

## Vermessung Blockgletscher Val da l'Acqua (2007)



**Datum: 08.11.2007**

Christian Schmid  
Schweizerischer Nationalpark  
Bereich Rauminformation  
Chasa dal Parc  
7530 Zernez

[christian.schmid@nationalpark.ch](mailto:christian.schmid@nationalpark.ch)  
<http://www.nationalpark.ch>

## Inhaltverzeichnis

Einführung .....	3
Rekognoszierung .....	3
Planung .....	4
Messequippe 2007 .....	4
Auswertung 2007 .....	4
Resultate Val da l'Acqua 2007 .....	5
Ausblick 2008 .....	5

## Beilage

B1:	Messkonzept 2007
B2:	Definitives Messkonzept 2007
B3:	Stationierungen
B4:	Resultate 2007
B5:	A priori- Genauigkeitsbetrachtung
B6:	Auswertung 2007

## Verweise

- Alle Auswertungsunterlagen: Projektordner, Kap. 4
- Punktprotokolle/Fotos: Projektordner, Kap. 3 und 5

## Vermessung Blockgletscher Val da l'Acqua (2007)

### Einführung

Der Blockgletscher befindet sich im Val da l'Acqua, ein kleines Seitental auf der orographisch linken Seite des Spöltals. Er erstreckt sich über eine Länge von ca. 2.2 km in einem Höhenbereich zwischen 2200-2800 m.ü.M.

Das Projekt zur Analyse der Deformationen dieses grossen Objektes wurde letztes Jahr durch Chr. Schlüchter der Uni Bern neu initiiert und von Ruedi Haller, Jonathan Raper und Barbara Nägeli dieses Frühjahr zusätzlich aufbereitet.

Ziel des Projekts ist einerseits die Initialisierung von Deformationsmessungen innerhalb eines geeigneten Deformationsnetzes. Da kaum noch bestehende Vermessungspunkte vorhanden sind, muss ein neues Messnetz konzipiert werden.

Das Ziel des Projekts ist es, die jährlichen Verschiebungen der einzelnen Messpunkte in einer Messreihe gegenüberzustellen und Aussagen zum Verhalten des gesamten Blockgletschers zu machen.

Das Gebiet ist schwer zugänglich (3 h Fussmarsch) von Punt la Drossa über Punt Periv auf den Wanderwegen und danach dem Talgrund des Val da l'Acqua folgend. Mit Vorteil wird die orographisch rechte Talseite für Auf- und Abstieg benutzt. Der Zustieg über Murtarous wird nicht empfohlen (Hangneigung über 30 Grad!).

Im Gegensatz zur Val Sassa soll nur der unterste Teil des Blockgletschers (ca. letzte 150 m) überwacht werden. Es ist dabei vor allem die Bewegung der Stirn von Interesse. Darüber hinaus werden weitere Messpunkte systematisch über den Blockgletscher verteilt.

Ein Deformationsnetz besteht idealerweise aus einem, das Gebiet umgebenden, Punkterahmen. Diese Punkte, die im Idealfall lagemässig bereits genau bekannt sind, sollten sich auf möglichst stabilem Untergrund (Fels) befinden. Falls vorhanden werden alle tachymetrischen Messungen innerhalb des zu überwachenden Gebiets bei der Auswertung auf diese Koordinaten abgestützt. Allerdings sollen auch diese Kontrollpunkte (Festpunkte) genügend kontrolliert sein und mindestens in zwei Messserien gemessen werden.

Aufgrund des Luftbildvergleichs von B.Nägeli (1963/1973/2000) in Ihrem Praktikum 2006 im SNP ist eine jährliche Deformation des Blockgletschers je nach Lage von bis gegen 50 cm/Jahr zu erwarten. Als realistischen Verschiebungswert für die neuen Messpunkte sind hingegen 20-30 cm/Jahr anzunehmen.

Grundlagen zu den beiden grossen Blockgletschern im SNP sind in der Praktikumbericht von B.Nägeli (2007) zu finden.

### Rekognoszierung

Im Jahr 2006 wurde eine erste Rekognoszierung vorgenommen und der Blockgletscher nochmals dokumentiert (siehe Bericht von B.Nägeli).

