten Wild T4 wurden an je zwei Abenden durch zwei Beobachter die Längen mittels Meridiandurchgangsbeobachtungen und die Breiten nach der Sterneckmethode (Meridianzenitdistanzen) beobachtet.

Bibliographie

- [1] Elmiger, A.: Lotabweichungen im schweizerischen Triangulationsnetz 1. Ordnung. Vermessung-Photogrammetrie-Kulturtechnik, Fachblatt 3-72, Winterthur 1972.
- [2] Fischer, W.: Distanzmessungen mit Wild Distomat DI 50 und AGA Geodimeter 8 im schweizerischen Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung. Invited paper No. 501.2, XIII. Internationaler Kongress der Vermessungsingenieure, Wiesbaden 1971 und Protokoll der 117. Sitzung der Schweiz. Geodätischen Kommission, Kloten 1972, S. 37 - 52.
- [3] Fischer, W.: Geodimeter-Messungen 1971. Auszug aus dem Bericht, Protokoll der 118. Sitzung der Schweiz. Geodätischen Kommission, Kloten 1973, S. 25 - 37.
- [4] Fischer, W.: Elektronische Distanzmessungen mit dem Geodimeter 8 in den Jahren 1973 und 1974. Bericht an die Schweiz. Geodätische Kommission, Mai 1975.
- [5] Gerke, K.: Basismessung Heerbrugg 1959, Messung der Basislänge. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, 30. Band, Teil II, 1975.
- [6] Kobold, F. und Fischer, W.: Basismessung Heerbrugg 1959, Beschlüsse und Anlage. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, 30. Band, Teil I, 1974.
- [7] Mitter, J.: Basismessung Heerbrugg 1959. Die trigonometrischen Messungen im Basisvergrößerungsnetz. Astron.-geodät. Arbeiten in der Schweiz, 30. Bd, Teil III, in Vorbereitung.
- [8] Müller, H.: Die Ergebnisse der astronomischen Längen- und Breitenbestimmungen auf den fünf Stationen Orsières, Sion, Saas Grund, San Bernardino und Linthal im Sommer 1971. Protokoll der 118. Sitzung (1972) der Schweizerischen Geodätischen Kommission, Kloten 1973.
- [9] Wunderlin, N.: Ausgleichungen des Netzes 1. Ordnung der schweizerischen Landesvermessung. Protokoll der 119. Sitzung (1973) der Schweizerischen Geodätischen Kommission, Kloten 1974.
- [10] Wunderlin, N.: Zur Bildung der Kofaktorenmatrix der Unbekannten einer durch Vereinigung von Teilnetzen entstandenen Gesamtausgleichung. Vermessung-Photogrammetrie-Kulturtechnik, Fachblatt 3-72, Winterthur 1972.

Weitere Literaturangaben in den Protokollen der Schweizerischen Geodätischen Kommission, 118. - 120. Sitzung (1972 - 1974).

2. SATELLITENGEODÄSIE

Das Astronomische Institut der Universität Bern beteiligte sich in den Jahren 1971 bis 1974 an folgenden internationalen Programmen der Satellitengeodäsie:

- a) Westeuropäisches Programm der Satellitengeodäsie
- b) Expérience internationale de géodésie par satellite (ISAGEX), koordiniert durch das CNES (France)
- c) Pageos-Weltnetz-Programm, koordiniert durch das U.S. Department of Commerce
- d) Short-arc-method-program, koordiniert durch das geodätische Institut der Universität Uppsala.

Mit der im "Rapport sur les Travaux géodésiques exécutés de 1967 à 1970" beschriebenen Instrumentation sind im Rahmen der erwähnten Programme folgende Beobachtungen durchgeführt worden:

A) Optische Richtungsbeobachtungen:

- 1) 14 Geos 2 - Aufnahmen mit 67 Positionen
- 2) 80 Pageos - Aufnahmen mit 2380 Positionen
- 3) 9 Explorer 39 - Aufnahmen mit 119 Positionen
- 4) 5 Explorer 19 - Aufnahmen mit 37 Positionen

B) Laser-Entfernungsbeobachtungen:

- 6 Echos von den Satelliten D1D, BEC, D1C und Geos 2.

Alle diese Beobachtungen wurden ausgewertet und die Resultate an die zuständigen Rechenzentren weitergeleitet.

Um die Genauigkeit der optischen Richtungsbeobachtungen möglichst derjenigen der künftigen Laser-Entfernungsmessungen anzunähern, sind Anstrengungen in zwei Richtungen unternommen worden:

Erstens, da alle künftigen geodätischen Satelliten mit Retro-Reflektoren bestückt sein werden, bietet sich die Möglichkeit, für optische Richtungsbeobachtungen Beleuchtungslaser zu benutzen. Bei der damit erzielten Problemlöslichkeit der systematischen und stochastischen Zeitfehler, erscheint die Verwendung der klassischen "Timing"-Apparaturen mit all ihren Tücken nicht mehr als angebracht. Deswegen wurden an der Universität Bern ein leistungsstarker Beleuchtungs-Laser entwickelt.

