

Bewegungsmessungen am Blockgletscher Val Sassa 2011



Datum: 06.12.2011

Christian Schmid
Schweizerischer Nationalpark
Abteilung Rauminformation und GIS
Chastè Planta-Wildenberg
7530 Zernez

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

Inhaltverzeichnis

Einführung	3
Planung	3
Messequippe 2011	4
Auswertung 2011	4
Resultate Val Sassa 2011	5
Ausblick 2012	5

Beilage

- B1: Karte Messnetz Blockgletscher Val Sassa
- B2: Berechnungsprotokoll Leica Geo Office
- B3: Resultate 2011
- B4: Verschiebungen 2006-2011 / 2008-2011 / 2010-2011

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.

Planung

Die diesjährige Messequipe war auf Anfang 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 RAI die Arbeiten erst Ende August bzw. Anfang September ausgeführt werden. Dies gilt es später bei der Interpretation der Messresultate zu berücksichtigen!

Wie im Jahr 2010 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 2011

Tamara Estermann vom Netzwerk Schweizer Pärke und Armin Rist vom GIUB begleiteten CS bei den Arbeiten.

Wir brachen am 10.08.2011 um 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 5-8 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.

Auswertung 2011

Die Auswertung im Postprocessing erfolgte mit der Software *Leica Geo Office (LGO)*. Um Basislinien prozessieren zu können braucht man eine separate Lizenz. Wir konnten dafür wieder für 2 Wochen einen Lizenz-Dongle bei Leica Geosystems mieten.

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. Dieses Jahr wurde darauf verzichtet einige Punkte redundant zu vermessen. Siehe dazu *Beilage B4*.

Resultate 2011

Statistische Beurteilung der Verschiebungen (Beilage B3 und B4)

- Genauigkeit Basislinien: Der Mittlere Fehler einer einmal gemessenen Koordinate liegt in der Lage im Bereich von 3 mm, in der Höhe bei 5 mm.
- Dies ergibt in der Lage einen mittleren Punktfehler von etwa 4 mm.
- Nur die Punkte 22, 26, 28 und 31 haben sich im Vergleich zu letztem Jahr signifikant verschoben. Punkt 26 zeigt wiederum die grössten Verschiebungen.
- Eine leichte Senkung von bis zu 10cm ereignete sich in den Punkten 26, 30, 31. Die leichte Hebung der Punkte 22 und 29a ist unrealistisch und wohl auf die Höhemessungsgenauigkeit des GNSS zurückzuführen.
- 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: 7.0cm
*nur 10.5 Monate zwischen den Messungen
- Die absolute Lageverschiebung (Mittelwert) zwischen dem Jahr 2008 und 2011 beträgt 13.5cm. Der mittlere Fehler des Mittelwerts, also die Streuung, beträgt 2cm. In den Vorjahren streute der Mittelwert in einem ähnlichen Umfang.
- Die absolute Lageverschiebung (Mittelwert) zwischen dem Jahr 2006 und 2011 beträgt 17.1cm.

Bem: Bei der Basislinie zum Punkt 30 konnten die Ambiguities in Leica Geo Office nicht erfolgreich gelöst werden. Dies ist sehr erstaunlich, da ausreichend lange stationiert wurde und die Berechnung eine hohe Genauigkeit ergab!

Fazit

Auffallend in der Val Sassa war der erstmals deutlich erkennbare Bewuchs der Blockgletscherstirn. Im oberen Bereich des Blockgletschers (ca. 2600 m.ü.M.) zeigten sich einige neu aufgetretene Schmelzwasser-Seen und an einigen Stellen war das Toteis, deutlicher als in anderen Jahren, zu Tage getreten.

Von den 7 Messpunkten, die im Jahr 2006 und 2011 stationiert wurden weisen inzwischen nur noch 2 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 26, der sich auf einem grossen Felsblock befindet, scheint sich konstant in der Grössenordnung von etwa 12cm/Jahr in Richtung NNO zu verschieben. Auch hat sich der Punkt in der Höhe jährlich im Durchschnitt um 10 cm gesenkt. Die Bewegung scheint klar in eine Richtung abzulaufen. Bei Punkt 22 zeigt sich ein ähnliches Verhalten, jedoch weniger deutlich.

Die meisten Verschiebungen sind aber nur sehr knapp signifikant und man kann deshalb weiterhin davon ausgehen, dass sich der Blockgletscher nur noch lokal leicht bewegt.

Bei der Höhenbestimmung (GNSS) scheint es in der Vergangenheit bei einzelnen Punkten Ausreisser gegeben zu haben. Darauf deuten die Hebungen hin. Das Aufwerfen von Blockgletschermaterial ist zwar prinzipiell möglich, an den gewählten Standorten allerdings eher unwahrscheinlich. In der Summe konnten diese auch nicht bestätigt werden.

