

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 80 (1982)

Heft: 12

Artikel: Der Schweizerische Arbeitskreis Geodäsie/Geophysik : Bericht über die 3. Sitzung vom 24. Juni 1982, mit Autorenreferaten

Autor: Fischer, W. / Kahle, H.-G.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-231193>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Untersuchungen in ähnlichem Stil und Umfang auch in anderen Teilen Europas durchzuführen.

Basierend auf zahlreichen Vorschlägen aus den Kreisen der Erdwissenschaftler in den verschiedenen europäischen Ländern schlug die Arbeitsgruppe der ESRC schliesslich eine «Europäische Geotraverse» von Nord-Skandinavien bis nach Tunesien vor (Abb.1). Dieses Projekt umfasst einen etwa 50 km breiten Profilstreifen von 4000 km Länge und einer Tiefenerstreckung von etwa 200 km mit dem Ziel, die Struktur, den physikalischen Zustand, die stoffliche Zusammensetzung und die Evolution der Lithosphäre in diesem Bereich gründlich zu studieren. Dazu ist vorgesehen, dass alle erdwissenschaftlichen Disziplinen in dem fünf bis sieben Jahre dauernden Vorhaben mit dazu beitragen, einen umfassenden Überblick über den detaillierten Aufbau und die Entwicklung der Lithosphäre in diesem Teil Europas zu erarbeiten.

Es ist ein günstiger Umstand, dass die «Europäische Geotraverse» in geographischer Reihenfolge einen repräsentativen

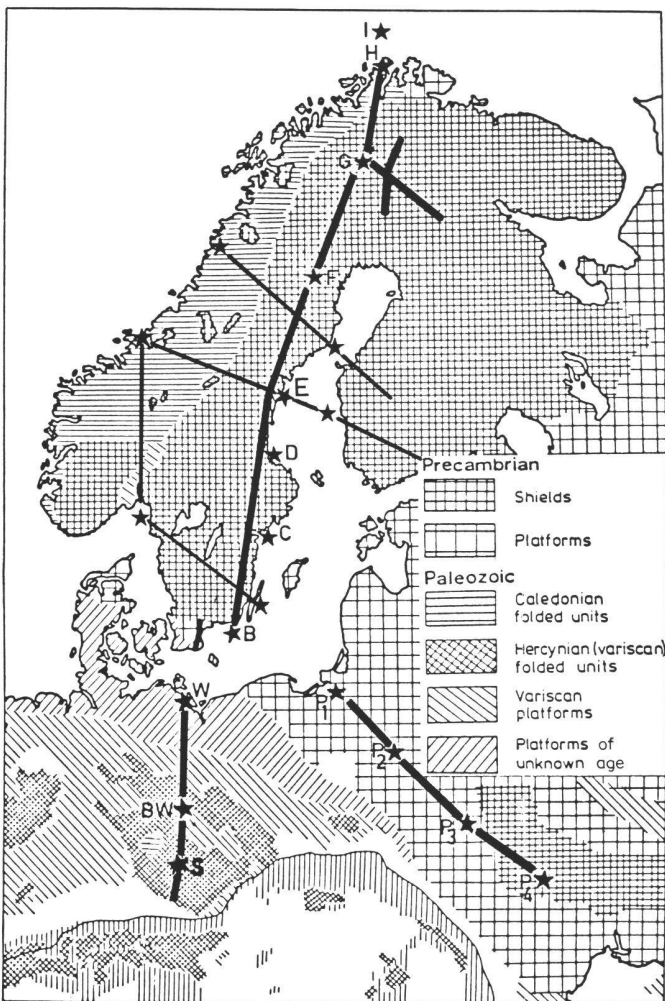
zeitlichen Querschnitt durch die Lithosphäre vom Präkambrium (im äussersten Norden Finnlands) durch den Baltischen Schild, die westlich benachbarten Kaledoniden Skandinaviens, durch die herzynische (variskische) Region Mitteleuropas bis hin in den tektonisch aktiven Bereich der Alpen und des westlichen Mittelmeeres mit seinen ganz jungen Strukturen liefert.

Für eine Detailbearbeitung ist die projektierte «Europäische Geotraverse» in drei Segmente aufgeteilt worden:

- 1) Nord-Skandinavien bis Südschweden und Bornholm (Abb. 2)
- 2) Süd-Norwegen/Dänemark bis zum Golf von Genua (Abb. 3)
- 3) Golf von Genua über die Inselkette Korsika/Sardinien bis nach Nord-Tunesien (Abb. 4).

Die wissenschaftliche Zielsetzung ist primär, die grosstechnischen Vorgänge, die zur Bildung der kontinentalen Erdkruste geführt haben, besser verstehen zu lernen. Dazu wird es notwendig sein, umfangreiche Untersuchungen in den ältesten Krustenbereichen des Bal-

tischen Schildes (Alter 3600 bis 600 Millionen Jahre) durchzuführen, die Hinweise auf frühe Subduktionsprozesse geben sollten. Damit könnte der Beweis erbracht werden, dass plattentektonische Vorgänge schon relativ früh in der Geschichte der Erde eine wichtige Rolle gespielt haben. Im benachbarten Bereich der Kaledoniden (Alter 600 bis 400 Millionen Jahre) gibt es auch eine Fülle ungelöster geologischer Probleme. Weiter südlich, im Mittelteil der Geotraverse, die dort eine 400 bis 230 Millionen Jahre alte Lithosphäre durchschneidet, sollte es möglich sein, Licht in die komplexen tektonischen Vorgänge zu bringen, die zur Bildung des herzynischen Gebirgssystems und der für Mittel-Europa typischen Erdkrustenstruktur geführt haben. Das südliche Segment der Geotraverse schliesst die Alpen als eine Kollisionsstruktur zwischen der eurasischen und der afrikanischen Platte sowie den westlichen Teil des Mittelmeerraumes ein. Dabei stellen sich Fragen, wie die kontinentalen Fragmente der Inselkette Korsika und Sardinien in ihre gegenwärtige Position



FENNOLOGRA 1979

Abb.2 Geographische Lage der Schusspunkte und Profile des «Fennoscandian Long-Range Project 1979» (FENNOLOGRA).

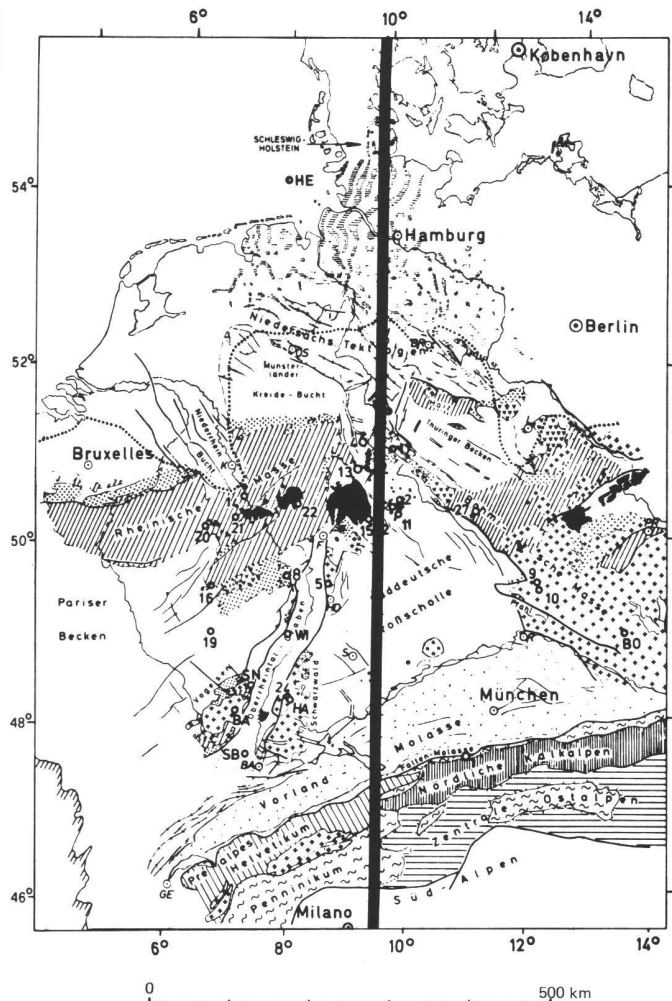


Abb.3 Schematische Lage der Europäischen Geotraverse durch Zentraleuropa.

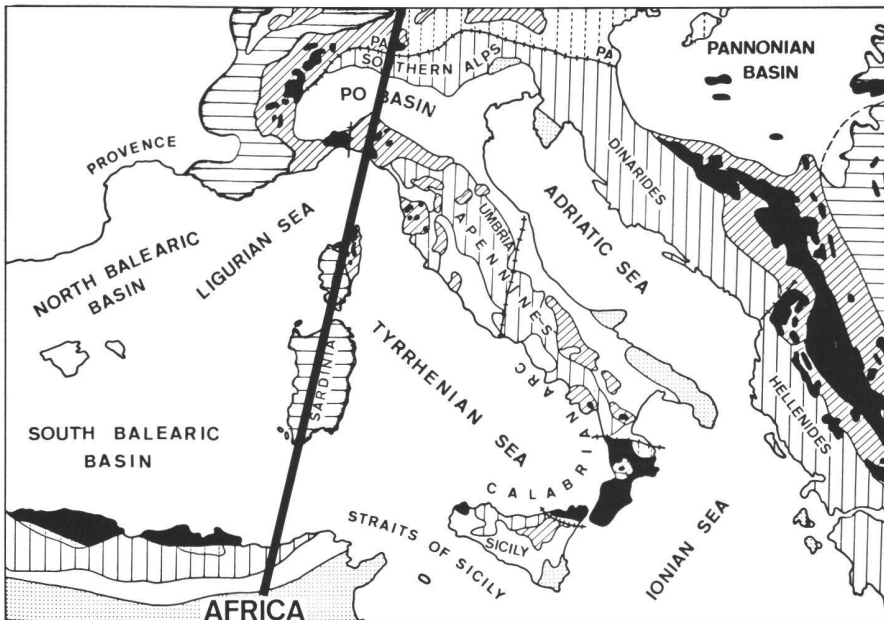


Abb. 4 Schematische Lage der Europäischen Geotransverse durch die Alpen und das westliche Mittelmeer auf einer Karte mit den Hauptstrukturelementen.

gelangt sind, in welcher Tiefe eine Entkoppelung in dem darunter liegenden Krusten-Mantel-System stattgefunden hat sowie die Frage, ob die seit etwa 15 bis 17 Millionen Jahre andauernde Rotation dieser Inselkette im Gegenuhrzeigersinn gegenwärtig noch anhält. Schliesslich sollen Krustenuntersuchungen in Tunesien dazu beitragen, Aufschluss über die Krustenmächtigkeit im nördlichsten Teil Afrikas und insbesondere unter dem Atlas-Gebirge zu erhalten.