Zweitens war es notwendig, um der Verwendung des Beleuchtungs-Lasers auch im Auswertungsprozess Rechnung zu tragen, das entsprechende mathematische Modell und die Rechengenauigkeit so weit auszubauen, dass eine Genauigkeit von 0.1 im Endresultat erreicht werden kann. Ein diesen Anforderungen entsprechendes Computer-Programm, das gleichzeitig die topozentrischen Koordinaten der geometrischen Position des Satelliten im erdfesten und im inertialen Koordinatensystem liefert, liegt bereits vor.

Da der Entfernungslaser bisher auf dem Teleskop der Sternwarte Zimmerwald montiert war und man damit den Satelliten nicht folgen konnte, war man auf genaue Voraussagen des Satellitenortes angewiesen. Diese waren aber für die meisten Durchgänge zu wenig genau, und dies erklärt die geringe Zahl der bisherigen Beobachtungen. Die während der ISAGEX-Periode gesammelten Erfahrungen haben nun ihren Niederschlag in einer zweiten Etappe des Aufbaus der Laser-Anlage gefunden. Die Konstruktionsarbeiten sind seit etwa zwei Jahren im Gange. Die neue Anlage, die voraussichtlich im Jahre 1976 betriebsbereit sein wird, besteht aus einer azimutalen Montierung mit Coudé-Optik für Entfernungslaser- und Beleuchtungslaser, mit welcher dem Satelliten gefolgt werden kann. Dank der optischen Verzweigung der Strahlengänge für zwei Spektralbereiche, dem des Rubinlasers und dessen Komplementarbereich, wird für die Nachführung und für den Echo-Empfang ein und dasselbe Fernrohr benutzt. Die Genauigkeit der Laser-Anlage wurde im Laboratorium und bei simulierten terrestrischen Beobachtungen geprüft und ergab eine Distanzgenauigkeit von etwa ± 40 cm.

3. GRAVIMETRIE

Schwerekarte der Schweiz

Im Zeitraum 1971 - 1975 wurden umfangreiche topographische und gravimetrische Messungen zur Erstellung der neuen Schwerekarte der Schweiz ausgeführt.

Tabelle 1 gibt eine Zusammenstellung über die durchgeführten Schweremessungen.

Tabelle 1 (vgl. Figur "Gravimetrische Landesaufnahme")

Gebiet	Fläche (km ²)	Zahl der Stationen	Stationsdichte	Referenzen
Kanton Waadt und Walliser Rhonetal	1'340	2'286	1.7 Stat. pro km ²	Corniche, Gonet, Lazreg, Olivier, Poldini, Wagner
Chablais (Frankreich)	340	679	2 Stat. pro km ²	Donzé, in Vorbereitung
Kantone Wallis, Freiburg und Waadt, einschliesslich Schweizer Jura	18'000	408	1 Stat. pro 44 km ²	Klingelé, 1972
Berner Oberland, Kantone Unterwalden und Luzern				
a) Alpine Zone	2'350	124	1 St. pro 19 km ²	Donzé, 1974
b) Molasse Zone	880	96	1 Stat. pro 9 km ²	Donzé, 1974
Kanton Waadt: Molasse Zone Mt.Pélerin-Montreux	120	130	1.1 Stat. pro km ²	Institut Géophysique Lausanne
Kantone Tessin, Graubünden und Uri	11'000	330	1 Stat. pro 30 km ²	Klingelé, 1974

Schwereprofile

Im Rahmen des nationalen Projektes "Geowissenschaftliche Traverse Basel - Chiasso" wurden 50 Schweremessungen mit einem durchschnittlichen Punktabstand von ungefähr 4 km durchgeführt. Die Auswertung erfolgte zusammen mit seismischen Informationen. Die maximale Krustenmächtigkeit beträgt unter den Alpen 50 bis 55 km. (Kahle, Klingelé, St. Müller, Egloff, 1975.)

Ein Schwereprofil wurde auf dem Gornergletscher aufgenommen, um die Mächtigkeit und Masse des Gletscher-Eises gravimetrisch zu bestimmen (Klingelé und Kahle, 1975, in Vorbereitung).

Schweremessungen für das REUN

Für eine Neuberechnung der geopotentiellen Kotendifferenzen im Réseau Européen Unifié de Nivellement (REUN) wurden die Änderungen der aus der Ausgleichung des Schwerekontrollnetzes von 1968 (vgl. Landesbericht 1971) hervorgegangenen Schwerewerte gegenüber den ursprünglich benützten Werten in den neu bestimmten Punkten längs den REUN-Linien zusammengestellt. Sie betragen durchschnittlich etwa -15 mGal, entsprechend der Neubestimmung der Schwere in der Fundamentalstation Zürich im I.G.S.N. 71.

Ferner wurden 1974 auf den Nivellementslinien Yverdon - Morges (vgl. Beilage "Landesnivellement"), Olten - Hauenstein Basistunnel - Sissach und Frümsen - Schaanwald (Neuanchluss an das österreichische Netz), die neu in das europäische Nivellementsnetz (REUN) eingefügt werden sollen, einige Schwerewerte bestimmt.

