

Wissenschaftliche Nationalparkkommission

## Messfeld am Munt Chavagl

# Periglazialforschung im Schweizerischen Nationalpark

Bericht über die Klima- und  
Erdstrommessungen von September  
2009 bis August 2010



*Europäisches Tourismus Institut (ETI)*

Quadratscha 18, CH-7503 Samedan  
Tel. ++41 (81) 851 06 29, FAX ++41 (81) 851 06 25

---

# **Messfeld am Munt Chavagl**

---

Wissenschaftliche Nationalparkkommission

Projekt Nr. 95/503

**Periglazialforschung im Schweizerischen Nationalpark**

**Bericht über die Klima- und Erdstrommessungen  
von September 2009 bis August 2010**

Projektleitung:

Dr. sc. nat. ETH Felix Keller

Academia Engiadina, Europäisches Tourismus Institut, 7503 Samedan

# Klimastation und Erdstrommessungen am Munt Chavagl 2009/2010

---

Periglazialforschung im Schweizerischen Nationalpark

## ***Zweck des Berichts***

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Erdstrommessungen 2010 am Munt Chavagl zusammen und liefert eine Übersicht über die gemessenen Klimadaten von 01. November 2009 bis 31. August 2010. In den Beilagen im Anhang sind die Ergebnisse graphisch dargestellt. Ebenfalls im Anhang befindet sich eine Übersicht über alle seit 1995 erhobenen klimatischen Parameter am Munt Chavagl. Damit haben alle interessierten Personen die Möglichkeit, Einsatzmöglichkeiten der bereitstehenden Daten für ihre eigenen Fragestellungen zu prüfen. Seit 1995 werden sämtliche Daten in einer Access-Datenbank gespeichert und können bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden.

## ***Ausgangslage***

Die Solifluktionzungen am Munt Chavagl werden seit 1977 untersucht (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 und misst seitdem in dreistündigen Intervallen (d.h. 8 Messungen pro Tag) folgende Parameter:

- Lufttemperatur (Mitteltemperatur, Maximum- und Minimumtemperatur)
- Oberflächentemperatur
- Bodentemperatur in der Tiefe von 10, 20, 40, 60 und 100 cm
- Schneehöhe
- Windgeschwindigkeit (mittlere und maximale Windgeschwindigkeit)
- Reflektierte kurzwellige Strahlung

Die erhobenen Mittel-, Maximal-, und Minimalwerte beziehen sich jeweils auf das dreistündige Messintervall.

Die Klimastation erlaubt es damit, 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 zum Herbstschneeeffekt

fekt (Keller und Tamas, 2003) sind wesentliche Komponenten der heutigen Permafrostforschung. Die Messstation am Munt Chavagl kann daher einen wichtigen Beitrag zur Permafrostforschung leisten, obwohl sie selber nicht im Permafrost gelegen ist.

### ***Klimamessungen 2009/2010***

Nach dem Ende der letzte Messperiode am 5. Juni 2009 fehlen die Messergebnisse bis 26. November 2009. Für diesen Bericht werden die Messungen daher erst wieder ab 1. Dezember 2009 ausgewertet. Die Auswertungen enden mit 31. August 2010. Die Berechnung aussagekräftiger Jahresmittelwerten ist in diesem Untersuchungszeitraum daher nicht möglich.

Im Anhang sind die Messergebnisse der einzelnen klimatischen Parameter über den Untersuchungszeitraum graphisch dargestellt. Die monatlichen Mittelwerte sind in Form einer Tabelle enthalten.

### **Lufttemperaturen**

Die Tagesmitteltemperaturen des meteorologischen Winters (Dez, Jan, Feb) lagen deutlich (um jeweils 2 bis 3 °C) unter dem langjährigen Mittel. Dabei war der Jänner mit -9.4 °C Mitteltemperatur der kälteste Monat, während im Durchschnitt der Februar kälter als der Jänner ausfällt. Die Minimaltemperaturen der Messperiode traten hingegen nicht im Jänner, sondern am 20. Dezember (-23.2 °C) und am 9. März (-21.9 °C) auf. Von Beginn der Auswertung im Dezember 2009 an blieben die Tagesmitteltemperaturen für fast 4 Monate ständig unter Null, was eine außerordentlich lange Kaltphase darstellt. Ab dem 21. März erreichten die Tagesmitteltemperaturen für wenige Tage erstmals positive Temperaturen (bis 2.0 °C), bevor sie wieder unter den Gefrierpunkt sanken.

