

Klimastation und Erdstrommessungen am Munt Chavagl 2008

Periglazialforschung im Schweizerischen Nationalpark

Zweck des Berichtes

Der vorliegende Bericht enthält Informationen über die im Jahre 2008 durchgeführten Erdstrommessungen am Munt Chavagl und eine Übersicht über die gemessenen Klimadaten von August 2007 bis Juli 2008. In der Anlage sind die zugehörigen Ergebnisse graphisch dargestellt. Die vollständige Dokumentation über alle Datensätze ergibt sich zusammen mit den Berichten über das Messfeld aus den Jahren 1995 bis 2008. Damit erhält jeder interessierte Forscher die Möglichkeit, Einsatzmöglichkeiten der nun bereitstehenden Daten für seine eigene Fragestellung zu prüfen. Im Anhang befindet sich ebenfalls eine Übersicht über die seit 1995 erhobenen Parameter.



Abbildung 1: Messfeld Munt Chavagl im August 2008 (Klimastation in der rechten Bildhälfte)

Ausgangslage

Die Solifluktioniszungen am Munt Chavagl sind seit 1977 Gegenstand der Forschung (Gamper, 1982). Seither werden kontinuierlich Bewegungsraten der Bodenoberfläche sowie Luft- und Bodentemperaturen gemessen. 1995 wurden die alten Bewegungsmarken und die Klimastation ersetzt. Ein Jahr später konnte die Klimastation durch weitere Messgeräte ausgebaut werden. Die Klimastation misst folgende Parameter:

- Lufttemperatur (Tagesmittel, Tagesmaximum, Tagesminimum)
- Oberflächentemperatur
- Bodentemperatur in Tiefen von 10, 20, 40, 60 und 100 cm
- Schneehöhe
- Windgeschwindigkeit
- Reflektierte Strahlung

Die Klimastation erlaubt es, entscheidende Komponenten der Energiebilanz zu messen. Zudem ermöglicht die Messung der Schneehöhe, den Zusammenhang zwischen Lufttemperaturen, Schneedecke und Bodentemperaturen zu quantifizieren ("Herbstschneeeffekt") und somit auch den Bezug zu den Bewegungsraten der Erdoberfläche herzustellen. Messungen zur Energiebilanz im Hochgebirge und dem Herbstschneeeffekt (Keller und Tamas, 2003) sind wesentliche Komponenten der heutigen Permafrostforschung. Somit kann die Messstation am Munt Chavagl, obwohl selber nicht im Permafrost gelegen, einen wichtigen Beitrag zur Permafrostforschung leisten.

Messdaten 2007/2008

Im Messjahr 2007/2008 dauerte die Messperiode vom 22. August 2007 bis zum 22. Juli 2008. Neben einem Vergleich mit dem Vorjahr werden die einzelnen Monate mit vollständigen Datenreihen (August 2007 bis Juni 2008) mit dem Monatsmittel der Daten seit 1995 verglichen.



Abbildung 2: Alte Messmarke in einem ehemaligen Bereich aktiver Solifluktion

Lufttemperaturen

Die Monate August bis Dezember und März bis Mai waren gemessen am langjährigen Durchschnitt zu kalt, Juni und Juli weisen durchschnittliche Werte auf. Deutlich unterdurchschnittliche Werte weisen die Monate September (-1°C), März (-1.9°C) und April (-1.4°C) auf. Durch überdurchschnittliche Temperaturen hingegen fallen die Hochwintermonate Januar ($+1.6^{\circ}\text{C}$) und Februar ($+3.6^{\circ}\text{C}$) auf. Der Februar 2008 weist damit die höchste mittlere Temperatur seit 1995 auf. Der zweitwärmste Februarwert seit 1995 wurde im Vorjahr gemessen. Die mittlere Temperatur des meteorologischen Winters liegt bei -4.9°C und damit 1.5°C über dem Mittelwert der Messperioden seit 1995 (4.0°C Differenz zwischen dem höchsten und dem tiefsten der in dieser Periode gemessenen mittleren Monatswerte).

