

Wissenschaftliche Nationalparkkommission

Messfeld am Munt Chavagl

Periglazialforschung im Schweizerischen Nationalpark

Bericht über die Klima- und Erdstrommessungen von September 2010 bis August 2011



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 2010 bis August 2011**

Projektleitung:

Dr. sc. nat. ETH Felix Keller

Academia Engiadina, Europäisches Tourismus Institut, 7503 Samedan

Klimastation und Erdstrommessungen am Munt Chavagl 2010/2011

Periglazialforschung im Schweizerischen Nationalpark

Zweck des Berichts

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Erdstrommessungen 2011 am Munt Chavagl zusammen und liefert eine Übersicht über die gemessenen Klimadaten von 1. September 2010 bis 31. August 2011. 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 2010/2011

Der Auswertungszeitraum dieses Berichts läuft von 1. September 2010 bis 31. August 2011, umfasst also genau ein Kalenderjahr. Auf diese Weise ist die Berechnung aussagekräftiger Jahresmittelwerte der gemessenen Parameter möglich. Der Bericht schließt damit nahtlos an den Bericht 2009/2010 an, der die Messungen bis 31. August 2010 enthält.

Für den angegebenen Zeitraum sind die Messergebnisse der einzelnen klimatischen Parameter im Anhang graphisch dargestellt, die monatlichen Mittelwerte sind in Form einer Tabelle enthalten.

Lufttemperaturen

Die Lufttemperaturen im Herbst 2010 entsprachen etwa dem langjährigen Mittel. Nur der Oktober fiel mit einer Mitteltemperatur von 0.1 °C im langfristigen Vergleich eher kühl aus (langjähr. Mittel: 2.0 °C). Extrem kalt war der Dezember 2010 mit einer Monatsmitteltemperatur von -9.8 °C. Der niedrigste Temperaturwert wurde am 27. Dezember mit -24.7 °C gemessen. Der Dezember war auch insgesamt der kälteste Monat im Beobachtungszeitraum, während im langjährigen Mittel der Februar der kälteste Monat ist.

Im Vergleich zum Vorjahr gab es in der Saison 2010/2011 deutlich weniger lange Kaltphasen: Der längste Zeitraum mit durchgehend negativer Tagesmitteltemperaturen dauerte knapp zwei Monate (15. November bis 13. Jänner), während im Vorjahr fast vier Monate mit ständig negativen Tagesmitteltemperaturen aufgezeichnet wurde. Danach gab es von 10. Februar bis 22. März noch einmal etwas längere Phase mit Tagesmitteltemperaturen immer unter Null. Monatsmittelwerte lagen am Ende des Winters sowie im Frühling (Feb-Mai) konstant über dem langjährigen Mittel.

Der wärmste Monat im Beobachtungszeitraum war der August (Monatsmitteltemperatur 10.2 °C). Die höchsten Temperaturen wurden am 21. und 22. August gemessen (21.7 °C). Auch im Sommer war aber keiner der Monate im Beobachtungszeitraum frostfrei. Auch im Juli und August, gab es jeweils einige Tage, an denen die Minimaltemperatur unter den Gefrierpunkt fiel. Die Jahresmitteltemperatur entsprach in der Saison 2010/2011 mit 0.2 °C fast genau dem langjährigen Mittel (0.2 °C)

Schneebedeckung

Der erste Schnee im Herbst 2009 fiel bereits am 25. September, die Schneedecke blieb aber nur einige Tage liegen. Ab 25. Oktober lag am Messstandort bis zum 26. April eine durchgehende Schneedecke. Das ist fast um zwei Wochen kürzer als im langjährigen Mittel. Im Vergleich zu den letzten Jahren fällt dabei vor allem das sehr frühe Ausapern im April auf.

Im November und Dezember 2010 wurde die Schneedecke in mehreren Phasen aufgebaut. Im Jänner, Februar und März war eine konstant starke Schneedecke von fast immer über 80

cm vorhanden. Das Maximum erreichte die Schneehöhe am 18. März mit 115 cm. Danach schmolz die Schneedecke in etwas mehr als einem Monat rasch vollständig ab.

Im langjährigen Vergleich war der Winter 2010/2011 also relativ schneearm und wurde durch eine sehr frühe Ausaperung beendet. Das Jahresmittel der Schneehöhe war mit 34.5 cm deutlich niedriger als das langjährige Mittel mit (42.5 cm).

Strahlung

Der Jahresverlauf der reflektierten kurzwelligigen Strahlung bildet deutlich die Schneebedeckung ab. Das kurze Einschneien Ende September ist eindeutig an den höheren Reflexionswerten erkennbar wie marginale Schneefälle im Mai. Der Maximalwert wurde am 20. März mit 815 W/m^2 gemessen. Trotz des frühen Ausaperns Ende April lag das Jahresmittel der Reflexion mit $89,1 \text{ W/m}^2$ nur knapp unter dem langjährigen Mittel ($91,7 \text{ W/m}^2$).