Wie der Winter fiel auch der Frühling kühler als gewöhnlich aus. Das ist vor allem auf den Mai zurückzuführen, dessen Durchschnittstemperatur von 0.6 °C um ungefähr 2.5 °C unter dem langjährigen Mittel lag. Bei den Sommertemperaturen fällt umgekehrt der warme Juli mit 10.3 °C Monatsmitteltemperatur auf, was um mehr als 2 °C über dem Normalwert liegt. Der Juli 2010 war im Beobachtungszeitraum auch der einzige Monat ohne negative Tagesmitteltemperaturen. Ebenfalls im Juli wurde mit 22.1 °C die Maximaltemperatur im Untersuchungszeitraum gemessen (9. Juli). Der August war wiederum etwas kühler als im langjährigen Mittel.

Insgesamt zeigen die Monatsmitteltemperaturen ein kühleres Jahr als im langjährigen Mittel an. Detaillierte Aussagen in Verbindung mit der Jahresmitteltemperatur sind im Untersuchungszeitraum aber nicht möglich, da die Daten von September bis November 2009 fehlen.

### **Schneebedeckung**

Der Aufbau der Schneedecke im Herbst 2009 ist nicht rekonstruierbar, da die Daten erst mit 1. Dezember 2009 beginnen. Bis 26. Mai war eine durchgehende Schneedecke vorhanden. Die stärksten Zuwächse der Schneedecke waren Ende Dezember 2009 zu verzeichnen: Ausgehend von einer 45 cm starken Schneedecke am 21. Dezember, wuchs dieselbe innerhalb von 4 Tagen um 74 cm an. Die damit erreichte Schneehöhe von 119 cm am 25. De-

zember war auch das Maximum der Messperiode. Ein zweites Maximum wurde am 4. April 2010 mit einem Stand von 115 cm erreicht.

Zwischen Ende Dezember und Mitte April befand sich am Standort eine konstant starke Schneedecke, die Schneehöhe fiel dabei nie unter 83 cm. Ab 19. April schmolz die Schneedecke in zwei Schmelzphasen relativ rasch ab. Die Schmelzphasen wurden nur Anfang Mai von einem zwischenzeitlichen Neuschneezuwachs um gut 20 cm unterbrochen. Im langjährigen Vergleich entsprachen die Monatsmittelwerte der Schneebedeckung in der Saison 2009/2010 ziemlich genau dem langjährigen Mittel.

### **Strahlung**

Die Messwerte der reflektierten kurzwelligigen Strahlung korrelieren aufgrund der hohen Albedo des Schnees gut mit dem Zeitraum der Schneebedeckung: Während die Maximalwerte ohne Schneebedeckung um  $200 \text{ W/m}^2$  liegen, werden nach den Neuschneefällen Anfang April Werte bis  $900 \text{ W/m}^2$  erreicht. Sogar ein kurzer Schneefall am 20. Juni wird durch die stärkeren Strahlungswerte deutlich abgebildet.

Die Monatsmittelwerte der reflektierten kurzwelligigen Strahlung liegen bei den meisten Monaten ungefähr im langjährigen Mittel. Deutlich darüber liegen der April mit  $213,9 \text{ W/m}^2$  (langjähr. Mittel:  $188,9 \text{ W/m}^2$ ), sowie der Mai mit  $152,6 \text{ W/m}^2$  (langjähr. Mittel:  $123,0 \text{ W/m}^2$ ). Diese Werte sind wahrscheinlich auf die mehrmaligen Neuschneezuwächse im April und Mai zurückzuführen.

### **Windgeschwindigkeit**

Die mittlere Windgeschwindigkeit war in der Messperiode etwas niedriger als im langjährigen Durchschnitt. In Bezug auf die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten waren März und Juni die windigsten Monate. Die stärksten Windspitzen wurden Anfang Juni und Ende August mit jeweils knapp über  $20 \text{ m/s}$  gemessen. Das Diagramm mit dem Jahresverlauf der mittleren und maximalen Windgeschwindigkeit zeigt, dass die Windgeschwindigkeiten in den Monaten November bis April stärker schwankten, als in der Zeit von Mai bis August. Der Wind dürfte im Winter und im Frühling also böiger gewesen sein als im Sommer.

### **Bodentemperaturen**

Von Beginn des Beobachtungszeitraums bis Ende Mai 2010 zeigen die Bodentemperaturen einen sehr kontinuierlichen Verlauf, da sie aufgrund der Schneedecke vom thermischen Signal der Atmosphäre abgekoppelt sind. Die Temperaturen in 10, 20 und 40 cm tiefen lagen dabei die meiste Zeit knapp unter dem Gefrierpunkt, die Temperaturen in 60 und 100 cm Tiefe etwas darüber. Im Verlauf des Winters bzw. Frühlings sanken alle Bodentemperaturen sehr leicht, aber kontinuierlich ab. Oberflächennah traten die Minimalwerte der Tagesmitteltemperatur Mitte Mai mit  $-0,8^\circ\text{C}$  in 10 cm Tiefe auf. Die Frosteindringtiefen betrugen am Anfang der Messperiode um die 40 cm. Sie nahmen bis kurz vor dem Ausapern Ende Mai auf etwa 60 cm zu. Für kurze Zeit erreichten Ende Mai sogar den Sensor in 100 cm Tiefe Tagesmitteltemperaturen knapp unter dem Gefrierpunkt (25. Mai:  $-0,1^\circ\text{C}$ ). Die Monatsmittelwerte erreichen hingegen nur bis in 40 cm Tiefe negative Temperaturen (Minimalwert im April in 40 cm Tiefe  $-0,5^\circ\text{C}$ ).

