

Klimastation und Erdstrommessungen am Munt Chavagl 2005 und 2006

Periglazialforschung im Schweizerischen Nationalpark

Zweck des Berichtes

Der vorliegende Bericht enthält Informationen über die im Jahre 2005 und 2006 durchgeführten Erdstrommessungen am Munt Chavagl und eine Übersicht über die gemessenen Klimadaten von September 2004 bis August 2005. 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 1996 bis 2005. Damit erhält jeder interessierte Forscher die Möglichkeit, Einsatzmöglichkeiten der nun bereitstehenden Daten für seine eigene Fragestellung zu prüfen.

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 nun folgende Parameter:

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

Die ausgebauten Klimastation erlaubt es, entscheidende Komponenten der Energiebilanz zu messen. Zudem ermöglicht die Messung der Schneehöhe, den Zusammenhang zwischen 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 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 2004/2005

Im Messjahr 2004/05 erhöhte sich die Jahresmitteltemperatur im Vergleich zum Vorjahr von $-0,4\text{ °C}$ auf $-0,1\text{ °C}$. Das Messjahr ist gleichzeitig die Periode mit der zweitniedrigsten mittleren Lufttemperatur des gesamten Messzeitraumes. Der Februar (Monatsmittel $-11,5\text{ °C}$) war der kälteste Februar und der August (Monatsmittel $6,2\text{ °C}$) der kälteste August seit Beginn der Messungen 1995. Der Februar war mit $-11,5\text{ °C}$ der kälteste Monat des Jahres, im Gegensatz zum Vorjahr, in dem es mit $-9,4\text{ °C}$ der Januar war. Demgegenüber war der Oktober 2004 (Monatsmittel $2,3\text{ °C}$) der Oktober mit der höchsten mittleren Lufttemperatur seit 1995/96. Spitzenwerte der Lufttemperatur gab es mit dem Maximum des Tagesmittels von $19,4\text{ °C}$ am 23.6.2005 und dem Minimum des Tagesmittels von $-22,8\text{ °C}$ am 28.2.2005. Längere Kälteperioden mit Lufttemperaturen durchgehend unter 0 °C herrschten vom 14.12.2004 bis 7.1.2005 und vom 17.1.2005 bis 16.3.2005. Die Extremwerte der Oberflächentemperatur lagen mit -29 °C am 1.3.2005 und $41,6\text{ °C}$ am 21.6.2005 um ca. 5 °C tiefer bzw. höher als im Vorjahr.

Die Messdaten von 2004/2005 zeigen, dass diese Messperiode die mit Abstand schneeärmste seit 1999 war. Im Jahresmittel 11 cm Schneedecke entsprechen lediglich einem Drittel des Durchschnittswertes aller je gemessenen Jahreswerte ($31,5\text{ cm}$). Die maximale Schneehöhe von $47,9\text{ cm}$ entspricht lediglich der Hälfte des bis dahin niedrigsten Maximums von 89 cm (2001/2002). Den ersten Schnee gab es am 10.10.2004. Vom 16.10.2004 bis 20.10.2004 und vom 27.10.2005 bis 4.11.2004 folgten kurzlebige Schneedecken mit Höhen bis 10 cm . Am 8.11.2004 setzte die beständige Schneedecke ein. Bis zum 30.11.2004 hatte diese sehr geringe Mächtigkeiten von wenigen Zentimetern. Darauf folgte bis zum 20.1.2005 eine Periode mit einer Schneedecke um 20 cm . Die grösste Ausprägung mit einer mittleren Höhe von ca. 40 cm hatte die Schneedecke vom 27.1.2005 bis 18.03.2005. Dann war sie bereits zum 5.4.2005 ausgeapert, baute sich bis zur dauerhaften Ausaperung am 5.5.2005 aber immer wieder flach (bis 20 cm) auf. Dadurch wurde eine Erwärmung der oberen Bodenschichten über den Gefrierpunkt verhindert.

Die reflektierte Sonnenstrahlung weist im Mittel den geringsten Jahreswert seit Messbeginn auf. Hier kommt eindeutig das niedrige Reflektionsvermögen der geringmächtigen oder fehlenden Schneedecke zum Tragen. Im Vergleich zum Vorjahr wird dies besonders mit stark verringerter reflektierter Strahlungsleistung im Herbst 2004 und April/Mai 2005 deutlich. In die-

sem Zeitfenster war die Schneedecke nur sehr gering ausgeprägt. Im Winter hatte dies einen stärkeren Auskühlungseffekt des Bodens durch die fehlende isolierende Schneedecke zur Folge (am 1.11.2004 $-3,2$ °C in 20 cm Tiefe). Im Sommer hingegen erwärmte sich der Boden durch die geringe Albedo schnell wieder (am 2.5.2005 $10,5$ °C in 10 cm Tiefe).