Betrachtet man die einzelnen Monatsmittelwerte fällt der Mai auf: Der Monatsmittelwert beträgt $62,5 \text{ W/m}^2$ und ist damit nur etwas mehr als halb so groß wie das langjährige Mittel für diesen Monat. Dieser extrem niedrige Wert liegt daran, dass 2011 die Schneedecke bereits Ende April vollständig abgeschmolzen war, während sie in den meisten Jahren erst Mitte bis Ende Mai abtaut.

Windgeschwindigkeit

Die windreichsten Monate 2010/2011 waren der Februar und der Juli 2011. Die stärksten Windspitzen wurden mit 22 m/s hingegen im November und im August gemessen. Die Windkurven zeigen in der Zeit von Mitte Oktober bis Mitte April (also das Winterhalbjahr) deutlich stärkere Schwankungen als im Sommer und im frühen Herbst. Die geringsten Windspitzen und damit die konstantesten Windverhältnisse wurden im Mai aufgezeichnet. Das weist auf böigere Windverhältnisse im Winterhalbjahr hin.

Bodentemperaturen

In der ersten Hälfte des Winters schwanken die Bodentemperaturen trotz vorhandener Schneedecke auffällig stark. Erst Mitte Jänner tritt der für den Winter typische, kontinuierliche Temperaturverlauf ein. Die Tagesmitteltemperaturen in 10, 20 und 40 cm Tiefen lagen dabei die meiste Zeit knapp unter dem Gefrierpunkt, diejenigen in 60 und 100 cm Tiefe etwas darüber. Erst kurz vor dem Ausapern Ende April erreichen auch die Werte in 60 und 100 cm Tiefe den Gefrierpunkt.

Nach dem Ausapern Ende April steigen die Bodentemperaturen rasch an. Ihre Schwankungen zeigen, dass sie ohne die Isolation durch die Schneedecke an das thermische Signal aus der Luft gekoppelt sind. Auffällig ist danach ein abrupter Abfall der Bodentemperaturen Mitte Juni, den die Sensoren in 10 cm und 40 cm Tiefe nicht anzeigen, die drei anderen jedoch schon, am stärksten in 100 cm Tiefe. Dabei wurden auch die niedrigsten Werte der Messperiode in 100 cm gemessen (-1.6 °C Tagesmitteltemperatur am 13. und 14. Juni 2011). Möglicherweise liegt hier eine Störung bzw. ein Messfehler vor. Vgl. dazu Beilage 4.

In allen Tiefen entsprachen die Jahresmitteltemperaturen im Boden während der Saison 2010/2011 ungefähr dem langjährigen Mittel. Lediglich die Werte des Monats Mai heben sich deutlich davon ab: In diesem Monat war der Boden in allen Tiefen um 3 bis 4 °C wärmer als

im langjährigen Mittel. Das liegt wieder am sehr frühen Abschmelzen der Schneedecke und der damit zusammenhängenden schnelleren Erwärmung des Bodens durch die bereits wärmere Luft.

Durchschnittlich am wärmsten war der Boden während des Untersuchungszeitraums im August 2011. Die Monatsmittelwerte lagen in diesem Monat zwischen 11 °C in 10 cm Tiefe und 8.7 °C in 100 cm Tiefe. Die niedrigsten Monatsmitteltemperaturen wurden im März gemessen. Sie lagen zwischen -0.6 °C in 10 cm Tiefe und 0.3 °C in 100 cm Tiefe.

Erdstrommessungen 2011

Am 8. September 2011 wurden sämtliche Bewegungsmarken vermessen, fotografisch dokumentiert (siehe Fotoprotokoll im Anhang, Beilage 1) und anschliessend in das geographische Informationssystem Chavagl eingelesen und mit den darin entwickelten Programmen ausgewertet. Die Karte mit den Bewegungsvektoren sowie den Positionen der Bewegungsmarken 2011 können dem Anhang (Beilage 2) entnommen werden.

Es wurden 91 Marken vermessen. Im Vergleich mit der Position der Messmarken von 2010 können 88 Bewegungsvektoren ermittelt werden. Keine Messmarke wies eine Bewegung auf, die kleiner war als 2 cm. Im Bereich von 2 bis 6 cm befanden sich 87 Bewegungsvektoren und eine Messmarke bewegte sich zwischen 6 und 10 cm. Über das gesamte Messfeld gesehen waren die Bewegungsbeträge relativ homogen mit 87 von 88 Marken zwischen 2 und 6 cm.

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 hatte, ein neues, zuverlässigeres Monitoring-Konzept zu erarbeiten, wurde beim Schweizer Nationalfond abgelehnt.

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) 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.

