

ÄUSSERES MULLWITZKEES

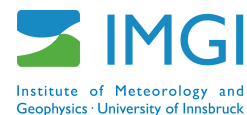
MASSENHAUSHALT 2011/2012



Jahresbericht des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität
Innsbruck und des Instituts für interdisziplinäre Gebirgsforschung, der
Österreichischen Akademie der Wissenschaften

MAG. M. STOCKER-WALDHUBER, DR. A. FISCHER

07.11.2012



im Auftrag von:

Hydrographischer Dienst Tirol
Herrengasse 1–3
A–6020 Innsbruck, Austria
hydrographie@tirol.gv.at
Tel.: +43(0)512 508 4251
Fax.: +43(0)512 508 4205

Nationalpark Hohe Tauern
Nationalparkverwaltung Tirol
Kirchplatz 2
A–9971 Matrei i. O., Austria
Tel.: +43(0)4875 5161 0
Fax.: +43(0)4875 5161 20

Durchführung der Arbeit

Mag. Martin Stocker-Waldhuber^{1/3}
martin.stocker-waldhuber@uibk.ac.at
Tel.: +43(0)512 507 5492
Fax.: +43(0)512 507 2924

Dr. Andrea Fischer^{1/2}
andrea.fischer@uibk.ac.at
Tel.: +43(0)512 507 4950
Fax.: +43(0)512 507 4960

1 Institut für interdisziplinäre Gebirgsforschung
Österreichische Akademie der Wissenschaften
Technikerstraße 21a, Otto Hittmair-Platz 1
A–6020 Innsbruck, Österreich
www.mountainresearch.at

2 Institut für Meteorologie und Geophysik
Universität Innsbruck
Innrain 52
A–6020 Innsbruck, Österreich
www.imgi.uibk.ac.at

3 Institut für Geowissenschaften und Geographie, Physische Geographie
Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg
Von-Seckendorff-Platz 4
D–06120 Halle, Deutschland
<http://www.geo.uni-halle.de>

Inhaltsverzeichnis

Inhalt	1
1. Allgemeines	2
2. Methode	3
3. Durchgeführte Arbeiten	4
3.1. Pegelablesungen	4
3.2. Frühjahrsbegehung	5
3.3. Herbstbegehung	5
3.4. Wetterstation und Totalisator	5
4. Auswertung	6
4.1. Definitionen	6
4.2. Winterbilanz	7
4.3. Jahresbilanz	11
5. Zusammenfassung der Ergebnisse	15
6. Mitarbeiter	17
Literatur	17
A. Anhang	18

Äußeres Mullwitzkees, Massenhaushalt 2011/2012

Jahresbericht des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck und des Instituts für Gebirgsforschung: Mensch und Umwelt, der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Der vorliegende Bericht gibt eine Zusammenfassung über den Massenhaushalt des Mullwitzkeeses im hydrologischen Jahr 2011/12. Das Projekt wurde im Auftrag des Nationalparks Hohe Tauern und des Hydrographischen Dienstes (HD) der Abteilung Wasserwirtschaft beim Amt der Tiroler Landesregierung im September 2006 gestartet. Die Messungen werden mit Hilfe der direkten glaziologischen Methode durchgeführt. Ziel dieser Messungen ist es, den Zusammenhang zwischen dem Massenhaushalt des Gletschers und dem lokalen Klima aufzuzeigen.

1. Allgemeines

Das Mullwitzkees befindet sich in der Venedigergruppe in der Kernzone des Nationalparks Hohe Tauern. Der obere Teil des Gletschers (Äußeres Mullwitzkees) ist nach Süden ausgerichtet, während der untere Teil (Zettalunitzkees) und speziell die Zunge nach Süd-West bzw. West-Süd-West zeigen. Die Ergebnisse erlauben Rückschlüsse auf andere Gletscher südlich des Alpenhauptkammes.

Die Gletschergrenzen der südlichen Gletscher der Venedigergruppe wurden auf Grundlage der Gletscherränder von 1998 und von Orthophotos für das Jahr 2009 neu kartiert.

Fläche 1998: 3,24 km^2

Fläche 2009: 2,93 km^2

Die Höhe der Gletscherzunge lag 1998 auf 2610 m und ist im Zuge der Auswertung für das Jahr 2007 auf 2690 m aktualisiert worden. Für das Jahr 2008 wurde die Höhe der Zunge nicht korrigiert. Auch 2009 lag der tiefste Punkt des Gletschers, trotz des Rückgangs auf 2690 m . Der Gletscher erstreckt sich bis in eine Höhe von 3400 m , knapp unterhalb des Hohen Zauns (3450 m). Aus Messungen im Rahmen des Gletscherinventars von 1998 ist bekannt, dass die Gletscherdicke im größten Teil des Gletschers nur zwischen 50 und 70 m beträgt. Das Mullwitzkees hat kein tiefes Firnbecken, sondern die Eisdicke wird nach oben hin eher kleiner. Dies und seine südseitige Ausrichtung lassen erwarten, dass der Gletscher auf Klimaänderungen besonders

sensibel reagiert. Abbildung 1.1 gibt einen Überblick über das Einzugsgebiet oberes Dorfertal, mit dem neuen Orthophoto 2009 und den Gletschergrenzen des Inventars von 1998 und 2009.