Ein erstes provisorisches Messkonzept wurde auf Basis des Orthophoto 2000 und der Fotodokumentation erstellt. Es diente als Grundlage für die Rekognoszierung vom 05.10.2007, an der Christian Schmid und Antonia Eisenhut beteiligt waren.

Im Feld wurden die Standorte verifiziert und geeignete Felsen für die Versicherung der Punkte gewählt. Die Kriterien waren: Wenn immer möglich eine waagrechte Auflage, die Visibilität hinsichtlich einer tachymetrischen Vermessung und eine hinsichtlich Deformationen des Blockgletschers günstige Lage der Punkte.

Eine geeignete Versicherung für Kontrollpunkte wurde lediglich auf der orographisch linken Talseite und unterhalb der Stirn gefunden. Es wurden letztendlich 6 Kontrollpunkte, wie bereits die 19 Messpunkte, mit Nagel (in Bohrloch mit Silikonfuge) versichert.

## Planung

Die Messequipe wurde für Woche 41 festgelegt und die Feldarbeiten sollten in höchstens 2 Tagen abgeschlossen sein (total 27 Messungen „Fast-Static“). Die Rekognoszierung hatte gezeigt, dass wegen des beschwerlichen Anmarsches ein Minimum an Material notwendig ist. Dafür wurden eigens zwei sehr leichte Kurzstative bestellt. Da die Lieferung in Verzug geriet, musste ganz auf Stative verzichtet werden.

Es standen uns wiederum drei GPS der Uni Zürich (*Trimble 4700*, *Trimble 5700*) zur Verfügung, wovon jedoch nur Zwei eingesetzt wurden.

Aus Erfahrung wird für die differentielle Korrektur auf eine virtuelle Referenzstation und auch auf eine eigene Referenzstation (Problem Stromversorgung) verzichtet.

Ausserdem wird auf eine Kontrolle aller Messpunkte (2. unabhängige Messung mit GPS) aus Zeitgründen verzichtet. Eine Kontrolle ergibt sich jedoch im Vergleich der Koordinaten aus zwei Messequippem (2007-2008). Allerdings ist so nicht ganz auszuschliessen, dass kleine Messfehler fälschlicherweise für Verschiebungen gehalten werden !

Um eine konkrete Aussage über die Zuverlässigkeit unserer Messungen machen zu können, sollten wenigstens 2 Messpunkte innerhalb der Messequipe zweimal gemessen werden.

→ Planungsunterlagen siehe Beilagen B1, B2, B3.

## Messequipe 2007

Die Messequipe fand am 12.10.2007 statt. Mit beteiligt waren Birgit Schwabe, und Christian Schmid.

Stationiert wurden die Punkte lediglich mit dem Aufsatz für die GPS-Antenne (Siehe B3). Die Höhe konnte relativ genau gemessen werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass auf diese Weise eine Zentriergenauigkeit von ca. 5 mm erreicht wird. Es konnte ausserdem nur durch Augenmass horizontiert werden, dabei wirkt sich die kleine Parallaxe auf die Zentrierungenauigkeit positiv aus.

Wie nach der Rekognoszierung vermutet stellten die Abdeckungen keinerlei Probleme für die Satellitenverfügbarkeit dar. Die 27 Messungen konnten an einem Tag erfolgreich abgeschlossen werden. Allerdings ist die Stromversorgung knapp und reicht für *Trimble 4700* und *Trimble 5700* nicht über die 7 Stunden hinaus !

## Auswertung 2007

Die Auswertung im Postprocessing erfolgte mit der Software *Trimble Geomatics Office*.

Für die differentielle Korrektur der Messungen beim Postprocessing wurde die AGNES-Station in Ardez als Referenzstation verwendet (swisstopo). Alle Rohdaten sind unter dem Laufwerk Q:\prjdata\geo\blockstrom\origdata\ nach Messdatum sortiert zu finden. Die RINEX-Dateien entsprechen den Daten der AGNES-Station.