Mit $3,1$ m/s weicht die bestimmte mittlere Windgeschwindigkeit nicht vom Durchschnittswert aller Messjahre ab. Lediglich die mittlere Spitzengeschwindigkeit des Windes hat sich im Vergleich zum Vorjahr marginal erhöht und ist mit $6,12$ m/s nach den Jahren 1999/2000 ($6,33$ m/s) die zweithöchste je gemessene.

Die Bodentemperaturen zeigen Unterschiede zum Vorjahr und spiegeln die Situation des stark verringerten Schneefalls gut wieder. Im Vergleich zum Vorjahr gibt es ein grösseres Temperaturgefälle zwischen Sommer und Winter und generell stärkere Temperaturschwankungen. Die oberen Bodenschichten kühlten deutlich schneller aus. Dies ist z.B. erkennbar am Minimum der Bodentemperaturen (0 °C in 10 cm Bodentiefe) am 27.09.2004 und dem dauerhaften Abfallen der Temperaturen der oberen Bodenschichten unter 0 °C bereits um den 5.11.2004 (08.12.2003 im vorhergehenden Messjahr). Die Frosteindringtiefe lag bei 100cm, in grösserer Tiefe wurde die Temperatur jedoch nicht gemessen. Der Zeitraum für Temperaturen unter 0 °C bis in 20 cm Tiefe lag 2003/04 zwischen 30.11.2003 und 6.6.2004, im Messjahr 2004/05 lag er zwischen 5.10.2004 und 1.5.2005. Die Periode mit Bodenfrost hat sich also um rund einen Monat nach vorn verlagert. Auch kühlte der Boden deutlich stärker aus, bis in 40 cm Tiefe war der Boden ca. 1 °C kälter als im Vorjahr. Die Auswirkung auf die tieferen Bodenschichten (80 cm, 100 cm) ist nicht so stark. Auch die Erwärmung im Sommer wiederum erfolgte früher - die starke Erwärmung der oberen Bodenschichten bereits Anfang Mai ist in der Datendarstellung gut erkennbar (Nahezu 12 °C am 1.5.2005, unter 0 °C am 1.5.2004) und steht im krassen Gegensatz zum Vorjahr, als die Sommererwärmung zum 04.06.2004 begann.

Die Temperaturwerte in 60 cm Tiefe zeigten oft anormales Verhalten (stärkere Erwärmung als 40 cm Bodentiefe). Dies war auch in den Vorjahren zu beobachten und könnte mit der Positionierung der Sensoren zu tun haben, wahrscheinlicher wäre jedoch ein Messfehler. Auch der Temperaturverlauf in 100 cm Tiefe zeigt Anomalien auf, die nicht mit dem natürlichen Temperaturprofil erklärbar sind. So fiel die Temperatur in 100 cm Tiefe um den 03.11.2004 mit unter -2 °C deutlich unter die Temperaturen von höheren Bodenschichten ab. Am 07.11.2004 war sie dann mit 4 °C wieder die wärmste Bodenschicht.

Die gemessenen Daten der Periode 2004/2005 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.

Messdaten 2005/2006

Durch einen Bedienfehler kam es in dieser Messperiode zum Stromunterbruch in der Messstation. Dadurch wurden die Routine / Software zur Datenaufzeichnung und Daten selbst in der Station gelöscht. Die Wetterdaten wurden darum während einem Jahr nicht ordnungsgemäss aufgezeichnet, bzw. gingen unwiederbringlich verloren.

Folglich können für diesen Zeitraum keine Wetterdaten ausgewertet werden.

Vermessung 2005

Am 8. September 2005 wurden sämtliche Messmarken eingemessen und anschliessend in das geographische Informationssystem Chavagl eingelesen und mit den darin entwickelten Programmen ausgewertet.

In der Periode 2004/2005 fanden die seit der Installation der neuen Klimastation (1995) bisher grössten Bewegungen statt. 16 Messmarken bewegten sich mehr als 10 cm. Insbesondere der untere Bereich der südlichsten Solifluktionzunge war stark in Bewegung. Auch die nördliche Zunge verzeichnete zahlreiche grössere Verschiebungen, wobei der mittlere Bereich wie meistens zu den aktivsten Zonen der gesamten Untersuchungsfläche gehört.

Wie schon in den Vorjahren zeigt sich der Zusammenhang zwischen der Frosteindringtiefe und den Bewegungen, auf den Gamper 1982 hingewiesen hatte. Je tiefer der Frost eindringt, desto stärker sind die Bewegungen, da umso mehr Material beim späteren Auftauen durchfeuchtet und somit instabil wird. In der Messperiode gefror der Boden bis in eine Tiefe von über 1 m, was bisher erst im Winter 2001/2002 der Fall war.

Die Karte mit den Bewegungsvektoren kann dem Anhang entnommen werden.