Verschiedene Arbeiten

Das Schwerfeld der Erde im ozeanischen Bereich zeigt ausgeprägte negative Anomalien in Gebieten, über die sich während der letzten 50 bis 100 Mio Jahre infolge "sea-floor spreading" eine kontinentale Lithosphäre bewegt hat. Ein Teil dieser Anomalien kann als geothermische Spur gedeutet werden, die ein driftender Kontinent mit seinen radiogenen Wärmequellen in der ozeanischen Lithosphäre und Asthenosphäre hinterlässt (Werner und Kahle, 1974; Kahle und Werner, 1975).

Fortsetzung der Studien über das Schwerfeld und die Geoidundulationen im Indischen Ozean (Kahle und Talwani, 1973) und deren Deutung im Zusammenhang mit der Plattentektonik (Kahle, 1975, in Vorbereitung).

Am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich steht eine Arbeit über die Schwereanomalien und Lotabweichungen in der Südschweiz und Oberitalien (Ivreazone) vor dem Abschluss (Wassouf, 1975).

Entwicklung eines Computer-Programms zum Zeichnen von Isolinien (Klingelé, 1975, in Vorbereitung).

Allgemeine Überlegungen zur Schwerereduktion für geodätische und geophysikalische Anwendungen (Kahle, Klingelé und St. Müller, 1975).

Mitwirkung an der Interpretation des "Apollo 17 Traverse Gravimeter Experiment" - Schweremessungen auf dem Mond (Talwani, Thompson, Dent, Kahle und Buck, 1973; Talwani und Kahle, 1975).

Bibliographie

- Corniche, P.: Application des méthodes géophysiques à la recherche hydrogéologique. Matériaux pour la géologie de la Suisse, série Géophysique no 13, 1973.
- Donzé, A.: Application de la méthode gravimétrique à l'étude de la rive sud du Lac Léman. Thèse de doctorat, Université de Lausanne, à paraître.
- Gonet, O.: Etude gravimétrique de la plaine du Rhône région St-Maurice - Lac Léman. Matériaux pour la géologie de la Suisse, série Géophysique no 6, 1965.
- Kahle, H.-G. and Talwani, M.: Gravimetric Indian Ocean Geoid. Zeitschrift für Geophysik 39, S. 167 - 187, 1973.
- Kahle, H.-G., Klingelé, E., Müller, St. and Egloff, E.: A crustal Section across the Swiss Alps based on Gravity and Seismic Data. Pure and Applied Geophysics (PAGEOPH), in press, 1975.
- Kahle, H.-G. and Werner, G.: Gravity and Temperature Anomalies in the Wake of Drifting Continents. International Symposium on Recent Crustal Movements Zurich, Tectonophysics, in press, 1975.
- Kahle, H.-G., Klingelé, E. und Müller, St.: Zur Bedeutung der Schwere- und Temperaturanomalien bei der Bestimmung der Figur und Massenverteilung der Erde. Vermessung-Photogrammetrie-Kulturtechnik, Fachblatt 3 - 75, Zürich 1975.
- Kahle, H.-G.: Deutung der Schwereanomalien und Geoidundulationen im Indischen Ozean. In Vorbereitung.
- Klingelé, E.: Contribution à l'étude gravimétrique de la suisse romande et des régions avoisinantes. Matériaux pour la géologie de la Suisse, série Géophysique no. 15, 1972.
- Klingelé, E. and Kahle, H.-G.: A Gravity Traverse across the Gorner Glacier. In preparation.
- Klingelé, E.: Ein Computer-Programm zum Zeichnen von Isolinien. In Vorbereitung.
- Lazreg, H.: Etude géophysique, géologique et hydrogéologique de la région de Concise à Pompaples (pied du Jura vaudois). Matériaux pour la géologie de la Suisse, série Géophysique no 10, 1971.
- Olivier, R.: Elaboration d'un système de traitement gravimétrique géré par l'ordinateur; étude gravimétrique du plateau romand de Versoix (GE) à Concise (VD). Matériaux pour la géologie de la Suisse, série Géophysique no. 17, 1974.
- Poldini, E.: Les anomalies gravifiques du canton de Genève. Matériaux pour la Géologie de la Suisse, série Géophysique no. 4, 1963.
- Talwani, M., Thompson, G., Dent, B., Kahle, H.-G. and Buck, S.: Traverse Gravimeter Experiment. Apollo 17 Preliminary Science Report, NASA-SP-330, U.S. Government Printing Office 13-1 - 13-13, 1973.
- Talwani, M. and Kahle, H.-G.: Apollo 17 Traverse Gravimeter Experiment: Preliminary results. Geologisches Jahrbuch, im Druck.
- Wagner, J.J.: Elaboration d'une carte d'anomalies de Bouguer. Matériaux pour la géologie de la Suisse, série Géophysique no. 9, 1970.
- Wassouf, Y.: Contribution à l'étude des déviations de la verticale dans la région du Tessin et au Nord-Ouest de l'Italie. Thèse de doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale Zurich, en préparation.
- Werner, D. und Kahle, H.-G.: Schwere- und Temperaturfeld der ozeanischen Lithosphäre als Folge driftender Kontinente. Vortrag, 34. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Berlin, 1974.

