

Bewegungsmessungen am Blockgletscher Val Sassa 2013



Datum: 05.11.2013

Christian Schmid
Schweizerischer Nationalpark
Bereich Forschung und Geoinformation
Chastè Planta-Wildenberg
7530 Zernez

christian.schmid@nationalpark.ch
<http://www.nationalpark.ch>

Inhaltverzeichnis

Einführung	3
Planung	3
Messequippe 2013	4
Auswertung 2013	4
Resultate Val Sassa 2013	5
Ausblick 2014	6

Beilage

- B1: Karte Messnetz Blockgletscher Val Sassa
- B2: Berechnungsprotokoll Leica Geo Office
- B3: Resultate 2013
- B4: Verschiebungen 2006-2013 / 2008-2013 / 2010-2013

Verweise

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

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 im Jahr 2006 durch Chr. Schlüchter der Universität Bern neu gestartet und von Ruedi Haller, Jonathan Raper und Barbara Nägeli zusätzlich aufbereitet.

Ziel des Projekts ist einerseits die Initialisierung von Deformationsmessungen innerhalb eines geeigneten Deformationsnetzes. Das Ziel des Projekts ist es, die jährlichen Verschiebungen der einzelnen Messpunkte in einer Messreihe gegenüber zustellen und Aussagen zum Verhalten des gesamten Blockgletschers zu machen.

Wie erwähnt existieren bereits alte Messpunkte aus einer früheren, rein tachymetrischen Messserie (ab 1963). Diese sind jedoch teilweise in einem schlechten Zustand und mussten im Sommer 2006 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 ersten Messequipe 2006 schliesslich 8 Punkte mit GNSS 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.

In einer Cratschla-Ausgabe von 2012 und im Atlas des Schweizerischen Nationalparks (Okt. 2013) sind Beiträge zu den beiden grossen Blockgletschern inkl. den jüngsten Resultate und Erkenntnisse erschienen.

Planung

Die diesjährige Messequipe war auf Mitte August angesetzt worden und konnte auch wie geplant durchgeführt werden. In den beiden Jahren 2008 und 2009 allerdings konnten aufgrund der Schneelage und der Jahresplanung im Bereich Rauminformation die Arbeiten erst Ende August bzw. Anfang September ausgeführt werden. Dies gilt es später bei der Interpretation der Messresultate zu berücksichtigen!

Wie in den Jahren zuvor fanden die Vermessungen an einem einzigen Tag statt. Je nach Fortschritt der Arbeiten sollen auch die Kontrollpunkte an den Bergflanken ein 2. Mal vermessen werden.

Messequippe 2013

Fabian Kessler, der diesjährige GIS-Praktikant, begleitete CS bei den Arbeiten.

Wir brachen am 14.08.2013 kurz vor 7.00 Uhr bei guten äusseren Bedingungen von der Cluozzahütte auf und konnten die Arbeiten um ca. 09.00 Uhr auf dem Blockgletscher starten. Die mittleren Messzeiten (Modus „kurzstatisch“) betragen 5-7 Min. Es wurde mit dem Ministativ und Dreifuss stationiert. Bei einigen Punkten war es sinnvoll mit der Antenne direkt auf der Oberfläche zu stationieren, anstatt mit dem Stativ, um eine kleine Parallaxe (<5mm) garantieren zu können. Es wird darauf geachtet, dass auf jedem Punkt jedes Jahr gleich stationiert wird.

In diesem Jahr wurden zusätzlich die beiden vermuteten Festpunkte 4 und 5 kontrolliert.

Auswertung 2013

Die Auswertung im Postprocessing erfolgte mit der Software *Leica Geo Office (LGO) v8.3*. Um Basislinienprozessieren zu können braucht man eine separate Lizenz. Wir konnten dafür wieder eine temporäre Lizenz für das Basislinienmodul bei Leica Geosystems beziehen.

Für die differentielle Korrektur der Messungen beim Postprocessing wurde die AGNES-Station in Ardez (ARD2) als Referenzstation verwendet (swisstopo). Alle Rohdaten sind unter dem Laufwerk *Q:\projdata\geo\blockstrom_sassa_aqua\origdata\val_sassa* nach Messdatum sortiert zu finden. Die RINEX-Dateien entsprechen den Daten der AGNES-Station.

Für die Lage- und Höhengenaugigkeit unserer GNSS-Messungen wurde ein gängiger Erfahrungswert von 13 mm bzw. 20 mm angenommen (Vermessung mit virtuellen Referenzstationen). Von unserem GNSS-Gerät (*GNSS1200*) ist mit „Fast-Static“ eine Lagegenauigkeit von 5mm zu erwarten. Die Höhengenaugigkeit ist beim Vermessen mit GNSS 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. Aus Zeitgründen wurde auch dieses Jahr darauf verzichtet, die Punkte redundant zu vermessen. Siehe dazu *Beilage B4*.