In einer ersten Phase des Projektes wird eine umfangreiche Inventur der bereits existierenden Daten stattfinden, aufgrund der dann die weitere Planung aufgebaut werden soll. Es gibt heute bereits gezielte Vorschläge für internationale Gemeinschaftsprojekte, die etwa einen Zeitraum von fünf Jahren in Anspruch nehmen dürften. In Skandinavien liefern die ausgezeichneten Ergebnisse des «Fennoscandian Long-Range Project 1979» (abgekürzt FENNOLORA, siehe Abb. 2) bereits wichtige Schlüsselinformationen über den Aufbau der Erdkruste und des oberen Erdmantels. An diesem Projekt wirkten 14 europäische Länder mit und halfen, zusätzlich zu den Untersuchungen in Skandinavien wichtige Informationen auch über die mittel- und osteuropäische Krustenstruktur zu gewinnen (Abb. 2). In diesem Jahr hat ein erstes Vorexperiment im südlichen Segment der Geotransverse stattgefunden mit dem Ziel, Anhaltspunkte über die Krustenmächtigkeit unter Sardinien und den östlich angrenzenden Bereichen des Tyrrhenischen Meeres zu erhalten.

Die Arbeiten an der vorgeschlagenen Geotransverse sollen den Zeitraum

1983–89 umfassen. Mehrere europäische Länder haben sich bereit erklärt, zu den nicht unerheblichen Kosten (~ 14 Millionen Schweizer Franken) für die Gemeinschaftsarbeiten beizutragen. Daneben sollen intensiviert regionale Untersuchungen entlang den drei Traversensegmenten durchgeführt werden. Die geplante «Europäische Geotransverse» stellt einen der wichtigsten europäischen Beiträge zum Internationalen Lithosphären-Projekt dar, in dem während dieses Jahrzehnts die Dynamik und Evolution der Lithosphäre systematisch untersucht werden soll. Es ist damit zu rechnen, dass die «European Science Foundation» in wenigen Monaten das vorgelegte Projekt gutheissen wird.

3. Rezente Erdkrustenbewegungen

3.1 Das Krustendynamik-Projekt der NASA

von Prof. Dr. H.-G. Kahle, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich

Im Rahmen dieses Projektes werden mit Radioteleskopen VLBI-Messungen und mit mobilen Lasersystemen Präzisions-Distanzmessungen zum NASA-Satelliten LAGEOS ausgeführt. Durch Anschluss an das weltweite Tracking-System der NASA können aus den Daten die Basislängen von der Messstation zu anderen Kontinenten mit hoher Genauigkeit bestimmt werden. Spätere Wiederholungsmessungen sind von der NASA vorgesehen, um erstmals die Bewegungsraten der Lithosphärenplatten quantitativ zu bestimmen.

Der Beitrag des schweizerischen Forschungsgesuches bezieht sich im we-

sentlichen auf die Geodynamik des Alpenraumes und seiner Bewegung relativ zu den grossen Lithosphärenplatten.

Auf operationeller Basis stehen für das NASA-Projekt zur Zeit weltweit 9 permanente und 2 mobile VLBI-Antennen sowie 10 permanente und 1 mobiles Lasersystem zur Verfügung.

3.2 Gegenwärtiger Stand der Arbeiten des Bundesamtes für Landestopographie zum Themenkreis «Rezente Krustenbewegungen»

von Dipl. Ing. E. Gubler, Bundesamt für Landestopographie, Wabern

Die Messungen im Landesnivellement gehen im gewohnten Rahmen weiter. Die Untersuchung der vertikalen Bewegungen wird fortgesetzt, sobald mit der Linie Susch–Silvaplana das Polygon XVIII geschlossen ist.

Im Zusammenhang mit Deformationsmessungen an der Staumauer Oberaar war auch ein Nivellement wiederholt gemessen worden, das mehrmals die Kontaktzone zwischen dem Granit des Aarmassivs und den Paragneisen überquert. Die Höhenänderungen bleiben mit maximal 4 mm relativ gering. In der Kontaktzone sind keine Relativbewegungen feststellbar. Es scheint eher eine Korrelation mit der Höhe des Seespiegels zu bestehen.

In den Schöllenen sind seit 1918 verschiedene Nivellements durchgeführt worden. Die Linie Göschenen–Andermatt–Hospental des Landesnivellements ist 1918, 1970 und 1980 gemessen worden. Die graphische Darstellung in Abbildung 5 zeigt für die verschiedenen Epochen Höhenänderungen der Fixpunkte relativ zur Gruppe in Göschenen. Für die Zeit von 1918 bis 1970 ergibt sich ein leichter Anstieg von 2–3 mm für die Punkte südlich der Rhein-Rhone-Linie. Demgegenüber zeigt die Periode 1970 bis 1980 eine deutliche Senkung von 6 mm für die in gutem Fels verankerten Fixpunkte in den Schöllenen und einen kräftigen Anstieg von 6 mm für die Punkte südlich der Rhein-Rhone-Linie, was im Bereich der Linie eine Sprunghöhe von 12 mm ergibt. Es fällt auf, dass der Bereich der grössten Senkung ungefähr mit der Achse des in der gleichen Zeit erstellten Gotthard-Strassentunnels zusammenfällt. Ein ähnliches Bewegungsbild würde sich aber auch ergeben, wenn die elastisch deformierte Kruste durch eine vertikale Gleitbewegung im Bereich der Rhein-Rhone-Linie entspannt wird. Das würde aber voraussetzen, dass der Spannungszustand wenigstens seit 1918 bestanden hätte. F. Jeanrichard hat 1973/74 ein Spezialnivellement mit grösserer Punktdichte gemessen, das die Rhein-Rhone-Linie überquert und das 1980 nachgemessen

worden ist. Es bestätigt die Ergebnisse des Landesnivellements. Im August 1982 werden Geologen und Geodäten die Fixpunkte in den Schöllenen begehen. Dabei sollen die Phänomene eingehend diskutiert werden.

Im letzten Halbjahr hat die L+T im Auftrag der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA) folgende Unterlagen zusammengestellt:

- Ein Verzeichnis der geodätischen Literatur über rezente Krustenbewegungen. Es umfasst ca. 450 Publikationen, die thematisch, nach Autoren oder nach Schlüsselwörtern aufgesucht werden können.
- Eine Zusammenstellung aller geodätischen Präzisionsvermessungen der Schweiz, basierend auf einer Umfrage bei allen einschlägigen Institutionen. Sie besteht aus Kartenübersichten und möglichst detaillierten Angaben über die Messungen, wie Datum, Genauigkeit, Art der Fixpunkte usw.

Diese Unterlagen sind sowohl bei der NAGRA wie auch bei der L+T zugänglich.

Für die nahe Zukunft ist zudem im nördlichen Teil des Kantons Aargau ein Präzisions-Distanznetz geplant, das mit dem Terrameter gemessen werden und horizontale Verschiebungen mit sehr hoher Genauigkeit nachweisen soll.

3.3 Strain-Analyse mit Anwendungsbeispielen

von Dipl. Ing. D. Schneider, Bundesamt für Landestopographie, Wabern

Die wiederholte Beobachtung geodätischer Netze hoher Genauigkeit kann entscheidende Beiträge zur Erforschung von relativen Krustenbewegungen liefern. Terrestrische geodätische Beobachtungen liefern bekanntlich nur relative geometrische Informationen über die Lage der Punkte. Bei der Ausgleichung von absoluten Lagekoordinaten zeitinvarianter Lagenetze verbleiben daher 2 bis 4 unbestimmbare Parameter (je nach Art des Netzes: 2 Koordinaten, 1 Orientierungs- und 1 Massstabsunbekannte).

Ein ähnlicher Informationsdefekt entsteht bei der Ausgleichung von Verschiebungsfeldern zeitabhängiger geodätischer Netze oder kinematischer Netze. Die unbestimmbaren Parameter der zeitinvarianten Lagenetze sind im wesentlichen zu ersetzen durch 2 bis 4 unbestimmbare kinematische Parameter (2 Translationskomponenten, 1 Rotation, 1 Massstabsänderung). Bei der Untersuchung von tektonischen Krustenbewegungen ist es i. a. nicht möglich, diesen Informationsdefekt durch physikalisch begründete Annahmen auszugleichen. Verschiebungsvektoren sind daher nicht die geeigneten Grössen zur Beschreibung der Krustendeformation.

Bei der Methode der Strain-Analyse (Verzerrungsanalyse) werden die Gradienten des Verschiebungsfeldes und von diesen abgeleitete Grössen (Strain-Komponenten) geschätzt. Damit wird das Problem der Unbestimmbarkeit absoluter Verschiebungen in eleganter Weise umgangen.

Die Strain-Komponenten lassen sich durch Strain-Figuren graphisch darstellen. Für die Interpretation von transversalen Bruchverschiebungen und von Shear ist die Darstellung der Axen maximalen Shears oder der Shear-Rosetten am besten geeignet.

An der University of New Brunswick, am IGP und an der L+T wurde das Software-Package «CRUSTRAIN» für die simultane Ausgleichung von wiederholten geodätischen Beobachtungen und die Approximation von Strain-Tensorfeldern entwickelt. Die Methode wurde am Beispiel simulierter Netze und unter Verwendung eines einfachen kinematischen Netzes im Jura getestet. Anschliessend wurde sie zur Untersuchung eines ausgedehnten kinematischen Netzes, welches die aktiven San Andreas- und Calaveras-Bruchzonen überspannt, angewendet. Alle Computer-Programme sind auf der Rechenanlage der L+T implementiert.

Die L+T hat im Gebiet des «Décrochement de Pontarlier» in der Nähe von Le Pont zwei vollständige Vierecke mit dem Kern-Mekometer ME 3000 und präzisen Richtungsmessungen dreimal (1973, 1974 und 1978) beobachtet. Die Analyse der bis heute vorliegenden Messdaten erbrachte auf dem 95%-Niveau der Wahrscheinlichkeit keine signifikanten Aussagen über die Deformation des südlichen der beiden Vierecke. Die Untersuchung zeigt, dass das Netzdesign des kinematischen Netzes nicht optimal ist. Zur Abklärung der Frage, ob es sich bei einer allfälligen Deformation um die Translation fester Blöcke oder um die Akkumulation von Shearing Strain handelt, sollte die Konfiguration wenn möglich erweitert werden. Für die Verbesserung des Netzdesigns wird die Berechnung von Pre-Analysen mit «CRUSTRAIN» vorgeschlagen.

3.4 Rezente Krustenbewegungen an der Rhein-Rhone-Linie

von Dr. P. Eckardt, Geologe, Zürich

Der Schlussbericht über die geologisch-geomorphologischen Untersuchungen längs der Rhein-Rhone-Linie ist abgeleitet worden, jedoch noch nicht veröffentlicht. Eine Publikation ist demnächst in dieser Zeitschrift vorgesehen.

