

# **Bachelor-Thesis 2017**

# **Grundlagen- und De- formations- messungen Felslabor Mont Terri**



**Autoren:**                    **Andrea Koch**  
                                      **Claude Haldi**

**Examinatoren:**   **Prof. Dr. Dante Salvini**  
                                 **Dipl. Ing. FH, Peter Mahler**

**Experte:**                    **Geomatik-Ing. MSc**  
                                      **Sebastian Condamin**

# Grundlagen- und Deformationsmessungen Felslabor Mont Terri

**Im Felslabor Mont Terri (St. Ursanne, JU) werden die spezifischen Eigenschaften des Opalinustons im Hinblick auf die Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen untersucht. Seit 2011 führt das Institut Vermessung und Geoinformation in Zusammenarbeit mit der swisstopo Deformationsmessungen durch, um die Stabilität des Felslabors zu überwachen. Die Messungen von 2017 dienen auch als Bestandsaufnahme, da 2018 das Felslabor um eine Galerie erweitert wird. Die Auswertung erfolgte sowohl in einer herkömmlichen epochalen Ausgleichung als auch in einer sogenannten Multiepochenausgleichung. Diese Arbeit beschreibt die durchgeführten Arbeiten und gibt Aufschluss über die erreichten Resultate und Erkenntnisse.**

**Schlagworte:** epochale Ausgleichung, Multiepochenausgleichung, Felslabor Mont Terri, LTOP, Deformationsmessungen

## 1. Aufgabenstellung

Mittels einer epochalen und einer multiepochalen Ausgleichung (MEA) waren die 27 Felslaborpunkte in Lage und Höhe mit hoher Präzision zu bestimmen und signifikante Lage- und Höhenverschiebungen zur Vorepoche 2015 zu detektieren (Signifikanzniveau: 95%). Durch die MEA können geodätische Netze über mehrere Epochen ausgeglichen werden. Das hat den Vorteil, dass damit die Lagerungspunktkoordinaten verbessert und die relativen Konfidenzellipsen zwischen den einzelnen Epochen eines Punktes bestimmt werden können.

## 2. Messkampagne

Am Nord- und Südportal des Tunnels wurden 13 Punkte jeweils mittels langstatischen GNSS-Messungen (24 - 48 Stunden) gemessen. Die erste Session wurde im Rahmen des Blockkurses vom Mai durch Studierende des sechsten Semesters durchgeführt. Die zweite und dritte Session wurden von der swisstopo vorgenommen. Diese Portalpunkte stabilisieren das Netz in der Lage mit ihren hohen Genauigkeiten (1-2mm) wesentlich.

Um die Höhe der Felslaborpunkte zu bestimmen wurde von den Studierenden des zweiten Semesters ein Präzisionsnivelement ausgehend von einer Höhenfixpunktgruppe des Landesnivelements (HFP1), welche sich beim Bahnhof St. Ursanne befindet, durchgeführt.

Zur genauen Lagebestimmung der Felslaborpunkte wurde durch den gesamten Tunnel ein Polygonzug gemessen. Das Netz beinhaltet insgesamt 51 Stationspunkte. Um höchste Genauigkeiten bei der Zentrierung der Stative zu erreichen, wurden Nadirlote und Zentrierschlitten eingesetzt. Zudem wurden von der swisstopo bei vier Punkten Kreiselmessungen zur unabhängigen Überprüfung der Richtungsübertragung in den Tunnel vorgenommen.

Die Messungen wurden mit Softwareprodukten von swisstopo (LTOP, LNAUS, PCTRI2, PCNIV2, GeoSuite) und Leica (Leica Geo Office) ausgewertet.

### 3. Auswertung

Als erstes ging es darum, die Messungen der eingesetzten Messtechnologien einzeln aufzubereiten. Anschliessend wurde eine konventionelle epochale Ausgleichung 2017 durchgeführt. Die bereinigten Messdaten flossen dann samt den Daten der MEA 2007 – 2015 in die MEA 2017 ein. Es wurden zwei Lagerungen im Bezugsrahmen LV95 (Lage) und LN02 (Höhe) durchgeführt. Einerseits eine absolute Lagerung, um die Koordinatengenauigkeit bezüglich der Fixpunkte ausserhalb des Tunnels zu ermitteln und andererseits eine relative Lagerung beim Felslabor, um die Verschiebungen in Lage und Höhe bezüglich der Vorepochen zu eruieren. In einer ersten Iteration wurden zuerst die Koordinaten der Lagerungspunkte invariabel geschätzt. Daraufhin folgte eine zweite Iteration, in welcher die Näherungskordinaten durch die neu geschätzten Koordinaten ersetzt wurden (Abb. 1).

