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: 1

Artikel: Der Schweizerische Arbeitskreis Geodäsie/Geophysik

Autor: Kahle, H.-G. / Müller, S.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-231147

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: 15.07.2025

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

Der Schweizerische Arbeitskreis Geodäsie/Geophysik*

H.-G. Kahle, St. Müller

Der Schweizerische Arbeitskreis Geodäsie/Geophysik ist am 13. Juli 1978 aufgrund einer Initiative der Präsidenten der Schweizerischen Geophysikalischen und der Schweizerischen Geodätischen Kommission gegründet worden. Ziel dieses Arbeitskreises ist es, zuhanden der beiden Kommissionen gemeinsame geodätische und geophysikalische Forschungsprojekte, insbesondere auf dem interdisziplinären Gebiet der Geodynamik, zu diskutieren und zu koordinieren. Da die Mitglieder dieses freiwilligen Arbeitskreises gleichzeitig die Wissenschafter sind, welche die gemeinsam geplanten Projekte ausführen, dürften damit gute Voraussetzungen für eine relativ rasche Realisierung gegeben sein.
Im vorliegenden Artikel wird ein Überblick über die gegenwärtig laufenden Aktivitäten dieses Arbeitskreises gegeben. Grundlage dafür ist das Informationsmaterial, über das anlässlich der 2. Sitzung, am 5. Februar 1981, von den Mitgliedern des Arbeitskreises vorgetragen wurde (vgl. Anhang der ‹Procès-Verbal›, 127. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission, Fischer [1981]).

Le cercle d'activité suisse de géodésie/géophysique a été fondé le 13 juillet 1978 sur la base d'une initiative des présidents des commissions géophysiques et géodésiques suisses. Le tout de ce cercle d'activité est de discuter et de coordonner, dans le cadre des deux commissions, des projets de recherche communs en géodésie et en géophysique, particulièrement dans le domaine interdisciplinaire de la géodynamique. Du moment que les membres de ce cercle d'activité volontaire sont en même temps les collaborateurs scientifiques qui réaliseront les projets planifiés en commun, on peut espérer avoir posé de bonnes conditions pour une réalisation relativement rapide.
Dans le présent article on donne un aperçu des travaux actuellement en cours de ce cercle d'activité. Les informations à ce sujet proviennent des exposés présentés à la suite de la 2ème séance du 5 février 1981 par les membres du cercle d'activité. Cet annexe du procès-verbal de la 127ème séance de la commission géodésique suisse, Fischer [1981]).

1. Gravimetrie

1.1 Absolute Schweremessungen und Schaffung von Gravimetereichstrecken

Im Rahmen der Plattentektonik nimmt die Frage nach der Kinematik und Dynamik der Lithosphärenplatten eine zentrale Stellung ein. Von besonderer Bedeutung sind die Zonen zu beiden Seiten der Plattenränder, an denen die oberflächennahen Bewegungen und geophysikalisch bestimmbaren Strukturen des tieferen Untergrundes Aufschluss über die Kinematik und Dynamik in der Tiefe geben. Verschiedene geologische, geophysikalische und geodätische Informationen deuten darauf hin, dass die Grenze zwischen der eurasischen und afrikanischen Platte als nördliche Begrenzung des Adriatischen Sporns der afrikanischen Platte bis in die Schweizer Alpen reicht (vgl. z. B. Müller, St. und W. Lowrie, 1980). Es ist daher in der Schweiz sinnvoll, die Tiefenstruktur der Alpen geophysikalisch zu ermitteln und die rezenten Krustenbewegungen geodätisch zu erfassen. Diese Untersuchungen sind in ein gemeinsames Konzept des Instituts für Geophysik und desjenigen für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich integriert worden.
Die bisherigen geodätischen Messungen (vgl. Gubler et al., 1981) haben gezeigt, dass die stärksten Vertikalbewegungen im Rhein-Rhône-Tal und im Lepontin auftreten. Es liegt daher die Vermutung nahe, dass der ‹Krustenblock› zwischen der Rhein-Rhône-Linie und der Insubrischen Linie weiterhin durch aktive Plattentektonik gehoben wird.
Um die Zusammenhänge zwischen den rezenten Krustenbewegungen und der seismisch gefundenen Krustenstruktur genauer zu untersuchen, braucht man Informationen über das Schwerefeld. Mit Hilfe der Schwereanomalien kann man Hinweise auf mögliche isostatische Hebungen der Erdkruste erhalten und damit die plattentektonisch bedingten Hebungsmechanismen von den hydrostatischen Ausgleichsbewegungen trennen (KAHLE et al., 1980).
Eine weitere Möglichkeit, die rezenten Krustenbewegungen in ihrem zeitlichen Ablauf geophysikalisch zu verfolgen, besteht darin, die zeitlichen Änderungen des Schwerefeldes zu messen. Die Hebungen müssen mit einer säkularen Änderung des Schwerefeldes einhergehen. Je nach Massenverlagerung in der Tiefe kann man mit verschiedenen Beträgen rechnen. Die Höhenänderungen allein würden theoretisch eine Schwereänderung von etwa 0,3 µGal pro mm Hebung verursachen. Um die zeitliche Änderung der Schwere genau zu bestimmen, braucht man zuverlässige Basiswerte von hoher Präzision, die durch absolute Schweremessungen bestimmt worden sind. Zu diesem Zweck sind in den vergangenen Jahren Mess-Kampagnen an den Stationen Zürich, Chur, Interlaken, Jungfraujoch, Brig und im Gotthard-Strassen-Tunnel durchgeführt worden.
Die angewandte Messmethode beruht auf dem Prinzip des symmetrischen ‹Senkrechtwurfs›. Kernstück der vom ‹Istituto di Metrologia› in Turin konstruierten Apparatur ist ein Michelsonsches Interferometer. Der Steig- und Fallweg der Probemasse (Prisma) wird durch elektronische Auszählung von Interferenzringen ermittelt und die Steig- und Fallzeit mit einer Rubidium-Atomuhr bestimmt. Als Lichtstrahl dient ein Helium-Neon-Laser, der eine relative Stabilität von 10^{-10} aufweist.
Die Messergebnisse bilden die Basis für spätere Wiederholungsmessungen (in 5 bis 10 Jahren), aus denen zeitliche Schwereänderungen bestimmt werden sollen (Marson et al., 1981). Dabei ist festzuhalten, dass die Stationen Chur und Brig im Zentrum der gegenwärtig raschesten Hebungen in den Alpen liegen. Die Stationen Interlaken und Jungfraujoch dienen ausserdem als Endpunkte einer Eichstrecke für relative Schwere-Messinstrumente, sog. Gravimeter (Klingelé und Kahle, 1981). Bei gleichzeitiger Höhenmessung mit Präzisionsnivellementen können aus diesen beiden Datensätzen Informationen über Massenverlagerungen im tieferen Untergrund der Alpen gewonnen werden. Die ersten topographischen Messungen hierzu sind im Sommer 1979 und 1980 im Jungfraujoch-Gebiet ausgeführt worden, über die A. Elmiger im einzelnen berichtete.
Die Höhe der Station Jungfraujoch wurde in zwei Phasen bestimmt:

Höhendifferenz Lauterbrunnen/Grindelwald – Sphinx:
Im Diplomvermessungskurs 1979 (Leitung F. Chaperon) befassten sich zwei Gruppen von Diplomanden mit dieser Aufgabe. Die Höhenübertragung erfolgte mit einer einfachen Triangulationskette, in der Höhenwinkel und räumliche

* Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich, Separata Nr. 24

Institut für Geophysik, ETH-Hönggerberg, Contribution No 361

Distanzen gemessen wurden. Eine vorläufige Auswertung dieser Messung ergab die Höhe des Punktes Sphinx mit einem inneren mittleren Fehler von ±16 mm. In einer zweiten Phase wurde im Sommer 1980 die Höhendifferenz Sphinx – absolute Schwerestation in der Hochalpinen Forschungsstation bestimmt, wobei zwei unabhängige Methoden eine Differenz von 3 mm ergaben. Die vorläufige orthometrische Höhe der absoluten Schwerestation Jungfraujoch ist damit H = 3456,462 m ±16 mm über dem Geoid.
In der Diskussion wurde die Frage nach dem Einfluss von Grundwasserschwankungen auf die Station Interlaken aufgeworfen. Wegen verschiedener weiterer Randbedingungen musste eine solche mögliche Fehlerquelle in Kauf genommen werden, wobei der Schwerewert durch Anschlussmessungen an andere Punkte gesichert wurde.
Zur Frage nach der Bedeutung der absoluten Schweremessungen wurde auf mögliche säkulare Schwereänderungen im Zusammenhang mit den festgestellten Hebungserscheinungen im Alpenraum hingewiesen. Grosses Interesse besteht auch im Hinblick auf die Eichung von Gravimetern, da die Schweredifferenz von 604 mGal zwischen Interlaken und dem Jungfraujoch der breitenabhängigen Schweredifferenz auf der viel längeren Strecke zwischen Zürich und Sizilien entspricht (Fischer, 1981; Fischer, Kahle und Marson, 1981).