Mit dem Abschmelzen der Schneedecke Ende Mai begannen die oberflächennahen Bodentemperaturen rasch und stark zu steigen und sich an die Schwankungen des atmosphärischen Temperatursignals anzugleichen. In 60 und 100 cm Tiefe sind etwas zeitverzögert ebenfalls viel stärkere Schwankungen als während der Schneebedeckung zu verzeichnen, allerdings weniger stark als in den oberflächennahen Bodenschichten. Starke negative Ausschläge der Lufttemperatur während des Sommers sind bis zum Temperatursensor in 100 cm Tiefe gut erkennbar, z.B. rund um den 21. Juni sowie in der ersten Augushälfte. Die höchsten Monatsmittelwerte der Bodentemperaturen wurden im Juli gemessen (11.9 °C in 10 cm Tiefe, 8.3 °C in 100 cm Tiefe).

Anders als die Bodentemperaturen ist die Oberflächentemperatur während des ganzen Jahresverlaufs an die Lufttemperatur gekoppelt. Im Winterhalbjahr bzw. während der Schneebedeckung, liegen die Tagesmittel der Oberflächentemperatur tendenziell unter denen der Lufttemperatur, im Sommerhalbjahr fast immer über denen der Lufttemperatur.

Im langjährigen Vergleich entsprechen die Bodentemperaturen der Messperiode 2009/2010 während der Wintermonate etwa dem langjährigen Mittel. Während des Frühlings und Sommer ändert sich das Bild: Die Bodentemperaturen im Mai, Juni und August sind geringer als im langjährigen Mittel, im Juli sind sie hingegen höher. Dieses Bild passt gut mit den Lufttemperaturen in diesen Monaten zusammen: Mai, Juni und August waren im langjährigen Vergleich eher kühl, der Juli hingegen überdurchschnittlich warm.

Während des Winterhalbjahres entsprachen die Bodentemperaturen in der Saison 2009/2010 etwa dem langjährigen Mittel. Dieses Bild passt zwar nicht zu den Lufttemperaturen (der Winter 2009/2010 war deutlich kälter als im Durchschnitt), lässt sich jedoch durch den Verlauf der Schneebedeckung erklären, die ziemlich genau dem langjährigen Mittel entsprach. Das illustriert auch gut, dass die Bodentemperaturen im Winter stärker von der Schneehöhe als von der Lufttemperatur abhängen, während im Sommer sehr wohl die Entwicklung der Lufttemperatur für die Bodentemperaturen wesentlich ist.

### ***Erdstrommessungen 2010***

Am 14. September 2010 wurden die Bewegungsmarken vermessen und die Ergebnisse mit der Routine „Calcdist.aml“ ausgewertet, um Bewegungsvektoren gegenüber den vergangenen Jahren zu berechnen. Die Karte mit den Bewegungsvektoren zwischen den Jahren 2009 und 2010 befindet sich im Anhang (Beilage 2).

Es konnten insgesamt 93 Messmarken über ihre Nummer identifiziert und vermessen werden.

Die Bewegungsbeträge weisen eine Streuung zwischen einem und knapp 5 cm auf. 30 Vektoren sind kleiner als 1 cm, 35 zwischen 1 und 2 cm, 16 zwischen 2 und 3 cm und 9 über 3 cm.

Auffallend ist, dass insbesondere die kurzen Bewegungsvektoren nicht in Fließrichtung liegen. Dies ist ein klarer Hinweis, die geschätzte Messgenauigkeit von 3cm zutrifft.

## **Ausblick**

Im Jahr 2008 übernahm die Nationalpark Direktion die Vermessungsarbeiten. Dies bedingte auch den Wechsel des Koordinatensystems. Leider zeigte sich bald, dass mit dem Wechsel, die neuen Daten mit den bisherigen Messungen nicht nur vom Koordinatensystem her gesehen nicht mehr kompatibel waren. Aus diesem Grunde mussten alle früheren Daten in Punktgruppen transformiert werden. Dieser Eingriff bot aber auch gleichzeitig die Chance, die Datenorganisation zu erneuern, womit neu die Daten nicht mehr in Arc/Info Coverages sondern in modernen Geo-Databases organisiert sind. Da auch in ArcGIS keine für unsere Zwecke nützlichen Auswerteroutinen bestehen, müssen diese leider neu geschrieben werden.