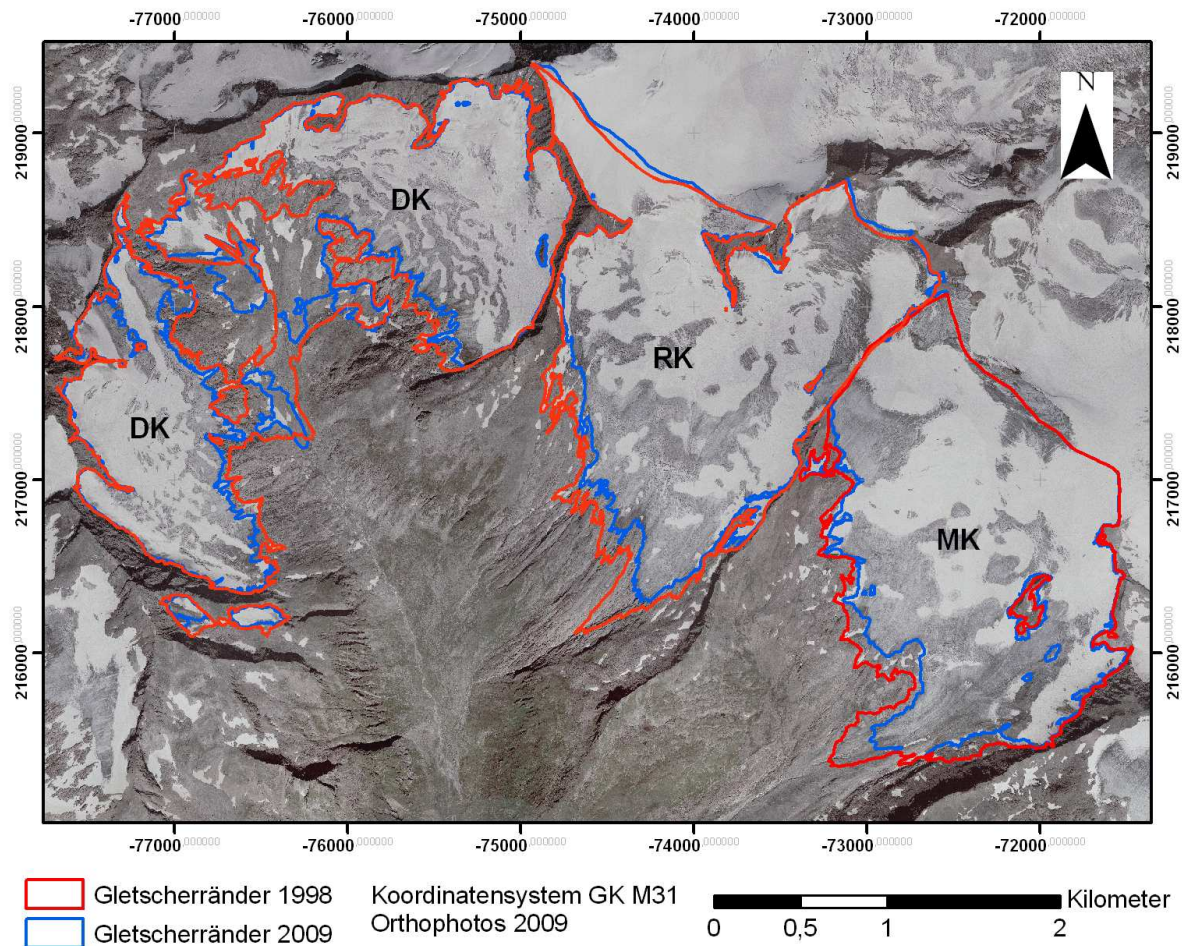


Abbildung 1.1: Einzugsgebiet oberes Dorfertal, Koordinatensystem: Gauß-Krüger M31, Orthophoto 2009.

2. Methode

Zur Bestimmung des Massenhaushalts wird die direkte glaziologische Methode mit fixem Haushaltsjahr verwendet. Dabei wird bestimmt, wie viel Masse der Gletscher im Laufe eines Jahres verliert bzw. gewinnt. Mit einem Jahr ist das hydrologische Jahr gemeint, welches am 01.10. beginnt und am 30.09. des Folgejahres endet. Bei dieser Methode wird davon ausgegangen, dass, speziell in den Alpen, während der Akkumulationsphase 01.10. bis 30.04. der Gletscher an Mas-

se gewinnt und während der Ablationsphase 01.05 bis 30.09 an Masse verliert. Daher wird auch von Winter-, Sommer- und Jahresbilanz gesprochen. Um die Ablation zu bestimmen, werden Pegel gebohrt, deren freie Enden mehrmals im Jahr abgelesen werden, um so den Abschmelzbetrag an diesen Punkten zu messen. Im Akkumulationsgebiet werden im Frühjahr und Herbst Schächte gegraben, um den Massenzuwachs zu erfassen. Der Massenzuwachs errechnet sich aus Tiefe des Schachtes (bis zum Firn, also dem Schnee des Vorjahres) und der gemessenen Dichte des Schnees (Abb. 2.1).



Abbildung 2.1: links: Arbeiten im Frühjahrsschacht 2 am 29.04.2012; rechts: Schmutzhorizont und sehr geringe Schachttiefe im Herbstschacht 1a am 08.10.2012.