Die Ergebnisse der umfangreichen Feldbegehungen und Luftbildinterpretationen zeigen als auffallendstes Merkmal in vielen Querprofilen des Rhein- und des Rhonetals eine gewisse Säge-

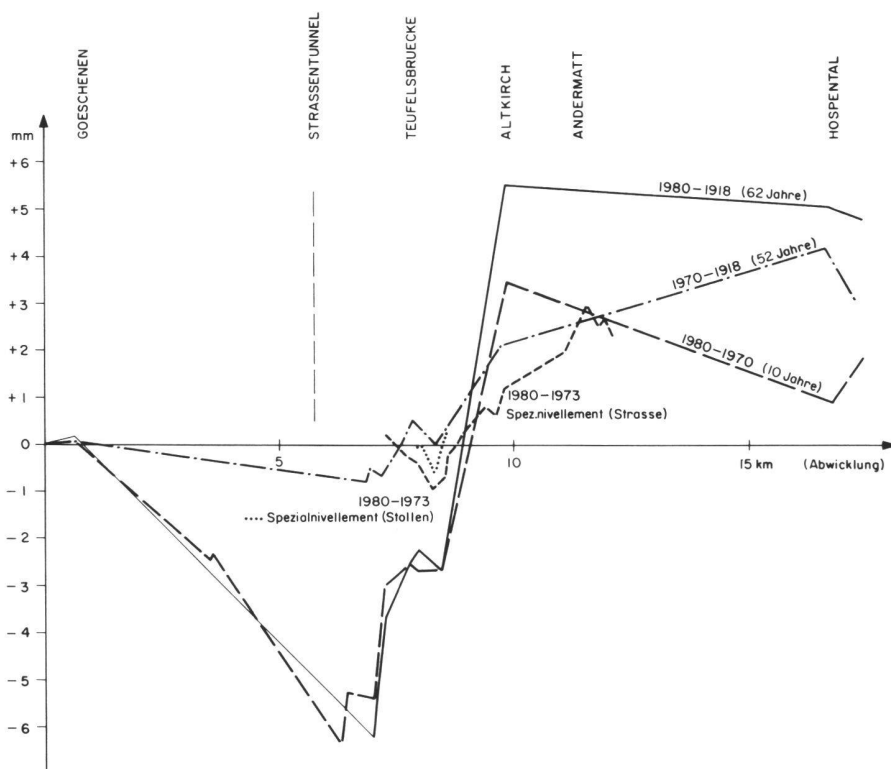


Abb. 5 Nivellements der L+T von 1918 bis 1980 in den Schöllenen.

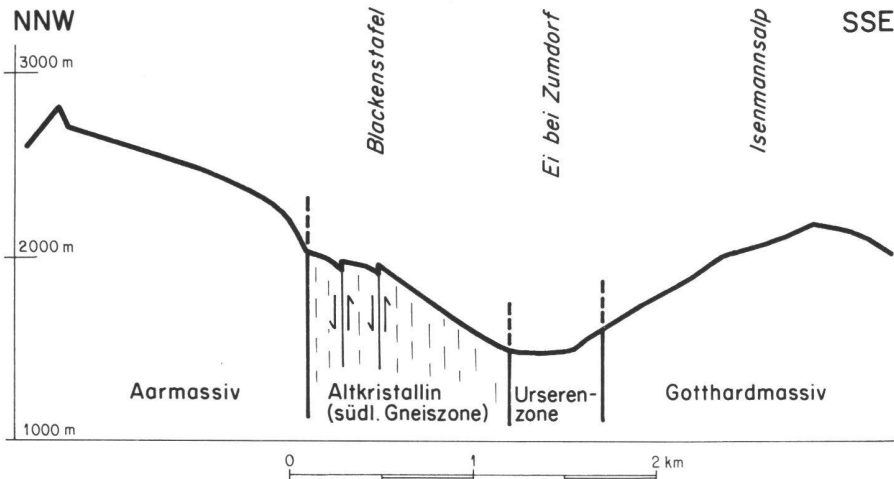


Abb.6 Schematischer Schnitt durch das Urserental, etwa 2 km westlich Hospental, als Beispiel eines Profils quer zur Rhein-Rhone-Linie. Die Verwerfungen bei Blackenstafel sind überhöht dargestellt.

zahnstruktur auf den Hangschultern (Abb. 6). Dabei ist jeweils die talseitige Flanke gehoben, wobei die Gesamtheit aller Verstellungen bis zu 30 m betragen kann. Die einzelnen Verstellungen sind unterschiedlich deutlich ausgeprägt, von einige Meter hohen Felswänden bis zu verflachten und mit Gehängeschutt überdeckten Geländewellen. Vielfach sind sie auch von schönen Bergseen (z. B. Lutersee) oder Mooren begleitet. Als Schlussfolgerung der Untersuchungen können die festgestellten Erscheinungen höchstwahrscheinlich auf postglaziale isostatische Ausgleichsbewegungen zurückgeführt werden. Die Ausräumung der Täler während vier Eiszeiten hatte zu Massendefiziten geführt, die nach dem Rückzug der Gletscher einer Kompensation riefen. Wie lange die dadurch verursachte Aufwärtsbewegung der Talböden anhielt, ist noch nicht restlos geklärt. Immerhin zeigen Verstellungen von Moränen, dass der Ausdruck (rezent) gerechtfertigt ist. Zur Beantwortung der Frage, ob auch heute noch Bewegungen im Gang sind, ist man auf geodätische Messungen angewiesen.

Im übrigen werden heute in den meisten Alpentälern ähnliche Erscheinungen, bei denen die talseitige Flanke gehoben ist, festgestellt, während sie früher kaum beachtet worden sind. Im Untersuchungsgebiet sind sie jedoch besonders deutlich ausgeprägt, da die Bewegungsflächen durch die Schieferzone des Altkristallin zwischen dem Aarmassiv und der Urserenzone vorgegeben waren (Abb. 6). Auf dem gegenüberliegenden Talhang sind sie ebenfalls vorhanden, aber weniger deutlich, da das Gotthardmassiv mit seiner Paket-Tektonik keine so klar ausgebildeten alten Bruchflächen aufweist, entlang denen sich die Talböden heben könnten.

3.5 Verschiebungsmessungen Stöckli-Lutersee

von Dipl. Ing. W. Fischer, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich

An der letzten Sitzung war festgestellt worden, dass die beiden Messreihen von 1976 und 1978 noch keine signifikanten Höhen- und Abstandsänderungen erkennen liessen. Inzwischen sind die Messungen von 1980 auf den Profilen 4-6 (Abb. 7) ausgewertet worden, so dass nun wenigstens auf diesen drei Profilen Resultate von drei Messreihen miteinander verglichen werden können.

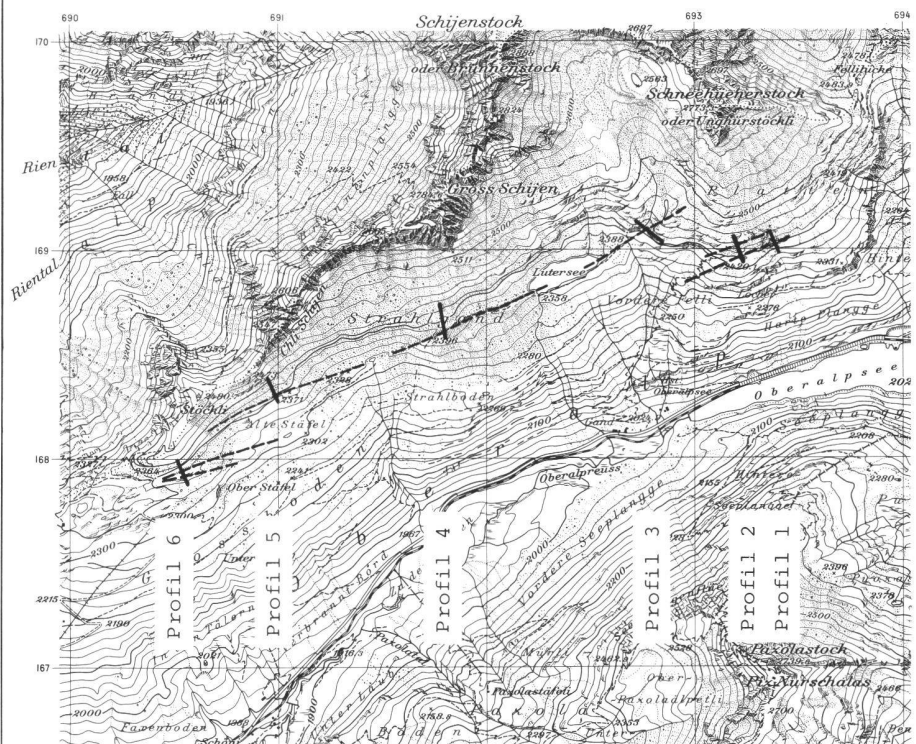


Abb. 7 Stöckli-Lutersee: Verwerfungslinien und Profile 1-6. Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 1.5.1980.

Der Versuch einer Interpretation der drei Messreihen lässt folgende vorläufige Aussagen machen:

- Die drei Profile 4-6 scheinen sich unterschiedlich zu verhalten
- Vermutlich bewegt sich auf einigen Profilen nichts
- Auf anderen Profilen bewegen sich vermutlich einzelne Punkte
- Jedenfalls dürfen die Resultate der verschiedenen Profile nicht gesamt-haft behandelt werden.

Für den 20. August 1982 ist eine Begehung vorgesehen, an der die bisherigen Ergebnisse an Ort und Stelle diskutiert werden sollen. Im September 1982 ist sodann eine weitere Messreihe in Aussicht genommen, selbst wenn wegen des Schnees auch wieder nur die Profile 4-6 zugänglich sein sollten.

3.6 Testnetz Gotthard

von Dr. A. Elmiger, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich

Die Messungen und Untersuchungen in diesem Netz, das aus je 6 Punkten 1. und 2. Ordnung der schweizerischen Landesvermessung im Raum Gotthard aufgebaut ist, sollen folgenden praktischen, methodischen und wissenschaftlichen Zielen dienen:

- 1) Die Landestriangulation soll, besonders in N-S-Richtung (Alpenübergang), verstärkt werden durch Kombination der Triangulationen 1. und 2. Ordnung (gemeinsame Ausgleichung), durch Einführung neuer EDM-Distanzen (Ziel: vollständige Trilateration) und durch Einbezug

verschiedener schon vorhandener Netze, insbesondere die genauen Absteckungsnetze für den gebauten Gotthard-Strassentunnel und den geplanten Gotthard-Basistunnel der SBB.

- 2) Das Wort «Test» soll methodische Untersuchungen andeuten zu den Themen:
 - Einsatz von EDM im Gebirge in Verbindung mit verbesserten Metro-Modellen
 - Gemeinsame Ausgleichung von Triangulationen verschiedener Ordnung
 - Bestimmung von 3D-Koordinaten im Netz 1. Ordnung, besonders im Hinblick auf eine Verwendung im europäischen Triangulationsnetz RETrig.
- 3) Schliesslich können aus dem Netz vielleicht in einiger Zukunft gewisse Tendenzen von rezenten Krustenbewegungen erkannt werden, wobei allerdings sehr fraglich ist, ob die Bewegungen die Netzgenauigkeit von ca. 1ppm (50 mm/50 km) erreichen oder gar signifikant überschreiten werden.

Im Diplomvermessungskurs 1981 der ETH Zürich (Leitung: Prof. F.Chaperon) wurden bereits verschiedene Messungen durchgeführt, insbesondere elektronische Distanzmessungen mit SIAL MD 60 (siehe Abb.8). Ferner wurden ein Netz «Oberalp» zur Verbindung der bestehenden Netze Gotthard-Strassentunnel und Gotthard-Basistunnel sowie Höhenanschlüsse an das Landesnivelement gemessen.