Die längste Phase mit durchgehenden Lufttemperaturen unter dem Gefrierpunkt dauert vom 28. Dezember bis 19. Januar. Weitere längere Kälteperioden finden sich im November (6. – 22.), Dezember (6. – 19.), Anfang Februar, zweite Hälfte März und Anfang April. Die kältesten Monatsmittelwerte wurden im Dezember (-6.2°C) und März (-6.5°C) gemessen. Die tiefsten Temperaturen der Messperiode wurden im März gemessen (6. März: -18.86°C).

Die Erwärmung im Frühling zeigt zwischen Anfang April und Anfang Juni einen regelmässigen Aufwärtstrend von mittleren Temperaturen um -10°C auf rund $+5^{\circ}\text{C}$. Der Sommer weist lediglich eine kurze Kalt-Phase Mitte Juni

auf. Die höchsten Temperaturen werden Ende Juni erreicht (25. Juni: 19.43 °C)

Schneebedeckung

Der erste Schnee fällt Ende September, eine dauerhafte Schneedecke liegt zwischen dem 6. November und dem 26. Mai. Am Munt Chavagl lag also verglichen mit dem Vorjahr im Frühling 40 Tage länger Schnee. Im Mittel über die vergangenen 10 Jahre lag am Munt Chavagl zwischen dem 3. November und dem 13. Mai dauerhaft Schnee.

Die Schneedecke erreicht nach 3 Niederschlagsphasen in der ersten Dezemberhälfte eine Mächtigkeit von rund 40 cm. Zwei weitere Phasen der Zunahme folgen vom 3. Januar bis 7. Februar (90 cm Mächtigkeit) und vom 9. März bis 22. April. Die maximale Schneehöhe des Winters wird am 22. April mit 133.5 cm erreicht. Ab diesem Zeitpunkt bis Ende Mai apert die Schneedecke kontinuierlich aus, mit einer Verzögerung zwischen dem 18. und 24. Mai. Verglichen mit den Vorjahren beginnt die Schneeschmelze aufgrund der grossen Schneemenge im April rund 10 Tage zu spät. Der erste schneefreie Tag ist der 27. Mai. Die Mächtigkeit der Schneedecke in der Messperiode liegt über den ganzen Winter gesehen im langjährigen Mittel. Im November und Dezember sind die Schneemengen unterdurchschnittlich, In den Monaten Januar bis Mai (ausgenommen März) hingegen durchgehend über dem Mittelwert. Im Vergleich mit den Vorjahren liegen im November 20 cm zuwenig und im April 23 cm zuviel Schnee.

Reflektierte Strahlung

Das langjährige Mittel der reflektierten Strahlung in den Monaten November bis Mai beträgt 123 W/m^2 . Mit einem Wert von 132 W/m^2 liegt der Wert der Messperiode darüber. Insbesondere der Monat Mai liegt aufgrund des späten Ausaperns mit 153 W/m^2 deutlich über dem Mai-Mittelwert ($+37 \text{ W/m}^2$). Im September sorgen erste Schneefälle ebenfalls für einen leicht überdurchschnittlichen Wert.

Wind

Deutlich unterdurchschnittliche mittlere Windgeschwindigkeiten werden im Januar, Februar und Juni verzeichnet. Die Monate November, März und April weisen im Gegensatz dazu klar überdurchschnittliche Werte auf, wobei der November mit einem Monatsmittel von 4 m/s den Mittelwert von 2.9 m/s am deutlichsten übersteigt.

Bodentemperaturen

Im Zeitraum zwischen Dezember und Mitte Mai zeigen sich in den auf 5 Niveaus gemessenen Bodentemperaturen relativ konstante Temperaturverläufe. Zwei Kälteperioden im Herbst und die bis Ende November minimale Schneebedeckung zeigen sich in Oberboden-Temperaturen deutlich unter dem Gefrierpunkt ab 20. Oktober und besonders ab dem 7. November. Ebenso werden die sommerlichen Kälteperioden im Juni, Juli und September in den Bodentemperaturen im Oberboden widerspiegelt.

