

Programm "Wasser- und Eishaushaltsmessungen im Stubachtal"
(Massenbilanzmessreihe vom Stubacher Sonnblickkees)

E r g e b n i s b e r i c h t f ü r 2 0 1 3

Zusammenfassung

Im Haushaltsjahr 2012/13 – das 50. Messjahr seit Beginn der Reihe 1963/64 – hatte das Stubacher Sonnblickkees eine leicht positive Bilanz von + 6,0 g/cm² (mittlerer) spezifischer Nettobilanz oder + 0,060 Mio. m³ Netto-Massengewinn. Damit gab es nach 9 Jahren wieder ein positives Vorzeichen.

Die späte Ausaperung und das frühe Haushaltsende bedeutete eine kurze Schmelzsaison. Die Ausaperung setzte aufgrund von Neuschneefällen deutlich später als in den Vorjahren ein. Die Ablationszeit wurde durch Schneefälle Anfang September früh beendet. Das Haushaltsjahr endete am 9. 09. 2013.

In den 50 Jahren waren 19 Haushaltsjahre positiv und 31 negativ, seit 1981 endeten von den 30 Haushaltsjahren 27 negativ und nur 5 positiv. Die Gleichgewichtslinie lag (rechnerisch) am 9.09.13 in einer Höhe von 2.770 m, um ca. 70 m niedriger als die mittlere Höhenlage 1982 bis 2012 von 2.849 m.

Der Zufluss in den Speicher Weißsee betrug im hydrologischen Jahr 2012/13 19,42 Mio. m³ und lag damit 27 % über dem langjährigen Mittel 1942-2012 von 15,26 Mio. m³. Die Jahresabflusshöhe im Einzugsgebiet betrug 3.663 mm gegenüber dem langjährigen Mittel 1942-2012 von 2.879 mm.

Aus der Wasserhaushaltsgleichung lässt sich eine Jahresniederschlagshöhe von 4.172 mm ± 7,0 % abschätzen. Es gab in diesem Haushaltsjahr keinerlei Gletscherspende.

Seit 1981 wurden insgesamt –34,4 Mio. m³ (mittlere spezifische Bilanz –26,1 m) abgebaut. – Die Vergletscherung des Einzugsgebietes Weißsee ist von 36 % in der ersten Hälfte der 1980er-Jahre auf nur mehr 21 % zurückgegangen.

Der Eisrand schmolz 2012/13 um - 6,4 m zurück. Der Längenverlust betrug seit 1981 - 605 m.

1. Die Bestimmung der Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses 2012/13

In diesem Jahr wurde zum **50. mal** in ununterbrochener Reihenfolge die Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses (SSK) bestimmt (davon 17 mal mit der direkten glaziologischen Methode und 33 mal über die maximale Ausaperung).

1.1. Witterungsverlauf 2012/13

Vergleicht man den Jahresverlauf der glazialmeteorologisch wichtigen Parameter: Temperatur, Niederschlag und Schneehöhe gewonnen aus den Klimadaten der Station Rudolfshütte (2.304 m), so ergibt sich für das Haushaltsjahr 2012/13 folgendes Bild:

Temperatur (Tab. 1, Abb. 1 und 2):

Das Jahresmittel der Temperatur im hydrologischen Jahr 2012/13 lag mit $-0,2^{\circ}$ im Durchschnitt der Jahre 1980 bis 2012 ($-0,3^{\circ}$). Das Winterhalbjahr mit $-5,2^{\circ}$ (Mittelwert von $-4,8^{\circ}$) war etwas zu kühl, das Sommerhalbjahr war mit $+4,8^{\circ}$ (Mittelwert $+4,1^{\circ}$) doch deutlich zu warm.

Insgesamt war der Temperaturverlauf im hydrologischen Jahr sehr variabel. Das Winterhalbjahr begann mit einem warmen Oktober, gefolgt von einem sehr warmen November. Mit einem Mittelwert von $-0,8^{\circ}$ lag die Temperatur um $2,5^{\circ}$ über dem langjährigen Mittel. Der Dezember war hingegen deutlich zu kalt. Auf einem durchschnittlich kalten Jänner folgte ein sehr kalter Februar. Mit einem Monatmittel von $-11,0^{\circ}$ lag dieser Monat mehr als 3 Grad unter dem Mittelwert.

Das Sommerhalbjahr begann sehr warm. Auf den um $2,2^{\circ}$ zu warmen April folgte jedoch ein kalter Mai. Der Juni war durchschnittlich, der Juli hingegen wieder deutlich zu warm. Auch der August hatte sich leicht überdurchschnittliche Temperaturen.