3.7 Gotthardpass-Netz

von Dipl.Ing. N.Wunderlin, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich

Auf eine Anregung von Professor Kobold beschloss die Schweizerische Geodätische Kommission, eine Neumessung des Absteckungsnetzes von 1967 für den Gotthard-Strassentunnel (Ingenieurbüro Walter Schneider AG, Chur) zu empfehlen und zu unterstützen. Sie sollte parallel zu den Präzisionsmessungen im Strassentunnel selbst dazu dienen, allfällige bereits erfolgte oder in Zukunft sich zeigende Krustenbewegungen festzustellen. Die Durchführung der Beobachtungen und Aus-

wertungen wurde der ETH Zürich (Professor Kahle) übertragen.

Das Absteckungsnetz von 1967 hatte aus einem Polygonzug von Göschenen über den Gotthardpass nach Airolo (Distanzmessung mit Geodimeter 6) und einer ihn begleitenden Triangulationskette bestanden. Die Beobachtungen von 1981 umfassten die Neumessung des Polygonzuges (Distanzen mit Mekometer ME 3000 und Geodimeter 6BL) und die Messung eines Triangulationsnetzes (Distanzen mit Geodimeter 6BL, einzelne kürzere auch mit Mekometer ME 3000), welches einige Punkte des Netzes von 1967 enthielt, aber in erster Linie dazu angelegt war, die Distanz zwischen den Landestriangulationspunkten Badus (1. Ordnung) und Lucendro (2. Ordnung) mit hoher Genauigkeit aus dem Polygonzug ableiten zu können.

Die Messungen erfolgten vom 31. August bis zum 2. Oktober 1981. Sie sind in der Abbildung 9 dargestellt. Wegen sehr schlechten Wetters konnten nicht alle vorgesehenen Beobachtungen ausgeführt werden, so dass hauptsächlich der Punkt Badus noch schlecht mit dem übrigen Netz verknüpft ist.

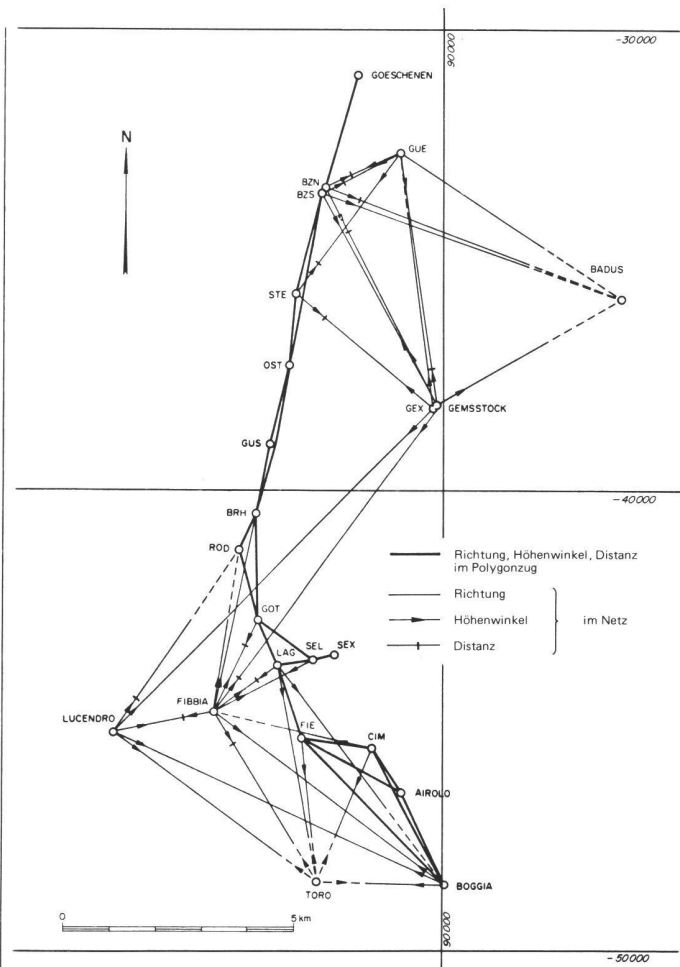
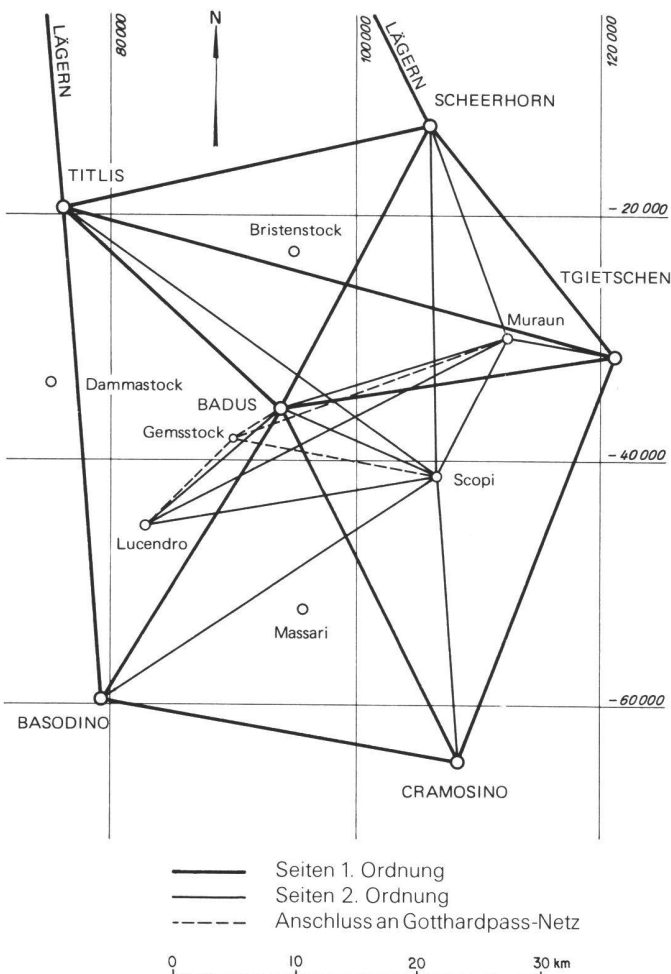


Abb. 8 Testnetz Gotthard

Abb. 9 Gotthardpass-Netz

Die vorläufige Auswertung aller Beobachtungen von 1981, zusammen mit den 1973 beobachteten astronomischen Längen und Breiten dreier Punkte und drei astronomischen Azimuten (Professor Brandenberger) sowie aus Massen berechneten Lotabweichungen und Geoidhöhen, erfolgte in einem dreidimensionalen geozentrischen kartesischen Koordinatensystem (129 Unbekannte bei 304 Beobachtungen). Die Berechnungen sind noch nicht abgeschlossen, und die provisorischen Resultate sollen deshalb hier noch nicht gegeben werden.

3.8 Zur Problematik von Verschiebungsmessungen

von Prof. R. Conzett, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich
Die zentrale Frage bei Verschiebungsmessungen lautet meistens: Hat sich der Punkt P_i ($i = 1 \dots n$) verschoben?

Eine wissenschaftlich korrekte Antwort ist in der Regel nur mit Hilfe der mathematischen Statistik, die uns die Theorie der statistischen Tests zur Verfügung stellt, möglich. Stichworte dazu sind: Hypothese, Testgrösse, Wahrscheinlichkeitsdichte, Signifikanzniveau, Alternative(n), Irrtumsrisiken 1. und 2. Art.

Bei geodätischen Netzen wählt man als Testgrößen oft Koordinatendifferenzen oder Verschiebungsvektoren. Dabei ist aber Vorsicht geboten: Koordinaten sind keine physikalischen Grössen, die messbar und damit schätzbar sind. Sie können nur geschätzt werden, wenn ein sog. Datum (auch als Lagerung bezeichnet) eingeführt wird. Zu den Testvoraussetzungen gehört somit ein unverändertes Datum, das heisst zum Beispiel, dass bestimmte Punkte sich nicht verschoben haben. Aber das müsste seinerseits wieder getestet werden.

Weniger problematisch ist, messbare Grössen, etwa Distanzen oder Winkel, in einem Netz auf Veränderungen zu testen. Analoge Probleme stellen sich bei Höhen und bei Doppler-Positionsbestimmungen.

Was für Folgerungen ergeben sich aus dieser Problematik? Wenn der Geophysiker von der Geodäsie Antwort auf die Frage will, ob sich bestimmte Punkte verschoben haben, muss er mit dem Geodäten genau und verbindlich abprechen, welche Hypothesen (z.B. über das Datum) unterstellt werden sollen. Der Geodät ist dann in der Lage, sein Netz diesen Anforderungen entsprechend zu disponieren und zu optimieren. Wegen der Kleinheit der zu untersuchenden Verschiebungen ist die Aufgabe meist sehr anspruchsvoll und führt nur bei konsequentem Vorgehen auf sinnvolle Antworten.

Dieser Sachverhalt sollte z.B. beim diskutierten sog. Testnetz Gotthard bes-

ser beachtet werden, da die Geophysiker offenbar konkrete Resultate über allfällige Verschiebungen erwarten.

4. Seismizität und Seismotektonik

4.1 Das Stationsnetz des Schweiz.

Erdbebendienstes

von Dr. D. Mayer-Rosa, Institut für Geophysik, ETH Zürich

Der Schweizerische Erdbebendienst (SED), der dem Institut für Geophysik an der ETH Zürich angeschlossen ist, unterhält z. Z. ein Netz von 20 seismischen Stationen in der gesamten Schweiz. Abbildung 10 zeigt die Verteilung der Standorte der Seismometer und die Registrierzentrale (ZUR) auf dem Hönningerberg. Alle Stationen arbeiten vollautomatisch, d. h. sie bestehen

neben dem Seismometer aus verschiedenen elektronischen Komponenten und einem Sender, der die vom Seismometer aufgenommenen Signale ununterbrochen nach Zürich überträgt. Für die Übertragung werden sowohl Funkstrecken im UHF-Bereich als auch Leitungen im Telefonbereich verwendet. Auf diese Weise können alle Stationen zentral und unmittelbar überwacht und die Aufzeichnungen gegebenenfalls rasch ausgewertet werden. Ein spezielles Alarmsystem im SED tritt jeweils in Aktion, wenn ein Beben registriert wird, das eine bestimmte Stärke überschreitet.