Die Temperaturen in 10 cm Tiefe liegen zwischen November und Ende Mai auf konstantem Niveau unter dem Gefrierpunkt bei rund -0.6°C . In 20 cm Tiefe bewegen sie sich in demselben Rahmen. In 40 cm Tiefe werden erst Ende November negative Temperaturen erreicht, welche Mitte Januar ein konstantes Niveau von -0.4°C erreichen. Die Frosteindringtiefe reicht also tiefer als 40 cm, obschon über den ganzen Winter betrachtet überdurchschnittlich viel Schnee lag. Der Grund für die grosse Frosteindringtiefe dürfte in der lange Zeit geringmächtigen Herbstschneedecke (bis Anfang Januar unter 50 cm) liegen, welche eine Auskühlung des Bodens begünstigte. Am 27. Mai wurden zeitgleich in allen Tiefen wieder positive Temperaturen gemessen.

Die tiefer liegenden Schichten bewegen sich von Mitte Januar bis Ende Mai auf vergleichbarem Temperaturniveau. Erst ab dem 6. Mai wurden in 100 cm Tiefe für 2 Wochen durchgehend negative Temperaturen um -0.3°C erreicht. In 60 cm Tiefe gab es in diesem Zeitraum Tagesschwankungen bis über 0°C .

Im Zeitraum während und unmittelbar nach der Ausaperung werden im Unterboden die tiefsten Temperaturen der Messperiode ermittelt: Auf 60 cm Tiefe wurden zwischen dem 22. und 27. Mai deutlich negative Temperaturen unter -2°C gemessen, in 100 cm Tiefe zeigen die Werte zwischen dem 7. und 19. Juni Tagesschwankungen von über 3.5°C mit Tiefsttemperaturen unter -2.5°C . Diese Zeitspanne dürfte vermutlich für die Solifluktiionsbewegungen entscheidend sein.

Ab Mitte April bis in die zweite Junihälfte zeigen die Messwerte auf 60 und 100 cm Tiefe einen Verlauf mit zunehmend ungewöhnlichen Tagesgängen. In den Sommermonaten verlaufen die Temperaturen im Unterboden ungewöhnlich sprunghaft. Die Ursachen für diese Anomalien liegen vermutlich in einer Fehlfunktion der Temperatursensoren in den jeweiligen Tiefen, wobei beide Fühler sich unregelmässig verhalten.

Die verzögerte Reaktion der Bodentemperaturen unterhalb von 40 cm auf die Lufttemperaturen zeigt sich besonders schön Ende Oktober (im Unterboden Temperaturen um $+3^{\circ}\text{C}$ und bereits negative Temperaturen im Oberboden) und zu Beginn und Ende Juni (im Unterboden rund 10 Grad tiefere Temperaturen als im Oberboden).

Ein Vergleich mit den Monatsmittelwerten aller Bodenschichten seit 1995 zeigt zu kalte Temperaturen in allen Bodenschichten im September, womit die zu kalten Lufttemperaturen in dieser Zeit bestätigt werden. Ebenso liegen die Bodentemperaturen im Mai deutlich unter dem Durchschnitt: In 40 und 60 cm Tiefe 1.3°C und in 100 cm Tiefe 0.9°C unter dem langjährigen Mai-Mittel. Diese ungewöhnlich tiefen Temperaturen sind die verzögerte Reaktion auf die Kälteperiode im April mit mittleren Lufttemperaturen von teilweise unter -10°C .

Die gemessenen Daten der Periode 2007/2008 sind im Anhang graphisch dargestellt. Die monatlichen Mittelwerte können einer Tabelle im Anhang entnommen werden. Die im Jahr 2003 entwickelten Excel- und Access-

Datenbanken bewähren sich. Sämtliche Daten sind dort gespeichert und können bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden.

Vermessung 2008

Am 29. August 2008 wurden sämtliche Messmarken vermessen und anschliessend in das geographische Informationssystem Chavagl eingelesen und mit den darin entwickelten Programmen ausgewertet. Eine Karte mit den Bewegungsraten der einzelnen Messmarken befindet sich im Anhang. Abbildung 1 zeigt den aktuellen Zustand des Messfeldes im Spätsommer 2008.