Für die Lage- und Höhengengenauigkeit unserer GPS-Messungen wurde ein gängiger Erfahrungswert von 12 mm bzw. 20 mm angenommen (Vermessung mit virtuellen Referenzstationen). Von unseren GPS-Geräten (*Trimble 5700*, *Trimble 4700*) ist eine Lagegenauigkeit von 5mm zu erwarten. Die Höhengengenauigkeit ist beim Vermessen mit GPS meist um Faktor 1.5-2 schlechter. Zusätzlich wird die Genauigkeit der Zentrierung über dem Messpunkt in die Berechnung mit hinein gebracht. Wie erwähnt beträgt diese ca. 5 mm. Durch die Fehlerfortpflanzung gelangt man zuerst zum mittleren Fehler einer Lageverschiebung (13.0 mm) und dem mittleren Fehler einer Höhenverschiebung (20.1 mm). Unsere Hypothese lautete zu Beginn: „Es liegen keine Verschiebungen vor“  
In der Folge wurde der t-Test für die Kontrolle von Verschiebungen durchgeführt.

Es wurde ein Vertrauensintervall von 99% gewählt. Der errechnete mittlere Fehler wird dabei mit einem entsprechenden Parameter ( $k=2.57$ ) multipliziert. Das Resultat ist nun das eigentliche Vertrauensintervall (-34mm bis +34mm) für die Differenz zweier Koordinaten. Nur die Kontrollpunkte 1 und 2 wurden durch eine zweite unabhängige Messung kontrolliert.

→ Siehe dazu Beilage B4 und B5.

## Resultate Val da l'Acqua 2007

### Statistische Beurteilung der Verschiebungen (Siehe Beilagen B5 und B6)

#### Die Fakten

- „Nullmessung 2007“: Es kann noch keine Aussagen über Verschiebungen gemacht werden.
- Genauigkeit Basislinien: Der RMS für eine einmal gemessene Koordinate liegt im Bereich zwischen 9 – 14 mm, einmal bei 19 mm (Punkt 35). Damit wird der veranschlagte a priori-Werte in der Lage (13 mm) ungefähr erreicht.
- Messgenauigkeit a posteriori der kontrollierten Punkte 1 und 2:  
Der Mittlere Fehler einer gemittelten Koordinate beträgt

$$m_E = 1 \text{ mm} , m_N = 3 \text{ mm} , m_H = 1 \text{ mm}$$

Diese Werte sind jedoch mit Vorsicht zu geniessen, da systematische Fehler nicht ausgeschlossen werden können (2 Messung innerhalb von 10 min !). Grobe Messfehler sind dadurch jedoch schon ausgeschlossen und es ist eine Aussage zur Zuverlässigkeit der Arbeiten.

→ Siehe dazu Beilage B4.

### Ausblick 2008

Im nächsten Jahr können alle Punkte mit den Kurzstativen stationiert werden und so zukünftig eine höhere Genauigkeit erzielt werden. Alle 6 Kontrollpunkte werden dann ein zweites und voraussichtlich letztes Mal gemessen und sind somit auch kontrolliert. Dies natürlich in Abhängigkeit, ob 2008 tatsächlich keine Verschiebungen auf diesen Punkten festgestellt werden.

Es gilt die Bestrebung, auf den Punkten jedes Jahr genau gleich zu stationieren. Dies kann systematische Fehler ausschalten und so wird zumindest die relative Genauigkeit einwenig erhöht.

## Vermessung Blockgletscher Val Sassa (2006-2007)



**Datum: 04.09.2007**

Christian Schmid  
Schweizerischer Nationalpark  
Abteilung Rauminformation und GIS  
Chasa dal Parc  
7530 Zernez

[christian.schmid@nationalpark.ch](mailto:christian.schmid@nationalpark.ch)  
<http://www.nationalpark.ch>

## Inhaltverzeichnis

Einführung .....	3
Messequipe 2006 .....	3
Auswertung und Resultate 2006 .....	3
Rekognoszierung .....	3
Planung .....	4
Messequipe 2007 .....	4
Auswertung 2007 .....	4
Resultate Val Sassa 2007 .....	5
Ausblick 2008 .....	6

## Beilage

B1:	Messkonzept 2007
B2:	Karte Blockgletscher Val Sassa 2007
B3:	Messnetz, Stationierungen
B4:	Resultate 2006
B4.1:	Auswertung 2006
B5:	Resultate 2007
B5.1:	Auswertung 2007
B6:	Verschiebungen 2006-2007
B7:	Übersichtsplan Val Sassa

## Verweise

- Alle Auswertungsunterlagen: Projektordner, Kap. 4
- Punktprotokolle/Fotos: Projektordner, Kap. 5

## Vermessung Blockgletscher Val Sassa (2006-2007)

### Einführung

Der Blockgletscher befindet sich im Val Sassa, ein südlich weiterführendes Tal des Val Cluozza. Er erstreckt sich über eine Länge von ca. 2.5 km in einem Höhenbereich zwischen 2100-2800 m.ü.M.