Das im Jahresbericht 2009 erwähnte Forschungsgesuch, welches zum Ziel hat, ein neues, zuverlässigeres Monitoring-Konzept zu erarbeiten, wurde beim Schweizer Nationalfond eingereicht.

## **Projektbetreuung**

Dr. F. Keller (Glaziologe, Academia Engiadina, Samedan) ist seit Mai 1995 von der WNPk mit der Durchführung der Messungen 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

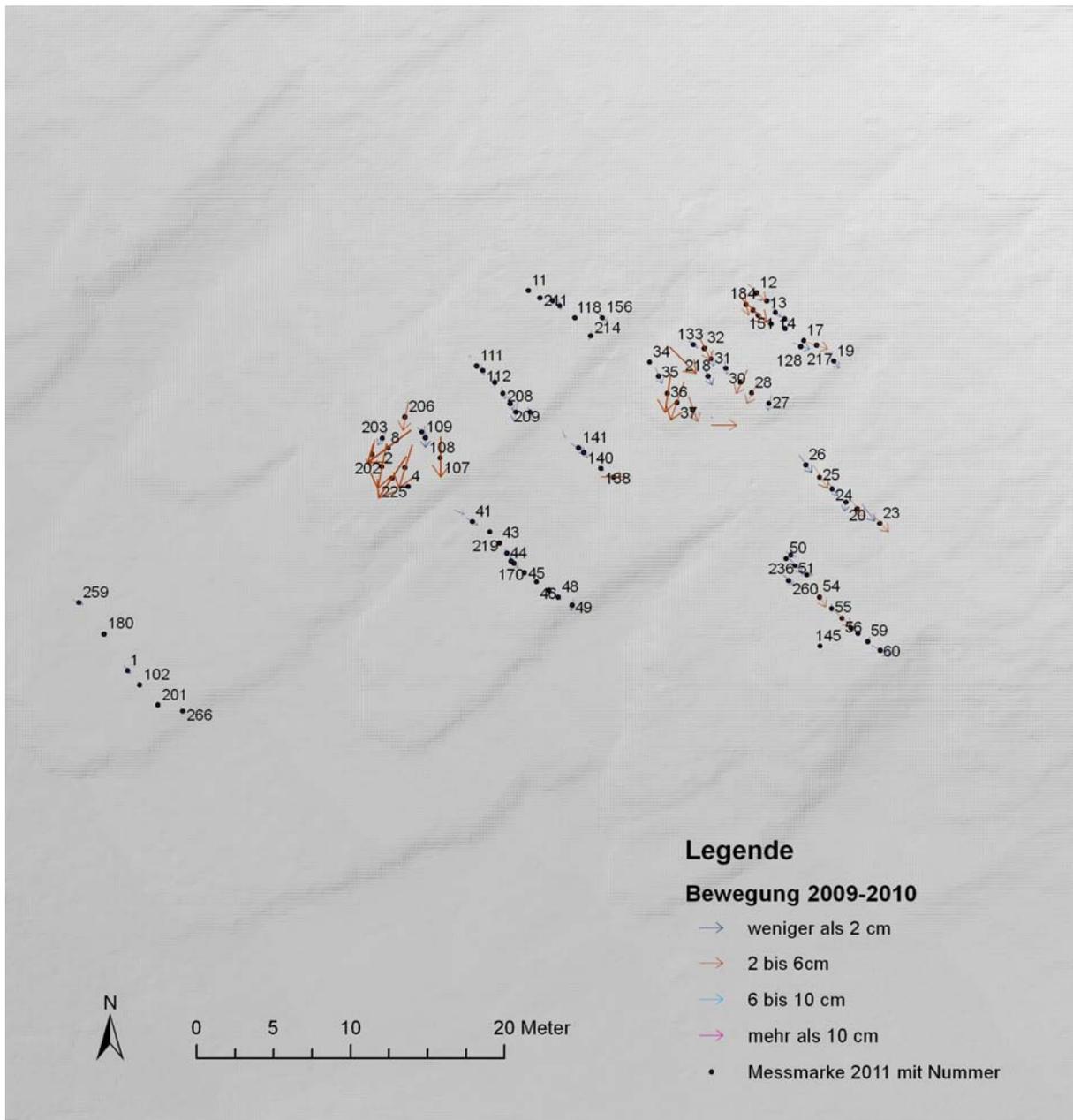
Dr. Florian Ritter  
(Mitarbeiter Bereich Landschaft  
und Umwelt am ETI)

Dr. Felix Keller  
(Co-Institutsleiter)