5. PHYSIKALISCHE GEODAESIE

Astrogeodätische Geoidbestimmung

Für das Gebiet der Schweiz wurde eine astrogeodätische Geoidbestimmung durchgeführt, ausgehend von 203 Stützpunkten mit bekannten Lotabweichungen (136 Punkte mit astronomisch bestimmten, 67 Punkte mit interpolierten Lotabweichungen).

Die Interpolation von Lotabweichungen geht von aus Massen berechneten, topographisch-isostatischen Lotabweichungen aus. Da die Differenzen "astrogeodätische - topographisch/isostatische Lotabweichung" (reduzierte Lotabweichungen) wesentlich ruhiger verlaufen als die an der Erdoberfläche auftretenden Lotabweichungen, eignen sie sich gut für eine Interpolation, auch in gebirgigem Gelände. Es wurde folgendes Verfahren angewendet: Die Orthogonalfläche der reduzierten Lotabweichungen wurde durch ein zweidimensionales Polynom approximiert, indem die Restfehler (Winkel zwischen den Normalen der durch das Polynom definierten Ersatzfläche und den reduzierten Lotrichtungen) nach der Methode der kleinsten Quadrate minimalisiert wurde, wobei sich die Parameter des Polynoms aus der Ausgleichung ergaben. Interpolierte reduzierte Lotabweichungen erhielt man dann durch partielle Differentiation des Polynoms in den beiden Koordinatenrichtungen, und durch Addition der zugehörigen topographisch-isostatischen Lotabweichungen ergaben sich die interpolierten Lotabweichungen mit einer Genauigkeit von 0'5 bis 1'6 in der Mitte des Interpolationsgebietes.

Die Berechnung von Lotabweichungen aus Massen für den Oberflächenpunkt und den entsprechenden Punkt auf dem Geoid ergibt die Lotkrümmungen, welche für Punkte 1. Ordnung in der Schweiz Beiträge bis 9" erreichen können. Sie dienen zur Reduktion der Oberflächenlotabweichungen auf das Geoid. Diese Reduktion wurde für alle zur Geoidbestimmung benutzten Punkte eingeführt, da der Einfluss der Lotkrümmungen auf die Geoidhöhen im Gebirge 40 cm erreichen kann.

Für die Geoidbestimmung wurden zwei Methoden verwendet:

1. Punktweise Bestimmung durch astronomisches Flächennivellement: Für jeden Stützpunkt wurden zu den nächstgelegenen Punkten Geoidhöhendifferenzen $\Delta N = -(z_1 + z_2)/2 \cdot D$ gebildet, wobei z_1 und z_2 die Lotabweichungen auf den beiden Endpunkten in Richtung der Verbindungslinie und D die Distanz zwischen diesen Punkten bedeuten. Hält man eine oder mehrere Geoidhöhen fest, so lassen sich die übrigen durch vermittelnde Ausgleichung mit diesen ΔN als "Beobachtungen" bestimmen. Die Berechnungen wurden auf der Rechenanlage des Rechenzentrums der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich durchgeführt, wobei die Netzdefinition automatisch erfolgt (Programm GHNETZ). Als Festpunkte wurden in die Ausgleichung eingeführt: 27 Punkte aus den schweizerischen Geoidprofilen und 13 Punkte aus dem Berner Oberland. Die Ausgleichung enthält damit 40 Festpunkte neben 163 Neupunkten.
2. Geoidbestimmung durch Approximation mit Polynomen: Definitive Ergebnisse liegen noch nicht vor, doch scheint die 1. Methode genauere Resultate zu liefern.

Das Resultat der Geoidbestimmung nach der 1. Methode ist in der Beilage "Geoid Schweiz" dargestellt. Die Höhen beziehen sich auf das Europäische Datum 1950. Die Höhenlage wurde vom "Géoides Européennes", Levallois 1973, übernommen. Die Genauigkeit dieser Geoidbestimmung kann abgeschätzt werden zu

Gebiet	Mittl. Fehler	Max. Fehler
Mittelland	± 5 - 10 cm	20 cm
Alpen	±10 - 20 cm	40 cm

Rezente Krustenbewegungen

Wenn in Mitteleuropa mit Erfolg Krustenbewegungen nachgewiesen werden sollen, sind der geringen Beträge wegen folgende Voraussetzungen zu erfüllen. Es müssen Messverfahren höchster Genauigkeit gewählt werden. Die Zeitspanne zwischen zwei Messungen muss auf mehrere Jahre, ja mehrere Dezennien ausgedehnt werden, damit die Bewegungen eine messbare Grössenordnung erreichen können. Die verwendeten Kontrollmarken sind entsprechend dauerhaft mit dem Fels zu verbinden.