3. Durchgeführte Arbeiten

3.1. Pegelablesungen

Die bereits vorhandenen Pegel wurden in der Ablationsperiode 2012 regelmäßig abgelesen und die Pegel 10 und Pegel 11, 10 m bzw. 8 m neu gebohrt. Die Ablesungen und die Erneuerun-

gen der Pegel wurden am 01.10.2011, 29.04.2012, 09.07.2012, 09.08.2012, 10.09.2012 und am 08.10.2012 durchgeführt.

3.2. Frühjahrsbegehung

Zur Bestimmung der Winterbilanz müssen am Ende des Winters Schneeschächte gegraben werden. Weiters ist es wichtig, die räumliche Verteilung der Schneehöhe am Gletscher zu kennen. Die Frühjahrsbegehung wurde am 29. und 30. April 2012 durchgeführt. Nach der Fahrt mit dem Venedigertaxi bis unterhalb des Gumpachkreuzes erfolgte der weitere Aufstieg zu Fuß über die Jahannishütte und das Zettalunitzach bis zur Gletscherzunge. Aufgeteilt in zwei Gruppen wurde über die Zunge bis zu den Schächten eins und zwei und weiter zum Defreggerhaus sondiert. Nach der Übernachtung im Defreggerhaus wurden die Schächte fertiggestellt und weiter über das Plateau bis Pegel 16 sondiert. Das Wetter an beiden Tagen: zeitweise bewölkt mit starkem Wind an beiden Tagen.

3.3. Herbstbegehung

Bei der Herbstbegehung werden zur Bestimmung der Jahresbilanz Schneeschächte gegraben, Sondierungen durchgeführt und die Ablationspegel abgelesen. Die Herbstbegehung fand am 08.10.2012 statt. Nach der Auffahrt mit dem Auto zur Johannishütte erfolgte der Aufstieg über die Gletscherzunge und Pegel 15 über das Plateau bis Pegel 16. Zum Zeitpunkt der Herbstbegehung lagen 10–40 *cm* Neuschnee. Da sich die Neuschneefälle nach dem 01.10.2012 ereigneten, wurden die Sondierungen für das Jahr 2011/2012 nicht berücksichtigt. An den Schachtpositionen 1, 2, und 3, wurde keine Firnrücklage gefunden, daher wurde der Schacht 1a mit ca. 80 *cm* Firn in der Mulde unterhalb des Plateaus gegraben. Das Wetter zum Zeitpunkt der Herbstbegehung: wolkenlos am Vormittag, starker Wind und Aufzug Hoher Bewölkung als Vorläufer einer Warmfront am Nachmittag.

3.4. Wetterstation und Totalisator

Wichtige Parameter, die das Haushaltsjahr des Gletschers bestimmen sind unter anderen die Temperatur und der Niederschlag. Diese werden in der Wetterhütte und am Totalisator in der Nähe des Defreggerhauses gemessen (für den Niederschlag s. Tab. 3.1). Der Temperaturfühler in der Wetterhütte wurde am 09.07.2012 getauscht (neu: SN.: 1298192). Am 01.04.2012 war die Flüssigkeit im Totalisator gefroren. Diese Werte werden daher nicht berücksichtigt.

	Messung [cm]					Bemerkung	Niederschlag [mm]
Datum	1	2	3	4	5		
01.10.2011	62,3	62,3	62,4	62,4	62,4	neu befüllt	
04.01.2012	49,2	49,2	49,3	49,3	49,3		428
(01.04.2012)	(36,9	36,9	36,9	36,8	36,8)	gefroren	-
29.04.2012	36,7	36,8	36,8	36,8	36,7		835
09.07.2012	24,6	24,6	24,7	24,7	24,7		1231
	41,4	41,4	41,5	41,5	41,5	abgelassen	
09.08.2012	32,9	32,9	32,9	32,8	32,8		1513
10.09.2012	28,2	28,2	28,3	28,3	28,3		1663
08.10.2012	24,1	24,2	24,2	24,2	24,1		1801

Tabelle 3.1: Auslesung Totalisator (von oben) und Niederschlag.

4. Auswertung

4.1. Definitionen

S	gesamte Gletscherfläche	B	Gesamtjahresbilanz
b	spezifische Massenbilanz	S_a	Fläche des Ablationsgebietes
B_a	Gesamtbilanz Ablationsgebiet	b_a	spezifische Bilanz Ablationsgebiet
S_c	Fläche des Akkumulationsgebietes	B_c	Gesamtbilanz Akkumulationsgebiet
b_c	spezifische Bilanz Akkumulationsgebiet	wi	als Index bedeutet Winter
so	als Index bedeutet Sommer	ELA	Höhe der Gleichgewichtslinie
S_c/S	Verhältnis Akkumulations- Gesamtfläche	WW	Wasserwert

Tabelle 4.1: Notationen, die in dieser Arbeit verwendet werden.

$$S = S_c + S_a \quad (4.1) \qquad B = B_c + B_a \quad (4.2)$$

Für die spezifischen Bilanzen gelten folgende Beziehungen:

$$b = b_{wi} + b_{so} \quad (4.3) \qquad b_{so} = b - b_{wi} \quad (4.4)$$

$$b_{wi} = B_{wi}/S \quad (4.5) \qquad b_{so} = B_{so}/S \quad (4.6)$$

$$b_c = B_c/S_c \quad (4.7) \qquad b_a = B_a/S_a \quad (4.8)$$

Tabelle 4.2: Zur Massenhaushaltsbestimmung gültige Beziehungen.