Vermessung 2006

Im Jahr 2006 wurden am 18. September sämtliche Messmarken eingemessen, anschliessend in das geographische Informationssystem Chavagl eingelesen und mit den darin entwickelten Programmen ausgewertet.

Der Unterschied der Bodenbewegung in der Periode 2005/2006 zum Vorjahr 2004/2005 ist offensichtlich: Lediglich 3 Marken bewegten sich mehr

als 10 cm , 4 Marken 6-10 cm weit innerhalb eines Jahres. Diese Bewegungen fanden vorrangig im mittleren Teil der westlichen sowie im mittleren Teil der östlichen Solifluktionsszunge statt.

32 Messmarken zeigten nur geringe Verschiebungen von 2-6 cm. Sie waren recht gleichmässig über alle Messfelder verteilt.

Am offensichtlichsten wurden Veränderungen im oberen Teil der mittleren und oberen Teil der östlichen Solifluktionsszunge, sowie im unteren Bereich der westlichen. Hier kam die Fließbewegung des Bodens weitgehend zum Halt. Ca. 40 Marken waren ohne Bewegung - etwa doppelt so viele wie im Vorjahr.

Insgesamt gab es 14 verlorene Messmarken. Diese befanden sich vor allem im mittleren Teil der westlichen und in der mittleren Fließform.

Die geringe Bodenbewegung lässt auf geringe Frosteindringtiefen im Winterhalbjahr 2006 schliessen. Im Jahr 2004/2005 hingegen kam es zu grossen Temperaturschwankungen und sehr niedrigen Lufttemperaturen im Winter. Verbunden mit grosser Schneearmut konnte der Boden tief auskühlen, gefrieren und dann mit dem Auftauen instabil und wassergesättigt hangabwärts fließen.

Leider liegen für das Messjahr 2005/2006 keine Wetterdaten vor, mit denen sich die geringen Bodenbewegungen erklären liessen.

Geographisches Informationssystem 'Chavagl'

Für die Verarbeitung der Vermessungsdaten wurde ein einfaches Geographisches Informationssystem aufgebaut. Hierzu wurde für jede Messkampagne eine eigene Datenebene geschaffen, welche die Koordinaten der Messmarken inkl. der zugehörigen Nummern verwaltet. Im gleichen System wurde auf der Basis von 900 eingemessenen Geländepunkten und Bruchkanten ein hochauflösendes digitales Höhenmodell berechnet. Aus diesem Höhenmodell konnten anschliessend Höhenkurven mit einer Äquidistanz von 1 m interpoliert werden. In Zukunft kann das digitale Höhenmodell zur Analyse der Bewegung der Messmarken in Bezug auf Exposition, Hangneigung und Wölbung eingesetzt werden. Sämtliche Datensätze sind einheitlich dokumentiert und können somit anderen Benutzern oder Systemen zur Verfügung gestellt werden.

Das Geographische Informationssystem *Chavagl* wurde im Sommer 1997 in das GIS SNP integriert.

Ausblick

Nachdem 1997 das Messfeld in jeglicher Hinsicht aktualisiert wurde, ist eine optimale Weiterführung der Messungen möglich. Die Besonderheit der Messungen am Munt Chavagl liegt in der Länge der bisherigen Messreihe. Aus diesem Grunde sollten die alten Messdaten aufgearbeitet und soweit verfügbar gemacht werden, dass die Messreihe einheitlich und vollständig organisiert ist. In diesem Sinne betrachten wir es als sinnvoll, sämtliche bisherigen Daten in den Archiven des geographischen Institutes der Universität Zürich und von PD Dr. M. Gamper aufzuarbeiten und soweit wie möglich in denselben Zustand wie die Daten der beiden vergangenen Jahren zu bringen.

Ziel der Arbeit der kommenden Jahre ist die Erfassung sämtlicher für die periglazialen Prozesse relevanten Klimadaten. Zur Quantifizierung der von M. Gamper gemachten Erkenntnisse ist insbesondere die Erfassung von Energiebilanzkomponenten (Sonnenstrahlung, langwellige Strahlung, Schneehöhe) interessant. Die Klimastation ist für einen weiteren Ausbau ausgelegt. Die mögliche Einbindung der Station in das Messnetz der SMA ist weiter zu verfolgen.

Im Frühling 2003 ist im Val Trupchun die im Winter 2000 / 01 von einer Lawine zerstörte Klimastation wieder aufgebaut worden. Die Station ist im Wesentlichen analog zur Klimastation am Munt Chavagl konzipiert worden, damit ein möglichst detaillierter Vergleich zwischen diesen Regionen des Nationalparks vorgenommen werden kann. Daher ist es sinnvoll, die Daten der Station Val Trupchun in gleicher Form wie bei der Station Munt Chavagl (Datenbank, Bericht) aufzuarbeiten und zu Verfügung zu stellen.