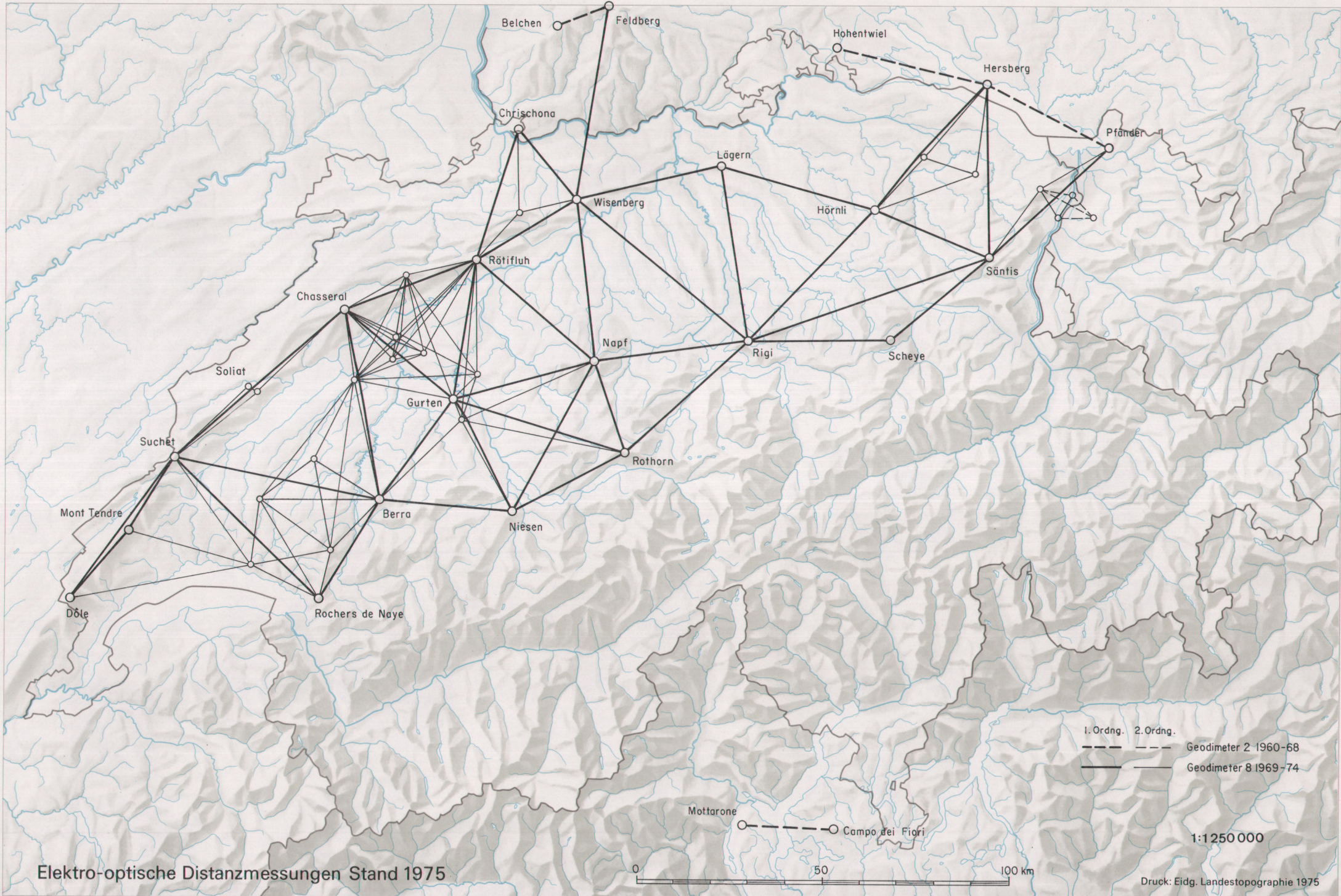
Alle diese Voraussetzungen sind beim schweizerischen Landesnivellement erfüllt. Die 1903 bis 1925 ausgeführten Messungen ergeben nach der Ausgleichung einen mittleren Fehler von 1.4 mm/km Doppelnivellement. Die Zeitspanne zwischen erster und zweiter Messung erreicht im Durchschnitt 50 Jahre. Für den Vergleich werden fast ausschliesslich Messungen zwischen Bronzebolzen verwendet, die im anstehenden Fels verankert sind. Weil beide Messungen nahezu nach dem gleichen Verfahren ausgeführt worden sind, wirken sich verschiedene systematische Fehlereinflüsse, etwa die Brechung des Zielstrahls in bodennahen Luftschichten, nur zum kleinen Teil aus. Die in der Beilage "Rezente Krustenbewegungen" dargestellten Höhenänderungen der Nivellementsunkte sind deshalb als signifikant zu betrachten. Sie zeigen, dass die Alpen sich in den letzten 50 Jahren gegenüber dem Mittelland um bis zu 60 mm gehoben haben. Es ist nicht feststellbar, ob die Bewegungen kontinuierlich stattfinden oder nicht.

Ausser diesen als Nebenprodukt beim Landesnivellement anfallenden Resultaten sind an drei besonders geeigneten Stellen spezielle Kontrollnetze beobachtet worden. In Andermatt soll eine Nivellementsschleife im Bereich der Rhein-Rhone-Bruchzone in einigen Jahren Vertikalbewegungen nachweisen. In Basel dienen zwei Nivellementslinien, die eine Bruchzone im Ostrand des Oberrheingrabens überqueren, dem gleichen Zweck. In Le Pont sind zwei vollständige Vierecke mit Mekometer und Theodolit beobachtet worden, die allfällige Horizontalverschiebungen im Bereich des décrochement de Pontarlier feststellen sollen.