4.2. Winterbilanz

Um die Winterbilanz zu bestimmen, wird aus der ermittelten Dichte und Tiefe der Frühjahrsschächte der Wasserwert berechnet. Die Schneehöhe der Sondierungen wird ebenfalls mit der mittleren Dichte der Schächte in Wasseräquivalent umgerechnet. Aus Tabelle 4.3 sind die Wasserwerte und die mittlere Dichte der Frühjahrsschächte zu entnehmen, bzw. deren Lage aus Abbildung 4.1.

Schachtnummer	Seehöhe [m]	Tiefe [m]	Dichte [kg/m ³]	Wasserwert [mm]
1	3154	4,40	513	2153
2	3235	4,80	476	2283
3 (sondiert)	3320	3,00	494 (Mittel)	1482

Tabelle 4.3: Seehöhe, Tiefe, mittlere Dichte und Wasserwert der Frühjahrsschächte. Schacht 3 wurde sondiert und der Wasserwert mit der mittleren Dichte der Schächte 1 und 2 berechnet.

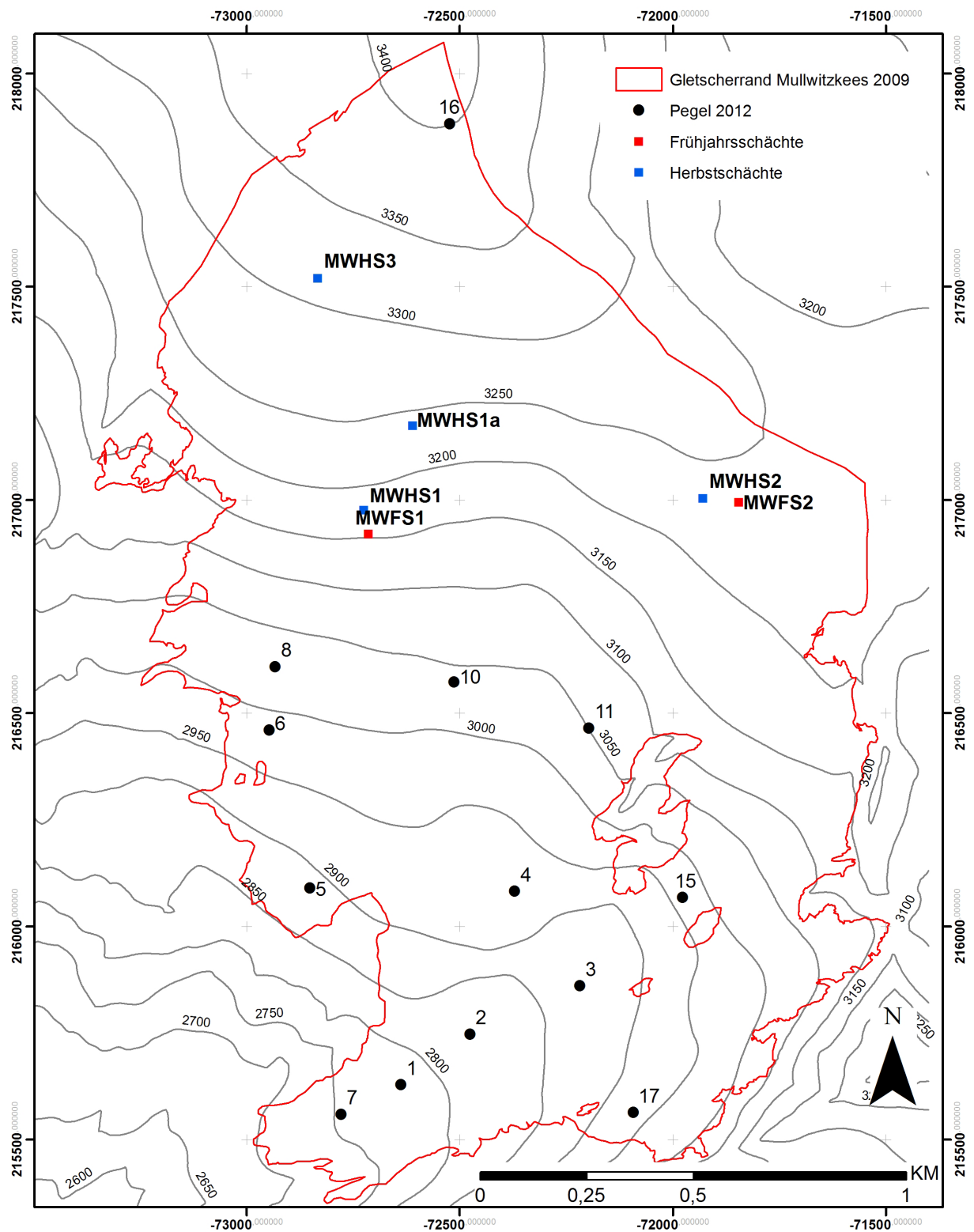


Abbildung 4.1: Mullwitzkees mit Gletschergrenze 2009; Lage der Pegel und der Frühjahrs- und Herbstschächte.