Abbildung 3: Entwurzelte und erhaltene Messmarken am Munt Chavagl 2408 m

Die 40 bestehenden Messmarken wurden im Jahre 2006 um 59 weitere ergänzt, um Verluste besser kompensieren zu können und um eine umfangreichere und somit zuverlässigere Datensammlung zu erhalten. Die

Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen alte und neue Messmarken in verschiedenen Stadien.

Die im August 2008 vom Geometer ermittelten Punktmarken-Positionen zeigen eine Auffälligkeit: Die Bewegungsvektoren von einer Mehrheit der Messmarken weichen von der Falllinie (Richtung Südwest) ab und weisen stattdessen in eine westsüdwestliche Richtung. Abklärungen beim Geometer haben ergeben, dass die Orientierung und Stationierung bei der Vermessung jener der früheren Jahre entspricht. Damit ist ein systematischer Messfehler auszuschliessen. Die Verschiebungen sind laut dem Geometer darauf zurückzuführen, dass die Punktmarken im Jahr 2007 aufgrund schlechter Versicherung neu in den Boden gedrückt wurden und nun von der ursprüngliche Position abweichen.

Die im Vergleich zu den Vorjahren grossen Bewegungsraten in der Periode 2007/2008 widerspiegeln den bemerkenswerten Verlauf der Bodentemperaturen während und im Anschluss an die Schneeschmelze.

Anzahl Messmarken mit Bewegungen	> 10 cm:	3
Anzahl Messmarken mit Bewegungen	6 - 10 cm:	21
Anzahl Messmarken mit Bewegungen	< 6 cm:	29



Abbildung 4: Zone mit höchsten Bewegungsraten in der Messperiode (mittlerer Teil der westlichen Lobe)

Die grosse Mehrheit der Messmarken mit Bewegungsraten über 6 cm/Jahr befindet sich im oberen, steileren Bereich der westlichen Lobe (vgl. Abbildung 4). Weitere 7 Messmarken, die sich zwischen 6 und 10 cm/Jahr bewegten befinden sich auf der mittleren Lobe, ebenfalls im oberen Bereich. Keine oder nur geringe Bewegungen wurden im unteren, flachen Teil der 3 Loben ermittelt, wobei hier nur noch auf der westlichen Lobe Messmarken vorhanden sind. Von sämtlichen vermessenen (100) blieben 34 Messmarken ohne Bewegung. 13 Messmarken gingen verloren, deren Verteilung über das Messfeld ist gleichmässig.

In den Messperioden 1997/1999, 1999/2000 und 2001/2002 wurden in demselben Bereich wie in der vergangenen Messperiode die höchsten Bewegungsraten gemessen. Davon weisen die Winter 1999 und 2001 ebenso wie der vergangene Winter überdurchschnittliche Schneehöhen mit aussergewöhnlich spätem Ausapern auf. Zum Zeitpunkt der Ausapern zeigen die Bodentemperaturen im Frühling 1999 zudem ähnliche Anomalien wie dieses Jahr, allerdings war 1999 die Frosteindringtiefe bedeutend grösser als 2008. Weiter fällt bei einem Vergleich mit den Vorjahren auf, dass in der Zone mit den grössten Bewegungsraten regelmässig Verluste zu verzeichnen sind. Ein Grund dafür könnte ein Versinken der Messmarken im wassergesättigten Boden im Frühjahr sein (vgl. Abbildung 5 und Abbildung 6).

Trotz einer mässigen Frosteindringtiefe im Winter 2008 wurden Bewegungsraten dieser aussergewöhnlichen Grössenordnung verzeichnet. Der Grund hierzu könnte in den relativ kalten Lufttemperaturen im März und April liegen, die sich auf die Frosteindringtiefe während der Schneeschmelze noch auswirken konnten. Wir gehen davon aus, dass die grösste Bewegungsaktivität in der Zeit grösster Frosteindringtiefe und Wassersättigung in Oberflächennähe stattgefunden hat.



Abbildung 5: Umgekippte alte (rechts) und neu gesetzte (links) Messmarke im Bereich mit den grössten Bewegungsraten auf der westlichen Lobe

Ausblick

Zur Zeit liegt das überarbeitete Konzept zur Beurteilung durch die wissenschaftliche Nationalparkkommission vor.