Abbildung 11 zeigt vereinfacht den Aufbau des Übertragungssystems vom Seismometer bis zur Aufzeichnung. Für

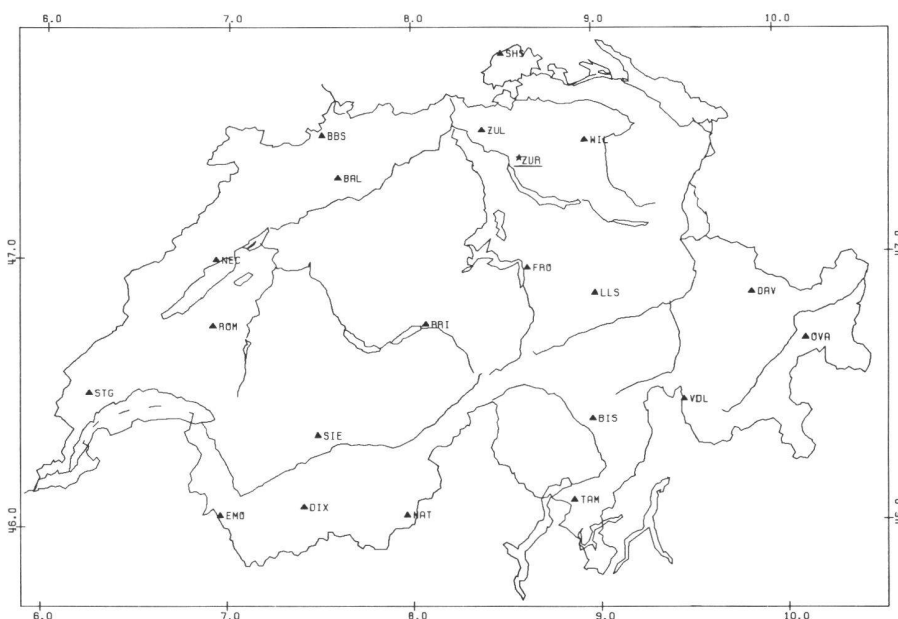


Abb. 10 Seismische Stationen des Schweiz. Erdbebendienstes, Stand 1982. Alle Stationen ausser NEC, BBS, VDL und OVA sind über Funkstrecken und Leitungen direkt mit der Registrierzentrale ZUR verbunden.

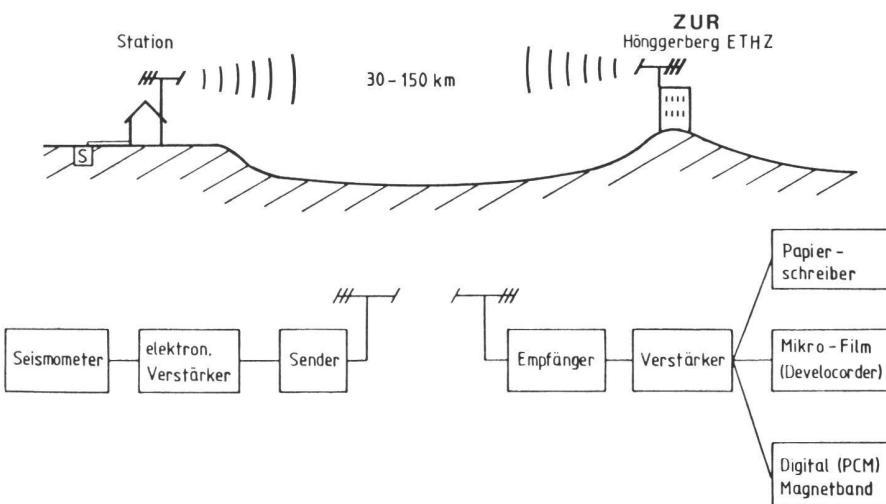


Abb. 11 Blockscheema der Fernübertragung seismischer Signale vom Seismometer S bis zur Registrierzentrale in der ETH-Hönningerberg.

die Berechnung der Herdparameter (Ort, Tiefe, Magnitude) und des Mechanismus (Auf-, Ab- oder Horizontalverschiebung) wird ein beim SED installierter Rechner eingesetzt. Die registrierten Daten sowie die Herdparameter der ausgewerteten Erdbeben werden im Monatsbulletin des SED laufend veröffentlicht.

Die kleinsten Ereignisse, die mit dem in Abbildung 10 beschriebenen Netz noch erfasst werden können, haben, je nach Region, eine Magnitude, die zwischen 1,6 und 1,8 – also weit unter der Spürbarkeitsgrenze – liegt. Das System arbeitet in einem Frequenzbereich zwischen 0,5 und 25 Hz.

Ein Teil der Stationen, wie EMO, DIX, MAT, SIE, BRI, BIS, VDL, LLS, DAV, OVA haben insbesondere die Aufgabe, die seismische Aktivität im Bereich der grossen Talsperren in den Alpen zu überwachen. Ein entsprechendes Projekt konnte ab 1979 verwirklicht werden.

4.2 Die aktuelle Seismizitätsverteilung in der Schweiz

von Dr. D. Mayer-Rosa, Institut für Geophysik, ETH Zürich

Die aktuelle Seismizität in der Schweiz für den Zeitabschnitt 1981–1982 ist in Abbildung 12 dargestellt. Neben etwa 2000 Fernbeben wurden 300 lokale Erdbeben an mindestens vier Stationen registriert und konnten damit auch lokalisiert werden. Die Magnitude dieser Beben liegt zwischen 1,6 und 3,8 (Richter-Skala), wobei die beiden stärksten im Raum Basel am 21. Juli 1981 (Magn. 3,3) und bei Sierre am 26. September 1981 (Magn. 3,8) besonders hervorzuheben sind. Weitere, etwas

schwächere Ereignisse wurden deutlich in St-Maurice (26.9.81), Maienfeld (30.11.81) und Untervaz (Dezember 1981) von der Bevölkerung verspürt, richteten aber keinen materiellen Schaden an.

Die Herdtiefe der Beben in Abbildung 12 ist durchwegs kleiner als 20 km, also im Bereich der oberen Erdkruste.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die seismische Aktivität der neuesten Zeit deutliche Schwerpunkte im Mittelwallis, im Unterwallis, bei Basel/Mulhouse und in Graubünden zeigt. Besonders zu erwähnen sind auch drei Serien von Erdbeben südwestlich von Wil (SG), bei St-Maurice (VS) und bei Untervaz (GR) mit jeweils mehr als 10 Ereignissen in kurzer Zeit. Die Gebiete Wil und Untervaz waren in den vergangenen Jahren seismisch eher ruhig, während die Serie bei St-Maurice erneut die längerfristig beobachtete Tendenz einer Verlagerung der Aktivität vom Oberwallis (18. und 19. Jahrhundert) in das Mittel- und Unterwallis (20. Jahrhundert) belegt. Am deutlichsten tritt dabei die Zone zwischen Rawil und Sanetsch hervor, in der auch das in diesem Jahrhundert stärkste Beben in der Schweiz am 25. Januar 1946 (Magn. 5,8) stattgefunden hat.

Betrachtet man die seismische Aktivität in den vergangenen 10 Jahren, so stellt man fest, dass sie sich ebenfalls hauptsächlich auf die erwähnten Gebiete konzentriert hat, wobei allerdings starke Schwankungen in der Häufigkeit zu beobachten waren. Die genaue Verteilung der Erdbeben zwischen 1972 und 1980 sowie die Erdbebengefährdung in der Schweiz können den neuen Karten

7 und 8 der Schweiz. Geophysikalischen Kommission (über das Bundesamt für Landestopographie erhältlich) entnommen werden.

Eine wesentliche Aufgabe der Erdbebenforschung in den nächsten Jahren wird in der genauen Untersuchung des räumlich-zeitlichen Verhaltens der seismischen Aktivität liegen. Aus den Gesetzmässigkeiten der Änderungen müssen sich konkrete Anhaltspunkte für kurz- und mittelfristige Prognosen der Gefährdungssituation ergeben. Eine unverzichtbare Grundlage dafür ist gerade die präzise Erfassung auch sehr kleiner Beben sowie die dabei aufgetretenen Mechanismen, und zwar über einen langen Zeitraum hinweg. Sie bilden dann eine wichtige Information zum Verständnis der dynamischen Vorgänge in der Erdkruste und in der Lithosphäre. Schliesslich wird die Zusammenarbeit mit den Nachbargebieten, wie z. B. Seismotektonik, Reflexions- und Refraktionsseismik und der modernen Gravimetrie und Geodäsie, einen Schlüssel für das Fernziel einer möglichst zuverlässigen Voraussage von Schadenbeben nach Ort, Zeit und Stärke liefern.

4.3 Aktueller Stand der seismotektonischen Arbeiten in der Schweiz

von Dr. N. Pavoni, Institut für Geophysik, ETH Zürich

Die gegenwärtig am Institut für Geophysik der ETHZ durchgeführten seismotektonischen Arbeiten lassen sich wie folgt gruppieren:

- 1) Untersuchung von Herdmechanismen schweizerischer Erdbeben von 1975–1982; Auswertung unter Verwendung von P- und S-Phasen.
- 2) Regionale Untersuchungen; Zusammenhänge zwischen Neotektonik, Mikroerdbeben, Herdmechanismen:
 - Sanetschpass–Rawilpass, Zeuzier
 - St. Gallisches Rheintal
 - Seismotektonik Nordschweiz im Rahmen des Neotektonischen Forschungsprogrammes der NAGRA
 - Sierentz-Beben vom 15. Juli 1980 und Nachstösse, in Zusammenarbeit mit geophysikalischen Instituten in Strasbourg und Karlsruhe.
- 3) Seismotektonische Karte der Schweiz 1:500 000, Lineament-Untersuchungen, Zusammenhänge mit Brüchen und Kluftsystemen.
- 4) Richtlinien für die Ausarbeitung von seismotektonischen Karten, Workshop on Seismotectonic Maps am 24. August 1982 in Leeds.
- 5) Ausarbeitung einer neuen Methode zur Bestimmung des lokalen Deformations- und Spannungszustandes der Kruste mit Hilfe von Nahbeben-Registrierungen an einer einzelnen Station (Abb. 13).

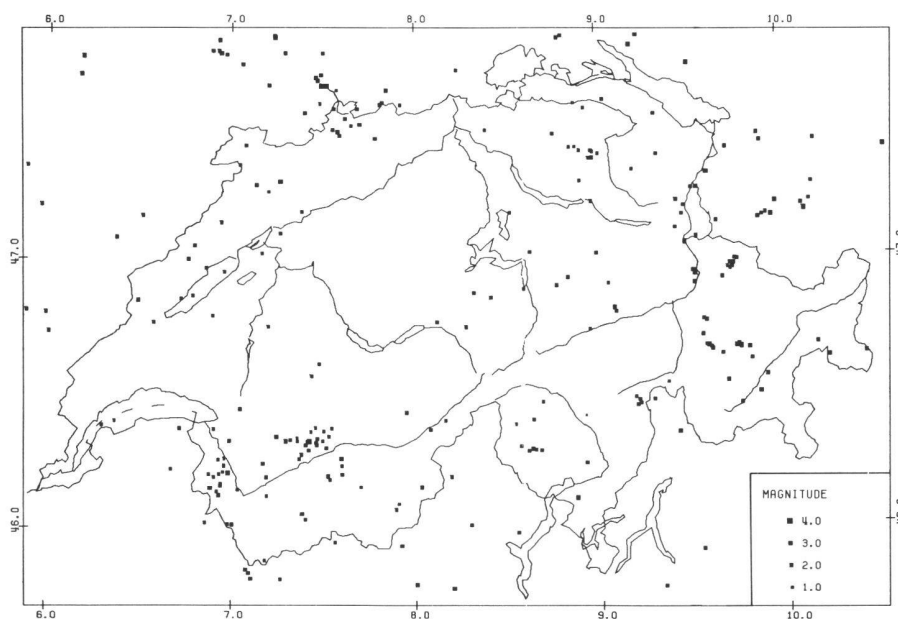


Abb. 12 Aktuelle Seismizität in der Schweiz. Verteilung der Erdbeben-Epizentren im Zeitraum Januar 1981–August 1982. Magnituden: 1,6–3,8, Herdtiefen: 1–20 km.