Sachbearbeiterin:

ACADEMIA ENGIADINA

Dr. Christine Levy
(Mitarbeiter Bereich Landschaft
und Umwelt am ETI)

Dr. Felix Keller
(Co-Institutsleiter)

Anhang

- Beilage 1 Fotoprotokoll zur Dokumentation der Vermessung der Bewegungsmarken
- Beilage 2 Karte mit Bewegungsraten der Bewegungsmarken 2004 – 2009 (Geländemodell GIS 1:300)
- Beilage 3 Diagramme des Jahresverlaufs der erhobenen Parameter von 1. September 2010 bis 31. August 2011 (Reflektierte kurzwellige Strahlung, Schneehöhe, Windgeschwindigkeit, sowie Luft-, Oberflächen- und Bodentemperaturen)
- Beilage 4 Tabelle der Monatsmittel aller erhobenen Parameter von September 2010 bis August 2011
- Beilage 5 Tabelle der langjährigen Monatsmittel aller erhobenen Parameter von 1995 bis 2011, mit Diagrammen für die Parameter Lufttemperatur und Schneehöhe

Foto-Protokoll

Anlass:	Vermessung der Bewegungsmarken am Munt Chavagl
Datum:	8. September 2011
Bemerkung:	Die Reihenfolge der Fotos entspricht der Messreihenfolge
	Messmarke Nummer 259
	Messmarke Nummer 221
	Messmarke Nummer 222
	Messmarke Nummer 223
	Messmarke Nummer 201

	<p>Messmarke Nummer 266</p>
	<p>Messmarke Nummer 202</p>
	<p>Messmarke Nummer 224</p>
	<p>Messmarke Nummer 269</p>
	<p>Messmarke Nummer 225</p>
	<p>Messmarke Nummer 204</p>

	<p>Messmarke Nummer 8 ?</p>
	<p>Messmarke Nummer 203 ?</p>
	<p>Messmarke Nummer 206</p>
	<p>Messmarke Nummer 109</p>
	<p>Messmarke Nummer 108</p>
	<p>Messmarke Nummer 267</p>

	<p>Messmarke Nummer 242</p>
	<p>Messmarke Nummer 10</p>
	<p>Messmarke Nummer 112</p>
	<p>Messmarke Nummer 114</p>
	<p>Messmarke Nummer 209</p>
	<p>Messmarke Nummer 210</p>

	<p>Messmarke Nummer 265</p>
	<p>Messmarke Nummer 243</p>
	<p>Messmarke Nummer 211</p>
	<p>Messmarke Nummer 212</p>
	<p>Messmarke Nummer 244</p>
	<p>Messmarke Nummer 213</p>

	<p>Messmarke Nummer 214</p>
	<p>Messmarke Nummer 156</p>
	<p>Messmarke Nummer 34</p>
	<p>Messmarke Nummer 35</p>
	<p>Messmarke Nummer 36</p>
	<p>Messmarke Nummer 37</p>

	<p>Messmarke Nummer 38</p>
	<p>Messmarke Nummer 253</p>
	<p>Messmarke Nummer 32</p>
	<p>Messmarke Nummer 31</p>
	<p>Messmarke Nummer 218</p>
	<p>Messmarke Nummer 30</p>

	<p>Messmarke Nummer 252</p>
	<p>Messmarke Nummer 28</p>
	<p>Messmarke Nummer 251</p>
	<p>Messmarke Nummer 185</p>
	<p>Messmarke Nummer 186</p>
	<p>Messmarke Nummer 215</p>

	Messmarke Nummer 257
	Messmarke Nummer 193
	Messmarke Nummer 12 ?
	Messmarke Nummer 13 ?
	Messmarke Nummer 14 ?
	Messmarke Nummer 15 ?

	<p>Messmarke Nummer 17 ?</p>
	<p>Messmarke Nummer 128 ?</p>
	<p>Messmarke Nummer 217 ?</p>
	<p>Messmarke Nummer 19 ?</p>
	<p>Messmarke Nummer 239</p>
	<p>Messmarke Nummer 238</p>

	Messmarke Nummer 138
	Messmarke Nummer ?
	Messmarke Nummer 137 ?
	Messmarke Nummer 49 ?
	Messmarke Nummer 232
	Messmarke Nummer 231

	<p>Messmarke Nummer 230</p>
	<p>Messmarke Nummer 143</p>
	<p>Messmarke Nummer 228</p>
	<p>Messmarke Nummer 170 ?</p>
	<p>Messmarke Nummer 171</p>
	<p>Messmarke Nummer 219</p>

	Messmarke Nummer 41
	Messmarke Nummer 227
	Messmarke Nummer 145
	Messmarke Nummer 60
	Messmarke Nummer 59
	Messmarke Nummer 238 ?