1.2 Relative Schweremessungen, Bouguer-Anomalien und geophysikalische Implikationen

E. Kissling stellte in einem Kurzreferat seine Promotionsarbeit ‹Krustenaufbau und Isostasie in der Schweiz› (Diss. ETH 6655) vor.
Für das Gebiet der Schweiz und ihrer Umgebung existieren seit kurzem eine genaue Schwerekarte und eine zusammenfassende Interpretation aller verfügbaren seismischen Daten. Eine kombinierte gravimetrisch-seismische Untersuchung der Krustenstruktur unter den Zentralalpen wirft methodische Probleme auf, für welche verschiedene Lösungen vorgeschlagen und diskutiert werden. Von den oberflächennahen Körpern mit anomalen Dichteverhältnissen im Gebiet der Schweiz werden die Gesteine der Molasse durch ein dreidimensionales Modell erfasst. Die Molasse-Gesteine haben mit etwa – 24 mGal den grössten Schwereeffekt der oberflächennahen Störkörper in der Schweiz. Im Bereich der Südalpen verursachen die Gesteine der Zone Ivrea–Verbano eine positive Schwereanomalie, welche in ihrer Amplitude die Grössenordnung der Schwereanomalie der Alpenwurzel erreicht. Nach Abzug der Schwereeffekte, herrührend von den Molasse-Gesteinen und den Gesteinen der Zone Ivrea–Verbano, können die verbleibenden Schwereanomalien im Gebiet der Schweiz und ihrer Umgebung zur Hauptsache durch die Änderung der Krustenmächtigkeit erklärt werden. Ebenso wie bei den Bouguer-Anomalien ist bei den isostatischen Anomalien in den Zentralalpen die Berücksichtigung der Schwereeffekte der wichtigsten Störkörper notwendig. Die isostatischen Anomalien lassen sich regional gut mit den rezenten Hebungsraten korrelieren.
Über das Verhalten der einzelnen Krustenblöcke geben die bisher neu gemessenen Nivellementslinien noch keine vollständigen Angaben. Erwünscht wäre deshalb in nächster Zeit die Messung eines geeigneten Querprofils zu den bestehenden Nivellementslinien.

Mit einem wichtigen Detailproblem, den Schwereanomalien und der Struktur der Kontaktzone Aarmassiv/Helvetikum, befasste sich P. Cagienard.
Mit einer gravimetrischen Untersuchung wurde versucht, das Abtauchen des kristallinen Aarmassivs nach Norden sowie dessen räumliche Struktur zu bestimmen. Um das Residualschwerefeld über dem tektonischen Kontakt zu ermitteln, wurde das Alluvialbecken von Innertkirchen gravimetrisch vermessen und dessen Schwereeffekt dreidimensional berechnet. Die Interpretation des Restschwerefeldes zeigte eine deutliche Variation des Dichtekontrastes im Übergang der tektonischen Einheiten. Die Struktur des abtauchenden Kristallins liess sich anhand der bisherigen Daten jedoch noch nicht eindeutig begrenzen.
In der Diskussion wurde der wertvolle Beitrag der Gravimetrie zur Lösung des Problems der Talfüllungen hervorgehoben. Daneben stellte sich die Frage, ob auch Bohrungen zur Lösung herangezogen werden können, was aber stets mit erheblichen Randbedingungen verbunden ist.
Ferner wurde die Anregung gemacht, das Rhônetal und andere Täler entsprechend dem Projekt Innertkirchen zu untersuchen.

2. Geophysikalische Landesaufnahme der Schweizerischen Geophysikalischen Kommission

2.1 Geophysikalische Landeskarten

St. Müller gab eine Übersicht über die Grobkartierung der Geophysikalischen Kommission im Rahmen der geophysikalischen Landesaufnahme.
Die Schweizerische Geophysikalische Kommission hat sich seit ihrem Bestehen in den zurückliegenden 10 Jahren der ‹Geophysikalischen Landesaufnahme der Schweiz› angenommen. Nächstes Jahr wird die erste Phase einer Übersichtskartierung zu Ende gehen. Die Ergebnisse dieser Vermessung werden in Form von geophysikalischen Landeskarten (1:500 000) veröffentlicht. Von diesem Satz liegen bereits die ersten 5 Karten vor:

Nr.	Titel
1	Deklinationskarte der Schweiz
2	Inklinationskarte der Schweiz
3	Totalintensitätskarte der Schweiz
4	Schwerekarte der Schweiz (Bouguer-Anomalien)
5	Schwerekarte der Schweiz (Isostatische Anomalien)

Sie können über das Bundesamt für Landestopographie, Wabern-Bern, bezogen werden.

Drei weitere Karten sind im Druck:

6	Das Geoid in der Schweiz
7	Karte der Erdbebengefährdung in der Schweiz
8	Seismizitätskarte der Schweiz

Die letzten beiden Karten werden nächstes Jahr folgen:

9	Aeromagnetische Karte der Schweiz
10	Geothermische Karte der Schweiz

Zusätzlich sind Transparent-Folien im Massstab 1:500 000 vorgesehen für a) die rezenten Hebungsraten und b) den Tiefenverlauf der Krusten-Mantel-Grenze (Mohorovičić-Diskontinuität) in der Schweiz.
Die zweite Phase der ‹Geophysikalischen Landesaufnahme der Schweiz› hat eine detaillierte Kartierung (1:100 000) ausgewählter Gebiete zum Ziel. Es ist vorgesehen, als erstes Gebiet die Nordschweiz zu bearbeiten.

2.2 Dichteprovinzkarte

Im Anschluss daran erwähnte St. Müller die Dichteprovinzkarte, indem er der Hoffnung Ausdruck gab, dass sie im Laufe der Zeit über das Mittelland hinaus ausgedehnt werden kann.
R. Olivier berichtete über die damit zusammenhängenden Arbeiten in der Westschweiz. Zwischen Genf und Solothurn wurden bisher 107 Nettleton-Profile gemessen.
H. Schwendener schilderte die von ihm bearbeiteten Dichtebestimmungen im Molassebecken der Nordostschweiz.