Wahrscheinlich handelt es sich um einzelne zufällige oder gar grobe Fehler. Da pro Jahr nur in einer Session vermessen wird erübrigt sich eine Spekulation.

Um zuverlässigere oder gar belegbare Aussagen machen zu können, müsste eine Überbestimmung (2-3 Mess-Sessionen pro Punkt und Jahr) angewandt werden. Das würde jedoch grundsätzlich den zeitlichen wie finanziellen Rahmen sprengen!

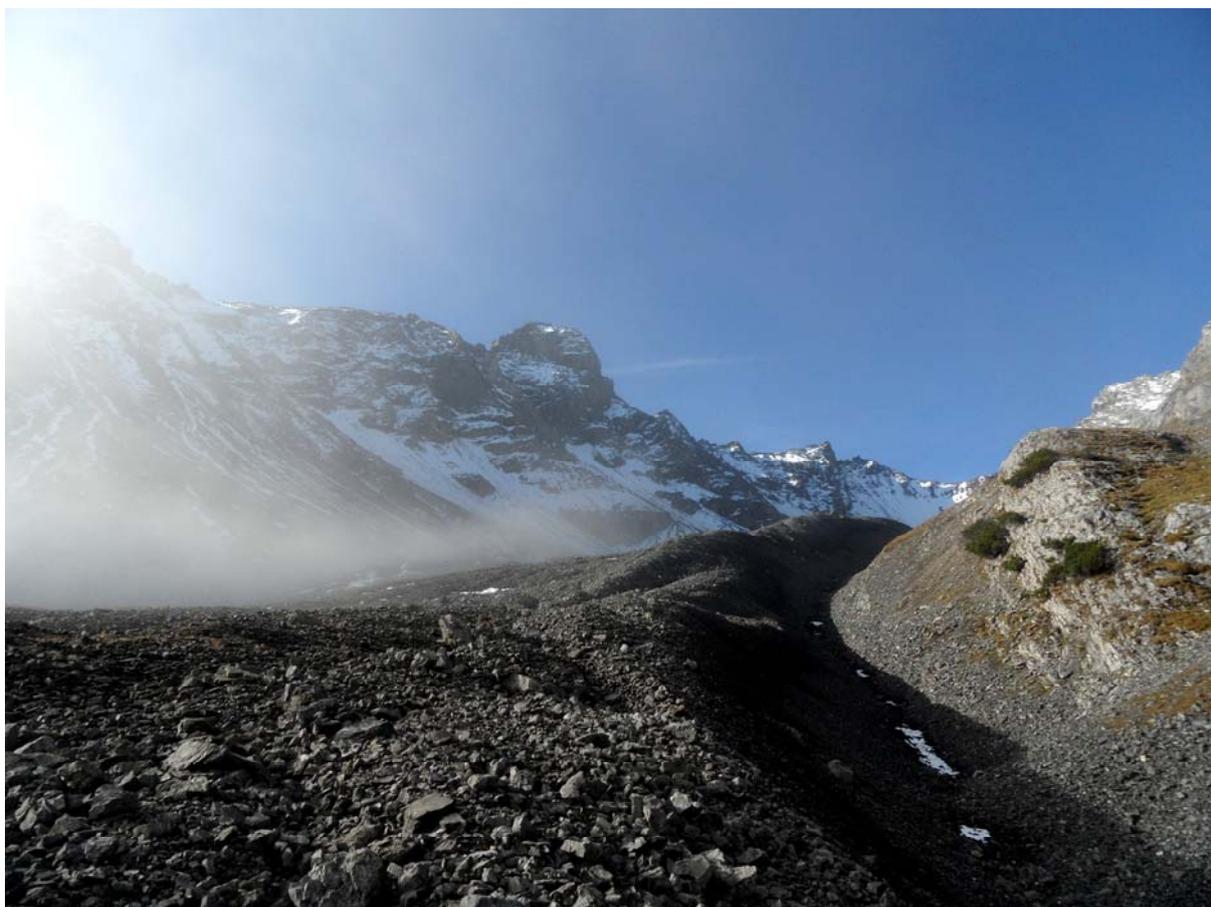
Ausblick 2012

Das Messkonzept sieht vor, dass nächstes Jahr wiederum Kontrollpunkte zu vermessen sind. Bis jetzt sind nur die angenommenen Festpunkte 3a, 7a, 8a und 9a kontrolliert worden.

Es muss sich auch grundsätzlich überlegt werden, wie man in Zukunft die kleinflächigen, komplexen Vorgänge am und vor allem im Blockgletscher Val Sassa messtechnisch besser in den Griff bekommen kann.



Bewegungsmessungen am Blockgletscher Val da l'Acqua 2011



Datum: 06.12.2011

Christian Schmid
Schweizerischer Nationalpark
Bereich Rauminformation
Chastè Planta-Wildenberg
7530 Zernez

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

Inhaltverzeichnis

Einführung	3
Planung	3
Messequippe 2011	4
Auswertung 2011	5
Resultate Val da l'Acqua 2011	6
Ausblick 2012	7

Beilage

- B1: Karte Blockgletscher Val da l'Acqua
- B2: Berechnungsprotokoll Auswertung
- B3: Resultate 2011
- B4: Verschiebungen 2007-2011 / 2010-2011

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.

Planung

Die Messequipe wurde auf den 28.09.2011 angesetzt um möglichen Schneefällen zuvor zu kommen. 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 mittels RTK vermessen werden. Dies ist dank der neuen GSM-Antenne des Leica System 1200 nun möglich. Jedoch liefert die statische Vermessung die höhere Genauigkeit und Zuverlässigkeit – deshalb wird diese Messmethode eingesetzt.

Messequippe 2011

Die Messequippe fand am 28.09.2011 abgesehen von Morgennebel bei schönstem Herbstwetter statt. Beteiligt waren die Projektmitarbeiterin Maja Rapp und CS. Zur Stationierung wurden, wo dies möglich war, die Ministative verwendet. Es wurde wiederum darauf geachtet, dass Jahr für Jahr auf jedem Punkt gleich stationiert wird. Alle 19 Messpunkte konnten in einer Session (Methode „kurzstatisch“) erfolgreich vermessen werden.



Abb: Stationierung auf Punkt Nr. 11

Auswertung 2011

Die Auswertung im Postprocessing erfolgte mit der Software *Leica Geo Office (LGO)*. Um Basislinienprozessieren zu können braucht man eine separate Lizenz. Wir konnten dafür wiederum 2 Wochen einen Lizenz-Dongle bei Leica Geosystems mieten. 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. Nur die Punkte 18 und 20 wurden durch eine zweite unabhängige Messung kontrolliert. 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 und 4 zu Beginn der Arbeiten bestätigten aber die Zuverlässigkeit der Messungen an diesem Tag.

Resultate Val da l'Acqua 2011

Statistische Beurteilung der Verschiebungen .

- Die Basisliniengenauigkeit (innere Genauigkeit) liegt im Bereich von 3 mm in der Lage und 3 mm in der Höhe. Es konnten bei allen Basislinien die Ambiguities gelöst werden. Die Beobachtungszeit betrug im Schnitt 5 min. pro Punkt bei einem GDOP zwischen 1.9 und 2.4
- Alle Punkte ausser 20, 34 und 35 haben sich lagemässig zwischen 26.5 cm – 92.8 cm verschoben. Die mittlere 2D-Verschiebung beträgt 53.9 cm (ohne Punkt 23).
- Es zeigt im Nachhinein ein Fehler in der Messung von Punkt 23 im Jahr 2010! Der Punkt verschiebt sich im Schnitt jährlich ca. 5cm in Richtung NNO.
- Mit Ausnahme von 16 und 34 sich alle anderen Punkte in der Höhe ebenfalls gesenkt. Der Durchschnitt liegt bei -17.3cm (ohne Punkte 23 und 34).
- Bei Punkt 34 liegt vermutlich im Jahr 2010 ein Höhenmessfehler vor. Der Punkt scheint sich jährlich ca. 4 cm zu senken.
- Die 2D-Verschiebungsvektoren korrelieren gut mit der Geländeneigung im Val da l'Acqua (Ausnahme Punkt 16).
- Die grosse Verschiebung von Punkt 16 im letzten Jahr (L: 141cm, H: -37cm) scheint ein vorübergehendes Phänomen zu sein. In diesem Jahr hat sich der Punkt nur gering verschoben. Punkt 16 befindet sich auf einem grossen Steinblock nahe an der Blockgletscherstirn. Es ist zu vermuten, dass der Block schrittweise abrutscht!



Abb. Punkt 16

Fazit

Die Verschiebungen in den einzelnen Punkten liegen in erwarteten Grössenordnungen. Die Mittelwerte der Verschiebungen verhalten sich sehr konstant aus den 5 vorliegenden Messserien. Einzelne Ausreisser (Messfehler oder lokale Phänomene) fallen dabei nicht ins Gewicht!

Die Anlage des Messnetzes scheint die Bewegungen gut detektieren zu können. Die Verschiebungsgrössen sind allgemein eher homogen. Die Punkte Nr. 20, 34 und 35 haben sich in den letzten 4 Jahren kaum verschoben. Alle diese Punkte befinden sich an den seitlichen Rändern des Blockgletschers, die so etwas wie eine Seitenmoräne bilden (ev. alte Moräne des Eisgletschers im Untergrund). Es scheint darum plausibel, dass sich diese Bereiche weniger stark bewegen.

Die Vermutung aus dem letzten Jahr, dass die Punkte 14 und 16 abrutschen konnte indes nicht bestätigt werden. Der grosse Block auf dem sich Punkt 16 befindet scheint aber tatsächlich 2010 ein Stück weit gerutscht zu sein.

Ausblick 2012

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

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