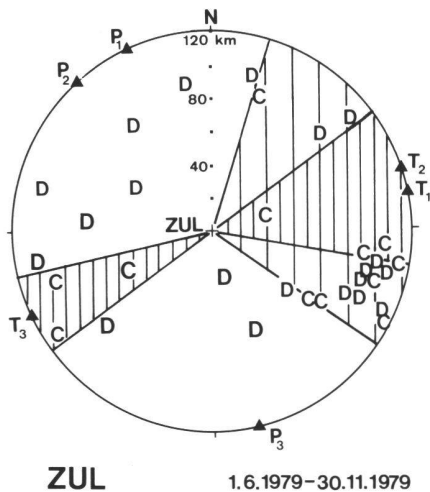


Abb.13 Stations-Diagramm für die Erdbebenstation Zürich-Lägeren ZUL des Schweiz. Erdbebendienstes. Das Diagramm veranschaulicht die Verteilung von Kompression (C) und Dilatation (D) für Nahbeben bis 120 km Epizentraldistanz, registriert an der Station ZUL in der Zeit vom 1. Juni 1979 bis 30. November 1979. Die Art des an der Station beobachteten Erst-Einsatzes der P-Wellen (Kompression oder Dilatation) wird im Diagramm dort eingetragen, wo von der Station aus gesehen nach Azimut und Distanz das Epizentrum des betreffenden Bebens liegen würde (Pavoni, 1982). Es lassen sich Sektoren mit Kompression C (eng schraffiert) und Dilatation D sowie Übergangsbereiche mit Kompression und Dilatation (weit schraffiert) abgrenzen. P und T markieren die Azimute für die Orientierung der Achsen der maximalen und minimalen horizontalen Hauptspannungen in der oberen Kruste in der Umgebung der Station ZUL.

5. Reflexions- und Refraktionsseismik in der Schweiz

von Dr. J. Ansorge und Prof. Dr. St. Müller, Institut für Geophysik, ETH Zürich
Mit zu den wichtigsten Problemen in den Geowissenschaften gehören die Entstehung der Erdkruste und deren Veränderung durch tektonische Vorgänge. Die Grösse und räumliche Änderung der Geschwindigkeiten von Kompressions- und Scherungswellen in Erdkruste und Erdmantel zu kennen, stellt eine wichtige Voraussetzung zur Beantwortung dieser Fragen dar. In der experimentellen Seismologie werden hierzu vor allem die Methoden der Refraktions- und der Reflexionsseismik angewandt (Einfallswinkel des Wellenstrahls grösser oder kleiner als der Winkel der Totalreflexion).

Die Struktur der Erdkruste und des Erdmantels wurde in den vergangenen Jahren unter der Schweiz und unter den Alpen allgemein in groben Zügen refraktionsseismisch bestimmt und in der Schweizer Geotraverse zwischen Basel und Chiasso zusammengefasst. Deutliche, noch auszufüllende Lücken in diesem groben Bild der Lithosphärenstruktur bestehen im Aarmassiv, im

Helvetikum und in Teilen des Molassebeckens.

Die Methode der Refraktionsseismik bringt es mit sich, dass wichtige Detailstrukturen, wie sie z. B. die Rhein-Rhone-Linie oder die Insubrische Linie darstellen, kaum erfasst werden können. Zur Bestimmung kleinräumiger Änderungen der seismischen Geschwindigkeiten, d. h. zum Erkennen von Blockstrukturen, Tiefenbereichen erniedrigter Geschwindigkeiten und dünnen Schichtpaketen im gesamten Lithosphärenbereich wird dieselbe Methode der Reflexionsseismik angewandt, wie sie auch in der Erdölprospektion zur Anwendung kommt.

Im Rahmen des eben angelaufenen «Internationalen Lithosphärenprojektes», der «Europäischen Geotraverse» sowie der Geophysikalischen Landesaufnahme soll der Krustenfeinstruktur vermehrt Beachtung geschenkt werden. Die dabei zusätzlich eingesetzte Methode der Reflexionsseismik wird zu den oben angeschnittenen Fragen neue Gesichtspunkte liefern und eine bislang noch wenig ausgebaute Verbindung zur angewandten Geophysik herstellen. Refraktionsseismische Studien wurden bisher meist mit eigenem Instrumentarium allein oder in Zusammenarbeit mit anderen geophysikalischen Instituten ausgeführt. Beim Einsatz der Reflexionsseismik wird infolge des höheren finanziellen, technischen und personellen Aufwandes bei Grossprojekten zusätzlich noch die Vergabe an Explorationsfirmen mit eingeplant werden müssen. Die Kombination von Refraktions- und Reflexionsseismik bringt durch die damit bestimmbareren seismischen Geschwindigkeiten und durch das Erkennen geometrischer Strukturen im selben Untersuchungsgebiet eine optimale Aufschlussmöglichkeit. Ein erster Schritt in dieser Richtung wurde im Rahmen der Geophysikalischen Landesaufnahme unter der Schirmherrschaft der Schweizerischen Geophysikalischen Kommission in der Nordschweiz zur Bestimmung von Tiefenlage und Feinstruktur der Kristalloberfläche getan. Weitere Projekte dieser Art sind auf einer östlichen Geotraverse vom Bodensee bis zum Bergell und weiter bis Bergamo als Beitrag zur Europäischen Geotraverse vorgesehen.

6. Gravimetrie und Geodynamik

6.1 Das Nationale Schwerenetz der Schweiz

von Dipl. Ing. W. Fischer, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich

Das heute vorliegende Schwerenetz der Schweiz ist unter mehreren Zeitabschnitten entstanden und hat dementsprechend eine recht wechselvolle Geschichte (Abb. 14). Ursprüngliche

Grundlage bildet immer noch das 1953–54 entstandene Schweregrundnetz, das im 25. Band der Schweiz. Geodätischen Kommission publiziert ist. Darauf aufbauend ist eine ganze Reihe weiterer Netze gemessen worden, die nun ein gewisses Konglomerat bilden (Abb. 14). Den wichtigsten Bestandteil unseres Nationalen Schwerenetzes stellen heute die sieben in den Jahren 1978–80 errichteten absoluten Schwerestationen dar. (Nicht in Betracht gezogen werden hier hingegen die rund 2000 Schwerestationen, die für die neue Schwerekarte der Schweiz bestimmt worden sind.)

Die Ausgleichung der Gesamtheit dieser Schweremessungen ist heute im Gang. Ziel dieser Ausgleichung ist die Herleitung eines einheitlichen Schweresystems für die ganze Schweiz auf der Basis der absoluten Schwerestationen. Als Fernziel wird zudem die Errichtung einer Schweredatenbank anvisiert. 1980 und 1981 sind die absoluten Schwerestationen durch relative Schweremessungen mit zwei LaCoste-Romberg-Gravimetern untereinander verbunden worden. Vorerst unerklärliche Widersprüche zwischen absoluten und relativen Messungen haben schliesslich zur Erkenntnis geführt, dass die Gravimetermessungen mit instrumentell bedingten zyklischen Fehlern von der Grössenordnung $\pm 30 \mu\text{Gal}$ ($1 \mu\text{Gal} = 10^{-8} \text{ms}^{-2}$) und einer Periode von ca. 71 Trommeleinheiten behaftet sind. Diese müssen nun nach Möglichkeit bei der Netzausgleichung berücksichtigt werden.

6.2 Die isostatische Schwerekarte der Schweiz

von Dr. E. Kissling und Dr. E. Klingelé, Institut für Geophysik, ETH Zürich

Wie die Untersuchung der drei wichtigsten isostatischen Modelle (Pratt-Hayford, Airy-Heiskanen und Vening Meinesz) zeigt, ist das Pratt-Hayford-Modell auf die Alpen kaum anwendbar. Dagegen stehen weder die für das Airy-Heiskanen- noch die für das Vening Meinesz-Modell notwendigen physikalischen Parameter im Widerspruch zu den zur Zeit verfügbaren Daten über den Aufbau der Kruste in der Schweiz. Der Schwerekarte der Schweiz, Isostatische Anomalien (Klingelé, 1979), welcher das Airy-Heiskanen-Modell zugrundeliegt, werden deshalb die isostatischen Anomalien, berechnet mit dem Vening Meinesz-Modell, gegenübergestellt. Diese beiden Karten zeigen untereinander und im Vergleich mit den rezenten Hebungsdaten der Schweiz (Gubler et al., 1981) regional eine weitgehende Übereinstimmung. Der lokale Zusammenhang zwischen den beobachteten Vertikalbewegungen und den isostatischen Anomalien ist allerdings

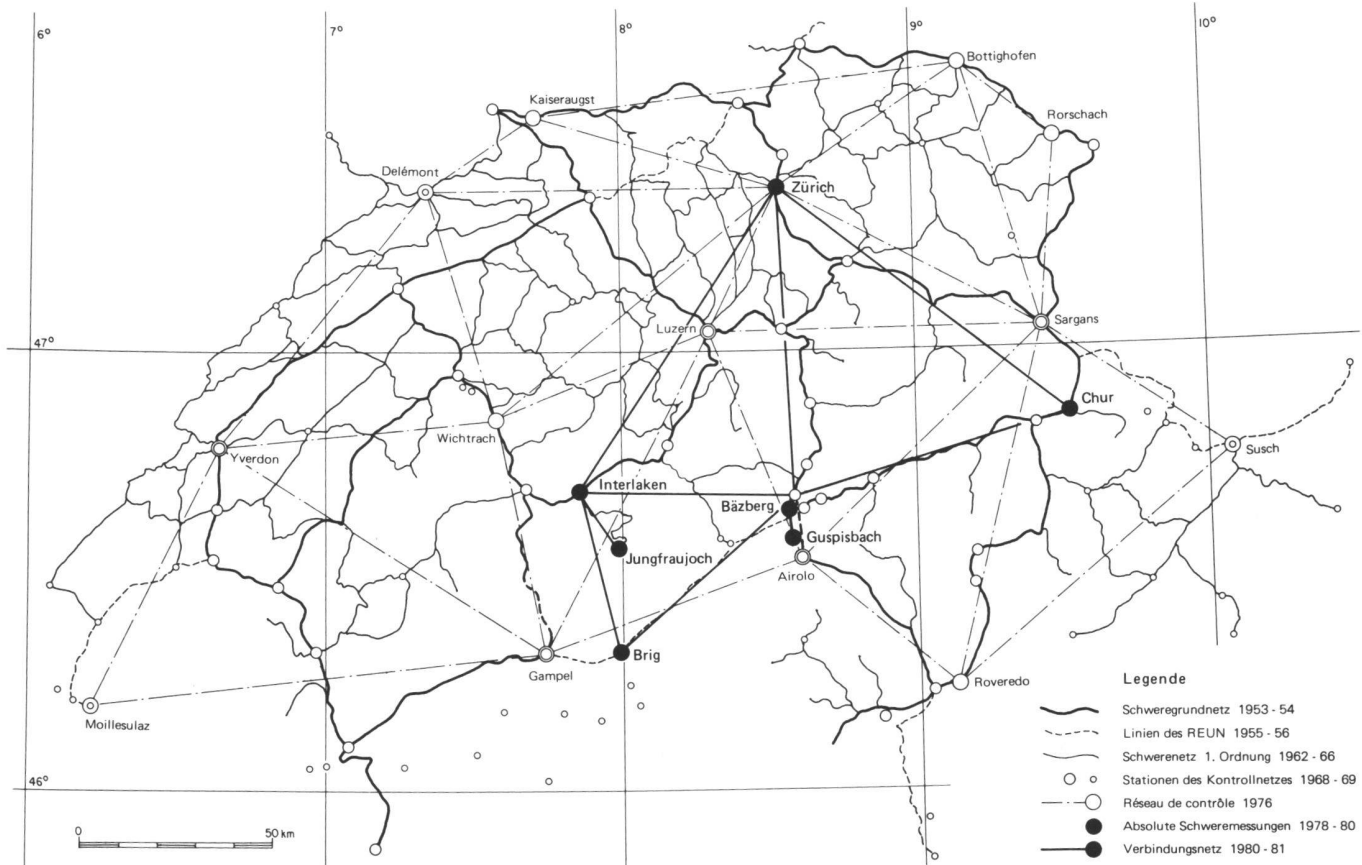


Abb. 14 Nationales Schwerenetz der Schweiz.