3. Rezente Krustenbewegungen und Seismotektonik

3.1 Aktivitäten der Arbeitsgruppe ‹Rezente Krustenbewegungen›

N. Pavoni berichtete über die Aktivitäten dieser Arbeitsgruppe.
Sie besteht aus Geologen, Geodäten und Geophysikern, die sich aktiv für die Untersuchung rezenter Krustenbewegungen in der Schweiz interessieren. Ein Bericht über die Tätigkeiten der Arbeitsgruppe wurde im Rahmen des Schlussberichtes des Schweizerischen Nationalkomitees für das Internationale Geodynamik-Projekt veröffentlicht

(Schweizerische Mineralogisch-petrographische Mitteilungen, Band 59, 1979, S. 117–126). Die Zusammenarbeit von Vertretern verschiedener Disziplinen erwies sich als sehr wertvoll. Im Rahmen des Möglichen konnten Prioritäten gesetzt und Messkampagnen vorgeschlagen, koordiniert und aufeinander abgestimmt werden. Eine ganze Reihe von Nationalfonds-Projekten, wie z. B. die Mikroerdbebenuntersuchungen im Mittelwallis, die geologisch-geomorphologischen Untersuchungen in der Rhein-Rhône-Zone sowie die Vermessung des Simplon-Tunnels, konnten mit Unterstützung der Arbeitsgruppe realisiert werden. Die Gruppe hat den Wunsch geäussert, auch nach Abschluss des Internationalen Geodynamik-Projektes ihre Arbeiten weiterzuführen.

E. Gubler referierte anschliessend über die Arbeiten des Bundesamtes für Landestopographie.

Die Arbeiten von A. Elmiger und W. Gurtner erlauben es heute, für jeden Punkt der Schweiz Lotabweichungen und Geoidabstände sehr einfach aus einer vorgegebenen Massenverteilung zu berechnen, womit ein bisher schwerwiegender Modellfehler beseitigt werden kann.

Zur Bestimmung von rezenten Krustenbewegungen sind 1973, 1974 und 1978 an zwei vollständigen Vierecken in Le Pont Deformationsmessungen mit DKM2A und Mekometer durchgeführt worden; die Koordinatendifferenzen erreichen die Signifikanzschranke von 2 mm noch nicht. Senkungsmessungen von 1973 und 1978 im Bereich der östlichen Rheingraben-Flexur bei Basel haben ebenfalls bisher keine signifikanten Veränderungen aufgedeckt. Aus dem Vergleich der beiden Präzisionsnivellemente durch den Simplon-Tunnel aus den Jahren 1906 und 1979 ergaben sich relative Höhenänderungen der Fixpunkte bis zu 40 mm. Die Messungen des Landesnivellements aus den Jahren 1979 und 1980 ergaben für die Linie Bellinzona–San Bernardino–Reichenau und die Linie Splügen Dorf–Splügenpass Hebungsraten von der Grössenordnung 1,0 bis 1,5 mm/Jahr gegenüber der Fixpunktgruppe in Aarburg; diese Ergebnisse sind in guter Übereinstimmung mit den bisher publizierten Resultaten.

Auf die Frage nach den künftigen Messungen erklärte E. Gubler, dass die Nivellementslinien Thusis–Julier–Susch und Bern–Lötschberg–Gampel als nächste neu gemessen werden sollen. Bei den Höhenänderungen im Simplon-Tunnel gab er 5 mm als Signifikanzschwelle an.

Anschliessend gab W. Fischer einen kurzen Überblick über die Messanlage Stöckli-Lutersee.

Im Bereich der Rhein-Rhône-Linie sind 1975 im Gebiet Stöckli-Lutersee oberhalb des Oberalp-Passes sechs Profile mit insgesamt 20 Messpunkten festgelegt worden. Zwischen den Profilpunkten wurden 1976 und 1978 gegenseitige Höhenwinkel und Distanzen mit dem Mekometer gemessen, die aber noch keine signifikanten Höhen- oder Abstandsänderungen erkennen liessen.

D. Schneider stellte ein Projekt zur Untersuchung von relativen Krustenbewegungen mit Hilfe der Strain-Technik vor:

Die wiederholte Beobachtung terrestrischer geodätischer Netze ist noch immer eine ausgezeichnete Methode für die Untersuchung von lokalen oder regionalen relativen Krustenbewegungen im Bereich von aktiven tektonischen Bruchzonen. Die Strain-Analyse ist eine Methode der Differential-Geometrie, die vor ca. 50 Jahren von Seismologen erstmals zur Untersuchung von horizontalen Krustenbewegungen in Japan angewendet wurde. Zur praktischen Durchführung der Strain-Analyse bieten sich zwei Berechnungsmethoden an, a) die Beobachtungsmethode, bei der die Strain-Komponenten direkt aus den Differenzen korrespondierender Beobachtungen zweier Epochen bestimmt werden, b) die Koordinatenmethode, die von den Koordinatendifferenzen zweier Ausgleichungen ausgeht. Bei der klassischen Strain-Analyse von Krustendeformationen werden für jedes Dreieck des Triangulationsnetzes die Strain-Komponenten bestimmt und die Strain-Ellipsen in den Schwerpunkten der Dreiecke dargestellt. Dieses Vorgehen entspricht einer stückweise linearen Interpolation des Verschiebungsfeldes. Neuere Entwicklungen tendieren zu stetigen und glatten Approximationen des Verschiebungsfeldes nach der Methode der kleinsten Quadrate.