Das fünfte Internationale Symposium über Rezente Krustenbewegungen ist von der Schweiz in Zusammenarbeit mit der International Commission on Recent Crustal Movements (CRCM) und der Inter-Union Commission on Geodynamics (ICG) vorbereitet und durchgeführt worden. Es hat vom 26. bis 31. August 1974 etwa 180 Geodäten, Geologen und Geophysiker in der Eidg. Technischen Hochschule Zürich vereinigt. Die Verhandlungen werden als Spezialausgabe der Zeitschrift "Tectonophysics" veröffentlicht.

Bibliographie

- Eckhardt, P.: Untersuchungen von rezenten Krustenbewegungen an der Rhein-Rhone-Linie. *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 67/1, April 1974, p. 233-238.
- Elmiger, A.: Erste Ergebnisse einer Geoidbestimmung für die Schweiz aus astronomischen und interpolierten Lotabweichungen. Bericht an die Schweizerische Geodätische Kommission, Zürich, Juni 1975.
- Elmiger, A.: Das Geoid in der Schweiz. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, Fachblatt 3-75, Zürich 1975.
- Elmiger, A.: Algolprogramm LASRM: Berechnung von Lotabweichungen und Schwerereduktionen aus Massen. Benutzeranleitung. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie ETH Zürich, Jan. 1975 (interner Bericht).
- Elmiger, A.: Lotabweichungen im schweizerischen Triangulationsnetz 1. Ordnung. Bericht an die Schweizerische Geodätische Kommission, Juni 1972, und *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, Fachblatt 3-72, Winterthur 1972.
- Fischer, W.: Rezente Erdkrustenbewegungen in der Schweiz. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, Mitteilungsblatt 5-74, p. 113-115.
- Jeanrichard, F.: Nivellement et surrection actuelle des Alpes. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, Fachblatt 1-73, p. 3-12.
- Jeanrichard, F.: Essais de mesure géodésique des mouvements horizontaux de la croûte terrestre. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, Fachblatt 3-74, p. 85-88.
- Jeanrichard, F.: Summary of Geodetic Studies of Recent Crustal Movements. Proceedings of the V. International Symposium on RCM, Zurich 1974, *Tectonophysics* Volume 29/1975, in press.
- Pavoni, N.: Fifth International Symposium on Recent Crustal Movements. *Bulletin Geodesique*, No. 116, 1er juin 1975, p. 205-207.



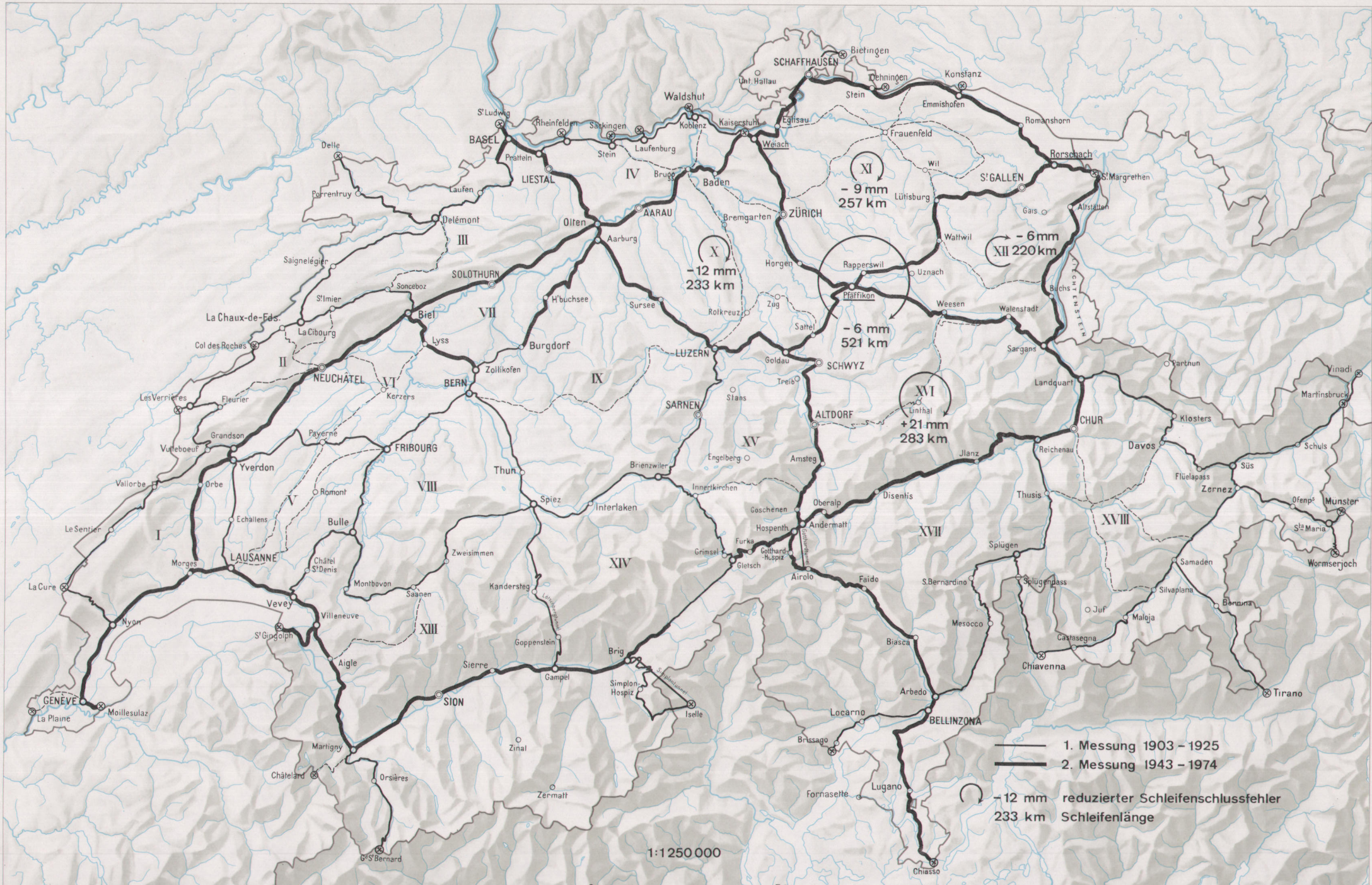
Elektro-optische Distanzmessungen Stand 1975