in verschiedenen Gebieten vor allem innerhalb der Alpen problematisch. Mit Hilfe der Karten der isostatischen Anomalien können diese Gebiete im Hinblick auf weitere Untersuchungen erfasst werden. Der Vergleich der isostatischen Anomalien, welche auf zwei verschiedenen Modellen beruhen, erlaubt ausserdem Rückschlüsse auf die isostatischen Modelle selbst. Eine ausführliche Dokumentation dieser Untersuchungen wird im 35. Band der Publikationsreihe «Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz» publiziert.

6.3 Ein Schweremodell der Zone Ivrea-Verbano (Oberitalien)

von Dr. E. Kissling, Institut für Geophysik, ETH Zürich

Geologische Arbeiten seit Anfang dieses Jahrhunderts und geophysikalische Untersuchungen in den Sechzigerjahren (Niggli et al., 1968) lieferten die ersten Anhaltspunkte für die Bedeutung einer Gesteinsserie innerhalb der westlichen Südalpen, welche sich in verschiedener Hinsicht von den anderen geologischen Einheiten der Alpen unterscheidet und heute «Zone Ivrea-Verbano» genannt wird. Dieser Gesteinskomplex hoher Dichte ist für verschiedene erdwissenschaftliche Untersuchungen deshalb von grossem Interesse, weil er, nicht zuletzt wegen seiner relativ gesicherten

Fortsetzung bis an die Kruste-Mantel-Grenze, als aufgeschobener Span von Unterkrusten- oder oberem Mantel-Material interpretiert wird.

Die vorliegende gravimetrische Untersuchung der Zone Ivrea-Verbano gilt jedoch weniger der besseren Erfassung der Tiefenstruktur des Gesteinskomple-

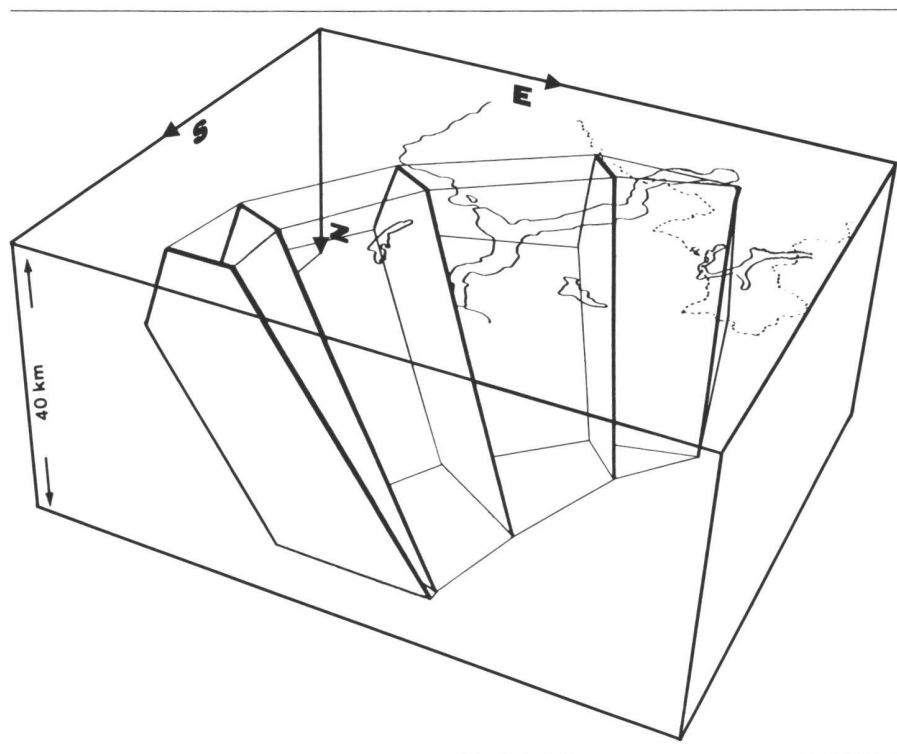


Abb. 15 3D-Modell des «Ivrea-Körpers» an seinem nördlichen Ende (Kissling, 1980).

xes selbst als vielmehr der genauen Bestimmung seiner Schwerewirkung. Da die vorliegende Arbeit Teil einer regionalen Untersuchung des Aufbaues der Erdkruste in der Schweiz ist (Kissling, 1980), war zudem vornehmlich der nördliche Teil der Zone Ivrea-Verbano von Interesse.

Die positive Schwere-Anomalie der Zone Ivrea-Verbano erreicht im Valle d'Ossola Werte von 170 mGal (1 mGal = 10^{-5}ms^{-2}) und weist in der Leventina und im Wallis um Brig noch Werte von 10 mGal auf. Zur Erfassung dieser Schwere-Anomalie wurden im Gebiet zwischen dem Valle Sesia im Süden und dem Centovalli im Norden über 100 Schwerestationen vermessen. Zusammen mit der Untersuchung der Gesteinsdichten an der Oberfläche, den geologischen und petrographischen Resultaten sowie seismischen Informationen erlauben diese neuen Schweredaten die Berechnung eines dreidimensionalen Modellkörpers (Abb. 15).

6.4 Zusammenhänge zwischen Schwerefeld, Temperaturfeld und Geodynamik in den Zentralalpen

von Dr. D. Werner und Dr. E. Kissling, Institut für Geophysik, ETH Zürich

Die Analyse der Bouguer-Anomalien in der Schweiz zeigt, dass ein Teil des Schwerefeldes zurückzuführen ist auf die Struktur des oberen Erdmantels unter den Zentralalpen, gekennzeichnet durch die sogenannte Lithosphärenwurzel. Es handelt sich dabei um abgetauchtes, relativ kaltes Mantelmaterial. Die dabei auftretenden Temperaturunterschiede in einem Tiefenbereich von ca. 70 bis 150 km sind von der Grössenordnung 300 Grad. Damit verbunden sind thermisch bedingte Dichteunterschiede, die zu einem maximalen Schwereeffekt von ca. + 50 mGal führen.

Die Lithosphärenwurzel wurde durch ein kinematisch-geothermisches Modell nachgebildet, d.h. es mussten die Bewegungen des Orogens (Zusammenschiebung der Lithosphäre, Verdickung der Kruste, Gebirgshebung, Absenkung des Mantelmaterials) und gleichzeitig die damit verbundenen Wärmetransportvorgänge auf numerischem Wege simuliert werden (Zeitraum: 40 Mio. Jahre). Auf diese Weise lässt sich das beobachtete Schwerefeld mit der kinematischen Geschichte des Alpenuntergrundes in Verbindung bringen.

Eine andere, unabhängige Untersuchung bezieht sich auf den dynamischen Zusammenhang zwischen Temperatur- und Dichteverteilung einerseits und dem tektonischen Bewegungsfeld andererseits. Mit Hilfe der Navier-Stokes'schen Gleichungen für langsame Bewegungsprozesse und auf der Basis einer temperaturabhängigen Viskosi-

tätsverteilung wurde die aus dem kinematischen Modell resultierende Lithosphärenwurzel studiert. Auf das dynamische System wirken drei «Belastungen» ein: 1. die schwere Lithosphärenwurzel, 2. die verdickte leichte Kruste, 3. die Gebirgsauflast. Als Ergebnis zeigte sich eine vorerst befriedigende Übereinstimmung mit dem kinematischen Modell: Als repräsentative rezente Abtauchgeschwindigkeit des Lithosphärenmaterials ergab sich in beiden Fällen 1 mm/Jahr.

7. Geodätische Astronomie

7.1 Die Bedeutung von astro-geodätischen Referenzsystemen in der Geodynamik

von PD Dr. I. Bauersima, Astronomisches Institut, Universität Bern

Jede physikalische Aussage über die Erde muss eine Aussage über die mit ihr verknüpften und von der Wahl des Bezugssystems unabhängiger Objekte sein. Es ist sinnvoll, diese wie folgt zu klassifizieren: a) Objekte, die die Erde modellmässig ausmachen, d. h. die sog. rheologischen Parameter, und b) Objekte, die unseren Beobachtungen direkt zugänglich sind, d. h. die sog. Observablen.

Die rheologischen Parameter sind identisch mit bestimmten Invarianten der in den sog. «Material-Gleichungen» (Deformation → Reaktion) figurierenden Tensorgrössen.

Eine Observable ist identisch mit dem arithmetischen Vektor (b, t, P_1, \dots, P_n) , wobei b der Wert einer beobachtbaren Invariante zum Augenblick t und P_1, \dots, P_n die diesen Wert bedingenden Massenpartikel (z.B. Erdoberflächenpunkt, Satellit, Fixstern usw.) sind.

Die Auflösung des Systems der kontinuumsmechanischen Bewegungsgleichungen zusammen mit den Materialgleichungen ergibt die Bewegungstrajektorien der die Erde konstituierenden Massenpartikel. Aus diesen können dann die Modell-Werte der Observablen bestimmt werden.

Die Aufgabe der Geodynamik ist es dann, die rheologischen Parameter der Erde so zu variieren, dass die Modell-Werte aller Observablen mit deren beobachteten Werten statistisch einwandfrei übereinstimmen.

Dabei tritt als einzig physikalisch wesentliches Bezugssystem das inertielle Bezugssystem hervor. Seine Lage relativ zum Erdkörper ist nämlich durch das – in den Bewegungsgleichungen implizit präsente und alle Massenpartikel der Erde umfassende – Drehimpulserhaltungsgesetz gegeben.

Da wir aber nur an einer endlichen Menge von Massenpartikeln der Erdoberfläche beobachten können, ist es prinzipiell unmöglich, das inertielle Bezugssystem durch die Erde allein fest-

zulegen und damit die erwähnte Aufgabe der Geodynamik theoretisch einwandfrei zu lösen. Diese Lösung ist nur dann möglich, wenn alle jene astrometrischen Beobachtungsarten herangezogen werden, die sich nicht nur auf Erdoberflächenpunkte oder Erdsatelliten, sondern auch auf das bereits durch Fixsterne oder durch ferne Galaxien und Quasare materialisierte inertielle Bezugssystem stützen.