Zur Abklärung der Frage nach möglichen Anwendungen der Methode in der Schweiz wurde eine Anregung von F. Kobold aufgegriffen, das Gotthardprojekt zur Untersuchung lokaler relativer Krustenbewegungen vorzusehen, wo in verschiedenen Epochen sowohl vertikale wie auch horizontale geodätische Netze mit hoher Präzision beobachtet wurden. Mit einem Minimum an neuen Messungen könnten dort der unterirdische Polygonzug im Strassentunnel und das oberirdische Netz (mit Polygonzug) entlang der Passstrasse zu einem Raumnetz vereinigt und ausgeglichen werden.

3.2 Beziehungen zwischen Krustenbewegungen, Mikroerdbeben und Erdbebenmechanismen

Eine umfassende Darstellung des ganzen Fragenkomplexes wurde von N. Pavoni gegeben.

Die Aufgabe seismotektonischer Untersuchungen besteht in der Erforschung der Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Erdbeben, den Verschiebungsvorgängen im Erdbebenherd und dem tektonischen Bau eines Gebietes. Dank des nunmehr gut ausgebauten Stationsnetzes des Schweizerischen Erdbebendienstes können auch relativ schwache Beben in die systematische Untersuchung von Herdmechanismen einbezogen werden. Heute liegen über 30 Herdlösungen vor, die ein interessantes Gesamtbild des Spannungszustandes in der oberen Erdkruste im Gebiet der Schweiz und deren Umgebung vermitteln. Seismotektonische Untersuchungen werden in der Wildhornzone im Mittelwallis, dem seismisch aktivsten Gebiet der Schweiz, seit 1975 durchgeführt. In einer Reihe von weiteren Gebieten der NE-Schweiz und im Kanton Graubünden wurden über kurze Zeitspannen Mikroerdbeben untersucht. Die Seismotektonische Karte der Schweiz 1 : 500 000 und 1 : 750 000 ist im Zusammenhang mit dem Projekt ‹Erdbebenrisikokarten der Schweiz› 1977 erarbeitet worden. Die aufgrund der herdmechanischen Untersuchungen abgeleitete Orientierung der P-Achsen ist im Gebiet der Schweiz annähernd identisch mit der Orientierung der maximalen horizontalen Krustenverkürzung, abgeleitet aus dem neotektonischen Deformationsbild. Das heisst, das Spannungsfeld in der oberen Erdkruste, welches die heutige Seismizität verursacht, ist in seiner Orientierung dem Spannungsfeld der letzten 5–10 Mio. Jahre, welches die neotektonische Deformation bewirkte, sehr ähnlich.

Das weitere Untersuchungsprogramm sieht vor:

Herdmechanische Untersuchung von Nahbeben (z. B. Nachstösse des Sierentz-Bebens vom 15. Juli 1980 im Süd-Elsass) und eine seismotektonische Untersuchung seismisch aktiver Gebiete der Schweiz. Im Gebiet des Stausees von Zeuzier im Mittelwallis, welches in der seismisch aktiven Wildhornzone liegt, wurde im September 1981 ein lokales Netz von 6 Mikroerdbebenstationen errichtet. Weitere seismotektonische Untersuchungen werden gegenwärtig im St. Gallischen Rheintal und Umgebung durchgeführt.

Im Zusammenhang mit der Seismotektonik sind systematische Untersuchungen zur Lineamenttektonik im Gebiet der Schweiz aufgenommen worden. Ebenso sollen die Feinbrüche im Oberen Saastal, welche auch jungquartäre Ablagerungen durchsetzen, näher untersucht werden.

Neuauflage der Seismotektonischen Karte der Schweiz.

Die Karte soll durch zusätzliche tektonische Daten aufgrund von Lineament-

Untersuchungen und durch neue seismologische Daten ergänzt werden.
In der Diskussion wurde die Einengung der Alpen angesprochen; das Projekt im Gotthardprojekt könnte möglicherweise einen wertvollen Beitrag zu dieser Frage leisten. Bei der Interpretation von berechneten Durchschnittswerten ist jedoch Vorsicht am Platze, da die Bewegungen nicht unbedingt kontinuierlich verlaufen. Auch die Seismizitätskarten zeigen nur das Verhalten in den letzten 800 Jahren.

3.3 Säkulare Schwereänderungen

E. Klingelé stellte ein Projekt zur Bestimmung säkularer Schwereänderungen vor.
Ein Profil in einer ausgewählten Zone des St. Galler Rheintals soll Punkte mit annähernd gleichen Schwerewerten umfassen, die mit zwei µGal-Gravimetern periodisch nachgemessen werden sollen.
In der Diskussion wurde auf das Erfordernis sehr stabiler Messpunkte, also Felspunkte, hingewiesen.

4. Neigungsmessungen und hydrostatisches Nivellement

E. Meier gab einen Überblick über die Entwicklung von Schlauchkanalwaagen seit 1947 und den heutigen Stand.
Einige Neigungsmesser kurzer Basislänge sind auf dem Markt, die schon recht gute Resultate geliefert haben. Der grosse Nachteil der kurzen Basis liegt in dem dominierenden Einfluss von lokalen Störeffekten durch Deformation von Hohlräumen, dem sogenannten Cavity-Effekt. Mit Neigungsmessern genügend langer Basis kann dieser Effekt praktisch eliminiert werden. Bis heute kamen die drei folgenden Arten von Schlauchwaagen zur Anwendung:

a) Halbgefülltes Rohr: Bei einem bis zur Hälfte mit Flüssigkeit gefüllten Rohr werden an beiden Enden die Flüssigkeitsstände gemessen.
b) Kommunizierende Gefässe: Zwei Endbehälter werden durch ein Rohr miteinander verbunden und die Flüssigkeitsstände in den beiden Endbehältern registriert.
c) Differenzdruckmessung: Das Prinzip ist ähnlich demjenigen von zwei kommunizierenden Gefässen. Die Erfassung der Flüssigkeitsstände geschieht aber durch Differenzdruckmessung in der Mitte des Verbindungsrohres. Die grosse Schwierigkeit bei all diesen Schlauchwaagen ist die Langzeitdrift, die in der Grössenordnung der Hebungsrate liegt.

Die Diskussion drehte sich um das Optimum für die Länge der Schlauchwaagen. Sie können nicht beliebig lang gemacht werden, weil das ‹noise› mit zunehmender Länge stark ansteigt. An der ETH Zürich soll erstmals der Versuch unternommen werden, Schlauchwaagen von 1–2 km Länge zu bauen. Der Schwerpunkt liegt auf säkularen Änderungen, nicht auf den Erdgezeiten. Schlauchwaagen sind auch im Hinblick auf die Erdbebenvorhersage von einer gewissen Bedeutung.

5. Erdgezeiten

A. Geiger berichtete über die Herbsttagung 1980 des Deutschen Arbeitskreises Geodäsie/Geophysik (9./10. Oktober 1980 in München), wo die Gezeitenprobleme einen breiten Raum einnahmen.
Die Referate drehten sich zum Teil um sehr spezielle Probleme der Gravimetrie, von Neigungsmessungen, Erdmodellen, Strain-Messungen und Erdgezeiten. Verschiedene Berichte machten klar, dass eine konzertierte Anstrengung aller Geowissenschaften, einschliesslich der klassischen Geodäsie und der Satellitengeodäsie, unumgänglich ist, um geodynamische Zielsetzungen innerhalb des weitgespannten Rahmens der Erdbebenforschung zu erreichen – eine Aufforderung, die sicher über die deutschen Grenzen hinweg gleichermassen gültig ist.

6. Astronomische Geodäsie

N. Wunderlin stellte zuerst anhand eines verteilten Netzplans das Basisvergrösserungsnetz Bellinzona vor, das vor 100 Jahren zur Bestimmung des Massstabs im schweizerischen Triangulationsnetz 1. Ordnung gemessen wurde.
Zur Ableitung der Lotabweichungen wurden bereits damals an einigen Netzpunkten astronomische Breiten- und Azimutbeobachtungen durchgeführt. Im November 1980 konnten an einigen Stationen Versuchsmessungen mit einer transportablen Zenitkamera der Technischen Universität Hannover gemacht werden.
B. Bürki stellte anschliessend das Prinzip der Zenitkamera vor.
Mit einer am Institut für Theoretische Geodäsie der Technischen Universität Hannover entwickelten und für das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie gebauten transportablen Zenitkamera lassen sich die für die Bestimmung von Lotabweichungen notwendigen Ortsparameter Länge und Breite sehr bequem und mit geringem Zeitaufwand bestimmen. Während einer Nacht kann auf mehreren Stationen beobachtet werden, indem eine Messung inklusive Aufbau der Apparatur nur ca. ½ Stunde dauert. Pro Station werden ca. 5 Filme in zwei Kameralagen (Drehung um 180°) belichtet und nach der Entwicklung auf einem Präzisionskomparator ausgemessen. Die Aufgabe der astronomischen Ortsbestimmung gilt als gelöst, wenn die Richtung der Kameradrehachse im System der abgebildeten und identifizierten Sterne bekannt ist.
Für die neue Zenitkamera des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie wurde das Konzept eines mikroprozessorgesteuerten Halbleiter-Speichergeräts entworfen. Diese Speichereinheit erfasst sämtliche anfallenden Daten und speichert sie für die spätere Auswertung im Computer ab. Die Realisierung konnte dank interdisziplinärer Zusammenarbeit mit dem Institut für Elektronik an der ETH Zürich im Rahmen einer Semesterarbeit erfolgen.

7. Satellitengeodäsie und globale Geodynamik

7.1 Richtungs- und Entfernungsmessungen

Da I. Bauersima nicht an die Sitzung hatte kommen können, stellte W. Gurtner in dessen Namen das von ihm erarbeitete Konzept der Satelliten-Beobachtungsstation Zimmerwald vor (Mitteilungen der Satelliten-Beobachtungsstation Zimmerwald, Nr. 6, Druckerei der Universität Bern 1981, 12 Seiten).
In Zimmerwald wurde vor ca. 20 Jahren mit Richtungsmessungen nach Satelliten begonnen. 1971 wurden dann erstmals Distanzen zu Satelliten gemessen. Die Mitarbeit in der Geodynamik erfordert ein genaues Lasersystem der 3. Generation. Das Konzept berücksichtigt auch die Nutzung vorhandener Informationsquellen wie der inkrementalen Winkelgeber und der Nachführungs-Fernsehkamera zur Bestimmung der Richtung zum Satelliten und zusätzlich (Fernziel!) eines Quecksilber-Autokolimators zur Bestimmung der Lotrichtung. Alle diese Informationsquellen sollten in einer Teleskopmontierung integriert werden. Das Konzept würde damit zwei Aufgaben gerecht: Die Laser-Distanzmessungen zu Satelliten erlauben, ein Festpunktfeld auf der Erdoberfläche mit grosser Genauigkeit zu definieren. Richtungsmessungen zu Satelliten oder Lotrichtungsbeobachtungen würden das nicht leisten; hingegen beziehen sie sich beide auf ein Inertialsystem (Fixsternhimmel), wodurch die Bewegung der Erde erfasst werden kann.

7.2 Doppler-Messungen

A. Geiger erklärte einleitend ziemlich ausführlich das Doppler-Prinzip, um dann die bisherigen und die vorgesehenen Arbeiten in der Schweiz vorzustellen.
Seit Mai 1980 bzw. April 1981 stehen am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich zwei Doppler-Geräte Magnavox MX 1502 zur Verfügung. Mit der Beteiligung ausländischer Institute wäre es denkbar, ein Doppler-Geoid für die Schweiz zu bestimmen. Bei einer Genauigkeit von

(optimistischen) 15 cm wäre ein aussagekräftiger Vergleich mit dem Geoid aus Lotabweichungen (Gurtner 1978) möglich. Da zur Bestimmung der Geoidundulation $N = H_e - H_g$ die Geoidhöhe H_g bekannt sein muss (H_e = ellipsoidische Höhe aus Doppler-Messungen), müssen als Standorte für die Doppler-Messungen besonders geeignete Punkte der Landesvermessung ausgewählt werden. Als Versuchsgebiete für Geoidbestimmungen aus Doppler-Messungen kommt die Gravimeter-Eichstrecke Interlaken–Jungfraujoch in Betracht, zumal hier auch das Messverhalten der Doppler-Geräte in Abhängigkeit von der Höhe über Meer studiert werden kann.
Die Diskussion drehte sich in erster Linie um die Genauigkeit der orthometrischen Höhen, die für die anvisierte Geoidbestimmung ein wesentliches Erfordernis bildet. Es wurden verschiedene Vorschläge zur Lösung dieses Problems gemacht. Dazu kommen die Probleme der Doppler-Messungen selbst, wie kurze Bahnbögen bei Stationen in Tälern, Höheneinfluss auf das Gerät bei Messungen auf Bergen usw.

8. Very-Long-Baseline Interferometry und globale Plattentektonik

M. Perrenoud hat drei verschiedene Radioteleskope in Europa besucht und legte seine dabei gewonnenen Erkenntnisse dar.
Die Very-Long-Baseline Interferometry ermöglicht in der Erdvermessung Genauigkeiten bis zu wenigen cm über beliebige Distanzen und in der Astronomie viel bessere Auflösung als die besten optischen Teleskope.
Für eine langfristige Überwachung der Krustenbewegungen in der Schweiz wäre neben einem mobilen Teleskop ein stationäres mit grösserem Durchmesser notwendig.
Es wäre wünschbar, in einer gemeinsamen Grossanstrengung von Geodäsie, Geophysik und Astronomie in der Schweiz eine grössere Antennenanlage für Radioastronomie zu realisieren.

9. Festlegung von Prioritäten

9.1 Geographische Prioritäten

Es wurde festgehalten, dass den drei Regionen Wallis, Gotthard und St. Galler Rheintal besondere Bedeutung zukommt.

9.2 Messtechniken und Interpretationsmethoden

Die Projekte wurden in die 3 folgenden Kategorien eingeteilt:

A	sofort ausführbar mit den vorhandenen Mitteln
B	nur mit konzentriertem grösserem Einsatz möglich
C	sehr gutes Projekt, aber erst langfristig realisierbar

Kategorie A (Reihenfolge gibt keine internen Prioritäten wieder):
- Gravimeter-Eichstrecken und säkulare Schwereänderungen
- Relative Schweremessungen, Bouguer-Anomalien und geophysikalische Interpretation
- Schwerekarten: im Massstab 1:100 000 und in speziellen Fällen evtl. grösser
- Dichteprovinzkarten
- Neigungsmessungen, Einsatz von Schlauchkanalwaagen
- Erdbeben-Herdmechanismen
- Astronomische Geodäsie, Einsatz der neuen Zenitkamera
- Doppler-Messungen im nationalen und internationalen Rahmen (u. a. Doppler-Geoid)
- Gravimetrisches Geoid

Kategorie B:
- Mikroerdbeben Wallis und St. Galler Rheintal
- Rezente Krustenbewegungs-Messungen, dreidimensionale Netze (z. B. Gotthard)
- Mathematische Strain-Analyse
- Satelliten-Distanzmessungen zum LAGEOS-Satelliten von der festen Station Zimmerwald aus. Einsatz einer mobilen Laser-Station in tektonisch aktiven Gebieten
- Astrolab

Kategorie C:
- VLBI
- Inertiales Messsystem.
- Erdgezeiten-Station
- Satelliten-Richtungsmessungen zur Bestimmung der Feinstruktur des Gravitationspotentials (Resonanzmethode)
- Laser-Teleskopmontierung für Lotrichtungsmessungen
- Neuauflage der Seismotektonischen Karte

Anhang
Anwesende Teilnehmer an der Sitzung:
Dipl. Ing. B. Bürki, Zürich
Dipl. Natw. P. J. Cagienard, Zürich
Prof. F. Chaperon, Zürich
Prof. R. Conzett, Zürich
Dr. P. Eckardt, Zürich
Dr. A. Elmiger, Zürich
Dipl. Ing. W. Fischer, Zürich
Dr. H. Funk, Zürich
Dipl. Phys. A. Geiger, Zürich
Dipl. Ing. E. Gubler, Wabern
Dr. W. Gurtner, Bern
Direktor E. Huber, Wabern
Prof. Dr. H.-G. Kahle, Zürich
Dr. E. Kissling, Zürich
Dr. E. Klingelé, Zürich
Prof. Dr. F. Kobold, Zürich
Dipl. Ing. R. Köchle, Zürich
Dipl. Natw. E. Meier, Zürich
Prof. Dr. St. Müller, Zürich
Prof. Dr. R. Olivier, Lausanne
Dr. N. Pavoni, Zürich
Dipl. Phys. M. Perrenoud, Zürich
Dipl. Ing. D. Schneider, Wabern
Dipl. Natw. H. Schwendener, Zürich
Dr. D. Werner, Zürich
Dipl. Ing. N. Wunderlin, Zürich

Die Autoren danken allen Teilnehmern und Referenten für ihren Einsatz und ihre Mitwirkung im Arbeitskreis.

Literatur

Eckardt, P., Funk, H.-P. und T. Labhart, 1980. Untersuchung rezenter Krustenbewegungen an der Rhein-Rhône-Linie. Schweiz. Nationalfonds. Bericht Nr. 2.151.–0.74.

Fischer, W., 1981. Ausgleichungen der ersten Schweremessungen auf der Gravimeter-Eichlinie Interlaken–Jungfraujoch. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 11/81: 436–441.

Fischer, W., Kahle, H.-G. and I. Marson, 1981. Absolute and relative gravity measurements in Switzerland with special emphasis on a new Swiss National Gravity Net. Bulletin d'Information du Bureau Gravimétrique International. In press.

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

Kahle, H.-G., Müller, St., Klingelé, E., Egloff, R. and E. Kissling, 1980. Recent dynamics, crustal structure and gravity in the Alps. In: N. Mörner (ed.), Earth Rheology, Isostasy, and Eustasy: 377–388. John Wiley & Sons, New York.

Kahle, H.-G., Cagienard, P., Müller, St., Marson, I. und F. Chaperon, 1981. Absolute Schweremessungen in der Schweiz als Basis für geodynamische Untersuchungen zur aktuellen Alpentektonik. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 7/81: 221–228.

Kissling, E., 1980. Krustenaufbau und Isostasie in der Schweiz. Ph. D. thesis, 165 pp. ETH Zürich. Diss. Nr. 6655.

Klingelé, E. und R. Olivier, 1980. Die neue Schwerekarte der Schweiz (Bouguer-Anomalien). Matériaux pour la Géologie de la Suisse, Série Géophysique, No 20, 93 pp. Kümmerly & Frey, Geographischer Verlag, Bern.

Klingelé, E. et H.-G. Kahle, 1981. Une ligne de calibration gravimétrique Interlaken–Jungfraujoch (Suisse). Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 1/81: 10–13.

Marson, I., Kahle, H.-G., Müller, St., Chaperon, F. and F. Alasia, 1981. Absolute gravity measurements in Switzerland. Definition of a base network for geodynamic investigations and for the Swiss fundamental gravity net. In: Bulletin Géodésique, 55: 203–217.

Mayer-Rosa, D. and St. Müller, 1979. Studies of seismicity and selected focal mechanism in Switzerland. Schweizerische mineralogische petrographische Mitteilungen, 59: 127–132.

Müller, St. und W. Lowrie, 1980. Zur Geodynamik des westlichen Mittelmeerraums: einige ausgewählte schweizerische Beiträge zum Internationalen Geodynamik-Projekt. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 12/80: 469–495.

Pavoni, N., 1980. Comparison of focal mechanisms of earthquakes and faulting in the Helvetic zone of the Central Valais, Swiss Alps. Eclogae geol. Helv., 73/2: 551–558.

Adressen der Verfasser:

Prof. Dr. H.-G. Kahle
Institut für Geodäsie und Photogrammetrie,
ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich

Prof. Dr. St. Müller
Institut für Geophysik und Schweiz.
Erdbebendienst, ETH-Hönggerberg,
CH-8093 Zürich