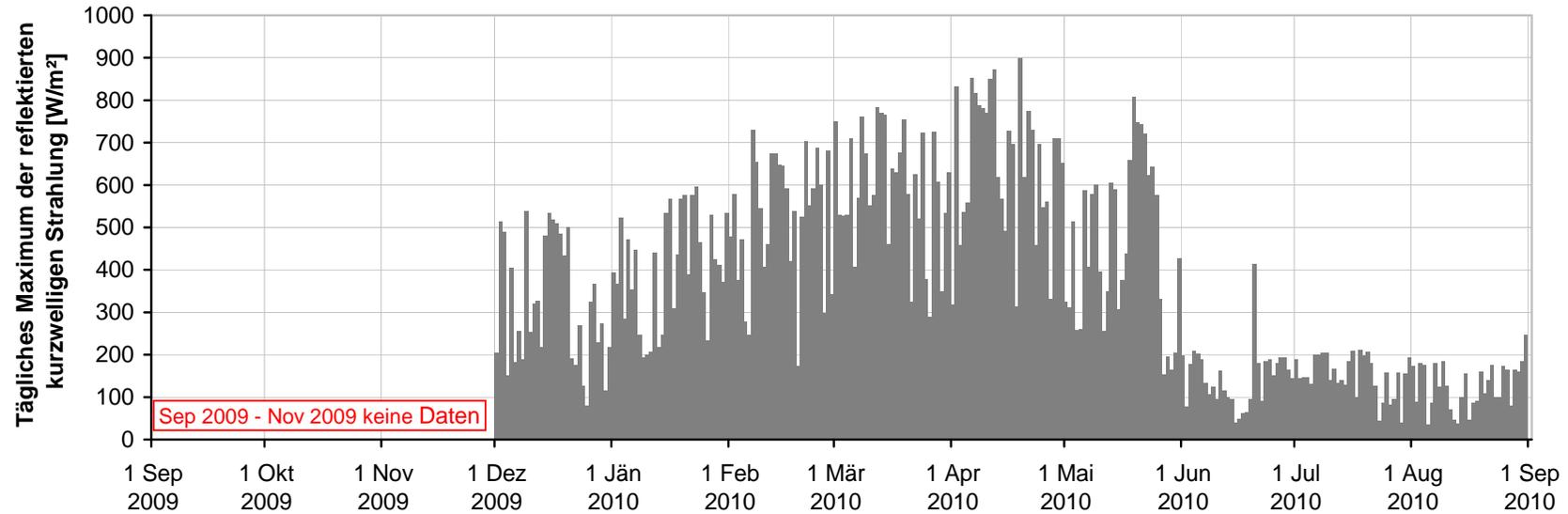
## **Anhang**

- Beilage 1 Karte mit Bewegungsraten der Bewegungsmarken 2009 – 2010
- Beilage 2 Diagramme des Jahresverlaufs der erhobenen Parameter von 1. Dezember 2009 bis 31. August 2010 (Reflektierte kurzweilige Strahlung, Windgeschwindigkeit, Schneehöhe, sowie Luft-, Oberflächen- und Bodentemperaturen)
- Beilage 3 Tabelle der Monatsmittel aller erhobenen Parameter von Dezember 2009 bis August 2010

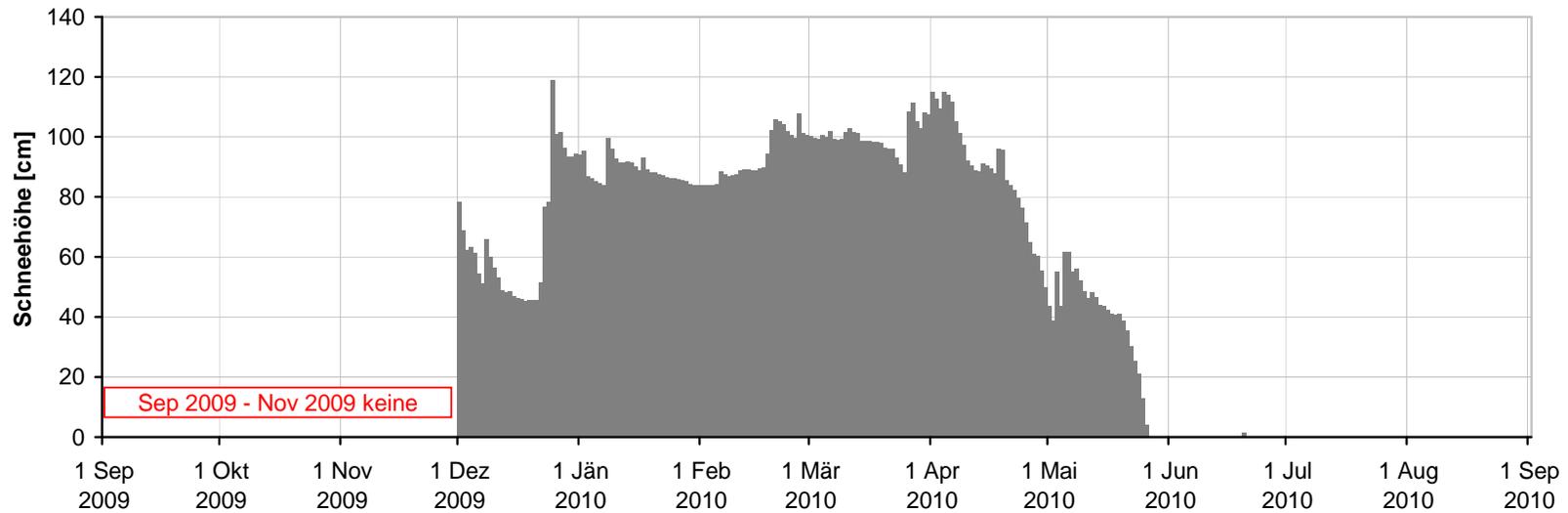
Beilage 4 Tabelle der langjährigen Monatsmittel aller erhobenen Parameter von 1995 bis 2010