Das neue Konzept sieht vor, die bisherigen Forschungsschwerpunkte zu vertiefen und zu vernetzen. Neben der Weiterführung der aussergewöhnlich langen Messreihe durch die jährlichen Erhebungen und Analysen wie bisher werden folgende Erweiterungen vorgeschlagen:

- Quantifizierung des Zusammenhangs zwischen der Energiebilanz Boden – Atmosphäre, den Bodentemperaturen sowie der Bewegungsrate der Solifluktionen, um Rückschlüsse auf Bewegungsraten anderer Standorte ziehen zu können respektive von Bewegungsraten auf die lokalen klimatischen Faktoren schliessen zu können.
- Wie verändern sich die Bodentemperaturen resp. die Solifluktionenraten in einem sich ändernden Klima?
- Statistische Analyse der Frage nach einer Zunahme von schneearmen Wintern.

- Vergleichende Analysen mit Klimadaten anderer Klimastationen im Schweizerischen Nationalpark mit dem Ziel, Trends in der Kryosphäre des Nationalparks zu erkennen.

Um die gesteckten Ziele zu erreichen, soll die bestehende Datenbank um die Daten sämtlicher Klimastationen des Schweizerischen Nationalparks sowie des Nationalparks Hohe Tauern erweitert werden. Die Auswertung der Messresultate erfolgt mit dem Ziel, alljährlich Schlüsselparameter für die Quantifizierung folgender Beziehungen zu berechnen:

- Höhe und Dauer der Schneedecke – Frosteindringtiefe
- Bodentemperatur, Oberflächentemperatur, Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit und reflektierte Strahlung – Energiebilanz
- Frosteindringtiefe – Energiebilanz
- Frosteindringtiefe – Bewegungsrate der Solifluktuationsloben
- Herbstschneeeffekt – Bodentemperatur, Oberflächentemperatur, Frosteindringtiefe und Energiebilanz
- Klimaveränderung – Herbstschneeeffekt

Der jährliche Bericht soll über diese neu ermittelten Parameter und die daraus gezogenen Schlüsse Auskunft geben und Interpretationen bezüglich Klimawandel, lokale und regionale Effekte sowie Vergleiche mit den Verhältnissen im Nationalpark Hohe Tauern enthalten. Für alle Klimastationen des Messnetzes soll die Frosteindringtiefe ermittelt werden um zu versuchen, daraus eine Frosteindringtiefenkarte des Nationalparkgebietes zu interpolieren. Diese Ergebnisse schliesslich dienen einer Weiterentwicklung des GIS-Modells zur Permafrostverbreitung (PERMAQUANT), welches um den Herbstschneeeffekt erweitert werden soll.



Abbildung 6: Messmarken in verschiedenen Positionen (nordwestlich der Klimastation)

Projektbetreuung

Dr. F. Keller (Glaziologe, Academia Engiadina, Samedan) wurde am 30. Mai 1995 von der WNPk mit der Durchführung der Arbeiten betraut. Der Aufbau der beschriebenen Anlagen und die wissenschaftliche Auswertung der Daten erfolgt in Zusammenarbeit mit Dr. H. U. Gubler, Firma ALPUG, Davos. Der SNP ist im Projektteam durch den Geologen H. Lozza vertreten.

Durch die fachübergreifende Zusammenarbeit der Fachgebiete Geomorphologie, Geologie, Glaziologie und Schneephysik wird somit die traditionelle Periglazialforschung im Schweizerischen Nationalpark fortgesetzt.

Sachbearbeiter:

ACADEMIA ENGIADINA

Benjamin Stricker

Dr. Felix Keller

(Cand. MSc in Geographie)

(Leiter Bereich Landschaft und Umwelt am ETI)

Anhang

Beilage 1 Bewegungsraten der Messmarken 2007 – 2008

(Geländemodell GIS 1:300)

Beilage 2 Diagramme der Messreihen Luft- und Oberflächentemperatur, Bodentemperaturen, Schneehöhe, reflektierte Strahlung und Windgeschwindigkeit

(August 2007 – Juni 2008)

Beilage 3 Tabelle Mittelwerte (August 2007 – Juni 2008)