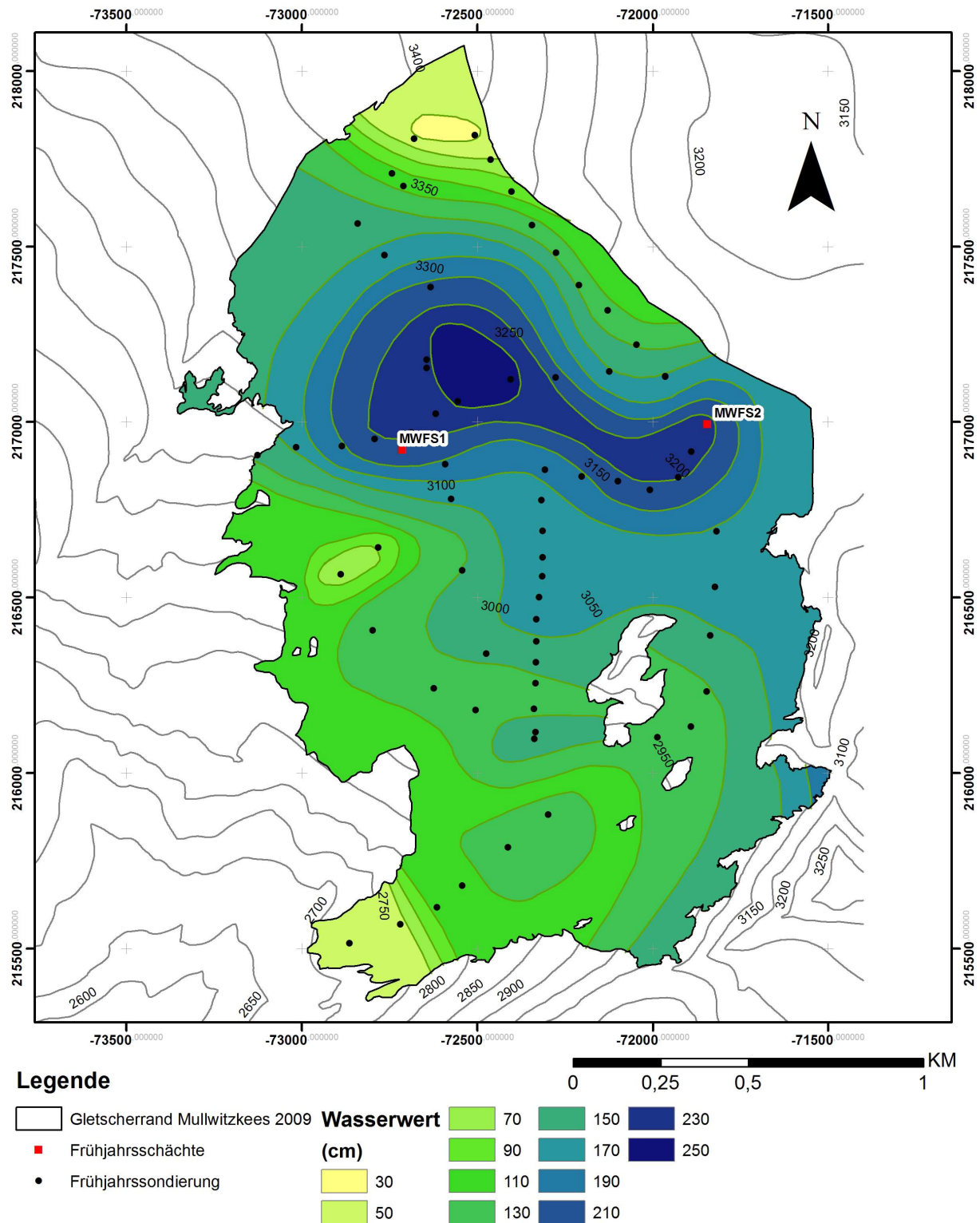


Abbildung 4.2: Flächen gleichen Wasserwertes der Winterbilanz gültig für den 30.04.2012 und für die Gletschergrenze 2009, sowie Punkte der Sondierungen und Schächte.

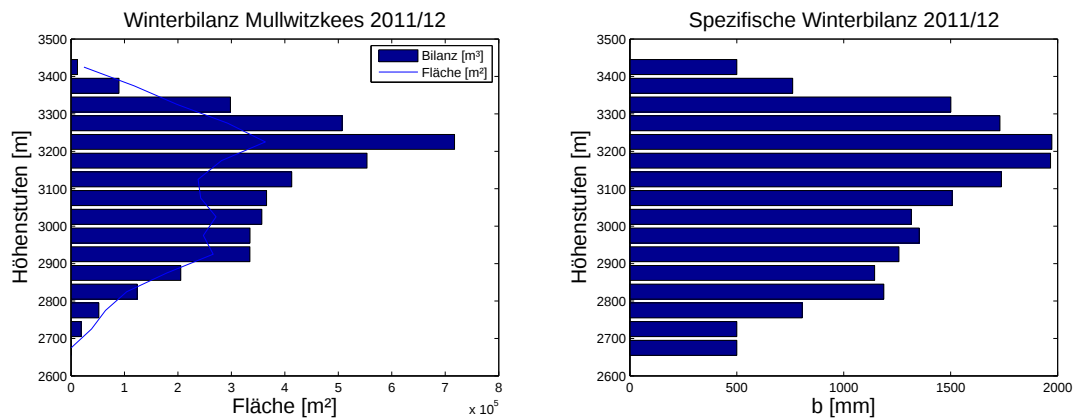


Abbildung 4.3: Nettobilanz [10^5 m^3] und Fläche [10^5 m^2] der Höhenstufen (links) und mittlere spezifische Bilanz [mm ww] der Höhenstufen (rechts) gültig für den Winter des hydrologischen Jahres 2011/12 am Mullwitzkees.

