

Klimastation und Erdstrommessungen am Munt Chavagl 2009

Periglazialforschung im Schweizerischen Nationalpark

Zweck des Berichtes

Der vorliegende Bericht enthält Informationen über die im Jahre 2009 durchgeführten Erdstrommessungen am Munt Chavagl und eine Übersicht über die gemessenen Klimadaten von Ende Juli 2008 bis Anfang Juni 2009. 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 2009. 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.

Ausgangslage

Die Solifluktionsszungen 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.

Klimamessungen 2008/2009

Im Messjahr 2008/09 dauerte die Messperiode vom 22. Juli 2007 bis zum 5. Juni 2009. Die gemessenen Daten der Periode 2008/2009 sind im Anhang graphisch dargestellt. Die monatlichen Mittelwerte können einer Tabelle im Anhang entnommen werden. Die im Jahr 2003 entwickelte Access-Datenbank hat sich bewährt. Sämtliche Daten sind dort gespeichert und können bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden.



Abbildung 1: Klimastation am Munt Chavagl 2408 m

Lufttemperaturen

Der meteorologische Winter 2008/09 (Dezember, Januar und Februar) war mit einer durchschnittlichen Lufttemperatur von -8.2°C der kälteste seit Beginn der Klimamessungen 1995/96 und lag 1.8°C unter dem langjährigen Mittel. Von Mitte November 2008 bis Anfang April 2009, also 4.5 Monate, lag die mittlere Tageslufttemperatur kontinuierlich unter 0°C . Von Juli bis November 2008 entsprach die Lufttemperatur etwa dem langjährigen Mittel, danach lag sie bis März 2009 deutlich darunter, wobei die Abweichung im Februar mit 2.5°C am grössten war. Dieser Monat war mit durchschnittlich -9.8°C der kälteste der Messperiode 2008/09. Die Monate April und Mai, während derer ein Grossteil des Schnees schmilzt, waren gegenüber dem langjährigen Mittel ca. 1.5°C wärmer. Der scheinbar kalte Juni ist nicht repräsentativ, da die präsentierten Daten nur den Zeitraum bis zum 05.06.2009 umfassen. Der Maximalwert innerhalb der Messperiode 2008/09 wurde am 30.08.2008 mit 18.8°C erreicht, der Minimalwert am 15.02.2009 mit -19.7°C .

Schneebedeckung

Der erste Schnee im Herbst 2008 fiel Anfang Oktober. Der Untersuchungsstandort war vom 30.10.2008 bis zum 24.05.2009, d.h. knapp 7 Monate, dauerhaft von Schnee bedeckt, also fast zwei Wochen länger als im langjährigen Mittel, was v. a. an der 10 Tage späteren Ausaperung liegt.

Die Periode kontinuierlicher Schneebedeckung begann mit einer grossen Neuschneemenge von ca. 60 cm. Die Schneehöhe lag während der gesamten schneebedeckten Zeit deutlich über dem langjährigen Mittel und überragte dessen Monatsmaximum um 60 cm. Die maximale Schneehöhe von 172 cm ist die zweithöchste seit deren Messung ab 1999 und trat bereits Anfang Februar auf. Diese Schneehöhe veränderte sich bis Ende März kaum, dann trat die erste deutliche Schmelzphase ein, gefolgt von zwei kleineren Schneefallereignissen, die zu einem letzten lokalen Maximum von 134 cm führten. Ende April nahm dann die Schneehöhe kontinuierlich bis zur Ausaperung ab. Zusammenfassend war der Winter 2008/09 also lang und schneereich im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt.

Strahlung

Die kurzwellige reflektierte Strahlung war während der Zeit der Schneebedeckung deutlich grösser als ohne Schnee aufgrund dessen hoher Albedo. So wird selbst die kurz anhaltende Herbstschneedecke Anfang Oktober im Signal der reflektierten Strahlung klar abgebildet. Die Monatsmittelwerte vom November 2008 und Mai 2009 überstiegen die vergleichbaren langjährigen Mittelwerte um etwa ein Drittel, was mit dem frühen Einschneien und der späten Ausaperung zu erklären ist. Während der Monate dazwischen wurde im Winter 2008/09 hingegen gleich viel Strahlung reflektiert wie im

langjährigen Mittel, da in dieser Periode alle bisherigen Messjahre eine durchgehende Schneebedeckung aufweisen.

Windgeschwindigkeit

Die über das gesamte Jahr 2008/09 gemittelte Windgeschwindigkeit stimmt mit dem langjährigen Durchschnitt gut überein. Die Monate Oktober 2008 und Januar 2009 liegen 1/4 bis 1/3 unter dem langjährigen Mittel, die Monate Dezember 2008, Februar und März 2009 1/4 bis 1/3 darüber. Die übrigen Monate liegen im langjährigen Durchschnitt. Da die maximalen Windgeschwindigkeiten 2008/09 10% über denen des langjährigen Mittels lagen, kann dieses Jahr als böiger bezeichnet werden.