Resultate 2013

Statistische Beurteilung der Verschiebungen (Beilage B3 und B4)

- Genauigkeit Basislinien: Der Mittlere Fehler einer einmal gemessenen Koordinate liegt in der Lage im Bereich von 8 mm, in der Höhe bei 17 mm.
- Dies ergibt in der Lage einen mittleren Punktfehler von etwa 10 mm.
- Nur die Punkte 22, 26, 28, 31 und 19a haben sich im Vergleich zu letztem Jahr signifikant verschoben. Der grösste Verschiebungswert ist mit 19.3 mm in Punkt 31. Die Verschiebung in Punkt 19a ist wie im letzten Jahr vermutet auf einen Messfehler zurückzuführen.
- Ausser Punkt 16, 17 und 29a haben sich alle Punkte leicht, aber signifikant, gesenkt. Die grösste Senkung ist mit -19.4 cm bei Punkt 31 festzustellen.
- Vergleicht man die Lageverschiebungen der einzelnen Jahre so stellt man eine gewisse Konstanz fest (Mittelwerte): 2006/2007: 4.1 cm, 2007/2008: 6.2 cm, 2008/2009: 5.6 cm., 2009/2010*: 3.7 cm, 2010/2011: 7.0 cm, 2011/2012: 7.3 cm, 2012/2013: 5.4 cm
*nur 10.5 Monate zwischen den Messungen
- Die absolute Lageverschiebung (Mittelwert) zwischen dem Jahr 2008 und 2013 beträgt 17.3 cm. Der mittlere Fehler des Mittelwerts - also seine Streuung - beträgt 3 cm.
- Die absolute Lageverschiebung (Mittelwert) zwischen dem Jahr 2006 und 2013 beträgt 21.8 cm.
- Die zwei Fixpunkte Nr. 4 und 5 scheinen eher keine Festpunkte zu sein: In der Lage ist eine Verschiebung von bis zu 46 mm detektiert worden.

Fazit

Von den 7 Messpunkten, die im Jahr 2006 und 2013 stationiert wurden, weisen inzwischen nur noch 2 Punkte keine signifikanten Lageverschiebungen auf.

Man stellt fest, dass die kleinen Verschiebungen über den ganzen Blockgletscher betrachtet nicht sehr gerichtet ablaufen – dies zeigt sich auch gut bei den einzelnen Verschiebungsvektoren (Azimute).

Punkt 31 hat sich um knapp 20 cm in der Lage verschoben und in der Höhe um knapp 20 cm gesenkt. Die Werte deuten eher auf eine Zunahme der Bewegung hin. Die Bewegung scheint über die Jahre klar in eine Richtung abzulaufen (Azimut). Punkt 26, der auf einem kleinen, überlagernden Blockgletscher liegt, zeigt ein ähnliches Verhalten.

Alle anderen Verschiebungen sind wenn überhaupt nur knapp signifikant und man kann deshalb weiterhin davon ausgehen, dass sich der Blockgletscher nur noch lokal leicht bewegt.

Schaut man sich die Mittelwerte der jährlichen Verschiebungen an (3D) ist die Z-Komponente fast so gross wie jene der Lage. Dies lässt ein leichtes „Zusammensacken“ des Blockgletschers vermuten.

Da die Lageverschiebungen in den beiden Fixpunkten Nr.4 und Nr.5 nur leicht signifikant sind, kann ohne weitere Messung leider keine abschliessende Aussage darüber gemacht werden, um es sich nun effektiv um Festpunkte handelt.

Ausblick 2014

Das Messkonzept sieht vor, dass nächstes Jahr wiederum Kontrollpunkte zu vermessen wären. Inzwischen sind 8 Fixpunkte vermessen und kontrolliert worden. Die Punkte 3, 6, 7 und 15 scheinen Festpunkte zu sein. Bei den restlichen 4 Fixpunkten kann man sich nicht sicher sein.

Für eine langfristige Beobachtung des Blockgletschers wäre es wichtig, die Genauigkeit der Fixpunkte im Messnetz zuverlässig bestimmen bzw. dokumentieren zu können! Darum wäre eine weitere Messung der Fixpunkte notwendig.