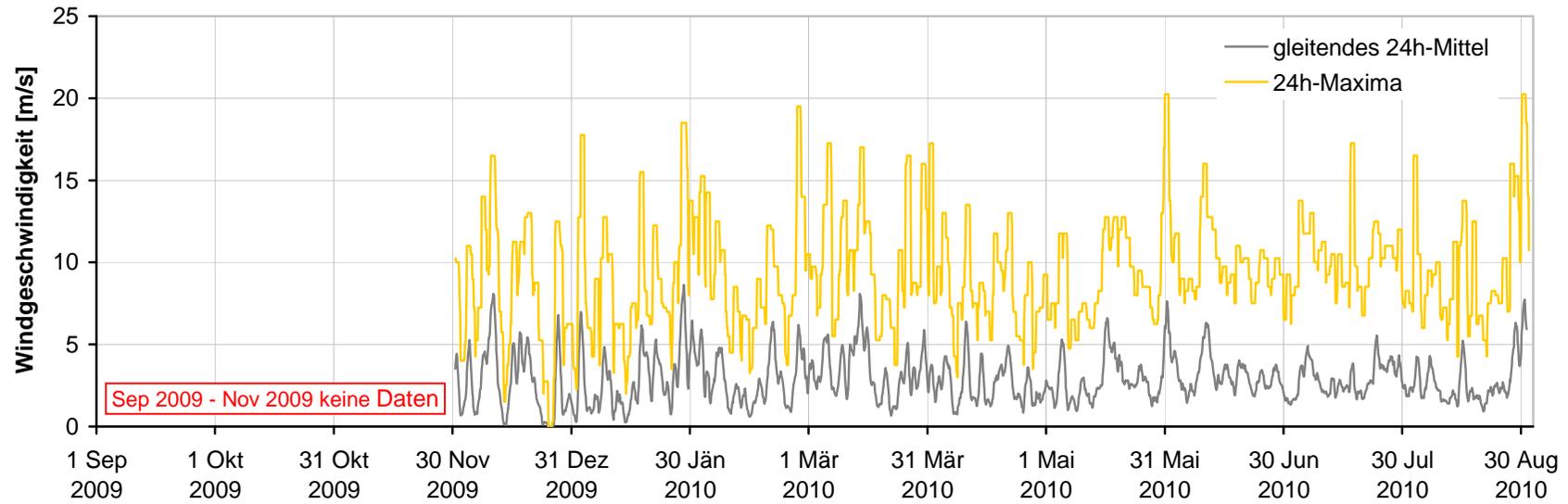
### Reflexion kurzweiliger Strahlung, Munt Chavagl 2009/2010