Bodentemperaturen

Unter schneefreien Bedingungen bildete sich der Verlauf der atmosphärischen Lufttemperatur in den Bodentemperaturen ab, wobei das thermische Signal mit zunehmender Bodentiefe erwartungsgemäss verzögert und gedämpft wurde. Deutlich sichtbar sind diese Zusammenhänge beispielsweise bei der kurzfristigen Abkühlung Anfang Oktober, sowie bei der längerfristigen Ende Oktober.

Während der kontinuierlichen Schneebedeckung wurden die Bodentemperaturen mit zunehmender Schneehöhe vom thermischen Signal der Atmosphäre entkoppelt, was sich aus den deutlich gedämpften Amplituden schliessen lässt. Ab Ende November 2008, bei einer Schneehöhe von über 1 m, blieben die Bodentemperaturen bis 40 cm Tiefe während 5 Monaten konstant unter 0°C, diejenigen unterhalb 60 cm über 0°C (bis ca. 0.9°C). Sie sanken aber tendenziell bis zur Ausaperung ab, in den oberen 40 cm bis auf ca. -0.6°C, darunter bis ca. -0.2°C. Die Frosteindringtiefen waren aufgrund der grossen Schneehöhen relativ gering und betrugen Ende November 2008 ca. 40 cm und unmittelbar vor der Ausaperung Ende Mai 2009 ca. 60 cm, durchschnittlich also 50 cm.

Solange der Boden schneebedeckt war, schlugen die Amplituden der Bodentemperaturen unterhalb 50 cm stärker aus als zwischen 0 und 50 cm, obwohl die Wärmeleitung mit der Tiefe aufgrund der thermischen Isolation zunehmend gedämpft wird. Diese Beobachtung kann mit unterschiedlichen Wasser- bzw. Eisgehalten im Boden erklärt werden: oberhalb des Gefrierpunkts führt Bodenwasser aufgrund dessen hoher Wärmekapazität zur Dämpfung des atmosphärischen Temperatursignals. Am Gefrierpunkt liegt Wasser in fester und flüssiger Phase vor und puffert die Temperatur aus thermodynamischen Gründen auf 0°C. Unterhalb 50 cm ist der Boden daher vermutlich eher trocken gegenüber dem Oberboden. Gleiches müsste auch für die Bodentiefe von 20 cm gelten, da die Amplituden hier stärker sind als in 10 cm und 40 cm Tiefe. Nach einer etwa dreimonatigen Periode stabiler Bodentemperaturen steigen diese im Unterboden Ende März und

Ende April jeweils mehrere Tage deutlich über die 0°C-Grenze. Diese beiden Ereignisse korrelieren eng mit dem Einsetzen der beiden Hauptschneesmelzphasen. Das in den Boden infiltrierende Schmelzwasser gefriert vermutlich wieder im eisreichen Oberboden, wobei latente Wärme frei wird. Aufgrund der Temperaturpufferung am Gefrierpunkt wird dieser Wärmeeintrag zwar nicht im Oberboden direkt sichtbar, wohl aber als weitergeleitete Wärme im Unterboden.

Unmittelbar nach der Ausaperung wurden die Bodentemperaturen wieder hauptsächlich von der Lufttemperatur gesteuert und stiegen abrupt an. Dieser Anstieg trat mit zunehmender Tiefe verzögert und gedämpft auf.

Bis April lagen die Bodentemperaturen meist über dem langjährigen Mittel, was mit der überdurchschnittlichen Schneehöhe zu erklären ist. Diese isoliert den Boden vor Auskühlung, solange die Luft kälter ist als der Boden. Wenn im April die Luft wärmer als der Boden wird, verzögert der Schnee hingegen die Erwärmung des Bodens deutlich. Die relativ späte Ausaperung 2009 führte deshalb dazu, dass die Bodentemperaturen ab April deutlich unter dem langjährigen Mittel blieben. Diese Unterschiede traten zunächst nur nahe der Oberfläche auf und betrugen ca. 0.5°C, stiegen dann aber im Mai auf ca. 1.5°C im Oberboden und ca. 0.8°C im Unterboden an.

Erdstrommessungen 2009

Am 19. August 2009 wurden sämtliche Bewegungsmarken vermessen, fotografisch dokumentiert (siehe Fotoprotokoll im Anhang) und anschließend in das geographische Informationssystem Chavagl eingelesen und mit den darin entwickelten Programmen ausgewertet. Die Karte mit den Bewegungsvektoren, sowie eine Detailkarte mit den Positionen derselben Bewegungsmarken in unterschiedlichen Jahren zur Illustration der Vermessungsprobleme (siehe unten) können dem Anhang entnommen werden.