Abb. Ausblick von Punkt 15

Bewegungsmessungen am Blockgletscher Val da l'Acqua 2013



Datum: 05.11.2013

Christian Schmid
Schweizerischer Nationalpark
Bereich Forschung und Geoinformation
Chastè Planta-Wildenberg
7530 Zernez

christian.schmid@nationalpark.ch
<http://www.nationalpark.ch>

Inhaltverzeichnis

Einführung	3
Planung	3
Messequippe 2013	4
Auswertung 2013	5
Resultate Val da l'Acqua 2013	6
Ausblick 2014	6

Beilage

- B1: Karte Blockgletscher Val da l'Acqua
- B2: Berechnungsprotokoll Auswertung
- B3: Resultate 2013
- B4: Verschiebungen 2007-2013 / 2010-2013

Verweise

- Alle Auswertungsunterlagen: Projektordner, Kap. 4
- Punktprotokolle/Fotos: Projektordner, Kap. 3 und 5
- Praktikumsbericht von B.Nägeli 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 2007 im SNP ist eine jährliche Deformation des Blockgletschers je nach Lage von bis gegen 50 cm/Jahr zu erwarten. Grundlagen zu den beiden grossen Blockgletschern im SNP sind im Praktikumsbericht von B.Nägeli (2007) zu finden.

In einer Cratschla-Ausgabe von 2012 und im Atlas des Schweizerischen Nationalparks sind Beiträge zu den beiden grossen Blockgletschern inkl. den jüngsten Resultate und Erkenntnisse erschienen.

Planung

Die Messequipe wurde wie üblich auf Anfang Oktober angesetzt. Die Arbeiten sollen an einem Tag über die Bühne gehen (total 19 Messpunkte). Alle Festpunkte sind bereits kontrolliert. Zur unabhängigen Kontrolle sollte jedoch zusätzlich noch mindestens 1 Festpunkte vermessen werden.

Messequippe 2013

Die Messequippe fand am 02.10.2013 bei guten äusseren Bedingungen statt. Beteiligt waren Oliver Wirth und CS. Zur Stationierung wurden, wo dies möglich war, die Ministative verwendet.

Alle 19 Messpunkte konnten in einer Session (Methode „kurzstatisch“) erfolgreich vermessen werden. Die mittleren Messzeiten (Modus „kurzstatisch“) betragen 5-8 Min. Es wurde mit dem Ministativ und Dreifuss stationiert. Bei einigen Punkten war es sinnvoll mit der Antenne direkt auf der Oberfläche zu stationieren, anstatt mit dem Stativ, um eine kleine Parallaxe (<5mm) garantieren zu können! Es wird darauf geachtet, dass auf jedem Punkt jedes Jahr gleich stationiert wird.



Abb: Kontrollmessung auf Festpunkt

Auswertung 2013

Die Auswertung im Postprocessing erfolgte mit der Software *Leica Geo Office (LGO v8.3)*. Um Basislinienprozessieren zu können braucht man eine separate Lizenz. Wir konnten dafür eine temporäre Lizenz bei Leica Geosystems beziehen. Die Auswertungen wurden in CH1903+ (LV95) durchgeführt.

Für die differentielle Korrektur der Messungen beim Postprocessing wurde die AGNES-Station in Ardez (ARD2) als Referenzstation verwendet (swisstopo). Alle Rohdaten sind unter dem Laufwerk *Q:\projdata\geoblockstrom_sassa_aqua\data_pub\val_acqua* nach Messdatum sortiert zu finden. Die RINEX-Dateien entsprechen den Daten der AGNES-Station.

Für die Lage- und Höhengenaugigkeit unserer GNSS-Messungen wurde ein gängiger Erfahrungswert von 13 mm bzw. 20 mm angenommen (Vermessung mit virtuellen Referenzstationen). Von unserem GNSS-Gerät (*System 1200*) ist eine Lagegenauigkeit von 5mm zu erwarten. Die Höhengenaugigkeit ist beim Vermessen mit GNSS 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. Siehe dazu *Beilage B3 und B4*.

Da ohne Überbestimmung (2-3 Mess-Sessions pro Punkt und Jahr) vermessen wird, fehlen in der Auswertung die entsprechenden Genauigkeitsangaben a posteriori. Die RTK-Messungen auf den Festpunkten 3 zu Beginn der Arbeiten bestätigten aber die Zuverlässigkeit der Messungen an diesem Tag.

Resultate Val da l'Acqua 2013

Statistische Beurteilung der Verschiebungen .

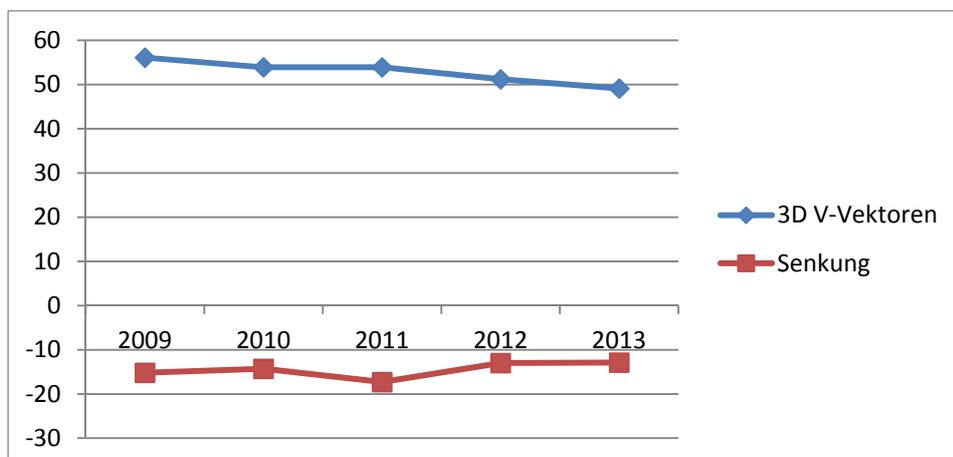
- Die Basisliniengenauigkeit (innere Genauigkeit) liegt im Bereich von 3 mm in der Lage und 6 mm in der Höhe. Bei den Basislinien der Punkte 32 und 41 konnten die Ambiguities überraschenderweise nicht gelöst werden. Die Beobachtungszeit betrug im Schnitt etwa 6 min. pro Punkt bei einem GDOP zwischen 1.5 und 3.2
- Alle Punkte ausser 20, 34 und 35 haben sich in einem Jahr lagemässig zwischen 4 cm – 85.7 cm verschoben. Die mittlere 2D-Verschiebung beträgt 49.1 cm. Die Verschiebungen in den einzelnen Punkten liegen in den erwarteten Grössenordnungen. Die Mittelwerte bewegen sich im Bereich der Vorjahre.
- Mit Ausnahme von 20, 23, 30, 34 und 35 haben sich alle anderen Punkte in der Höhe ebenfalls gesenkt. Der Durchschnitt liegt bei -12.9cm. Bei den Punkten 32 und 41 (Ambiguities der Basislinie wurden nicht gelöst) kann keine Aussagen gemacht werden. Die 2D-Verschiebungsvektoren korrelieren sehr gut mit der Geländeneigung im Val da l'Acqua.

Fazit

Die Mittelwerte der Verschiebungen verhalten sich sehr konstant aus den 6 vorliegenden Messserien. Einzelne Ausreisser (Messfehler oder lokale Phänomene) fallen dabei kaum ins Gewicht!

Die Anlage des Messnetzes scheint die Bewegungen gut detektieren zu können. Die Verschiebungsgrössen sind allgemein eher homogen. Die Punkte Nr. 20, 23, 34 und 35 haben sich in den letzten 6 Jahren kaum bewegt. Alle diese Punkte befinden sich an den seitlich aufgeworfenen Rändern des Blockgletschers, die eine Art Seitenmoräne bilden. Es scheint darum plausibel, dass sich diese Bereiche weniger stark bewegen.

Die Punkte 13 und 14 die 2007 direkt oberhalb der Blockgletscherstirn angelegt wurden, weisen wiederum die grössten Verschiebungsvektoren auf. Eine Tendenz zum Abrutschen über die Jahre ist jedoch bis jetzt nicht erkennbar. Dies ist überraschend, da die Stirn in den 6 Jahren absolut um 4 Meter und mehr vorgestossen ist. Offenbar bewegt sich ein grosser Teil der Blockgletschermasse gleichmässig vorwärts.



Anhand der Grafik lässt sich eine leichte Tendenz zur Abnahme der Verschiebungswerte (Lage und Höhe in cm) vermuten. Es wird interessant verfolgen zu sein, wie linear dieser Prozess von statten gehen wird.

Ausblick 2014

Es soll auch in den nächsten Jahren immer mindestens ein Festpunkt vermessen werden um die Zuverlässigkeit zu gewährleisten.

Weiterhin gilt die Bestrebung, auf den Punkten jedes Jahr genau gleich zu stationieren. Dies kann systematische Fehler ausschalten bzw. Messfehler aufdecken.



Nach genau 8 Jahren beim Bereich Forschung und Geoinformation verlässt Christian Schmid den Schweizerischen Nationalpark und übergibt dieses aussergewöhnliche und exklusive Vermessungsprojekt „Blockgletschermonitoring“ seinem Nachfolger.