Das Projekt zur Analyse der Deformationen dieses grossen Objektes wurde letztes Jahr durch Chr. Schlüchter der Uni Bern neu gestartet und von Ruedi Haller, Jonathan Raper und Barbara Nägeli dieses Frühjahr zusätzlich aufbereitet.

Ziel des Projekts ist einerseits die Initialisierung von Deformationsmessungen innerhalb eines geeigneten Deformationsnetzes. Als Basis soll wo immer möglich und sinnvoll das existierende, alte Messnetz verwendet werden.

Das Ziel des Projekts ist es, die jährlichen Verschiebungen der einzelnen Messpunkte in einer Messreihe gegenüber zustellen und Aussagen zum Verhalten des gesamten Blockgletscher zu machen.

Wie erwähnt existieren bereits alte Messpunkte aus einer früheren, rein tachymetrischen Messerie (ab 1963). Diese sind jedoch teilweise in einem schlechten Zustand und mussten im letzten Sommer zuerst einmal aufgefunden, neu markiert bzw. neu versichert werden. Da das Gelände sehr unwegsam und weit abgelegen (4 h Fussmarsch von Zernez !) ist und grosse Höhenunterschiede aufweist gestalten sich die Arbeiten als vermessungstechnische und logistische Herausforderung.

Es konnten in einer letztjährigen Equipe schliesslich 8 Punkte mit GPS im unteren Bereich des Blockgletschers eingemessen werden. Diese Messungen bilden, zusammen mit den neuen Messungen von 2007 die „Nullmessung“.

Ein Deformationsnetz besteht idealerweise aus einem, das Gebiet umgebenden, Punkterahmen. Diese Punkte, die im Idealfall lagemässig bereits genau bekannt sind, sollten sich auf möglichst stabilem Untergrund (Fels) befinden. Alle tachymetrischen Messungen innerhalb des zu überwachenden Gebiets werden bei der Auswertung auf diese Koordinaten abgestützt. Allerdings sollen auch diese Kontrollpunkte (Festpunkte) genügend kontrolliert sein und mindestens in zwei Messserien gemessen werden.

Grundlagen und weitere Informationen zu den Blockgletschern im SNP sind in der Praktikumsarbeit von Barbara Nägeli zu finden.

### Messequipe 2006

RH, CM, AT waren an der Vermessungskampagne am 18.06.2006 beteiligt. Zu den Arbeiten gehörte die Erneuerung der Markierungen und teilweise Neuversicherung der Messpunkte mit Messnägeln. Ausserdem wurden gut sichtbare Signalisationen angebracht um später die Punkte wieder besser auffinden zu können.

Die Versicherungsart der Messpunkte ist in Beilage B3 ersichtlich.

In der zur Verfügung stehenden Zeit wurden 8 Punkte (2 Kontrollpunkte und 6 Messpunkte) mit einem GPS Trimble 4700 eingemessen. Der Versuch mit eigener Referenzstation auf Ova Spin zu messen ist aus technischen Gründen gescheitert.

### Auswertung und Resultate 2006

Differentiell korrigiert wurden die Messungen im Postprocessing alleine mit den Daten der AGNES-Station Ardez, nachdem die Korrektur mit einer VRS keine plausiblen Resultate lieferte. Die Resultate sind in der Beilage B4 ersichtlich.

### Rekognoszierung

Bei der Rekognoszierung wurde versucht das ganze Messnetz abzugehen, die Punkte zu dokumentieren um anschliessend ein definitives Messkonzept erstellen zu können.

Seit Mai steht uns ein eigener hochpräziser Tachymeter (Leica TCR702) zur Verfügung.



Somit ergab sich die Möglichkeit ein kombiniertes Netz (Tachymeter und DGPS) aufzubauen. Dies hat den grossen Vorteil, auch Messpunkte mit zu grossen Abdeckungen für GPS trotzdem einmessen zu können.

