

**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:** 87 (1989)

**Heft:** 4

**Vereinsnachrichten:** SGK Schweiz. Geodätische Kommission = CGS Commission géodésique suisse

**Autor:** [s.n.]

### **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:** 04.04.2026

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

6. Der Vermessungsdirektor W. Bregenzer orientiert über die Blitzaktion.

Zuerst eine Klarstellung der Bezeichnung: Damit keine Gefahr von Verwechslungen mit der vor einigen Jahren im Kanton Graubünden durchgeführten Blitzaktion besteht, wurde für die hier vorgestellte Aktion die Bezeichnung «RAV Subito» gewählt.

Eine Arbeitsgruppe aus Vertretern von SBB, PTT, Elektrizitätswirtschaft, der kantonalen Vermessungsämter und der Eidgenössischen Vermessungsdirektion wurde ins Leben gerufen. Sie setzt sich somit aus Vertretern der hauptsächlichsten Dauerbenützer der Vermessungswerke zusammen. Sie alle sind an einer möglichst raschen Numerisierung der Ebenen 1–5 des RAV-Konzeptes interessiert.

Ein Zielkonflikt zeichnet sich ab, nämlich der Widerspruch zwischen dem Zeitbedarf für die Verwirklichung und den Qualitätsansprüchen einzelner Benützer, die z.T. über die Vorstellungen der RAV hinausgehen. Beispielsweise wurde die Forderung einer Gebäudegenauigkeit von 10 cm erhoben. Die Probleme wurden im Projektteam RAV diskutiert. Als Kompromiss könnte man sich vorstellen, die Ebenen 2 und 3 (Bodenbedeckung) möglichst rasch flächendeckend und ohne finanzielle Folgen für die Gemeinden zu realisieren. Wegen dem Mangel an qualifiziertem Personal zur Durchführung der Arbeiten dürfte sich für die GFAP ein reiches Arbeitsgebiet eröffnen. Die Aktion RAV Subito setzt eine Abklärung der technischen und organisatorischen Anforderungen für die Verwirklichung der Ebenen 2 und 3, eventuell auch 9 voraus. Die Ebene 1 wird als existent vorausgesetzt.

Die GFAP bildete zwei Arbeitsgruppen zum Studium der Möglichkeit einer fristgerechten Durchführung. Die erste Gruppe nimmt sich der Möglichkeit einer Vergabe von Arbeit in die BRD oder nach Österreich an, die zweite Gruppe behandelt die Arbeit in der Schweiz. An einer Sitzung in Basel zeigte sich, dass ein Ziel von zehn Jahren nicht unrealistisch ist und dass die Finanzierung gelöst werden kann.

Das Interesse an der RAV erwacht in grösserem Umfang. Der Kanton Nidwalden möchte über sein ganzes Kantonsgebiet die RAV in Form eines Pilotprojektes durchführen. Die SBB möchten möglichst bald für den Ausbau der Linie Basel–Delsberg im Sinne der RAV arbeiten. Dies bedeutet, dass die SBB sich vorstellen, über die Ebenen 1, 2, 3 und wenn möglich 5 und 9 numerisch zu verfügen. Diese Aufgabe soll als zweites Pilotprojekt realisiert werden.

An der Ausstellung «Gemeinde 89» soll die RAV wiederum präsentiert werden, und zwar in enger Partnerschaft mit Dauerbenützern wie SBB, PTT, EW, Gas- und Wasserwerke sowie mit EDV-Firmen. Ein Entscheid über die Art und Weise der Durchführung erfolgt demnächst.

Dank den Aktivitäten von Prof. Kölbl in der GFAP für die Ausbildung von Berufsschullehrern in Zürich, Lausanne und Lugano ist einiges vorgekehrt, dass die RAV nicht an der Arbeitskapazität scheitern sollte. Die Lage auf dem Arbeitsmarkt hat allerdings zur Folge, dass der heute pro Jahr gegebene finanzielle

Rahmen nur etwa zur Hälfte ausgeschöpft wird.

Präsident Ch. Eidenbenz bemerkt zum Schluss der Ausführungen von Vermessungsdirektor Bregenzer, dass das Arbeitsvolumen von Bauwesen und Vermessung in entgegengesetzter Phasenlage schwingt. Heute sei das Bauwesen attraktiver, und ausserdem finde ein Umbruch der Methoden in der Vermessung statt.

Prof. Grün fragt konkret, welche Rolle ausländische Unternehmen spielen. Antwort des Vermessungsdirektors: Die Kartellkommission möchte Grenzen überschreiten, inbegriffen die Landesgrenzen.

R. Schneeberger erkundigt sich nach der Aktualisierung. Antwort des Vermessungsdirektors: Die Frage der Nachführung wird selbstverständlich im Zusammenhang mit dem Ganzen behandelt. R. Schneeberger: Genügen die Aufnahmen der Landestopographie nicht? Prof. Grün: Warum wird die Landestopographie nicht beauftragt, hinreichend genau zu fliegen?

Mit diesem Fragenmosaik schloss die Orientierung zum Thema Aktion RAV Subito.

7. Die 62. Hauptversammlung findet am 22. April 1989 auf Einladung der Firma Kern in Aarau statt.

Der Nachmittag war der Berichterstattung über den Kongress Kyoto gewidmet. Die Berichte der Korrespondenten wurden in Nr. 3/89 unserer Zeitschrift publiziert.

H. Aeschlimann



## 140. Sitzung der Schweiz. Geodätischen Kommission

Die 140. Sitzung der Schweizerischen Geodätischen Kommission fand am 24. Oktober 1988 in der Eidg. Technischen Hochschule Zürich statt. Der Präsident, Prof. Dr. H.-G. Kahle, begann pünktlich um 10.15 die öffentliche Veranstaltung vom Vormittag und freute sich, etwa zwei Dutzend Teilnehmer begrüßen zu dürfen.

Der *wissenschaftliche Teil* der Sitzung befasste sich mit dem

### Beitrag der Geodäsie zum NEP 20: «Gegenwärtiger Stand der Forschungsarbeiten»

und umfasste die folgenden Vorträge:

St. Müller: NFP 20: Aktuelle Ergebnisse der Geophysik

M. Rothacher: GPS-Auswertung der GRANIT-Kampagne

E. Gubler: Rezente Vertikalbewegungen aus wiederholten Nivellements auf den Linien Bellinzona – Brissago und Visp – Zermatt

B. Wirth: Visp – Zermatt: GPS-gestützter Präzisionspolygonzug.

Der Präsident umriss einleitend das Ziel der Veranstaltung: Es ging darum, über ausgewählte Messkampagnen zu informieren und über vorläufige Zwischenresultate zu diskutieren.

Der Forschungsbeitrag der Geodäsie zum Nationalen Forschungsprogramm «Geologische Tiefenstruktur der Schweiz» steht unter dem Patronat der SGK. Sie koordiniert die Arbeiten, die im Rahmen dieses Programms von drei Instituten durchgeführt werden: vom Astronomischen Institut der Universität Bern, vom Bundesamt für Landestopographie, vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich.

Zu einem geologischen Forschungsprogramm kann die Geodäsie die folgenden Beiträge leisten:

1. Zur *Dichtebestimmung* mit Hilfe von Schwere- und Lotrichtungsmessungen sowie mit Geoidbestimmungen

2. Zur *Kinematik* von rezenten Krustenbewegungen mit terrestrischen und satellitengeodätischen Messtechniken.

Aus Zeitgründen war eine Beschränkung auf das zweite Thema, die *Kinematik*, angezeigt, während das erste Thema, die Dichtebestimmung, einer späteren Sitzung vorbehalten bleibt.

In den drei *geodätischen* Vorträgen ging es um die Unterthemen:

– Wiederholungsmessungen von bereits früher vermessenen Nivellementslinien zur Detektion von allfälligen rezenten Krustenbewegungen

– Etablierung neuer, alpenübergreifender Basislinien mit Hilfe von satellitengeodätischen Messtechniken als Basis für spätere Wiederholungen sowie Einbindung der regionalen Kinematik in die globale Plattentektonik

– Verknüpfung der bisherigen terrestrischen Messungen mit zukünftigen GPS-Messungen, insbesondere beim Problem der rezenten Höhenänderungen.

Herr Kahle freute sich ganz besonders, dass sich Prof. Dr. St. Müller freundlicherweise bereit erklärt hatte, einen *geophysikalischen* Einstieg in die Tiefenstruktur-Thematik des NFP 20 zu geben und über aktuelle Ergebnisse der *Geophysik* zu berichten.

Die nachstehenden Zusammenfassungen der Vorträge wurden von den Referenten in verdankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.

### NFP 20: Aktuelle Ergebnisse der Geophysik

Prof. Dr. St. Müller, Institut für Geophysik, Zürich

#### 1. Einleitung

Ein Überblick über die aktuelle Seismizität im Mittelmeer- und Alpenraum zeigt, dass ein spornartiger Fortsatz der afrikanischen Lithosphärenplatte über den adriatischen Bereich bis in die Alpen reicht. Rund 7000 präzise lokalisierte Erdbeben, die sich in den zurückliegenden zehn Jahren ereigneten, bie-

ten ein überzeugendes Bild der gegenwärtigen Plattengrenze zwischen Eurasien und Afrika. Die «Europäische Geotraverse» schneidet diese Plattengrenze dreimal, nämlich in den Ostschweizer Alpen, im Nordapennin und im Nordteil von Tunesien.

Seismotektonische Untersuchungen haben zu dem Ergebnis geführt, dass gegenwärtig ein SE-NW-gerichtetes Spannungsfeld den Übergangsbereich zwischen Afrika und Europa beherrscht. Dabei dominiert eindeutig eine Kompressionsbeanspruchung zwischen den beiden Platten, die lediglich in der Apenninen-Halbinsel durch Extensionstektonik unterbrochen wird. Im Alpenraum selbst überlagert sich dem regionalen Spannungsfeld ein zusätzliches Kompressionsfeld, das dem Alpenbogen folgt und seine Ursache vermutlich in der tiefreichenden Kollisionsstruktur der Alpen hat.

## 2. Osttraverse

Das 1986 vermessene Reflexionsprofil in der Ostschweiz fällt mit dem schweizerischen Anteil der «Europäischen Geotraverse» (EGT) zusammen. Die inzwischen weit fortgeschrittene Auswertung der Reflexionsmessungen zeigt, dass die Krusten-Mantel-Grenze im nördlichen Teil eine Feinstruktur aufweist in der Weise, dass in einem Abstand von einer Sekunde zwei diskrete Reflexionsbänder (X- und M-Band) beobachtet werden. Vorläufig offen ist die Frage, ob es sich bei der Intervallgeschwindigkeit zwischen X und M um eine Geschwindigkeitserniedrigung oder eine Geschwindigkeitserhöhung handelt. Auf den nach Süden sich anschliessenden Profilauslagen, die jeweils knapp 20 km lang waren, zeigen sich auch deutliche Reflexionseinsätze von einer intrakrustalen Diskontinuität, die mit der Conrad-Diskontinuität gleichzusetzen ist. Im Bereich des Penninikums haben die vibroseismischen Messungen eine ausgezeichnete Auflösung der kristallinen Deckenstrukturen (Suretta, Tambo, Adula) gebracht. Da es sich bei diesem Gebiet um eine mögliche Lokation für einen geplanten Splügen-Eisenbahntunnel handelt, wurden im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr zusätzlich detaillierte reflexionsseismische Aufnahmen ausgeführt. Die nunmehr in einer vorläufig endgültigen Abspielung vorliegenden Daten werden gegenwärtig geologisch interpretiert und sollen demnächst veröffentlicht werden.

## 3. Westtraverse

Im Jahr 1987 wurden reflexionsseismische Messungen entlang der Westtraverse von Zweisimmen über den Rawilpass bis nach Zinal durchgeführt. Daneben wurde auch ein paralleles Profil von Visp bis nach Zermatt vermessen. Die Aufnahmen entlang dieser beiden Profile zeigen im Bereich des Penninikums einen sogenannten «lithospheric kink», der vermutlich als Folge der Plattenkollision zwischen dem Adriatischen Sporn der Afrikanischen Platte und der Europäischen Platte zustandekam. Eine Ost-West-Linie am Süden der beiden Profile lässt sich zwanglos mit den Daten entlang der Nord-Süd-Profile im Wallis korrelieren.

## 4. Südtraverse

Im Oktober dieses Jahres wurden reflexionsseismische Aufnahmen entlang der Südtraverse vom Val Blenio bis an die schweizerisch-italienische Grenze bei Chiasso ausgeführt. Dieses Profil überlappt im penninischen Bereich die Osttraverse, so dass damit ein vollständiges Alpen-Querprofil vom Toggenburg bis in die Po-Ebene vorliegt. Eine grobe erste Auswertung zeigt eindeutig, dass die europäische Krusten-Mantel-Grenze (Moho) nach Süden bis auf Tiefen von etwa 60 km abtaucht. Am Süden der Südtraverse reicht eine «adriatische» Krusten-Mantel-Grenze in knapp 30 km Tiefe bis ziemlich weit nach Norden und überlappt somit die abtauchende Europäische Platte. Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass die bisherigen in Kartenform dargestellten Tiefenwerte der Moho im Alpenraum mit Vorsicht interpretiert werden müssen, da es sich dabei offensichtlich nicht immer um dieselbe Grenzfläche handelt. Ein Vergleich der neuen Daten mit den Ergebnissen des französisch-italienischen ECORS-CROP-Profiles durch die Westalpen zeigt im wesentlichen dasselbe Bild: auch dort liegen zwei Mohos übereinander. Es sollte mit den nun vorliegenden drei Alpentraversen möglich sein, ein verhältnismässig abgerundetes Bild der Tiefenstruktur unter den Zentral- und Westalpen zu erhalten.

## GPS-Auswertung der GRANIT-Kampagne

Lic. phil. M. Rothacher, Astronomisches Institut, Bern

### 1. Einleitung

Vom 16.–18. Juni 1987 fand im Rahmen des NFP 20 in der Schweiz die erste grossräumige GPS-Kampagne statt, auch GRANIT-Kampagne genannt. Sieben TI-4100-GPS-Empfänger registrierten Daten während vier Stunden pro Tag und besetzten insgesamt 12 Punkte. Gleichzeitige Messungen der ETH Zürich mit WM101-Geräten wurden in die bisherigen Auswertungen nicht einbezogen. Die GRANIT-Kampagne hatte im wesentlichen die folgenden Ziele:

- Geodätische Verbindung der West- und Osttraverse
- Zweitmessung der Basislinie Zimmerwald – Jungfrauoch – Monte Generoso
- Versicherung der Laserstation Zimmerwald in stabilen Gebirgsstrukturen
- Möglichkeit des Anschlusses des CH-Triangulationsnetzes an GPS-Punkte.

### 2. Technische Bemerkungen zur Auswertung

Die GPS-Daten wurden in Bern mit der Version 3.0 der Berner GPS-Software ausgewertet.

Der Einfluss der Ionosphäre wurde eliminiert, indem die «ionosphären-freie» Linearkombination der Messungen in den beiden Frequenzen L1 und L2 verwendet wurde. Da vorerst keine zuverlässigen Meteorodaten zur Verfügung standen, wurde im Ausgleichungsverfahren pro Basislinie eine Zenittroposphärenkorrektur geschätzt, um die Effekte der Troposphäre zu reduzieren. Das gleichzeitige Be-

stimmen von zwei Bahnparametern pro Satellit sollte helfen, mögliche Systematiken von den Satellitenbahnen her zu verringern. Alle «Ambiguitäten» (Mehrdeutigkeiten der Form  $n \times \text{Wellenlänge}$ ) konnten auf ganze Zahlen aufgelöst werden, was zu einer Verbesserung der Resultate um ungefähr einen Faktor 4 führte gegenüber einer Lösung mit unaufgelösten «Ambiguitäten».

### 3. Resultate

Als Resultat der GPS-Auswertungen erhalten wir die dreidimensionalen Koordinaten der vermessenen Punkte relativ zu einem festgehaltenen Punkt (hier Zimmerwald). Da keine konventionell bestimmten Koordinaten von ähnlicher Genauigkeit vorhanden sind, gibt es keine direkte Vergleichsmöglichkeit und es stellt sich die Frage: Wie genau sind nun diese GPS-Koordinaten?

Eine Abschätzung der Genauigkeit erhält man durch die drei in den folgenden Abschnitten aufgeführten Grössen oder Vergleiche:

a) Formale mittlere Fehler der Koordinaten: Die formalen mittleren Fehler relativ zu Zimmerwald betragen für die Gesamtlösung (alle drei Tage) im Mittel etwa 1–2 mm in der Nord-Süd-, 1 mm in der Ost-West-, 7–14 mm in der Höhe und 1 mm in der Distanz. Diese Werte sind sicher zu optimistisch, da systematische Fehler in der Statistik vielfach keinen Niederschlag finden.

b) Wiederholbarkeit:

Am ersten und zweiten Tag der Kampagne wurden genau dieselben Punkte vermessen. Die Differenzen zwischen den Lösungen für den ersten Tag und den zweiten Tag sind (nach einer dreidimensionalen Translation zwischen den Lösungen) von der Grössenordnung 4 mm in der Nord-Süd-, 3 mm in der Ost-West-Richtung und 30 mm in der Höhe. Dass die Höhen der beiden Tageslösungen vergleichsweise schlecht übereinstimmen, lässt sich damit erklären, dass für beide Tageslösungen unabhängig Bahnparameter geschätzt wurden. Da die Satellitenbahnen im wesentlichen die Orientierung des Netzes festlegen, sind die beiden Lösungen leicht gegeneinander verdreht.

Wir kommen deshalb zum Schluss, dass mit zuverlässigen Meteorodaten (keine Troposphärenparameter mehr nötig) noch mit Fehlern in der Höhe von etwa 2 cm zu rechnen ist.

c) Vergleich mit den GPS-Messungen von 1985:

Die GPS-Kampagne von 1985 hat wegen Empfängerproblemen nur recht magere Daten geliefert. Dennoch können sich die Differenzen zwischen der Lösung für 1985 und der Lösung für 1987 sehen lassen.

Distanz-Differenzen:

Monte Generoso – Jungfrauoch:  $-18 \pm 10$  mm  
Monte Generoso – Zimmerwald:  $-5 \pm 3$  mm  
Zimmerwald – Jungfrauoch:  $+3 \pm 2$  mm

### 4. Schlussfolgerungen

Bei einem Netz der Grösse 100 km  $\times$  100 km erreicht man mit GPS in der Lage mit gleichweiser kleinem Aufwand eine relative Genauigkeit von 1 cm oder besser. Stehen

zuverlässige Meteodaten zur Verfügung, so ist für die Höhe mit einer Genauigkeit von etwa 2 cm zu rechnen.

## Rezente Vertikalbewegungen aus wiederholten Nivellements auf den Linien Bellinzona – Brissago und Visp – Zermatt

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

### 1. Einleitung

Es darf sicher als bekannt vorausgesetzt werden, dass aus den Messungen des ersten und des zweiten Landesnivellements signifikante Relativbewegungen der Fixpunkte und der betreffenden Krustenteile nachgewiesen werden konnten (vgl. z.B. Gubler et al., 1981, 1984). Im Rahmen des NFP 20 ging es darum, auf den Strecken Bellinzona – Brissago und Visp – Zermatt bestehende Nivellements nachzumessen und aus dem Vergleich von alten und neuen Messungen auf relative Vertikalbewegungen zu schliessen. In der gesamtschweizerischen Ausgleichung, die ja von der willkürlichen Annahme ausgeht, dass die Fixpunktgruppe in Aarburg keine Höhenänderung erfahren habe, erhalten die Fixpunkte im Alpenraum Hebungsraten von der Grössenordnung 0,5 bis 1,5 mm/Jahr. Die Fragestellung im Rahmen des NFP 20 lautet: Wie ändern diese Hebungsraten zwischen Bellinzona und Brissago sowie zwischen Visp und Zermatt. Die Auswertung der Messungen hat zu den im folgenden dargestellten Resultaten geführt.

### 2. Linie Bellinzona – Brissago

Diese Linie wurde im Jahr 1919 im Rahmen des ersten Landesnivellements gemessen. Sie weist nur geringe Höhenunterschiede auf, weshalb systematische Fehler wie einseitige Refraktion oder Massstabsfehler der alten Nivellierlatten kaum ins Gewicht fallen dürften. Die Messung von 1987 ist nach den heute geltenden Vorschriften für das Landesnivellement ausgeführt worden.

Von den schon 1919 bestimmten Fixpunkten konnte eine ganze Anzahl wieder aufgefunden werden. Auf Grund der Beurteilung durch den Geologen Dr. P. Heitzmann dürften aber nur deren 12 die Vertikalbewegung der Erdkruste unverfälscht wiedergeben.

Die Berechnungen erfolgten mit dem in (Gubler et al., 1984) beschriebenen Programmsystem für kinematische Ausgleichungen von Nivellementsnetzen. Um keine zusätzlichen Schwierigkeiten heraufzubeschwören, wurden für die Ausgangspunkte der Linie in Bellinzona die gleichen Hebungsraten eingesetzt, wie sie aus der – in der Einleitung erwähnten – gesamtschweizerischen Ausgleichung gefunden wurden. Die Differenz zweier Hebungsraten ergibt direkt die Relativgeschwindigkeit zwischen den beiden betroffenen Punkten.

Für die Fixpunkte zwischen Bellinzona und Brissago ergeben sich Hebungsraten von 0,89 bis 1,05 mm/Jahr gegenüber 0,98 mm/Jahr in Bellinzona. Es kann abgeschätzt werden, dass allfällige Relativbewegungen zwi-

schen den Punkten offenbar höchstens von der Grössenordnung 0,1 mm/Jahr und damit nicht signifikant sind. Dies gilt insbesondere auch für die Insubrische Linie, die zwischen Solduno und Ascona überquert wird.

### 3. Linie Visp – Zermatt

Über die Arbeiten auf der Linie Visp – Zermatt wurde schon früher berichtet (vgl. Schneider und Geiger, 1986). Wie schon dort ausgeführt wurde, ist das Nivellement Visp – Zermatt von 1930 für andere Zwecke und mit älterem, weniger genauem Instrumentarium gemessen worden. Anstelle der sonst zu der Zeit im Landesnivellement verwendeten Nivellierlatten mit Invarbändern wurden noch sogenannte Kompensationsmiren eingesetzt, deren Skalen eine grössere Massstabsunsicherheit aufweisen. Aus den Feldbüchern geht aber hervor, dass die Skalen täglich geeicht und dass die Abweichungen in den Berechnungen berücksichtigt wurden. Aus der Streuung der Korrekturen kann die Massstabsunsicherheit abgeschätzt werden. Sie dürfte bei 5 bis 10 ppm liegen, was bei einer Höhendifferenz von rund 1000 m zwischen Visp und Zermatt 5 bis 10 mm ausmacht. Durch den grossen zeitlichen Abstand zwischen den beiden Messungen werden die berechneten Vertikalbewegungen um weniger als 0,2 mm/Jahr verfälscht. Die neue Messung von 1987 wurde nach den heute im Landesnivellement angewendeten Vorschriften ausgeführt.

Die geologische Beurteilung der Fixpunkte durch Dr. Heitzmann hat ergeben, dass auf der ganzen Strecke zwischen Lalden und Zermatt noch 9 alte Fixpunkte vorhanden sind, die in stabilen Objekten verankert sind.

Für die Auswertung wurde gleich vorgegangen wie auf der Linie Bellinzona – Brissago. Als Ausgangspunkt diente ein Fixpunkt in Visp, der in der gesamtschweizerischen Ausgleichung eine Hebungsraten von 1,5 mm/Jahr gegenüber Aarburg aufweist.

Die Hebungsraten nehmen von Visp Richtung Zermatt kontinuierlich ab. Betragen sie in Visp 1,5 mm/Jahr, so bleiben in Zermatt nur noch 0,8 bis 0,9 mm/Jahr. Die Abnahme beträgt 0,6 bis 0,7 mm/Jahr, also mehr als das Dreifache der entsprechenden Standardabweichung. Trotz der verhältnismässig grossen Massstabsunsicherheit ist diese Abnahme in hohem Masse signifikant. Ein Vergleich mit den Ergebnissen im Simplongebiet zeigt eine gute Übereinstimmung. Dort nimmt die Hebungsraten von Brig bis Iselle von 1,5 auf 1,2 mm/Jahr ab.

#### Literatur:

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

Gubler E., Schneider D., Kellerhals P., 1984: Bestimmung von rezenten Bewegungen der Erdkruste mit geodätischen Methoden. *NAGRA, Technischer Bericht Nr. 84–17*, Baden 1984.

Schneider D., Geiger A., 1986: Geodäsie: Nivellementsline, Astrogeodätisches Profil und GPS-Satellitenvermessung zwischen Visp und Zermatt. *NFP 20, Bulletin 2*, 1986.

## Visp – Zermatt: GPS-gestützter Präzisionspolygonzug

Dipl. Ing. B. Wirth, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Zürich

### 1. Einleitung

Ein Teil der Aktivitäten des Institutes für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ (IGP) für das NFP 20 umfasste die Bestimmung von 13 GPS-Stationen auf der 32 km langen Linie von Visp nach Zermatt. Die Stationen wurden nach geophysikalischen und geologischen Gesichtspunkten ausgewählt (Stabilität) und in solidem Fels versichert. Sie sind vom Bundesamt für Landestopographie (L+T) dokumentiert worden (vgl. Schneider und Geiger, 1986). Diese Stationen sind Bestandteil des Nivellements 1987, was bedeutet, dass die zukünftigen rezenten Höhenänderungen dieser Stationen durch weitere *Präzisionsnivellements* erfasst werden.

Um auch Aussagen über horizontale Verschiebungen machen zu können, sollen diese Punkte auch in der Lage vermessen werden. In Kombination mit GPS-Messungen, deren Auswertung und Ergebnisse in (Nebiker, 1988) dokumentiert sind, wurden die Stationen ebenfalls über einen *Präzisionspolygonzug* bestimmt. Der Zug umfasste 16 Polygonpunkte, auf welche die GPS-Stationen eingemessen werden konnten. Die Auswertung dieser terrestrischen Beobachtungen sowie der Vergleich zu GPS war Gegenstand von vier Diplomarbeiten im Wintersemester 1987/88 an der ETHZ.

Die Distanzmessungen erfolgten mit einem Mekometer ME 5000. Die Richtungen sowie die (gleichzeitig) gemessenen Zenitdistanzen wurden mit elektronischen Theodoliten T2000 und E2 gemessen. Weiter wurde für alle Polygonpunkte der Höhenanschluss an das Nivellement gemessen. Die astronomische Ortsbestimmung erfolgte mit der TZK3 des IGP (8 Stationen) und nach der Standlinienmethode mit einem T2000 (5 Stationen). Die fehlenden astronomischen Positionen wurden durch Berechnung mit dem Programm LAG bestimmt, wozu die Nahtopographie bis in 2 km Entfernung vom Stationspunkt mit einer Auflösung von 50 m vorhanden sein muss. Das Bundesamt für Landestopographie lieferte uns dazu sechs Kartenblätter 1 : 25 000 mit vollständig vorhandenen Höhen mit einer Auflösung von 25 m. Für die Reduktion des Nivellements und der Höhenmessungen auf orthometrische Höhen wurden zudem alle GPS-Stationen und Polygonpunkte gravimetrisch vermessen.

### 2. Höhenberechnungen

Die Höhenberechnungen erfolgten in einem Ansatz, bei dem Zenitdistanzen als Beobachtungen verwendet werden. Unbekannt sind die Stationshöhen sowie vier Refraktionskoeffizienten für jeweils eine Gruppe von Zenitdistanzen. Die orthometrische Korrektur des Nivellements (aus Schweremessungen und Modellrechnungen abgeleitet) erreicht 14,5 cm auf der Linie von Visp nach Zermatt. Die Berechnungsvariante mit Korrektur der Zenitdistanzen um die Lotkrümmungen bestätigt diese Beträge. Der mittlere

Höhenfehler von Zermatt gegenüber dem Fixpunkt Visp beträgt 8 mm für unkorrigierte Höhen, 11 mm für orthometrische Höhen und 30 mm für ellipsoidische Höhen (jeweils mit Berücksichtigung der nivellierten Höhendifferenzen).

### 3. Lageberechnungen

Ein Ziel der separaten Lageberechnung war, die Auswirkungen von GPS-Beobachtungen bzw. Lotabweichungen auf den Polygonzug zu studieren. Die a priori-Annahmen für die mittleren Fehler der Beobachtungen sind: 0,3 mm + 0,8 ppm für Distanzen,  $2''$  + 0,5 mm Zentrierfehler für Richtungen, 6 mm + 0,6 ppm der Basislinienlänge für GPS-Beobachtungen.

Durch die Ausgleichungsvariante mit Berücksichtigung der Lotabweichungen und der GPS-Basislinien als Beobachtungen wurde die Lage von Zermatt auf 20 mm quer zur Zugrichtung und 7 mm längs dazu bestimmt. Drei infolge nicht aufgelöster Ambiguitäten schlecht bestimmte GPS-Stationen wurden je Komponente bis zu 20 cm korrigiert; ihre jetzige Genauigkeit ist im Bereich von 1 cm.

### 4. Dreidimensionale Ausgleichung

Nach diesen Vorausgleichungen konnten nun alle Beobachtungen miteinander im Programm RAUMTRI verarbeitet werden mit folgenden a priori-Annahmen für die mittleren Fehler:

$1''$  für TZK-Aufnahmen,  
 $3''$  für berechnete astronomische Positionen,  
 $4-6''$  für Zenitdistanzen,  
 $2,5''$  für Richtungen,  
 $1-3$  mm für Mekometer-Distanzen,  
 $6$  mm + 0,6 ppm für GPS-Basislinien Visp → Station (Lagefehler)

(Höhenfehler =  $3,6 \times$  Lagefehler).

Bei diesem Durchgang wurden einige GPS-Beobachtungen in der (ellipsoidischen) Höhe bis zu maximal 10 cm verbessert. Die Lageverbesserungen sind innerhalb der GPS-Genauigkeit.

### 5. Ausblick

Diese Auswertungen und Vergleiche machen deutlich, dass in dem schwierigen Gelände (steile Talflanken) drei GPS-Stationen schlechte Lagekoordinaten hatten und einige Stationen in der Höhe Verbesserungen bis zu 10 cm erhielten. Da der Koordinatensatz aller 13 Stationenpunkte für spätere Wiederholungsmessungen aussagekräftige richtige Werte haben muss, werden die Koordinaten aus der gemeinsamen dreidimensionalen Ausgleichung verwendet.

Die Höhenbestimmung mit GPS ist leider noch nicht genau genug (Meteo-Einflüsse?), um an die terrestrischen Genauigkeiten heranzukommen. Dies bedeutet ebenfalls, dass die GPS-Messungen noch nicht zu einer verbesserten sehr genauen Geoidberechnung herangezogen werden können. Die astrogeodätische Methode bleibt vorläufig die genaueste! Es ist trotzdem wünschenswert, die Stationen 1989 mit GPS nachzumessen, wenn Zweifrequenzgeräte verwendet werden können. Die Konstellation sollte sich mit

einigen neu gestarteten GPS-Satelliten ebenfalls so verbessern, dass man sich ein besseres Fenster aussuchen könnte.

#### Literatur:

Nebiker St., 1988: Auswertung der GPS-Messungen im Polygonzug Visp – Zermatt. IGP Bericht Nr. 146, April 1988.

Schneider D., Geiger A., 1986: Geodäsie: Nivellementsline, Astrogeodätisches Profil und GPS-Satellitenvermessung zwischen Visp und Zermatt. NFP 20, Bulletin 2, 1986.

Die anschliessende *Diskussion* sämtlicher Beiträge wurde vom Präsidenten geleitet. Herr Kahle dankte hierauf den Referenten herzlich für ihre interessanten Beiträge und gab abschliessend Dr. P. Heitzmann als Mitglied der Projektleitung des NFP 20 Gelegenheit zu einer kurzen Stellungnahme. Dr. Heitzmann erklärte, dass die Phase der Datenerfassung allgemein abgeschlossen sei; jetzt ist die Auswertung der Daten im Gang. Sodann wies er darauf hin, dass vom 27.–29. September 1989 nach den Tagungen in Bad Ragaz (Osttraverse) und Sion (Westtraverse) das nächste Symposium des NFP 20 in Lugano (Südtraverse) durchgeführt werden wird.

In der *Geschäftssitzung* vom Nachmittag folgten vorerst Berichte von weiteren *Arbeitsgruppen*:

Das *Global Positioning System* gab auch im laufenden Jahr Anlass zu grösseren Aktivitäten. Erwähnt sei insbesondere die Erstellung der neuen Berner GPS-Software Version 3.0 am Astronomischen Institut, die Ausrüstung von zwei Trimble-Empfängern des Bundesamtes für Landestopographie mit zwei Frequenzen und deren Testmessungen, die Nullmessung im Neotektonik-Netz Nordschweiz, die Bahnbestimmungen, die in internationaler Zusammenarbeit von der Universität Bern gemacht werden. Vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie sind zum Anschluss von vier Punkten im Gebiet Stöckli – Lutersee sechs Punkte des Passnetzes Gotthard mit WM101-Empfängern besetzt worden. Schliesslich sind im Diplomvermessungskurs sieben Punkte des Netzes «Vereinatunnel» mit sechs Empfängern in vier Epochen gemessen worden.

Die Arbeiten am *RETrig* sind zum Abschluss gekommen, indem in Lissabon die definitive *RETrig*-Lösung ED87 vorgelegt wurde.

Im Nachfolgeprojekt *EUREF* soll 1989 eine europäische GPS-Kampagne durchgeführt werden mit einigen Punkten in jedem Land. Im Rahmen von *REUN* wurde 1988 die Linie Vuitebœuf – St-Imier – Biel des Landesnivelements neu gemessen.

Die *Alpentravese Gotthard* passt ausgezeichnet mit dem GRANIT-Netz zusammen, von dem drei Punkte (Lägern, Titlis, Monte Generoso) in der Alpentravese enthalten sind.

Zur Bestimmung *Rezenter Krustenbewegungen* sind 1988 die Deformationsnetze bei Le Pont wie geplant gemessen worden.

Die *Gravimetrie* ist vom Institut für Geophysik in die Gruppe von Herrn Kahle transferiert worden, um eine bestmögliche interdisziplinäre

Zusammenarbeit zwischen der Geophysik und der Geodäsie an der ETHZ zu erreichen.

Über das Projekt *Seitenrefraktion* ist in München ein Vortrag gehalten worden, der grosses Interesse bei den Leuten aus der Praxis ausgelöst hat.

An *Publikationen 1988* erwähnte Prof. Kahle den Bericht über die 139. Sitzung der SGK und den Bericht über Vancouver, die in der VPK erschienen sind. Ein Sonderheft «Prof. Rudolf Conzett in memoriam» ist von der Kommission mitfinanziert worden. Der Präsident wies sodann darauf hin, dass der 39. Band noch dieses Jahr gedruckt werden soll. Vorgesehen ist weiter eine Publikation über das GPS-Testnetz Turtmann.

Unter dem Traktandum *Arbeitsprogramme 1989* wurde bekanntgegeben, dass das Bundesamt für Landestopographie ab 1989 im Triangulationsnetz 1. und 2. Ordnung mit GPS-Zweifrequenzempfängern messen wird. Ferner wurde darauf hingewiesen, dass die SGK die Arbeiten für ein neues Geoid im cm-Bereich in Angriff nehmen sollte, das bis zur XX. Generalversammlung der IUGG in Wien (1991) vorgelegt werden könnte.

Bei den *Wahlen* stellten sich Präsident, Vizepräsident und Quästor wieder zur Verfügung und wurden mit Akklamation in ihrem Amt bestätigt. Als Nachfolger von Herrn Fischer schlug Prof. Kahle Dr. Beat Bürki als Sekretär vor, der einstimmig gewählt wurde. Sodann beantragte Prof. Kahle, der SNG einen Mitarbeiter seiner Gruppe, Dipl. Phys. Alain Geiger, zur Wahl als neues Mitglied der Kommission vorzuschlagen. Dipl. Ing. René Scherrer wurde als Nachfolger von Herrn Schwendener als Kommissionsmitglied vorgeschlagen. Auf dem Korrespondenzweg waren die Herren Gubler und Gurtner als Delegierte für EU-REF vorgeschlagen und gewählt worden. Der Vorschlag, Herrn Bürki als dritten Delegierten zu wählen, wurde einstimmig zum Beschluss erhoben.

Als Termin für die *141. Sitzung der SGK* wurde der Montag, 17. April 1989, bestimmt. Inzwischen hat die Kommission gerne eine freundliche Einladung vom CERN in Genf angenommen, die Sitzung dort durchzuführen, verbunden mit einer Führung durch das LEP, bevor dieses seiner Bestimmung übergeben und damit nicht mehr zugänglich sein wird.

Unter *Mitteilungen und Verschiedenes* wies Herr Kahle noch auf das nächste Inter-Assembly General Meeting der IAG hin, das bereits vom 3.–12. August 1989 in Edinburgh stattfinden wird. W. Fischer

**Bitte Manuskripte  
im Doppel einsenden**