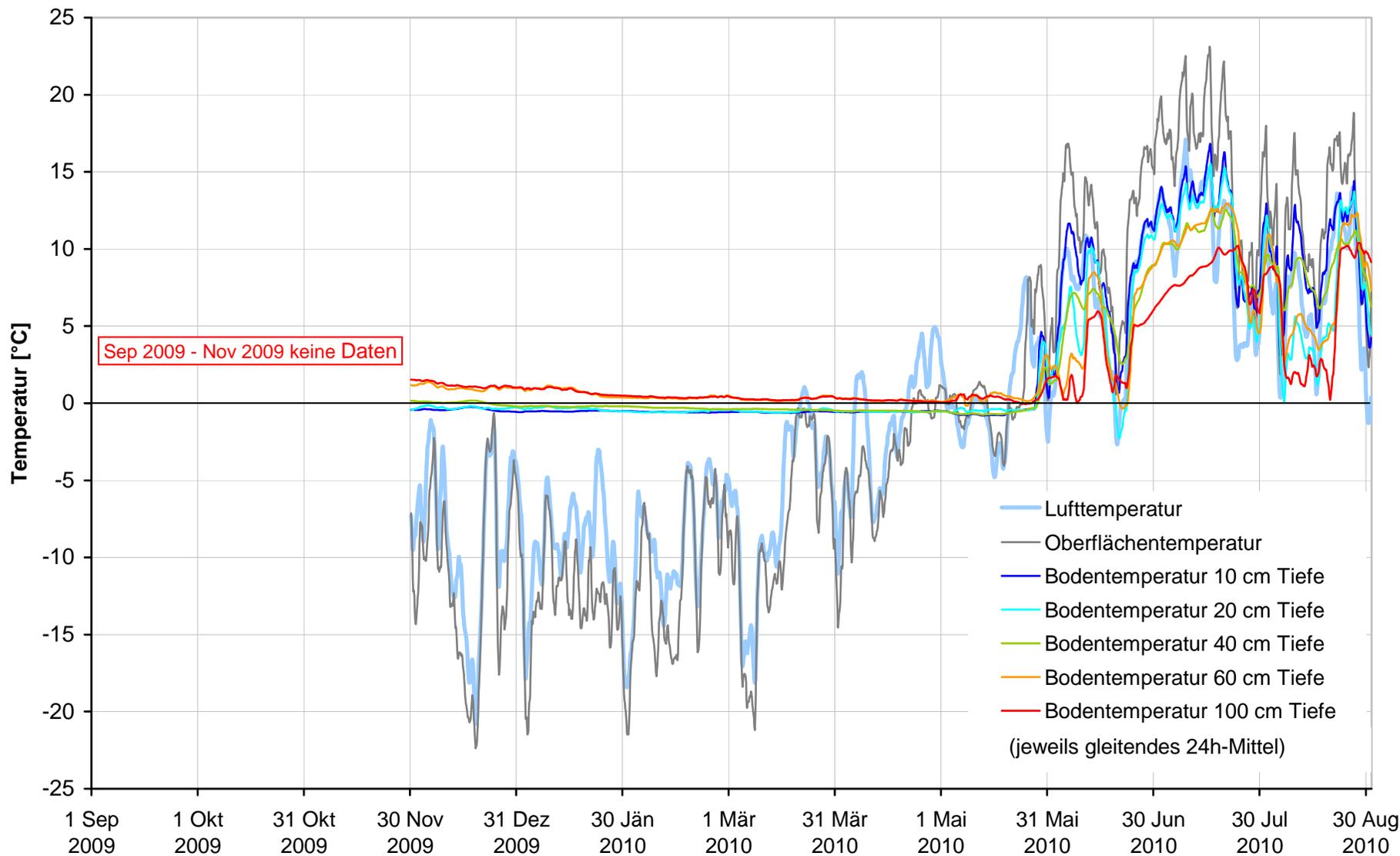
### Schneehöhe, Munt Chavagl 2009/2010



### Windgeschwindigkeiten, Munt Chavagl 2009/2010



### Temperaturen, Munt Chavagl 2009/2010



**Monatsmittelwerte, Maxima und Minima von Dezember 2009 bis August 2010**

Mit "Max." bzw. "Min." beschriftete Spalten enthalten die Monatsmaxima bzw. -minima, alle anderen Werte sind Monatsmittelwerte.

|              | Temperaturen [C°]   |       |       |       |       |                                 |       |        |                 | reflektierte<br>kurzw. Strah-<br>lung [W/m²] | Windgeschwin-<br>digkeit [m/s] |       | Schnee-<br>höhe<br>[cm] |
|--------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|-------|--------|-----------------|----------------------------------------------|--------------------------------|-------|-------------------------|
|              | Boden in Tiefe [cm] |       |       |       |       | Luft                            |       |        | Ober-<br>fläche |                                              | Mittel                         | Max.  |                         |
|              | 100                 | 60    | 40    | 20    | 10    | Mittel                          | Max.  | Min.   |                 |                                              |                                |       |                         |
| Sep          |                     |       |       |       |       |                                 |       |        |                 |                                              |                                |       |                         |
| Okt          |                     |       |       |       |       | Sep 2009 - Nov 2009 keine Daten |       |        |                 |                                              |                                |       |                         |
| Nov          |                     |       |       |       |       |                                 |       |        |                 |                                              |                                |       |                         |
| Dez          | 1,19                | 1,02  | 0,03  | -0,30 | -0,41 | -8,58                           | 2,24  | -23,22 | -10,95          | 74,46                                        | 2,68                           | 16,50 | 62,76                   |
| Jän          | 0,78                | 0,76  | -0,21 | -0,36 | -0,52 | -9,43                           | 5,37  | -20,36 | -12,72          | 96,33                                        | 2,95                           | 18,50 | 87,66                   |
| Feb          | 0,39                | 0,35  | -0,31 | -0,55 | -0,58 | -9,15                           | 3,07  | -21,32 | -11,16          | 136,10                                       | 2,82                           | 19,50 | 91,88                   |
| Mär          | 0,29                | 0,28  | -0,41 | -0,51 | -0,58 | -6,59                           | 13,98 | -21,91 | -8,57           | 172,19                                       | 3,39                           | 17,25 | 98,39                   |
| Apr          | 0,19                | 0,20  | -0,50 | -0,55 | -0,55 | -1,63                           | 16,02 | -14,90 | -4,23           | 213,90                                       | 2,56                           | 17,25 | 86,65                   |
| Mai          | 0,31                | 0,52  | -0,40 | -0,13 | -0,24 | 0,59                            | 13,10 | -7,85  | 0,93            | 152,63                                       | 2,85                           | 20,25 | 32,99                   |
| Jun          | 2,86                | 3,99  | 5,52  | 5,38  | 7,56  | 6,27                            | 17,73 | -4,04  | 10,79           | 52,82                                        | 3,22                           | 16,00 | 0,01                    |
| Jul          | 8,26                | 10,31 | 10,28 | 11,27 | 11,87 | 10,55                           | 22,11 | 0,68   | 15,69           | 54,58                                        | 2,86                           | 17,25 | 0,00                    |
| Aug          | 5,63                | 7,21  | 8,59  | 6,75  | 9,33  | 7,14                            | 20,17 | -2,54  | 11,64           | 42,10                                        | 2,74                           | 20,25 | 0,00                    |
| Jahresmittel | 2,24                | 2,77  | 2,54  | 2,37  | 2,91  | -1,20                           | -     | -      | -0,87           | 110,12                                       | 2,90                           | -     | 50,76                   |