## Planung

Als Start der Messequipe wurde der 04.07.07 festgelegt und die Feldarbeiten sollten in 2-3 Tagen abgeschlossen sein, was eine gute Planung und Organisation (Materialtransport !) voraussetzte. Dank der Baustelle bei der Cluozzahütte konnte ein Grossteil des Materials mit dem Hubschrauber hoch und runter geflogen werden. Für den händischen Transport von der Hütte hoch zum Blockgletscher waren dann jedoch 5 Leute nötig !

Aus Erfahrung wird für die differentielle Korrektur auf eine virtuelle Referenzstation und auch auf eine eigene Referenzstation (Problem Stromversorgung) verzichtet. Die Rohmessungen sollten noch im Feld gesichtet und gesichert werden.

Das Messnetz wurde kombiniert (GPS und Tachymeter) geplant. Im unteren Bereich des Blockgletschers sollte mit einer Freien Station die GPS untauglichen Kontrollpunkte (13,14, ev.12) eingemessen werden. Als Anschlusspunkte sollten die Kontrollpunkte 7, 6 und 15 (ev. 12) dienen.

Ausserdem standen uns die zwei GPS der Uni Zürich (*Trimble 4700*, *Trimble 5600*) zur Verfügung.

Aufgrund der Messanlage wurde auf die Messung von Punkt 2, 10 verzichtet.

Ausserdem wird auf eine Kontrolle aller Messpunkte (2. unabhängige Messung mit GPS) aus Zeitgründen verzichtet. Eine Kontrolle ergibt sich jedoch im Vergleich der Koordinaten aus zwei Messequppen (2006-2007). Allerdings ist so nicht auszuschliessen, dass kleine Messfehler fälschlicherweise für Verschiebungen gehalten werden !

Um eine konkrete Aussage über die Zuverlässigkeit unserer Messungen machen zu können, sollte wenigstens 1 Messpunkt innerhalb der Messequipe zweimal gemessen werden.

Planungsunterlagen siehe Beilagen B1, B2, B3.

## Messequipe 2007

Birgit Schwabe, Corsin Simeon, Barabara Neumann, RH und CS und später noch Mike Rehnus waren an der diesjährigen Messequipe beteiligt.

Sehr wechselhaftes, windiges Wetter und ein zu wenig durchdachtes Messkonzept verhinderten jedoch den erfolgreichen Einsatz des Tachymeters. Da zudem ein GPS-Kabel (*Trimble 4700*) einen Defekt hatte konnte nur noch mit einem GPS vermessen werden. Am 04.07 konnten demnach nur 8 Punkte und am 05.07. noch zusätzlich 4 Punkte (MR, CS) vermessen werden. In der darauf folgenden Woche am 13.07. konnten die restlichen Punkte bei sehr guten Bedingungen erfolgreich gemessen werden.

Die Punkte 13 und 14 konnten wegen der erwartet grossen Abdeckung nicht mit GPS gemessen werden. Siehe Beilagen B1, B2 und B3.

## Auswertung 2007

Die Auswertung im Postprocessing erfolgte mit der Software *Trimble Geomatics Office*. Für die differentielle Korrektur der Messungen beim Postprocessing wurde die AGNES-Station in Ardez als Referenzstation verwendet (swisstopo). Alle Rohdaten sind unter dem Laufwerk Q:\prjdata\geo\blockstrom\origdata\ nach Messdatum sortiert zu finden. Die RINEX-Dateien entsprechen den Daten der AGNES-Station.

Für die Lage- und Höhengenaugigkeit unserer GPS-Messungen wurde ein gängiger Erfahrungswert von 12 mm bzw. 20 mm angenommen (Vermessung mit virtuellen Referenzstationen). Von unseren GPS-Geräten (*Trimble 5600*, *Trimble 4700*) ist eine Lagegenauigkeit von 5mm zu erwarten. Die Höhengenaugigkeit ist beim Vermessen mit GPS meist um Faktor 1.5-2 schlechter. Zusätzlich wird die Genauigkeit der Zentrierung über dem Messpunkt in die Berechnung mit hinein gebracht.