Ein zweiter Schwerpunkt ist die jährliche Vermessung der Messpunkte. Die gewonnenen Daten werden mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems analysiert und als dreidimensionales Geländemodell dargestellt.

In Zukunft wird die integrierte Umweltbeobachtung auch über die Parkgrenze hinweg zunehmend an Bedeutung gewinnen. Dabei spielen auch Prozesse, namentlich Frostprozesse im Hochgebirge eine wichtige Rolle. Die Weiterführung der Solifluktionmessungen deckt einen wichtigen Übergangsbereich zwischen der Permafrostforschung und der geomorphologischen Prozessforschung wie z.B. der Erosion ab.

Es bleibt zu hoffen, in Zukunft eine auswertbare Datenreihe über die wichtigsten Energiebilanzkomponenten zu besitzen. Ohne technische Störungen sollte dies kein Problem sein. Damit wäre man im Stande, erstmals den für die Permafrostforschung wichtigen Herbstschneeeffekt zu quantifizieren. Damit kann die Auswirkung einer veränderten Schneedecke auf den Permafrost auch quantitativ abgeschätzt 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

Michael Tamás (Dipl. Geograph)

Dr. Felix Keller (Leiter ITL)

Gregor Merting (Dipl. Geoökologe)

Sachbearbeiter

Dr. F. Keller
M. Tamás
H. Lozza
Dr. H. U. Gubler

Anhang

Beilage 1 Bewegungsraten der Messmarken 2004-2005 (Geländemodell GIS 1:300)

Beilage 2 Bewegungsraten der Messmarken 2005-2006 (Geländemodell GIS 1:300)

Beilage 3 Messreihen Luft- und Oberflächentemperatur, Bodentemperaturen, Schneehöhe, reflektierte Strahlung und Windgeschwindigkeit (September 2004 – August 2005)

Beilage 4 Tabelle Mittelwerte September 2004 – August 2005

Vermessung 2006

Am 18. September 2005 wurden sämtliche Messmarken eingemessen, anschliessend in das geographische Informationssystem Chavagl eingelesen und mit den darin entwickelten Programmen ausgewertet.

Der Unterschied der Bodenbewegung in der Periode 2005/2006 zum Vorjahr 2004/2005 ist offensichtlich: Lediglich 3 Marken bewegten sich mehr als 10 cm, 4 Marken 6-10 cm weit innerhalb eines Jahres. Diese Bewegungen fanden vorrangig im mittleren Teil der westlichen sowie im mittleren Teil der östlichen Solifluktionsszunge statt.

32 Messmarken zeigten nur geringe Verschiebungen von 2-6 cm. Sie waren recht gleichmässig über alle Messfelder verteilt.

Am offensichtlichsten wurden Veränderungen im oberen Teil der mittleren und oberen Teil der östlichen Solifluktionsszunge, sowie im unteren Bereich der westlichen. Hier kam die Fliessbewegung des Bodens weitgehend zum Halt. Ca. 40 Marken waren ohne Bewegung - etwa doppelt so viele wie im Vorjahr.

Insgesamt gab es 14 verlorene Messmarken. Diese befanden sich vor allem im mittleren Teil der westlichen und in der mittleren Fliessform.

All dies lässt auf geringe Frosteindringtiefen schliessen. Im Jahr 2004/2005 kam es zu grossen Temperaturschwankungen und sehr niedrigen Lufttemperaturen im Winter. Verbunden mit grosser Schneearmut konnte der Boden tief auskühlen, gefrieren und dann mit dem Auftauen instabil und wassergesättigt hangabwärts fließen.

Leider liegen für das Messjahr 2005/2006 keine Wetterdaten vor, mit denen sich die geringen Bodenbewegungen erklären liessen.

fanden die seit der Installation der neuen Klimastation (1995) bisher grössten Bewegungen statt. 16 Messmarken bewegten sich mehr als 10 cm. Insbesondere der untere Bereich der südlichsten Solifluktionsszunge war stark in Bewegung. Auch die nördliche Zunge verzeichnete zahlreiche grössere Verschiebungen, wobei der mittlere Bereich wie meistens zu den aktivsten Zonen der gesamten Untersuchungsfläche gehört.

Wie schon in den Vorjahren zeigt sich der Zusammenhang zwischen der Frosteindringtiefe und den Bewegungen, auf den Gamper 1982 hingewiesen hatte. Je tiefer der Frost eindringt, desto stärker sind die Bewegungen, da umso mehr Material beim späteren Auftauen durchfeuchtet und somit instabil wird. In der Messperiode gefror der Boden bis in eine Tiefe von über 1 m, was bisher erst im Winter 2001/2002 der Fall war.

Die Karte mit den Bewegungsvektoren kann dem Anhang entnommen werden.