**Langjährige Monatsmittelwerte aller erhobenen Parameter von 1995 bis 2010**

|              | Temperaturen [C°]   |      |       |       |       | Luft  | Oberfläche | reflektierte kurzw. Strahlung [W/m²] | Windgeschwindigkeit [m/s] | Schneehöhe [cm] |
|--------------|---------------------|------|-------|-------|-------|-------|------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------|
|              | Boden in Tiefe [cm] |      |       |       |       |       |            |                                      |                           |                 |
|              | 100                 | 60   | 40    | 20    | 10    |       |            |                                      |                           |                 |
| Sep          | 7,10                | 7,48 | 6,57  | 6,63  | 6,25  | 4,32  | 8,04       | 38,15                                | 2,68                      | 0,19            |
| Okt          | 4,68                | 4,49 | 3,75  | 3,32  | 3,20  | 2,13  | 3,34       | 44,26                                | 2,42                      | 13,79           |
| Nov          | 2,22                | 1,57 | 0,79  | 0,12  | -0,08 | -3,65 | -4,79      | 73,32                                | 2,95                      | 40,84           |
| Dez          | 1,11                | 0,77 | -0,02 | -0,32 | -0,47 | -6,20 | -9,43      | 80,01                                | 3,01                      | 69,84           |
| Jän          | 0,59                | 0,42 | -0,26 | -0,49 | -0,60 | -6,56 | -10,44     | 96,83                                | 3,25                      | 79,23           |
| Feb          | 0,26                | 0,15 | -0,38 | -0,58 | -0,59 | -7,39 | -10,33     | 135,14                               | 3,68                      | 95,12           |
| Mär          | 0,22                | 0,19 | -0,40 | -0,43 | -0,48 | -5,01 | -7,11      | 176,83                               | 3,39                      | 101,97          |
| Apr          | 0,29                | 0,39 | -0,21 | -0,09 | -0,09 | -2,15 | -3,01      | 188,92                               | 3,04                      | 82,19           |
| Mai          | 1,03                | 1,48 | 0,94  | 1,68  | 1,71  | 2,96  | 3,30       | 123,04                               | 2,86                      | 33,18           |
| Jun          | 4,55                | 6,22 | 6,43  | 7,60  | 8,19  | 7,00  | 11,22      | 53,55                                | 2,93                      | 0,08            |
| Jul          | 7,25                | 8,78 | 8,47  | 9,49  | 9,66  | 8,16  | 12,51      | 50,12                                | 3,01                      | 0,00            |
| Aug          | 7,95                | 9,34 | 8,94  | 9,58  | 9,72  | 8,60  | 12,58      | 42,06                                | 2,57                      | 0,00            |
| Jahresmittel | 3,11                | 3,44 | 2,89  | 3,04  | 3,04  | 0,18  | 0,49       | 91,85                                | 2,98                      | 43,04           |

| Datenlücken                                        |  |  | 01.01.99 - 01.08.00 |  | 01.01.99 - 01.08.00 |  | bis 31.12.97 | bis 31.12.97 | bis 31.12.97 | bis 31.12.97 |
|----------------------------------------------------|--|--|---------------------|--|---------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Für folgende Zeiträume fehlen sämtliche Parameter: |  |  |                     |  |                     |  |              |              |              |              |
|                                                    |  |  |                     |  | 22.08.97 - 31.12.98 |  |              |              |              |              |
|                                                    |  |  |                     |  | 16.11.05 - 13.12.06 |  |              |              |              |              |
|                                                    |  |  |                     |  | 06.06.10 - 26.11.10 |  |              |              |              |              |