Durch die Fehlerfortpflanzung gelangt man zuerst zum mittleren Fehler einer Lageverschiebung (13.0 mm) und dem mittleren Fehler einer Höhenverschiebung (20.1 mm). Unsere Hypothese lautete zu Beginn: „Es liegen keine Verschiebungen vor“

In der Folge wurde der t-Test für die Kontrolle von Verschiebungen durchgeführt.

Es wurde ein Vertrauensintervall von 99% gewählt. Der errechnete mittlere Fehler wird dabei mit einem entsprechenden Parameter ( $k=2.57$ ) multipliziert. Das Resultat ist nun das eigentliche Vertrauensintervall (-34mm bis +34mm) für die Differenz zweier Koordinaten. Nur die Punkte 22, 26 und 27 wurden durch eine zweite unabhängige Messung kontrolliert. Siehe dazu Beilage B5.1 und B6.

## Resultate Val Sassa 2007

### Statistische Beurteilung der Verschiebungen (Siehe Beilagen B5 und B6)

#### Die Fakten

- Genauigkeit Basislinien: Der RMS für eine einmal gemessene Koordinate liegt im Bereich zwischen 7-14 mm im Jahr 2006 und 8-16 mm im Jahr 2007. Damit wird der veranschlagte a priori-Werte in der Lage (13 mm) ungefähr erreicht.
- Messgenauigkeit a posteriori der kontrollierten Punkte 22, 26, 27:  
Der Mittlere Fehler einer gemittelten Koordinate beträgt  
 $m_E = 3 \text{ mm}$  ,  $m_N = 4 \text{ mm}$  ,  $m_H = 3 \text{ mm}$
- Punkt 22 hat sich in der Höhe um 8.4 cm gesenkt. Es liegen keine signifikanten Lageverschiebungen vor.
- Punkt 26 hat sich in der Lage um 10.8 cm in Richtung Azimut 20.96 gon verschoben, und in der Höhe um 16.2 cm gesenkt.
- Bei den Punkten 16, 20, 25 liegt zwar rein rechnerisch auch eine Lageverschiebung vor. Da sie jedoch sehr nahe bei den Grenzwerten (34 mm) liegen, wird für diese Punkte die Hypothese, dass keine Lageverschiebung vorliegt, trotzdem angenommen.
- Da alle Punkte 2006 ohne Stativ, nur mit der Antenne direkt auf dem Fels, gemessen wurden sind die errechneten Verschiebungen mit Vorsicht zu geniessen. Bei Überwachungs- und Deformationsmessungen ist es sehr wichtig, dass die Netz- und die Messanlage jedes Jahr möglichst identisch ist. So wird zumindest die relative Genauigkeit einwenig erhöht.
- Die Zuverlässigkeit ist von der Anzahl an überschüssigen Beobachtungen (=GPS-Stationierungen) pro Vermessungspunkt abhängig. Die kontrollierten Messungen auf Punkt 22, 26 und 27 haben die Zuverlässigkeit (04.07. und 13.07.) unserer Arbeiten gezeigt. Die Abweichungen liegen im mm-Bereich. Auf eine Kontrolle (2.Messung) aller anderen Punkte musste wegen dem grossen zeitlichen Aufwand verzichtet werden. Die erhaltenen Koordinaten scheinen plausibel.
- Da die Equipe 2007 eine Nullmessung darstellt, können erst 2008 mehr und wissenschaftlich belegte Aussagen über die Verschiebung des Blockgletschers gemacht werden. Unsere Messgenauigkeit ist im Prinzip zu schlecht um jährlich für alle Punkte eine Verschiebung zu detektieren (sehr lange Basislinie) ! Oder positiver formuliert, die Verschiebungen im Normalfall zu kein.
- Es ist zu vermuten, dass sich alle Messpunkte auf dem Blockgletscher einige mm Richtung Tal verschoben haben.

## **Ausblick 2008**

Im nächsten Jahr wird voraussichtlich von Beginn an nur auf GPS gesetzt. Die Kontrollpunkte werden ein zweites und voraussichtlich letztes Mal gemessen und sind somit auch kontrolliert. Dies natürlich in Abhängigkeit, ob 2008 tatsächlich keine Verschiebungen festgestellt werden.

Ansonsten gilt die Bestrebung, auf den Punkten jedes Jahr genau gleich zu stationieren. Dies kann systematische Fehler ausschalten und so wird zumindest die relative Genauigkeit einwenig erhöht.