Beilage 4 Monatsmittel aller erhobenen Parameter seit 1995, mit Diagrammen für die Parameter Lufttemperatur und Schneehöhe

Vermessung Erdströme

29.08.2008

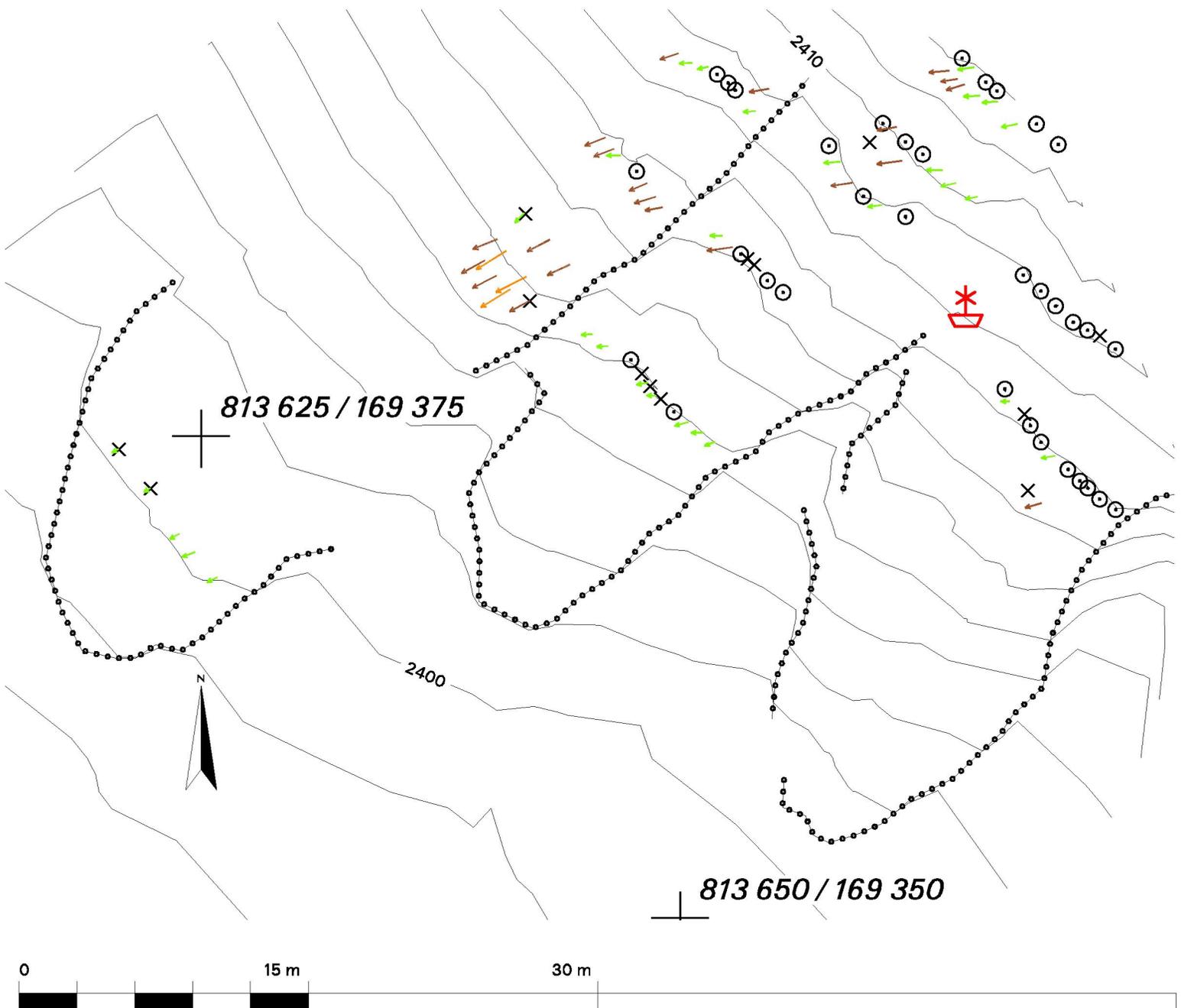
Arbeitsprotokoll

- Vermessung aller alten und neuen Pflöcke; Nummerierung fortlaufend bei 0 beginnend
- Geneigte Pflöcke wurden auf der Spitze und am Eindringpunkt in den Boden gemessen. Die Messungen an den Eindringpunkten tragen die Messnummern ab 150. Geneigte Pflöcke weisen also 2 Messwerte auf, was in der Auswertung entsprechend zu berücksichtigen ist.
- Auf einer Geländeskizze (s. Ordner „BILDER_Skizzen-scans“) wurden zudem weitere Eigenschaften der Messpunkte erfasst:
 - Unterscheidung alter Pflöcke mit Holz-Zylinder oder normaler Rundstab?
 - Erfassung der Neigung des Stabs (1 = wenig, 2 = mittel, 3 = stark geneigt)
 - Erfassung weiterer Besonderheiten (s. Skizze)
- Fotos liegen vor von:
 - gesamtes Messfeld im Überblick
 - Zustand ausgewählter Pflöcke
 - Messmethode
 - 2 Pflöcke mit einem „shift“ (Nr. 40 und 43 gem. Nummerierung der Aufnahme aus dem Jahr 2007)