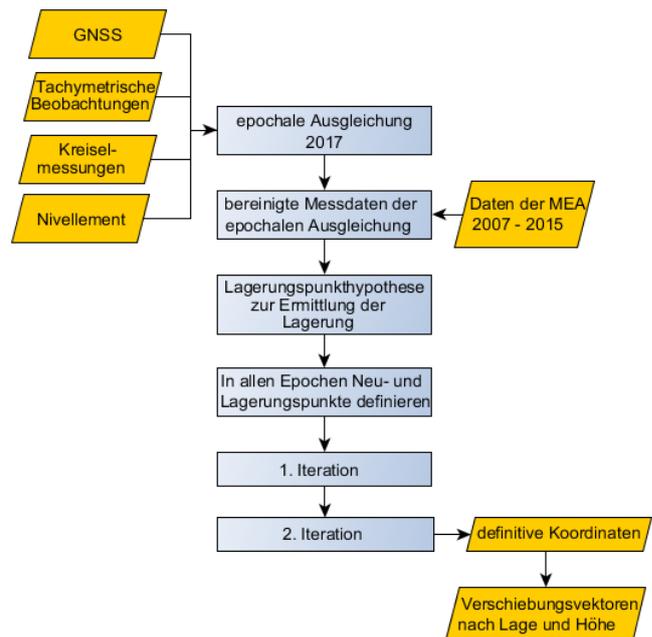


Abb. 1: Auswertekonzept der Multiepochenausgleichung

### 4. Resultate

In der Lage haben sich bezüglich der Vorepoche 2015 zwölf Felslaborpunkte signifikant verschoben (maximal 2.8 mm) und in der Höhe 20 signifikant gehoben (maximal +2.3 mm). Die meisten Lageverschiebungen sind im westlichen Bereich des Labors und die Hebungen nördlich der vorhandenen geologischen Bruchzone zu verzeichnen (Abb. 2 und 3).

Die relative Genauigkeit der Koordinatenbestimmung in der Lage bezüglich den Lagerungspunkten beim Felslabor beträgt im Durchschnitt 0.9 mm (2.45  $\sigma$ , 2D, Signifikanzniveau 95%). Die Höhengenaugigkeit beträgt durchschnittlich 0.2 mm (1.96  $\sigma$ , 1D, Signifikanzniveau 95%).

In Abbildung 2 und 3 sind die Lage- und Höhenverschiebungen der Felslaborpunkte im Zeitraum 2007 – 2017 ersichtlich.

Die absolute Genauigkeit der Koordinatenbestimmung bezüglich den Fixpunkten ausserhalb des Tunnels beträgt in der Lage im Durchschnitt 3.1 mm (2.45  $\sigma$ , 2D, Signifikanzniveau 95%) und in der Höhe durchschnittlich 0.7 mm (1.96  $\sigma$ , 1D, Signifikanzniveau 95%).