	<p>Messmarke Nummer 58</p>
	<p>Messmarke Nummer 56</p>
	<p>Messmarke Nummer 55</p>
	<p>Messmarke Nummer 234</p>
	<p>Messmarke Nummer 264</p>
	<p>Messmarke Nummer 260</p>

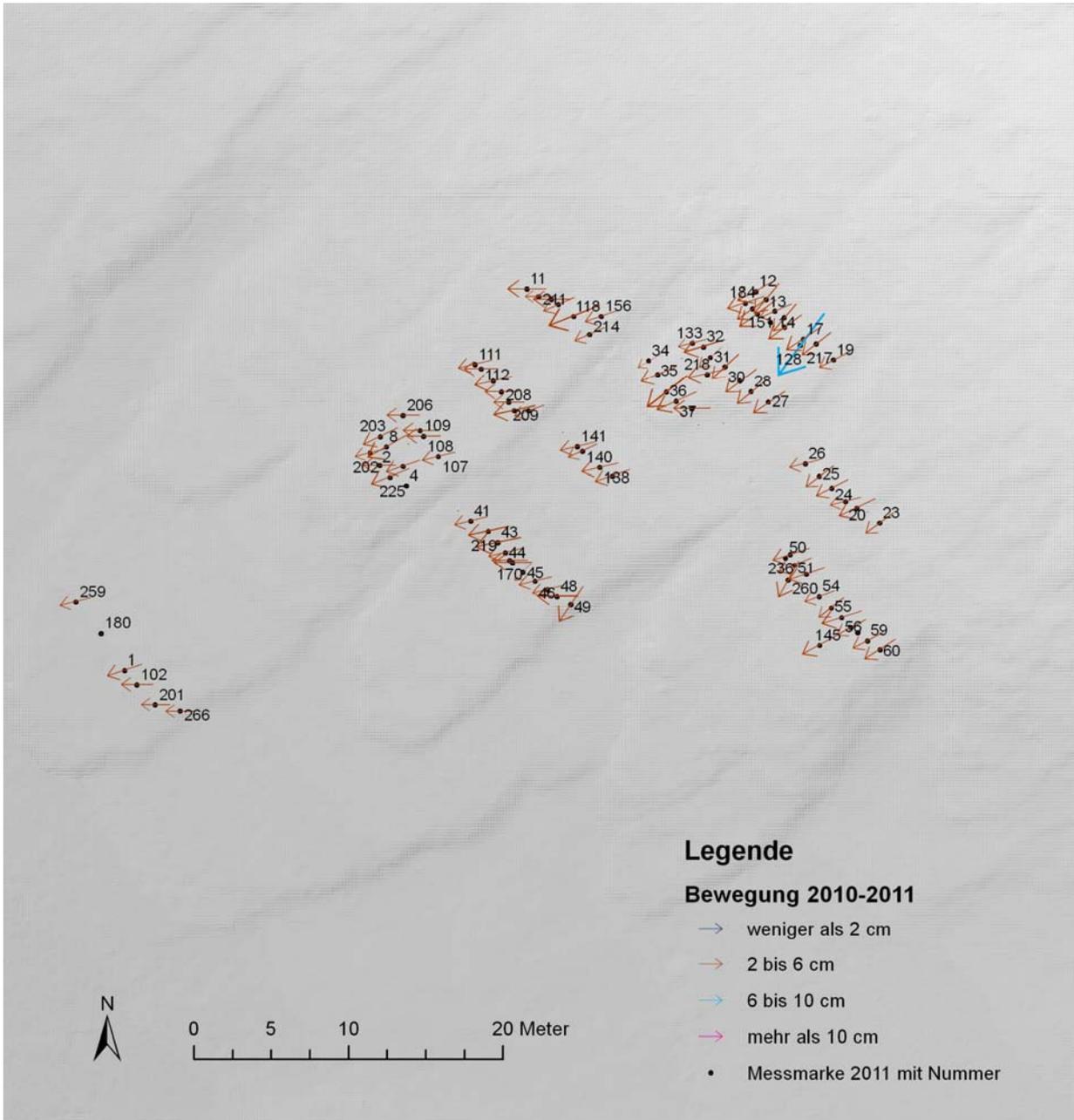
	Messmarke Nummer 235
	Messmarke Nummer 236
	Messmarke Nummer 246
	Messmarke Nummer 25
	Messmarke Nummer 24
	Messmarke Nummer 248