Die 40 bestehenden Bewegungsmarken wurden im Jahre 2006 um 59 weitere ergänzt, um Verluste besser kompensieren zu können und um eine umfangreichere und somit zuverlässigere Datensammlung zu erhalten. Im Jahre 2009 wurden 5 ausgefrorene Bewegungsmarken durch neue ersetzt, eine teilweise ausgefrorene, geneigte Messmarke wurde leicht nach oben geschoben und lotrecht gestellt. Unter dieser und zwei weiteren Bewegungsmarken wurde ein frostbedingter Hohlraum festgestellt. Eine Messmarke wurde entfernt, da sie im Jahre 2008 nicht vermessen wurde.



Abbildung 2: Die drei Loben am Munt Chavagl; Klimastation auf der mittleren Lobe

Die anhand der Vermessungsdaten berechneten Positionen der Bewegungsmarken von 2009 liegen gegenüber denen von 2008 alle einige Zentimeter hangaufwärts verschoben. Es liegt also ein systematischer Fehler vor, der im Wechsel des Vermessungspersonals von 2008 auf 2009 vermutet wird. Dieser Wechsel hat möglicherweise dazu geführt, dass verschiedene Stellen der Bewegungsmarken als Position vermessen wurden, z.B. das Stabende oder der Schnittpunkt des Stabs mit der Bodenoberfläche. Eine Kontrolle aller Messjahre seit 1995 ergab ausserdem, dass auch bisher scheinbare Hangaufwärtsbewegungen bzw. Messfehler aufgetreten sind (z.B. von 1996 auf 1997). Die für verschiedene Jahre berechneten Positionen der einzelnen Bewegungsmarken liegen jedoch meist etwa auf Geraden, die mit den jeweiligen Geländefalllinien übereinstimmen. Folglich wurde also eine realistische Bewegungsrichtung bestimmt. Wenn ein längeres Zeitintervall zwischen zwei verglichenen Positionen einer Messmarke betrachtet wird, erhöht sich die absolute Bewegungsstrecke und die Messfehler der einzelnen Jahre werden relativ dazu kleiner. Daher wurden für den vorliegenden Bericht die Positionen der Jahre 2004 und 2009 verglichen und daraus die jährlichen Bewegungsraten bestimmt und als Vektorpfeile in einer Karte dargestellt (siehe Anhang). Die jährlichen Bewegungsraten dieses 5-Jahres-Mittels stellten sich als gering heraus: 2 Bewegungsmarken bewegten sich mit einer Rate von 6 - 10 cm / Jahr, 11 mit 2 - 6 cm / Jahr, und die restlichen bewegten sich gar nicht oder sind verloren gegangen. Bei dieser integrierenden Betrachtung über 5 Jahre ist es jedoch nicht möglich, den Einfluss der klimatischen Faktoren auf die Bewegungsraten der Erdströme zu untersuchen.

Ausblick

Bevor weitere Vermessungen der Bewegungsmarken durchgeführt werden, wird die Methode neu überdacht, um so die Qualität des Langzeit-Monitorings der untersuchten Erdströme zu gewährleisten. Im Rahmen des Forschungsgesuches über Solifluktion, das am 01.10.2010 beim Schweizer Nationalfonds eingereicht werden soll, wird ein neues, zuverlässigeres Monitoring-Konzept erarbeitet werden.

Ein neues Gesamtkonzept für das weitere Vorgehen zur Erforschung der Erdströme am Munt Chavagl ist im Leistungsauftrag der Forschungskommission des Schweizer Nationalpark formuliert und kann auf Anfrage eingesehen werden.

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

Dr. Armin Rist (Mitarbeiter Bereich
Landschaft und Umwelt am ETI)

Dr. Felix Keller
(Institutsleiter Bereich Landschaft
und Umwelt am ETI)

Anhang

- Beilage 1 Fotoprotokoll zur Dokumentation der Vermessung der Bewegungsmarken
- Beilage 2 Detailkarte mit Positionen ausgewählter Bewegungsmarken in den Jahren 2004, 2007, 2008 und 2009
- Beilage 3 Karte mit Bewegungsraten der Bewegungsmarken 2004 – 2009 (Geländemodell GIS 1:300)
- Beilage 4 Diagramme des Verlaufs der klimatischen Parameter reflektierte kurzwellige Strahlung, Windgeschwindigkeit, Schneehöhe, sowie Luft-, Oberflächen- und Bodentemperaturen vom 22. Juli 2008 – 5. Juni 2009
- Beilage 5 Tabelle der Monatsmittel aller erhobenen Parameter von Juli 2008 - Mai 2009
- Beilage 6 Tabelle der Monatsmittel aller erhobenen Parameter von 1995 - 2009, mit Diagrammen für die Parameter Lufttemperatur und Schneehöhe