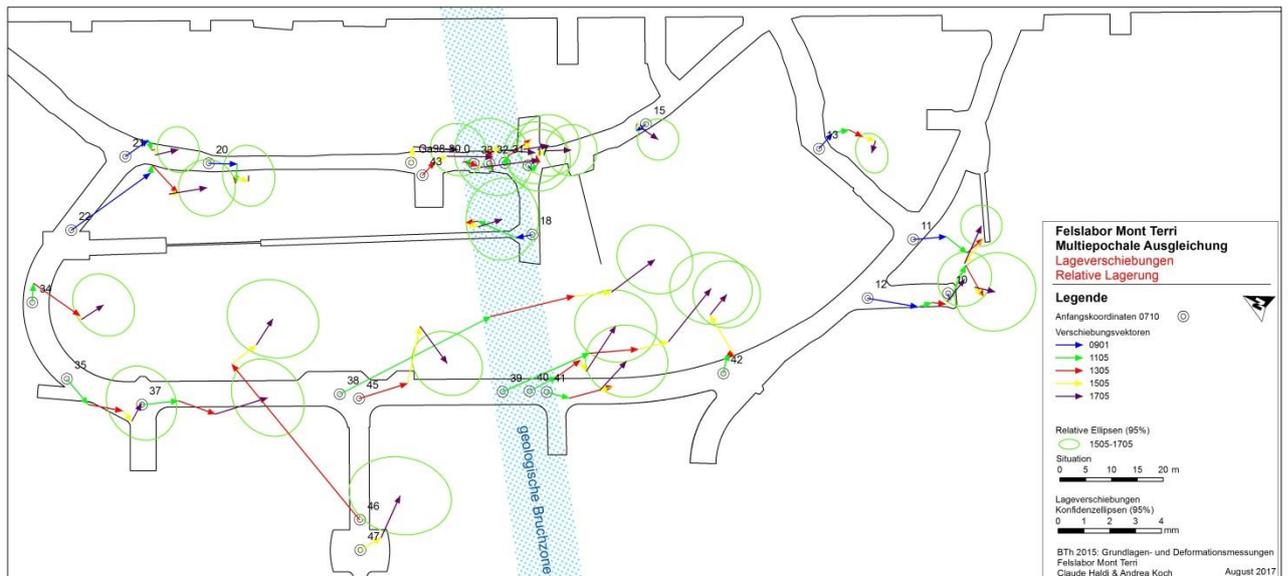


Abb. 2: Lageverschiebungen der Felslaborpunkte von 2007-2017 mit den relativen Konfidenzellipsen 2015-2017

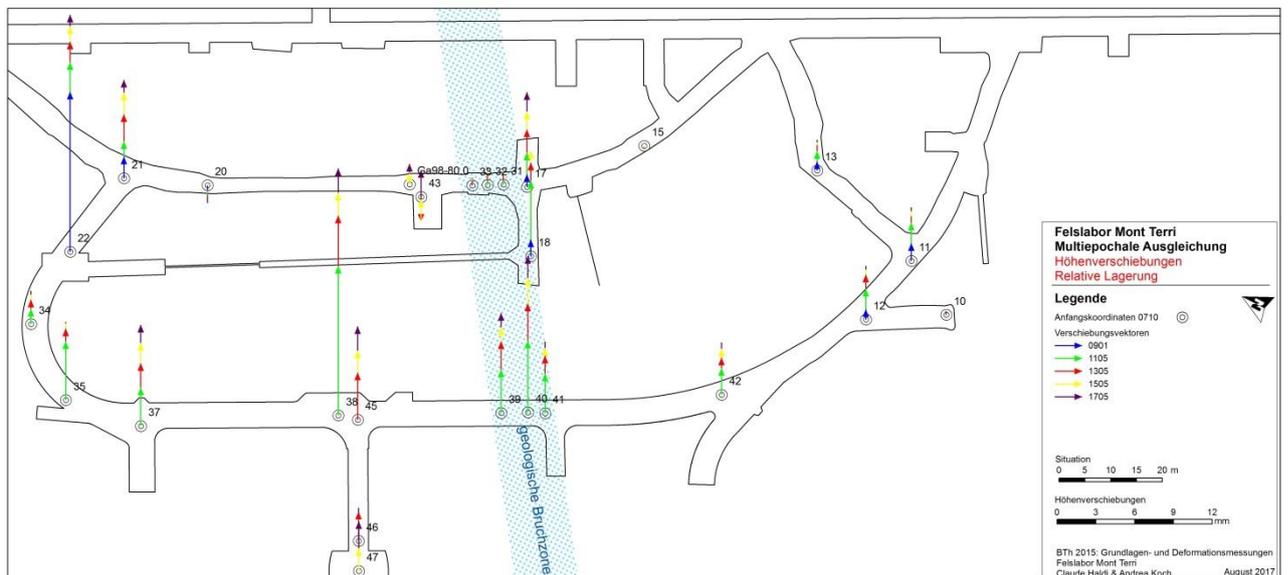


Abb. 3: Höhenverschiebungen der Felslaborpunkte von 2007-2017

## 5. Fazit

Der Trend der Lageverschiebungen Richtung Süd-Osten ist ähnlich wie in den Vorgängerepochen. In der Höhe konnte wiederum die Hebung aller Punkte nördlich der geologischen Bruchzone bestätigt werden. Einen wesentlichen Anteil an der guten absoluten Genauigkeit der Koordinatenbestimmung im Felslabor tragen die Messungen zu den zwischen 1.5 – 4 km entfernten Anschlusspunkten beim Nord- und Südportal bei, welche bei optimalen Witterungsbedingungen (bedeckter Himmel) gemessen werden konnten.

Die Zuverlässigkeiten der Felslaborkoordinaten konnten durch jeweils zwei Stationierungen pro Punkt gegenüber den Vorepochen verbessert werden.

Für die Laborerweiterung, welche nächstes Jahr stattfindet, stellt die Messepoche 2017 eine gute Grundlage dar.

Autoren:	Andrea Koch	andi_koch@hotmail.com
	Claude Haldi	claud_haldi@hotmail.com
Examinatoren:	Prof. Dr. Dante Salvini	dante.salvini@fhnw.ch
	Dipl. Ing. FH Peter Mahler	peter.mahler@fhnw.ch
Experte:	Geomatik-Ing. MSc	
	Sebastian Condamin	sebastian.condamin@swisstopo.ch