7.2 Das Nationalfonds-Projekt «Zenitkamera und Lotabweichungsmessungen»

von Prof. Dr. H.-G. Kahle und Dipl. Ing. B. Bürki, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich

Das Nationalfonds-Projekt «Zenitkamera und Lotabweichungsmessungen in der Ivrea-Zone» (Gesuchsteller: H.-G. Kahle [Geodäsie], H.-H. Schmid [Photogrammetrie] und St. Müller [Geophysik]) gliedert sich in drei Teile:

- 1) Konstruktion einer Zenitkamera und eines computergestützten Auswertesystems
- 2) Geländemessungen
- 3) Auswertung und geophysikalische Interpretation.

1) Die Konstruktion der Apparatur und des Auswertesystems wird in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Hannover und dem ETH-Institut für Elektronik realisiert. Das Kamerasystem wird im Herbst 1982 einsatzbereit sein. Mit dem in der Lotlinie ausgerichteten Instrument werden Ausschnitte des Fixsternhimmels fotografiert, womit die Richtung des wahren Schwerevektors bestimmt werden kann. Die Differenz dieser vektoriellen Richtung gegenüber der Richtung des Erdellipsoid-Normalenvektors definiert die Lotabweichung. Das für die Auswertung der Fotoplatten nötige computergestützte Auswertesystem soll im Rahmen dieses Projektes entwickelt werden. Bei der Entwicklung des Auswertesystems können wir uns zum Teil auf Software und wertvolle Erfahrungen stützen, die aus dem Gebiet der numerischen Photogrammetrie stammen und bei der Erstellung des geometrischen Satellitenweltnetzes (Prof. Dr. H.-H. Schmid) gesammelt wurden.

2) und 3)

Im Rahmen von Geländemessungen soll das neu entwickelte Messsystem zunächst für geophysikalische Probleme im Gebiet der Ivrea-Zone eingesetzt werden. Als komplementäre Ergänzung zu den in der Gravimetrie gemessenen Beträgen der Schwerevektoren liefern die Zenitkammermessungen die Richtungen der Schwerevektoren, womit die Interpretationsmöglichkeiten bezüglich der Störungsmassen im Untergrund wesentlich verbessert werden können.

8. Satellitengeodäsie

8.1 Gegenwärtiger Stand der Arbeiten in der Satelliten-Beobachtungsstation Zimmerwald

von Dr. W. Gurtner, Astronomisches Institut, Universität Bern

Da im Herbst 1980 während der sog. «Short Merit Campaign» der alte Rubin-Laser seinen Dienst aufgegeben hatte, mussten wir entscheiden, ob wieder ein (ähnlicher) Rubin-Laser gebaut oder der Schritt zu einem modernen Lasersystem der 3. Generation gewagt werden sollte. Nachdem die finanziellen Möglichkeiten einigermaßen geklärt waren, konnten wir uns für die Anschaffung eines modernen Nd:YAG-Lasersystems (Nd:YAG = Yttrium-Aluminiumoxyd-Granat, dotiert mit Neodym) entschliessen. Durch die Kombination: Kauf der Komponenten – Zusammenbau durch uns können die Kosten auf einem tragbaren Niveau gehalten werden.

Das neue System sollte eine mindestens zehnmal höhere Messgenauigkeit erreichen (unter 10 cm) und könnte damit auch wertvolle Beiträge zur globalen Geodynamik liefern.

Der sich vom Rubin-Laser in verschiedenen Eigenschaften unterscheidende Nd:YAG-Laser (u. a. Wellenlänge, Divergenz, Pulsdauer und -frequenz, Energie) verlangt einige Anpassungen an den Stationseinrichtungen:

- Optik: andere Vergütungen, neuer Selektivspiegel, variabler Öffnungswinkel des Sendeteleskops
- Signaldetektion: Photomultiplier, Filter
- Laufzeitmessung: höhere Genauigkeit (< 1 ns)
- Datenerfassung und -verarbeitung: auslegen für grössere Datendichte
- Teleskopsteuerung: Suchprogramm, kombiniert mit Real-Time-Trefferentscheid.

Wir hoffen, das System für die Merit-Campaign (Beginn Herbst 1983) wieder messbereit zu haben.

8.2 Das Doppler-Projekt «Elfenbeinküste»

von Dipl. Phys. A. Geiger, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich

Das Gebiet der Republik Elfenbeinküste umfasst etwa 322 500 km². Die kartographische Erfassung des Landes wird für die grossflächigen Entwicklungsplanungen im mittleren Massstab 1:50 000 durchgeführt. Für die kleinräumige Planung sind die grossmassstäblichen Karten von grösster Wichtigkeit; sie erfordern jedoch ein dichtes und relativ genaues geodätisches Grundnetz. Die Erstellung dieses Netzes mit terrestrischen Methoden würde einen grossen zeitlichen Aufwand bedingen, zumal das relativ flache Land zu einem grossen Teil mit üppiger Vegeta-

tion bestanden ist. Daher wurde eine Lösung mit Hilfe von Satelliten-Dopplermessungen angestrebt.

Das deutsche Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) verabschiedete ein von der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) finanziertes «Pilot-Projekt», das die Erstellung eines Doppler-Netzes mit 17 Punkten 1. Ordnung vorsah. Das Institut für Angewandte Geodäsie (IfAG), Frankfurt, wurde mit den fachlichen Aufgaben betraut (Reinhart et al., 1982). Anfang 1982 wurden die Messungen innerhalb von 1½ Monaten ausgeführt. Neben dem IfAG und dem Institut Géographique de la Côte d'Ivoire (IGCI) waren die geodätischen Institute der Hochschule der Bundeswehr München, der Universität Bonn, der Universität Stuttgart und der ETH Zürich beteiligt. Sieben Doppler-Geräte kamen zum Einsatz, ein achttes stand als Reserve zur Verfügung. Fünf Geräte wurden in drei aufeinanderfolgenden Messphasen gleichzeitig auf je einem Punkt stationiert (pro Punkt etwa neun Beobachtungstage). Auf zwei Punkten wurde während der ganzen Kampagne permanent beobachtet, um die einzelnen Messphasen miteinander zu verknüpfen.

Dem IGCI wurden von der GTZ zwei Doppler-Empfänger überlassen, so dass mit Hilfe der Translokationsmethode die Verdichtung des Netzes auf eine 2. Ordnung vom IGCI selbständig ausgeführt werden kann.

8.3 Stand der Auswertemöglichkeiten für Doppler-Daten

von Dipl. Phys. A. Geiger, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich

Die Auswertung der Doppler-Daten kann auf drei Ebenen erfolgen:

- Die Kassetten können mit dem Doppler-Gerät (MX 1502) selbst verarbeitet werden (Einzelpunktbestimmung oder auch Zweistationen-Translokation, d. h. Bestimmung der Koordinatendifferenzen zweier Punkte mit gleichzeitigen Messungen). Ein Doppler-Gerät des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP) hat diese Translokation implementiert.
- Sichten und Plotten der Daten mit Hilfe des Computers. Die Daten werden von einem Kassetten-Lesegerät auf ein Tektronix-Terminal überspielt und anschliessend an den Rechner (CDC) des Rechenzentrums übermittelt. Hier können sie nun für irgendwelche Zwecke aufbereitet werden (die Daten der Doppler-Geräte MX 1502 beinhalten nicht nur die eigentlichen Doppler-Counts, sondern auch Angaben über die Satellitenbahn, über gerechnete Positionen, Zustand des Gerätes usw.).

- Eigentliche Punktbestimmung anhand der Doppler-Counts oder Ausgleichung mehrerer Beobachtungsstationen. Zu diesem Zweck wurde das kanadische Programm GEODOP von J. Kouba auf der CDC des ETH-Rechenzentrums installiert. Für diese Berechnungen können die sogenannten Precise Ephemeris verwendet werden. Im weiteren wird versucht, die Meteo-Korrekturen direkt aus den ANETZ-Daten (Automatisches Meteo-Registriernetz der SMA) zu berechnen, so dass für Messungen auf Schweizer Gebiet keine Meteo-Erhebungen mehr nötig sein werden.

Literatur

Gubler, E., Kahle, H.-G., Klingelé, E., Müller, St. und R. Olivier, 1981: Recent crustal movements in Switzerland and their geophysical interpretation. *Tectonophysics*, 71: 125–152.

Kahle, H.-G. und St. Müller, 1982: Der Schweizerische Arbeitskreis Geodäsie/Geophysik. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 80: 7–11.

Kissling, E., 1980: Krustenaufbau und Isostasie in der Schweiz. Diss. Nr. 6655, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 165 pp.

Klingelé, E., 1979: Schwerekarte der Schweiz (Isostatische Anomalien). Karte 5, Ausgabe 1979, herausgegeben von der Schweiz. Geophysikalischen Kommission (zu beziehen beim Bundesamt für Landestopographie, 3084 Wabern).

Niggli, E. et al., 1968: Symposium «Zone Ivrea-Verbanò». In: Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, Band 48, Heft 1: 1–355.

Pavoni, N., 1982: Aussagen über den gegenwärtigen lokalen Verformungs- und Spannungszustand der Erdkruste aufgrund von Nahbeben-Registrierungen an einer einzelnen Station. Manuskript, Institut für Geophysik, ETH Zürich.

Reinhart, E., Etling, W., Schlüter, W., Schödlbauer, W., Seeger, H., Grafarend, E., Kahle, H.-G. und A. Cissé, 1982: Cooperative efforts to establish a fundamental geodetic network in the Ivory Coast using the NNS-System. Paper presented at the General Meeting of the International Association of Geodesy, Tokyo, Japan, May 7–20, 1982.

Teilnehmer an der 3. Sitzung

J. Ansoerge, Zürich; I. Bauersima, Bern; B. Bürki, Zürich; F. Chaperon, Zürich; R. Conzett, Zürich; P. Eckardt, Zürich; A. Elmiger, Zürich; G. Fischer, Neuchâtel; W. Fischer, Zürich; A. Geiger, Zürich; E. Gubler, Wabern; W. Gurtner, Bern; F. Jeanrichard, Wabern; Chr. Just, Bern; H.-G. Kahle, Zürich; E. Kissling, Zürich; R. Köchle, Zürich; H. P. Laubscher, Basel; M. Leupin, Zürich; D. Mayer-Rosa, Zürich; St. Müller, Zürich; H. Oetli, Wabern; N. Pavoni, Zürich; L. Rybach, Zürich; R. Scherrer, Heerbrugg; D. Schneider, Wabern; H. R. Schwendener, Heerbrugg; H. Schwendener, Zürich; R. Veitch, Genève; D. Werner, Zürich; E. Wieland, Zürich; P. Wild, Bern; N. Wunderlin, Zürich.

Adresse der Verfasser:
W. Fischer, Dipl. Ing. ETH
Prof. Dr. H.-G. Kahle
Institut für Geodäsie und Photogrammetrie
ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich