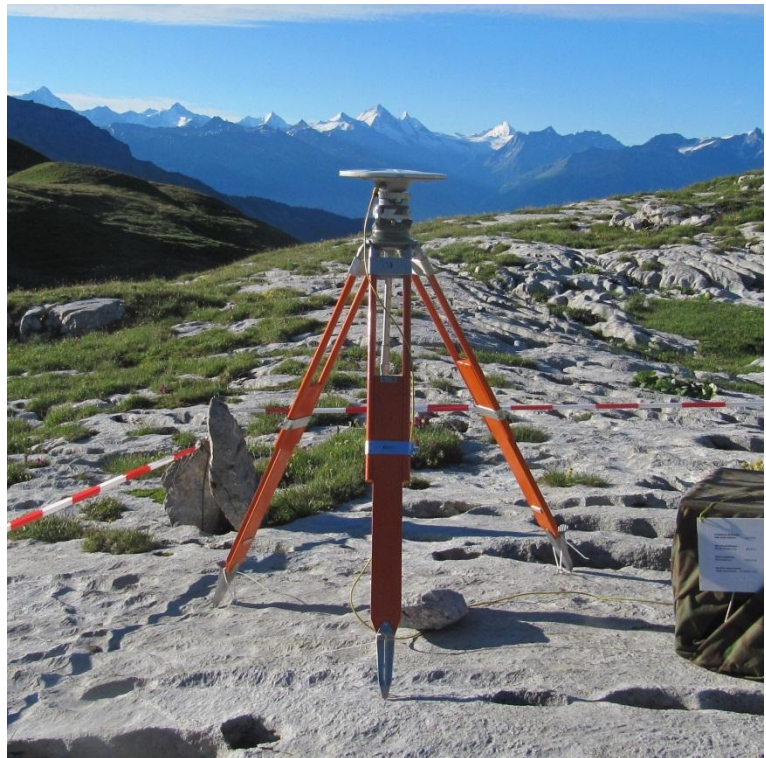


Bachelor-Thesis 2012

Lokale Hebungsraten in den Schweizer Al- pen (Wildhorndecke)



Autoren: **Sebastian Condamin**
 Joachim Schwarzgruber

Examinator: **Prof. Beat Sievers**

Experte: **Dr. Elmar Brockmann**

Lokale Hebungsraten in den Schweizer Alpen (Wildhorndecke)

Um die Alpenhebung auch fernab von den bekannten Höhenfixpunkten untersuchen zu können, wurde während einer aufwändigen Feldkampagne ein vorher erstelltes Netz mittels GNSS, Präzisionstachymetrie und -nivellement gemessen. Bei der Auswertung kamen zwei unterschiedliche Softwareprodukte zum Einsatz: Die wissenschaftliche Bernese GPS Software und das Standardprodukt Leica Geo Office. Sämtliche Messungen des hybriden Netzes wurden schliesslich mit Trinet+ nach dem strengen 3D-Ansatz ausgeglichen.

Schlagworte: 3D-Ausgleichung, Alpenhebung, Bernese GPS Software, Geologie, GNSS, Präzisionsmessung, Trinet+

1. Forschungsprojekt Hebungsraten

Im Jahr 2010 wurde ein Projekt initiiert, welches die Hebungsraten in den Schweizer Alpen genauer erforschen will. Auf diese Hebungsraten bezieht man sich in verschiedenen Gebieten der Geowissenschaften, wobei es bis jetzt hauptsächlich ein Modell gibt, welches vom Bundesamt für Landestopografie swisstopo aus den Wiederholungsmessungen des Schweizerischen Landesnivellementsnetzes berechnet wurde. Die Messdaten wurden über eine Periode von über 100 Jahren erhoben. Alternative Messmethoden wie die Satellitenmesstechnik (Global Navigation Satellite System GNSS) ermöglichen es nun, die Hebungsraten in einem Testgebiet abseits der Linien des Landesnivellements zu untersuchen.

2. Feldkampagne

Während vier Wochen wurde das vorgängig vermarkte Netz gemessen. Dabei wurden langstatische, gleichzeitige GNSS-Messungen (48h-Sessionen) mit zwei unabhängigen Instrumentenflotten durchgeführt (Leica-Flotte des IVGI, Trimble-Flotte von swisstopo). Dabei wurde strikt darauf geachtet, dass die Auswertung von kurzen Basislinien (kürzer als 10 km) möglich ist.

Als Referenz für sämtliche GNSS-Messungen diene das **Automatische GNSS Netz Schweiz** AGNES von swisstopo. Zudem wurden Daten der permanenten GNSS-Stationen der Forschungsprojekte TECVAL und COGEAR der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich mitausgewertet (vgl. Abbildung 1).

Im Rahmen der Ergänzungsmessungen wurden die Rückversicherungen der Hauptpunkte mit einem Präzisionstachymeter eingemessen. Zudem wurde die Höhe eines temporären Punktes mittels Präzisionsnivellement auf Höhenfixpunkte des Landesnivellements übertragen.

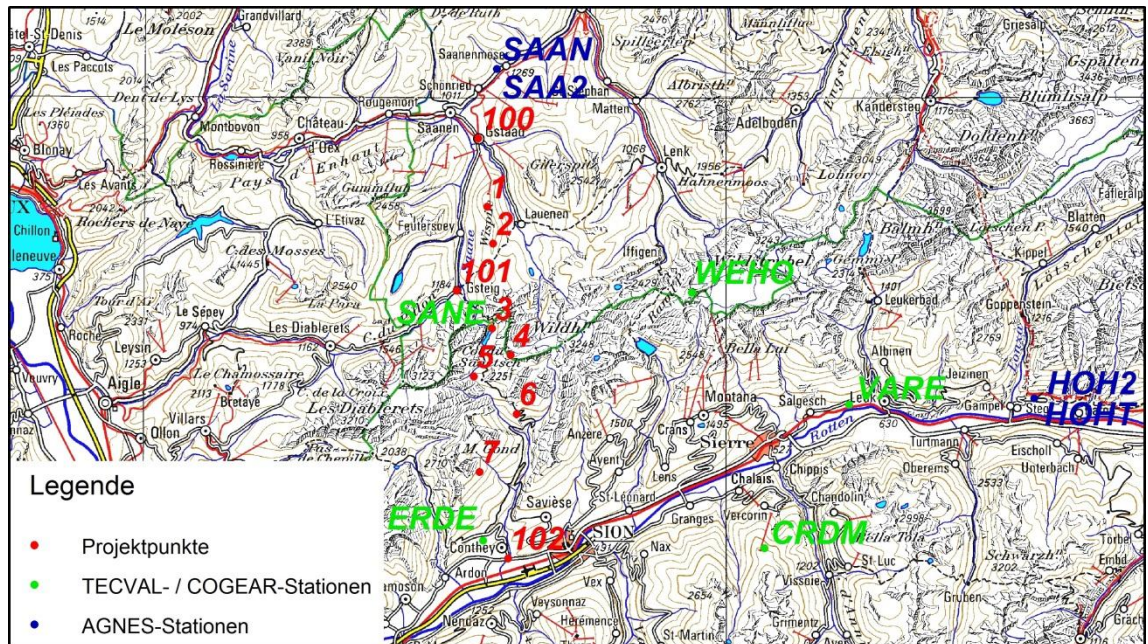


Abbildung 1: Netzplan mit den gemessenen Punkten

3. Auswertung mit der Bernese GPS Software 5.0

Eine der beiden Auswertungen wurde mit der Bernese GPS Software (V 5.0) durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine wissenschaftliche Spezialsoftware des Astronomischen Instituts der Universität Bern, mit welcher GNSS-Messungen mit höchster Genauigkeit ausgewertet werden können.

Da bereits während der Messplanung auf kurze Basislinien geachtet wurde, konnte der Grossteil des Netzes mit der Frequenz L1 ausgewertet werden. Die resultierende Koordinatengenauigkeit ist bis zu drei Mal genauer als die bei längeren Basislinien üblicherweise verwendete Linearkombination L3 und die Koordinaten sind weniger von systematischen Abweichungen abhängig.

Dank dem Einbezug der Daten von permanenten GNSS-Stationen (AGNES, TECVAL, COGEAR), welche über eine grössere Fläche verteilt sind, konnten in der Auswertung Troposphärenparameter geschätzt werden, wie es sonst für ein kleines Netz nicht möglich wäre.

Als Resultate wurden Koordinaten aller Punkte des vorliegenden Netzes erzeugt. Zusätzlich konnten die beiden Flotten wie auch die verschiedenen Auswertepakete verglichen werden.

4. Basislinienberechnung mit LGO/3D-Ausgleichung mit Trinet+

Neben der Basislinienberechnung mit der Bernese GPS Software wurde alternativ mit Leica Geo Office (V 8.2) berechnet. Durch die Verwendung von absoluten Antennenmodellen (Gruppenkalibrierwerte bei Feldflotte, individuelle Kalibrierwerte für AGNES), präzisen Ephemeriden, CODE-Ionosphärenmodellen und der manuellen Wahl der Frequenz (L1 für das Netz der neuen Fixpunkte, L3 für das übergeordnete AGNES-/TECVAL-Netz) konnte das Netz auch mit einer Standardsoftware ausgewertet werden und somit die Berechnung unabhängig kontrolliert werden.

Das hybride Netz wurde mit Trinet+ (V 7.2) ausgeglichen. Somit konnten die GNSS-

Messungen, die tachymetrischen Messungen und die Daten des Nivellements nach der Aufbereitung in anderen Auswerteprogrammen in einer 3D-Gesamtausgleichung ausgewertet werden.

5. Ergebnisse

Dank der redundanten Feldmessung mit zwei Instrumentenflotten und der doppelten Auswertung (zwei Auswertesoftware) sind nun auch entsprechende Vergleiche möglich. Speziell bei der Auswertung bietet sich auch der Vergleich zwischen der Auswertung mit der Frequenz L1 und der Verwendung der Linearkombination L3 an.

Hierzu wurden die L1-, L3- und eine kombinierte Auswertung (aus der Auswertung mit der Bernese GPS Software) der beiden Flotten mittels einer Transformation (drei Translationen, keine Rotationen, kein Masstab) verglichen.

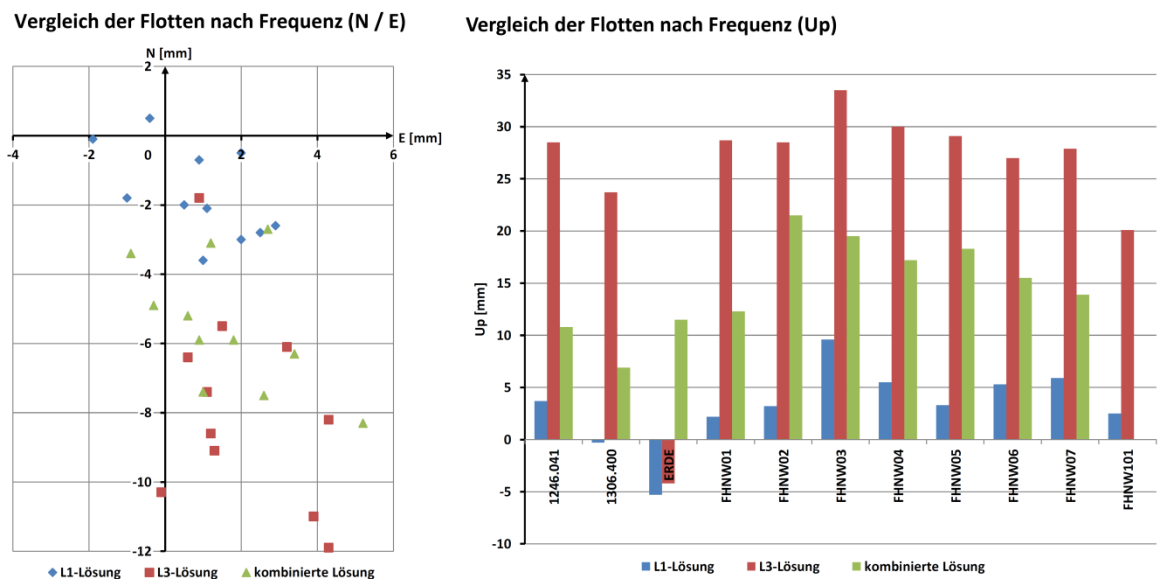


Abbildung 2: Vergleich der beiden Flotten (Residuen der Transformation, jede Frequenz separat transformiert, Resultate aus der Bernese Auswertung)

In der Abbildung 2 ist deutlich zu erkennen, dass der Vergleich der beiden L1-Lösungen deutlich kleinere Residuen aufweist als bei den L3-Lösungen, da der Einfluss der verschiedenen Antennenmodelle bedeutend kleiner ist.

6. Fazit

Bei GNSS-Messungen in einem kleinen regionalen Netz lohnt es sich, die Messungen so zu disponieren, dass – wo immer möglich – L1-Auswertungen durchführbar sind. Zudem können durch Einbezug von Daten von permanenten GNSS-Stationen bei der Auswertung Troposphärenparameter mitgeschätzt werden, was die Höhengenaugkeit verbessert.

7. Kontaktpersonen

Autor:	Sebastian Condamin	s.condamin@gmx.ch
	Joachim Schwarzgruber	jsc@gmx.ch
Examinator:	Prof. Beat Sievers	beat.sievers@fhnw.ch
Experte:	Dr. Elmar Brockmann	elmar.brockmann@swisstopo.ch