 - Extrem geneigte Pflöcke mit den Nummern 6 und 7 (2007)
 - Je eine Aufnahme der Situation bei jeder Messreihe (Bewuchs, Schutt, Loben-Rand-Charakteristik, ...)

Diskutiert wurde über

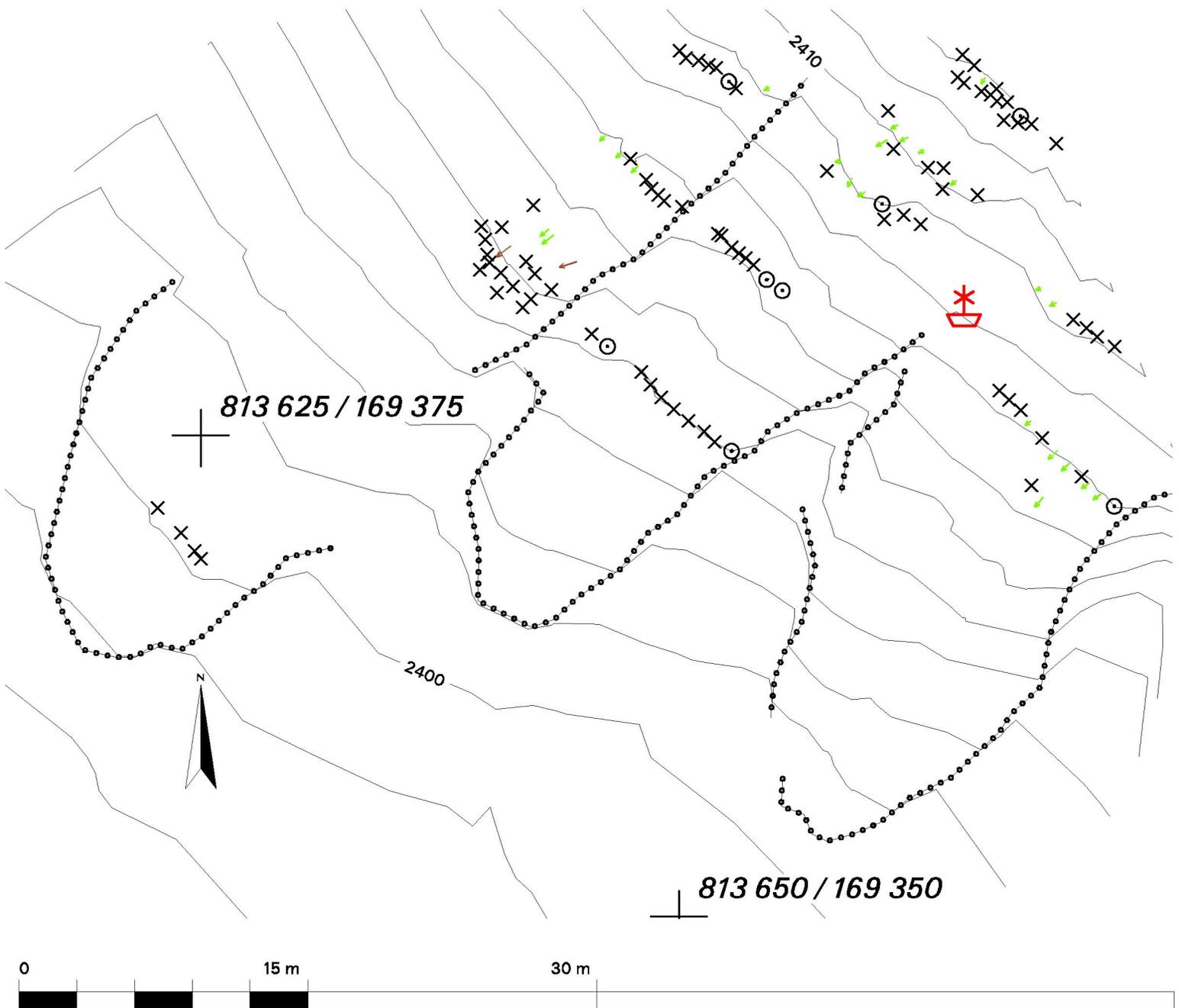
- Neue Art der Messpunkte:
 - Metallplättchen mit Heringen zur Verankerung und einem eindeutig identifizierbaren Messpunkt (Verhindern des Neigens der Holzstäbe, dauerhaftere Lösung)
 - Metallrahmen mit gleichen Spezifikationen
- Beschaffen der geomorphologischen Karte des Nationalparks zwecks Vergleich der Situation am Munt Chavagl mit anderen, ggf. vergleichbaren Situationen mit Erdströmen hinsichtlich der Parameter:
 - Meereshöhe
 - Exposition
 - Hangneigung
 - Bodeneigenschaften
 - Vegetation: Dichte, Durchwurzelungstiefe, ...
 - Vermutlicher Solifluktuationsaktivität (anhand Bodenoberfläche: Bewachsen, Schutt fest oder locker, ...)
- Eigener, qualitativer Vergleich mit Situationen in anderen Erdstromgebieten, z.B.:
 - Albula
 - Flüela (?)
 - Munt Buffalora (Westflanke und Pt. 2437)
 - Gebiet Piz Vallatscha
 - Gebiet Munt da la Bescha
 - ...

Erdstrommessungen 07/08



<ul style="list-style-type: none">  Klimastation 1995  Verlorene Messmarken  Messmarken ohne Bewegung  Bewegungsrate: 2 - 6 cm / Jahr  Bewegungsrate: 6 - 10 cm / Jahr  Bewegungsrate: > 10 cm / Jahr 	 ACADEMIA ENGIADINA						
Erdstrommessungen	Institut für Tourismus und Landschaft						
Munt Chavagl	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Sachbearbeiter : FK</td> <td style="width: 33%;">Plangrösse : 20 x 29</td> <td style="width: 33%;">Plan Nr. : Vektoren</td> </tr> <tr> <td>Datum : 26-NOV-2008</td> <td>Auftrag Nr. : SNP95503</td> <td>Massstab : 1: 300</td> </tr> </table>	Sachbearbeiter : FK	Plangrösse : 20 x 29	Plan Nr. : Vektoren	Datum : 26-NOV-2008	Auftrag Nr. : SNP95503	Massstab : 1: 300
Sachbearbeiter : FK	Plangrösse : 20 x 29	Plan Nr. : Vektoren					
Datum : 26-NOV-2008	Auftrag Nr. : SNP95503	Massstab : 1: 300					

Erdstrommessungen 00/08



Klimastation 1995



Verlorene Messmarken



Messmarken ohne Bewegung



Bewegungsrate: 2 - 6 cm / Jahr



Bewegungsrate: 6 - 10 cm / Jahr



Bewegungsrate: > 10 cm / Jahr



ACADEMIA ENGIADINA

Institut für Tourismus
und Landschaft

Erdstrommessungen

Sachbearbeiter : Plangrösse : Plan Nr. :
FK : 20 x 29 : Vektoren

Munt Chavagl

Datum : Auftrag Nr. : Massstab :
26-NOV-2008 : SNP95503 : 1: 300