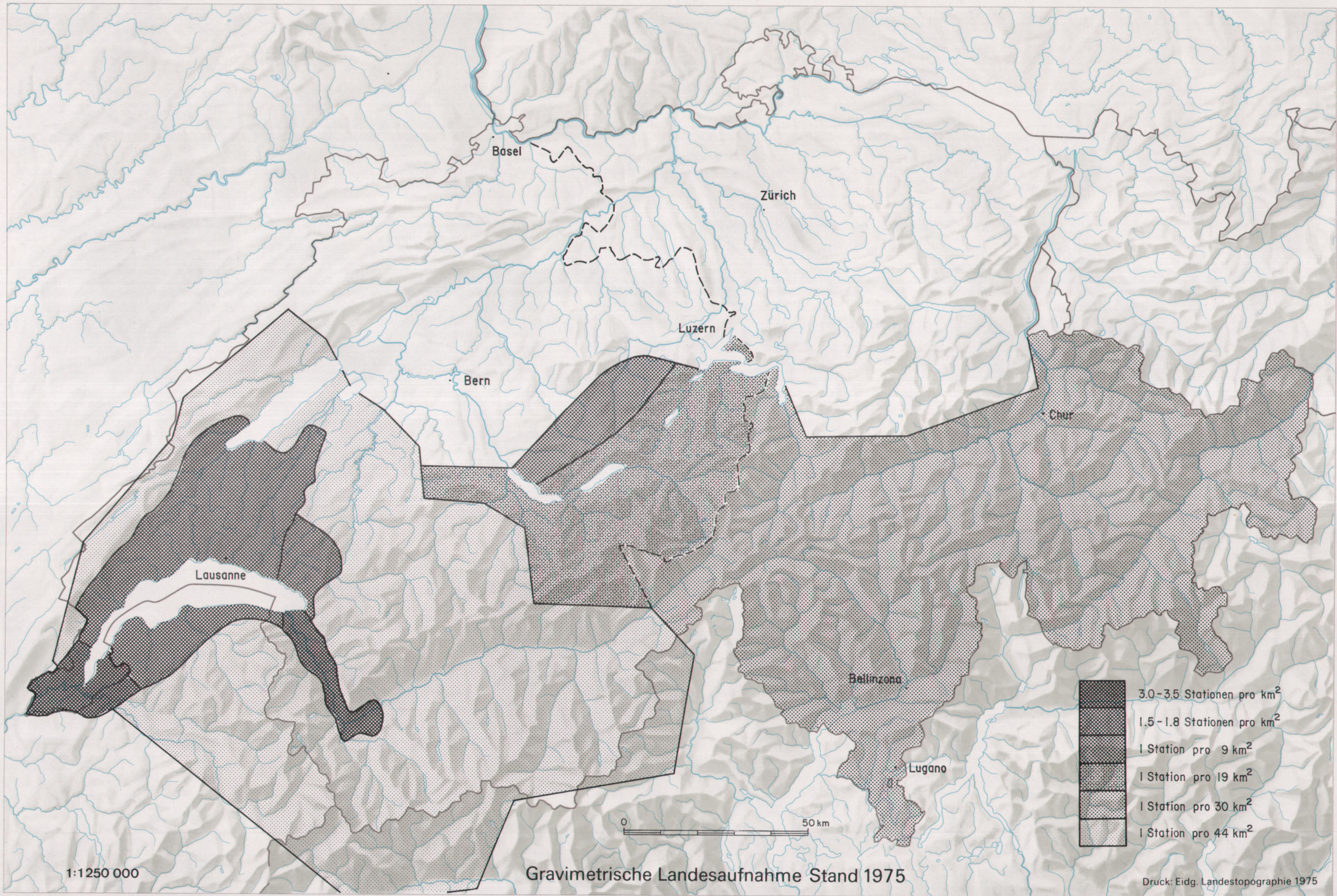
1. Ordng. 2. Ordng.
 - - - - - Geodimeter 2 1960-68
 ————— Geodimeter 8 1969-74