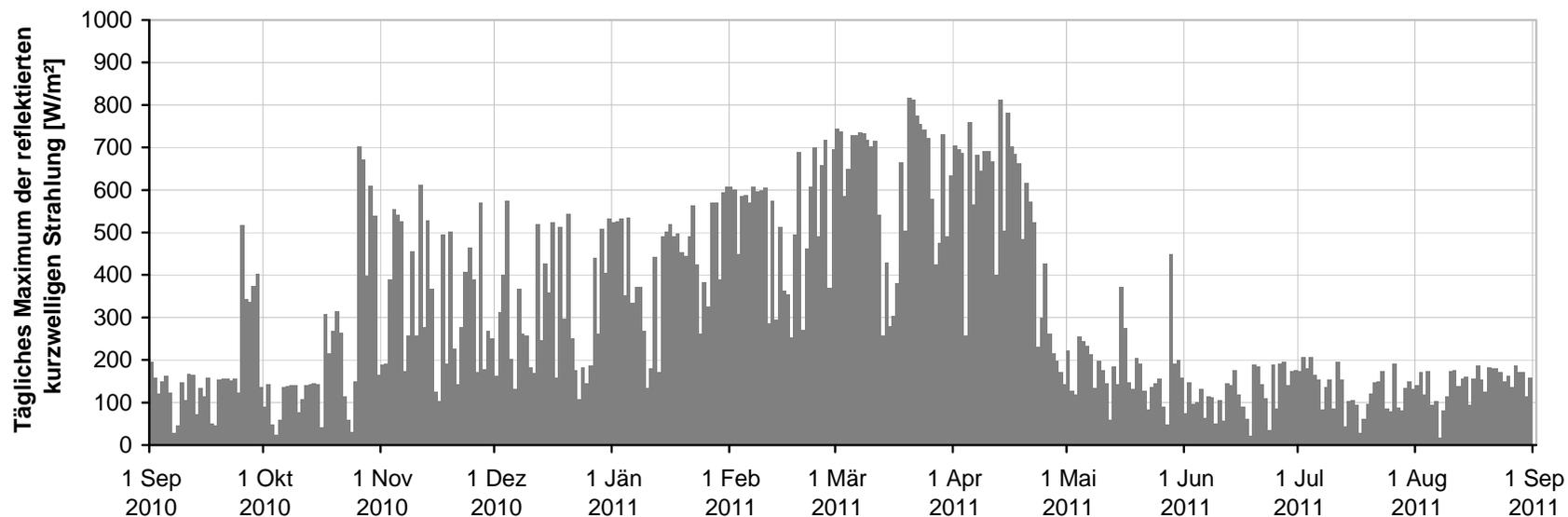
Messmarke Nummer 247



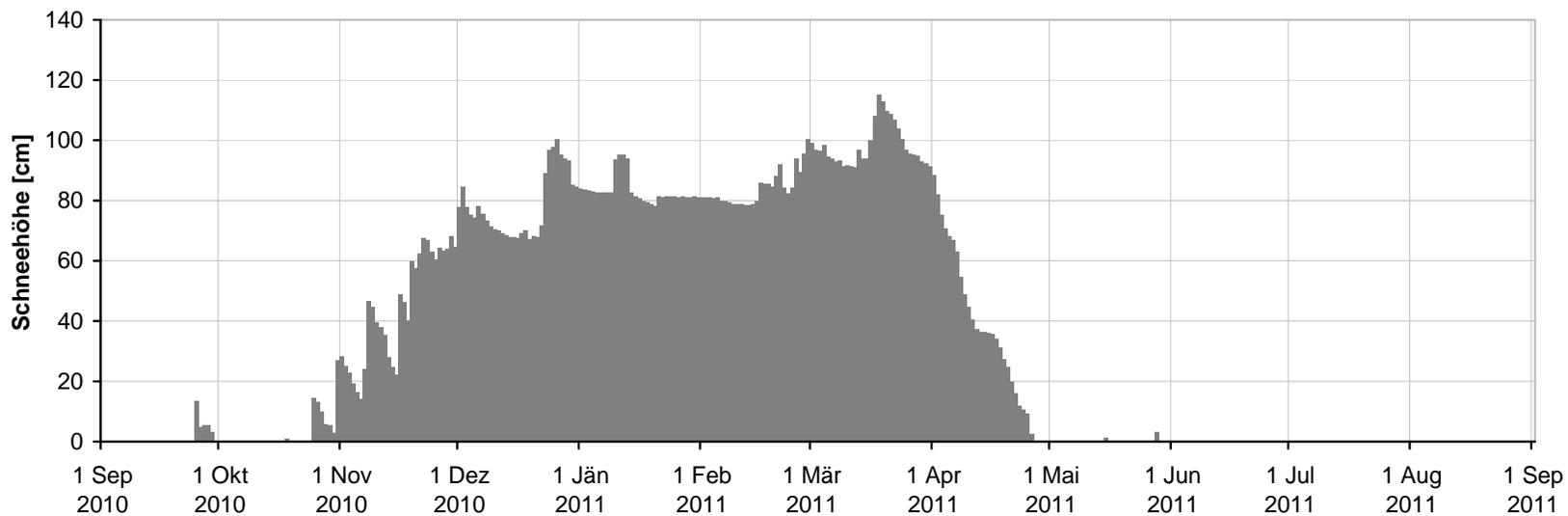
Messmarke Nummer 250



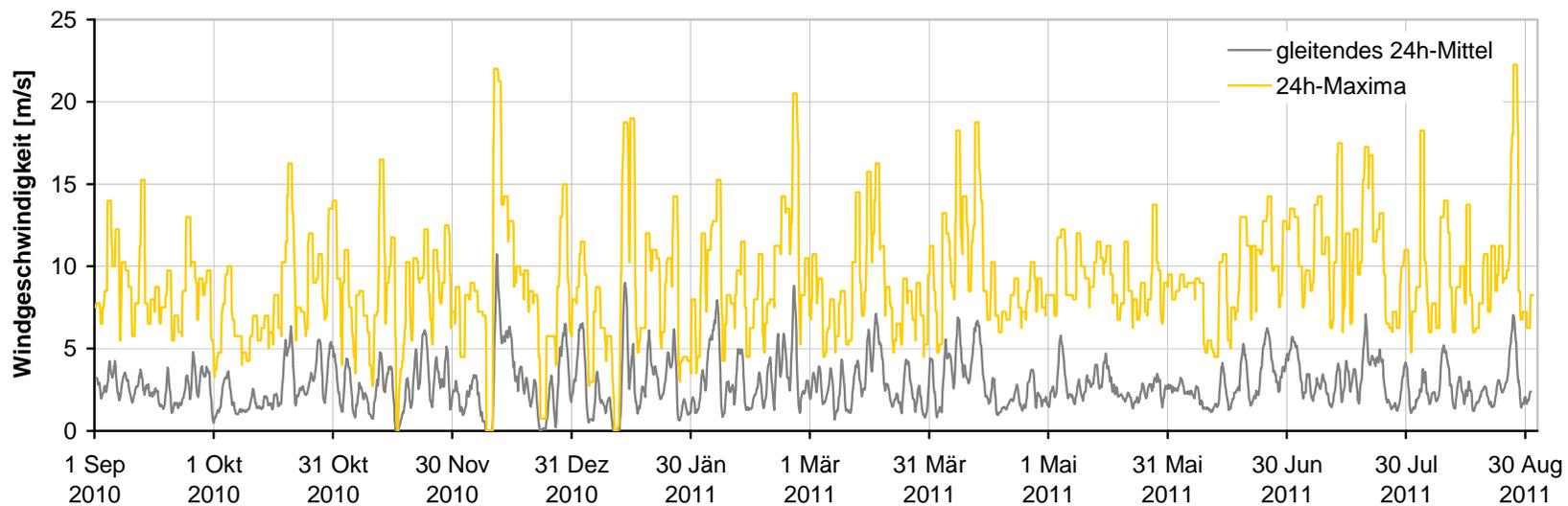
Reflexion kurzweiliger Strahlung, Munt Chavagl 2010/2011



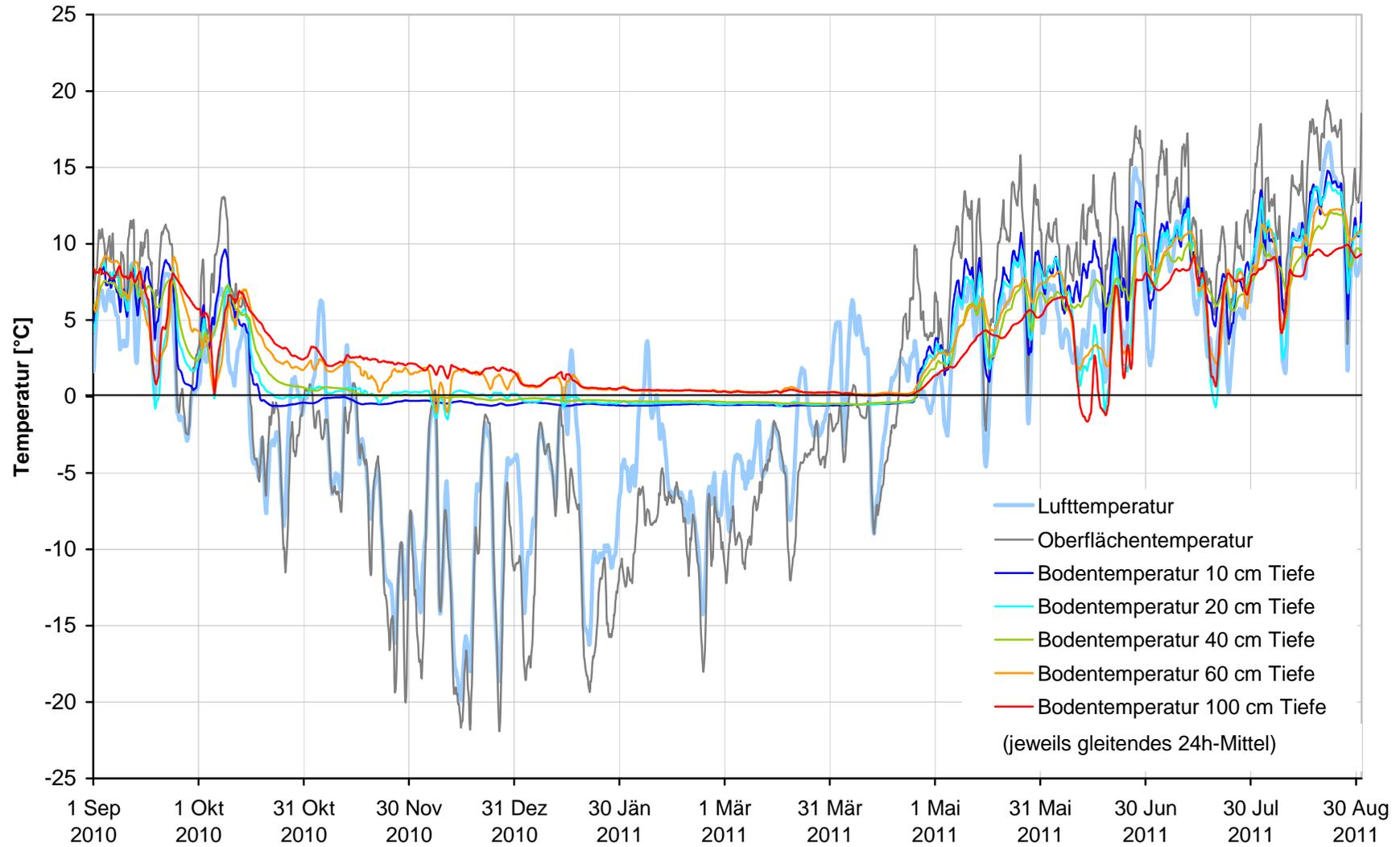
Schneehöhe, Munt Chavagl 2010/2011



Windgeschwindigkeiten, Munt Chavagl 2010/2011



Temperaturen, Munt Chavagl 2010/2011



Monatsmittelwerte, Maxima und Minima von September 2010 bis August 2011

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

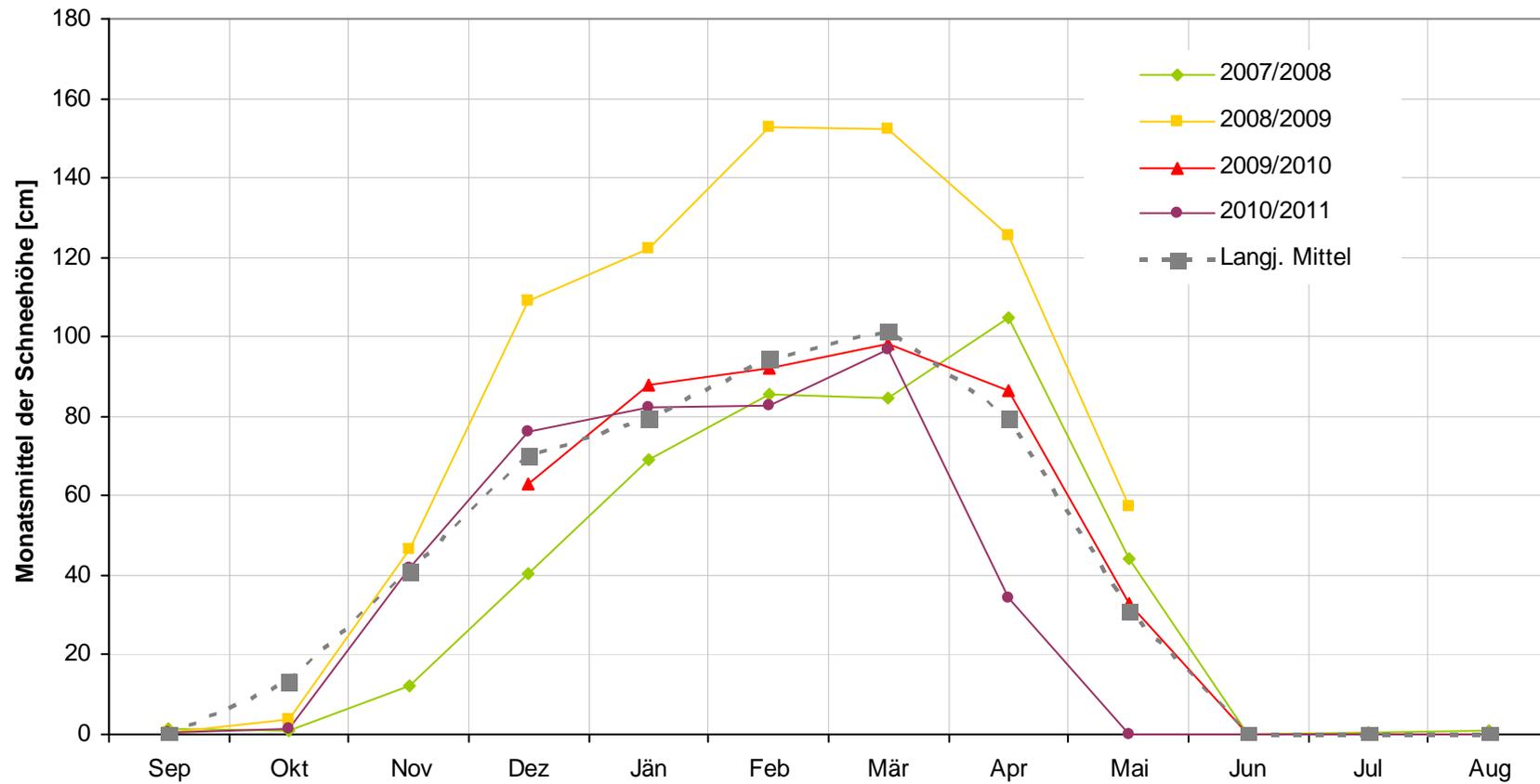
	Temperaturen [C°]									reflektierte kurzw. Strah- lung [W/m²]	Windgeschwin- digkeit [m/s]		Schnee- höhe [cm]
	Boden in Tiefe [cm]					Luft			Ober- fläche		Mittel	Max.	
	100	60	40	20	10	Mittel	Max.	Min.					
Sep	6,77	6,39	6,30	5,31	5,87	4,06	14,12	-4,72	7,10	51,66	2,65	15,25	0,62
Okt	4,41	3,50	3,27	2,26	2,60	0,10	13,53	-10,60	1,79	58,74	2,56	16,25	1,63
Nov	2,42	1,70	0,29	0,28	-0,31	-4,55	14,39	-18,80	-6,13	81,97	2,71	16,50	41,70
Dez	1,78	1,10	-0,07	0,02	-0,42	-9,78	0,91	-21,68	-11,24	73,39	2,91	22,00	76,05
Jän	0,84	0,76	-0,22	-0,25	-0,50	-6,98	10,78	-18,97	-10,39	103,14	2,77	19,00	82,44
Feb	0,41	0,39	-0,31	-0,44	-0,54	-5,22	10,31	-18,05	-8,79	138,85	3,43	20,50	82,55
Mär	0,30	0,34	-0,41	-0,48	-0,57	-3,54	10,10	-13,01	-6,35	191,06	2,83	16,25	96,69
Apr	0,24	0,45	-0,16	-0,07	-0,01	0,85	10,87	-10,73	-0,01	177,33	2,95	18,75	34,48
Mai	3,68	5,32	4,68	5,87	6,16	4,18	15,58	-6,32	8,70	62,46	2,69	13,75	0,04
Jun	3,63	5,23	6,95	5,46	8,26	6,10	20,25	-1,99	10,88	40,88	2,82	14,25	0,00
Jul	7,00	7,79	7,78	7,70	8,24	6,51	17,61	-1,65	10,66	44,78	3,17	17,50	0,00
Aug	8,65	10,22	9,68	10,69	10,98	10,23	21,66	-1,31	13,92	49,46	2,63	22,25	0,00
Jahresmittel	3,37	3,63	3,17	3,06	3,34	0,19	-	-	0,90	89,09	2,84	-	34,46

Langjährige Monatsmittelwerte aller erhobenen Parameter von 1995 bis 2011

	Temperaturen [C°]					Luft	Oberfläche	reflektierte kurzw. Strahlung [W/m²]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Schneehöhe [cm]
	Boden in Tiefe [cm]									
	100	60	40	20	10					
Sep	7,08	7,41	6,55	6,55	6,23	4,30	7,98	38,99	2,68	0,22
Okt	4,66	4,43	3,72	3,25	3,16	2,00	3,24	45,17	2,43	13,03
Nov	2,23	1,58	0,76	0,13	-0,09	-3,71	-4,87	73,86	2,93	40,89
Dez	1,15	0,79	-0,02	-0,30	-0,46	-6,42	-9,54	79,60	3,00	70,23
Jän	0,61	0,44	-0,25	-0,48	-0,60	-6,58	-10,44	97,23	3,22	79,43
Feb	0,27	0,17	-0,38	-0,57	-0,59	-7,25	-10,23	135,37	3,66	94,33
Mär	0,23	0,20	-0,40	-0,43	-0,48	-4,92	-7,07	177,72	3,35	101,64
Apr	0,29	0,39	-0,21	-0,09	-0,09	-1,97	-2,82	188,20	3,03	79,21
Mai	1,19	1,72	1,18	1,94	1,99	3,04	3,64	119,26	2,85	31,11
Jun	4,49	6,16	6,46	7,47	8,20	6,94	11,20	52,76	2,92	0,07
Jul	7,24	8,72	8,43	9,38	9,57	8,06	12,39	49,79	3,02	0,00
Aug	8,00	9,39	8,99	9,65	9,80	8,70	12,67	42,53	2,58	0,00
Jahresmittel	3,12	3,45	2,90	3,04	3,05	0,18	0,51	91,70	2,97	42,51

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				

Vergleich der Schneehöhe im Jahresverlauf der letzten Jahre, Munt Chavagl



Vergleich der Lufttemperatur im Jahresverlauf der letzten Jahre, Munt Chavagl