Höhenstufe	Fläche [km^2]	Bilanz [10^3 m^3]	Wasserwert [mm]
3425	0,024	12,1	500
3375	0,118	89,9	761
3325	0,199	298,1	1501
3275	0,293	507,1	1731
3225	0,364	717,3	1973
3175	0,281	553,7	1967
3125	0,238	412,9	1737
3075	0,243	365,7	1507
3025	0,271	357,0	1316
2975	0,248	334,9	1353
2925	0,266	334,7	1258
2875	0,179	205,4	1144
2825	0,104	123,9	1187
2775	0,065	52,1	806
2725	0,038	19,2	500
2675	0,000	0,2	500
Gesamt	2,931	4384,3	1496

Tabelle 4.4: Flächen– und Winterbilanz– Höhenverteilung (Mittelwerte der Höhenstufen).

Aus Tabelle 4.4 sind die Werte der Winterbilanz, gültig von 01.10.2011 bis 30.04.2012, zu

entnehmen. Die Winterbilanz $B_{wi} = 4384,3 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ ergibt sich aus der Summe der Bilanzwerte der einzelnen Höhenstufen. Für die Akkumulationsperiode 2011/12 ergab sich eine mittlere spezifische Bilanz von $b_{wi} = 1496 \text{ mm}$. In Abbildung 4.2 sind die Flächen gleichen Wasserwertes gültig für den 30.04.2012 sowie die Lage der Schächte und Punkte der Sondierungen am Mullwitzkees dargestellt. Der Verlauf der Nettobilanz, der Fläche und der mittleren spezifischen Bilanz pro Höhenstufe gültig für den Winter des hydrologischen Jahres 2011/12 sind in Abbildung 4.3 aufgezeichnet.

$$B_{wi} = 4384,3 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$

$$b_{wi} = 1496 \text{ mm}$$

4.3. Jahresbilanz

Für die Jahresbilanz (01.10.2011 – 30.09.2012) sind sowohl die Ablationswerte als auch die Akkumulationswerte über diesen Zeitraum betrachtet von ausschlaggebender Bedeutung. Die Ablationswerte am Ende des hydrologischen Jahres, welche ja Messwerte in cm Eis darstellen, werden mit einer mittleren Dichte von Eis $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ in mm Wasserwert umgerechnet. Der zweite Term in der Jahresbilanz ist die Rücklage am Ende des hydrologischen Jahres. Sie wird ebenfalls in mm Wasser angegeben und wird gebildet aus dem Produkt der Schachttiefe und der mittleren Schneedichte des Schachtes. Aus Tabelle 4.5 sind die Wasserwerte und die mittlere Dichte der Herbstschächte und aus Tabelle 4.6 die Wasserwerte der einzelnen Pegel zu entnehmen, bzw. deren Lage aus Abbildung 4.1.

Schachtnummer	Seehöhe [m]	Tiefe [m]	Dichte [kg/m^3]	Wasserwert [mm]
1	3177	KR	-	-
2	3235	KR	-	-
3	3312	KR	-	-
1a	3240	0,84	514	432

Tabelle 4.5: Seehöhe, Tiefe, mittlere Dichte und Wasserwert der Herbstschächte. KR = keine Rücklage

Pegelnummer	Wasserwert [mm]	Pegelnummer	Wasserwert [mm]
1	-2025	8	-2565
2	-1917	10	-1647
3	-2052	11	-2052
4	-1872	15	-2790
5	-2763	16	-1080
6	-2844	17	-2763
7	-4878		

Tabelle 4.6: Wasserwerte der Ablation an den Pegeln (01.10.2011–30.09.2012).

Zusätzlich werden im Rahmen der Herbstbegehung Sondierungen durchgeführt, um die Verteilung der Altschneedecke zu bestimmen. Mit Hilfe von Fotos, den Sondierungen und den einzelnen Wasserwerten, wird eine Karte, Abbildung 4.4, mit Isolinien des Wasserwertes erstellt und die Jahresbilanz berechnet. Das Gebiet der Rücklage (Blau) ist bestimmt durch die Schneeverfrachtung während des Jahres. Da der Wind hauptsächlich, besonders im Winter, aus Nord bzw. Nord-West weht, wurden, wie in den Jahren zuvor die größten Schneehöhen in den Mulden bzw. im Lee der überströmten Kanten gefunden. Die rote Linie (Gleichgewichtslinie) markiert den Übergang zwischen Akkumulations- und Ablationsgebiet. Das Maximum der Ablation wurde am Zungenende des Gletschers gefunden. Aus Tabelle 4.7 sind die Werte der Jahresbilanz zu entnehmen.

Höhenstufe	Fläche [km^2]	Bilanz [$10^3 m^3$]	Wasserwert [mm]
3425	0,024	-30,2	-1250
3375	0,118	-100,4	-850
3325	0,199	-90,3	-454
3275	0,293	-89,3	-305
3225	0,364	-86,9	-239
3175	0,281	-107,5	-382
3125	0,238	-187,7	-790
3075	0,243	-306,8	-1264
3025	0,271	-514,6	-1897
2975	0,248	-566,2	-2287
2925	0,266	-631,6	-2374
2875	0,179	-427,5	-2382
2825	0,104	-215,1	-2062
2775	0,065	-203,5	-3146
2725	0,038	-181,9	-4747
2675	0,000	-2,0	-4750
Gesamt	2,931	-3741,4	-1276

Tabelle 4.7: Flächen– und Jahresbilanz– Höhenverteilung (Mittelwerte der Höhenstufen).

Wie bereits bei der Winterbilanz wird über die jeweiligen Flächen integriert und anschließend mit der Gesamtfläche die spezifische Jahresmassenbilanz ermittelt. Die Flächen gleichen Wasserwertes gültig für den 30.09.2012, die Gletschergrenze von 2009 sowie die Punkte der Sondierungen und Schächte im Herbst 2012 sind in Abbildung 4.4 grafisch dargestellt. In Abbildung 4.5 ist der Verlauf der Fläche, der Jahresbilanz und der spezifischen Bilanz pro Höhenstufe aufgezeichnet.

$$B = -3741,4 \cdot 10^3 m^3$$

$$b = -1276 mm$$

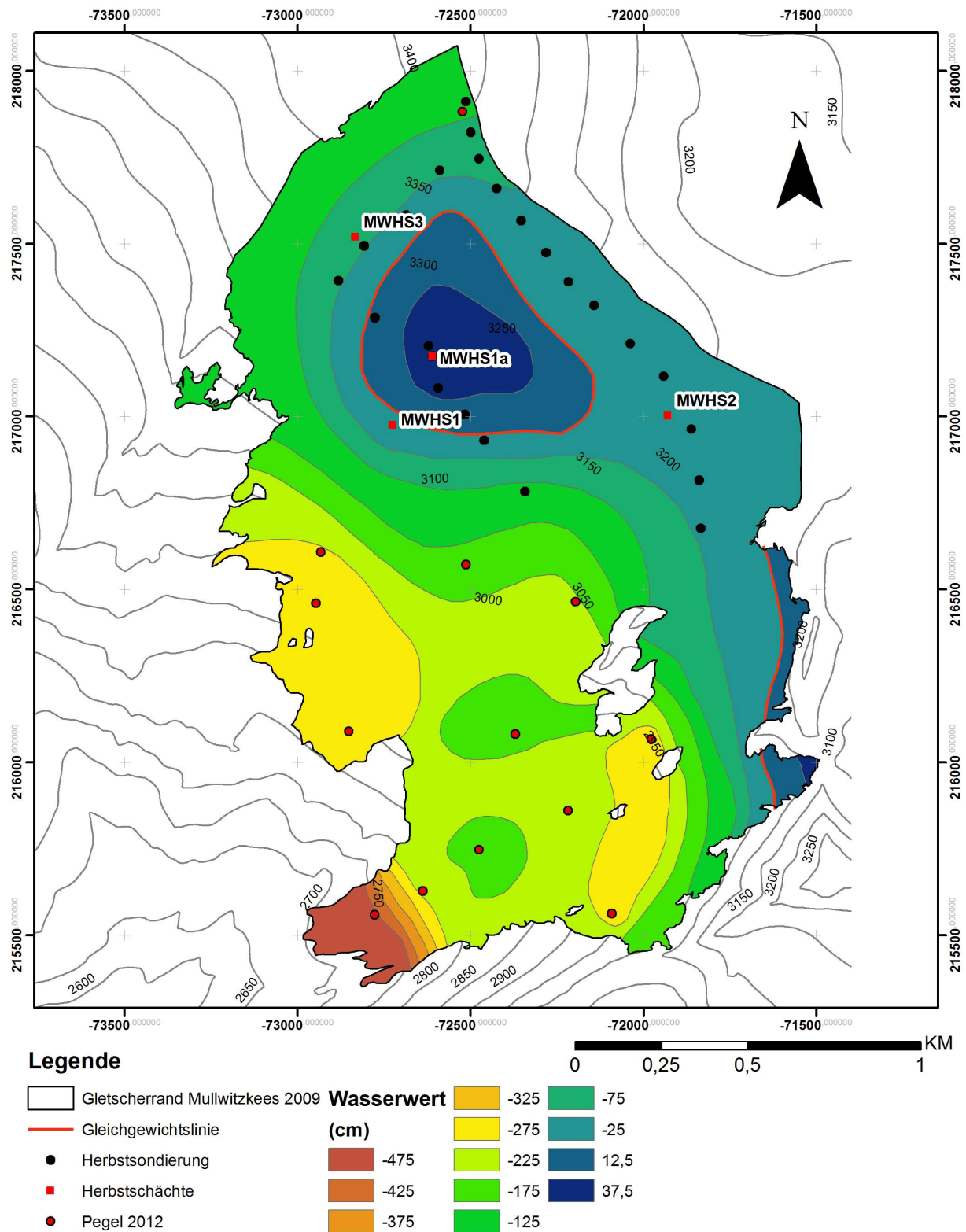


Abbildung 4.4: Flächen gleichen Wasserwertes der Jahresbilanz gültig für den 30.09.2012 und für die Gletschergrenze 2009, sowie Punkte der Sondierungen und Schächte im Herbst 2012.

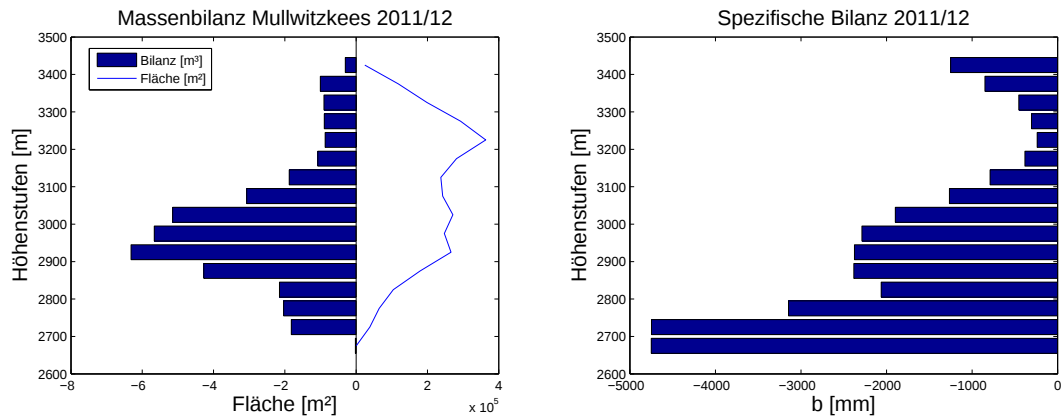


Abbildung 4.5: Nettobilanz [$10^5 m^3$] und Fläche [$10^5 m^2$] der Höhenstufen (links) und mittlere spezifische Bilanz [$mm ww$] der Höhenstufen (rechts) gültig für das hydrologische Jahr 2011/12 am Mullwitzkees.

Um nun auf die Sommerbilanz zu schließen, wird die Winterbilanz von der Jahresbilanz subtrahiert. Dabei gelten die oben genannten Formeln:

$$B_{so} = B - B_{wi} \text{ und } b_{so} = b - b_{wi}$$

Für die Sommerbilanz ergeben sich daher folgende Werte:

$$B_{so} = -8125,7 \cdot 10^3 m^3$$

$$b_{so} = -2772 mm$$

5. Zusammenfassung der Ergebnisse

In Tabelle 5.1 sind die Ergebnisse der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz, getrennt nach Ablations- und Akkumulationsgebiet zusammengefasst.

	Jahresbilanz	Winterbilanz	Sommerbilanz	Einheit
S_c	0,326			km^2
B_c	64,2			$10^3\ m^3$
b_c	197			mm
S_a	2,605			km^2
B_a	-3805,7			$10^3\ m^3$
b_a	-1461			mm
S	2,931	2,931	2,931	km^2
B	-3741,4	4384,3	-8125,7	$10^3\ m^3$
b	-1276	1496	-2772	mm
S_c/S	0,111			m
ELA	$> GN$			

Tabelle 5.1: Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz 2011/12; $> GN$ = über Gipfelniveau.

	S_c km^2	B_c $10^6 m^3$	b_c mm	S_a km^2	B_a $10^6 m^3$	b_a mm	S km^2	B $10^6 m^3$	b mm	b_s mm	b_w mm	ELA m	S_c/S
2006/07	0,64	0,44	628	2,44	-4,90	-2004	3,08	-4,46	-1447	-2121	674	3163	0,207
2007/08	1,22	0,93	764	1,86	-2,91	-1562	3,08	-1,98	-642	-2052	1410	3115	0,396
2008/09	1,11	0,45	408	1,92	-1,92	-1005	3,03	-1,47	-487	-2006	1519	3116	0,367
2009/10	1,00	4,24	423	2,02	-1,91	-942	3,03	-1,48	-490	-1797	1307	3150	0,332
2010/11	0,43	1,07	248	2,50	-3,93	-1570	2,93	-3,82	-1303	-2127	824	$> GN$	0,147

Tabelle 5.2: Kennzahlen der Jahres-, Winter- und Sommerbilanz von 2006 bis 2011 (Stocker-Waldhuber und Fischer, 2012); $> GN$ = über Gipfelniveau.

6. Mitarbeiter

Die Feldarbeiten bzw. Totalisatorablesungen wurden von M. Stocker-Waldhuber, M. Emprechtinger, B. Seiser, C. Mitterer, M. Presser, R. Mariacher, A. Jestl und T. Brandstätter durchgeführt. Die Auswertung und der Bericht stammen von M. Stocker-Waldhuber.

Literatur

Stocker-Waldhuber, M., und A. Fischer, 2012: Glacier Mass Balance of Mullwitzkees, Hohe Tauern, Austria, from 2006/07-2010/11. DOI:10.1594/WDCC/MB_MWK_2007_2011.

A. Anhang



Abbildung A.1: Ausaperungsmuster am Plateau am 09.08.2012.



Abbildung A.2: Ausaperungsmuster am 10.09.2012.



Abbildung A.3: Ausaperungsmuster am 09.08.2012.



Abbildung A.4: Ausaperungsmuster am 10.09.2012.