0 50 100 km

1:1 250 000

Druck: Eidg. Landestopographie 1975

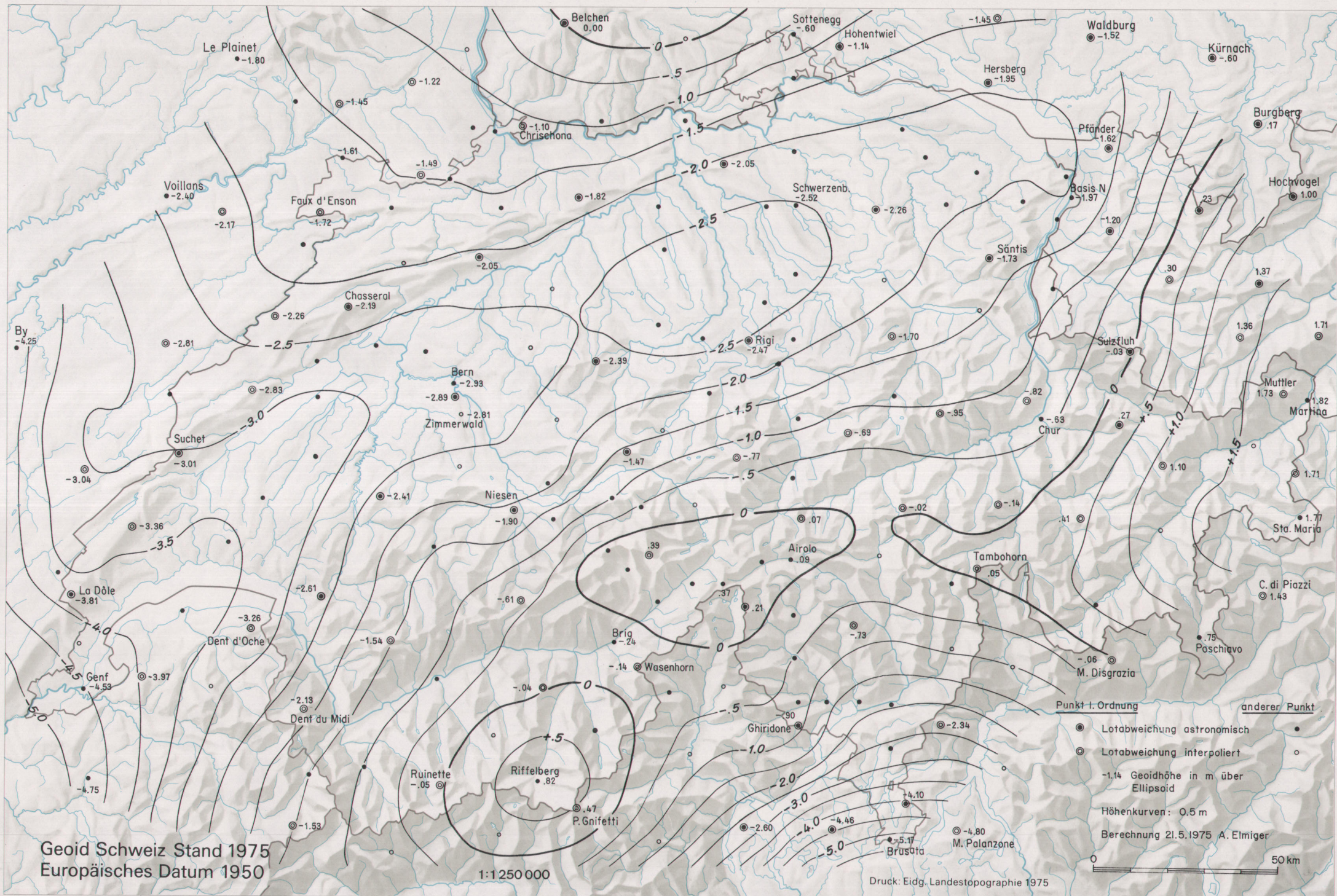




1:1250 000

Gravimetrische Landesaufnahme Stand 1975

Druck: Eidg. Landestopographie 1975



Geoid Schweiz Stand 1975
 Europäisches Datum 1950

1:1 250 000

Druck: Eidg. Landestopographie 1975

Legend:

- Lotabweichung astronomisch
- ⊙ Lotabweichung interpoliert
- 1.14 Geoidhöhe in m über Ellipsoid
- Höhenkurven: 0.5 m
- Berechnung 21.5.1975 A. Elmiger

Scale: 0 to 50 km

Höhenänderungen der
Nivellementsunkte
in den letzten 50 Jahren