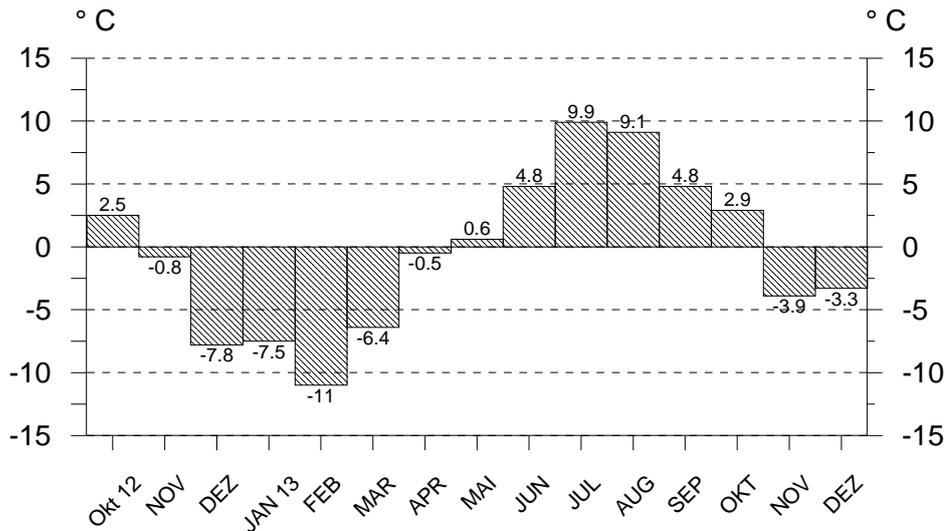


Abb. 1: Monatsmittel der Temperatur 2012/13 an der Station Rudolfshütte (°C)

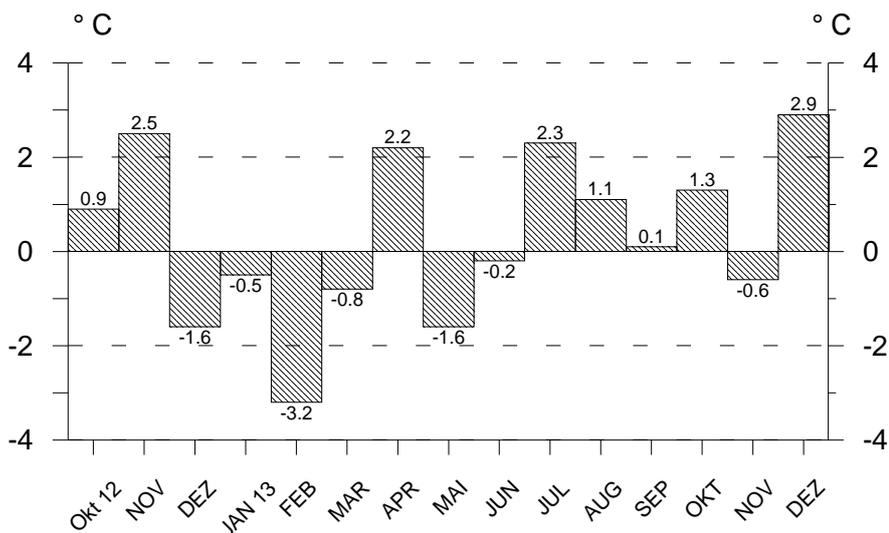


Abb. 2: Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur 2012/13 vom Mittel 1980-2012 (°C).

Niederschlag (Tab.1, Abb. 3 und 4):

Die Niederschläge im hydrologischen Jahr 2012/13 lagen mit 2.309 mm (Station Rudolfshütte) etwa 5% unter dem langjährigen Mittel von 2.383 mm (österreichweiten waren es laut ZAMG +5 %). Der Durchschnitt sagt aber nichts über die sehr stark unterschiedlichen Monate aus.

Der Frühwinter zeigte bei den Monatssummen keine größeren Abweichungen von den Mittelwerten, während in der zweiten Winterhälfte auf den feuchten, bzw. schneereichen Jänner zwei niederschlagsarme Monate folgten. Besonders der Februar hatte mit 87 mm nur knapp mehr als die Hälfte des mittleren Niederschlag zu verzeichnen.

Im Spätfrühjahr fällt der extrem trocken April auf, es fielen an der Messstation nur 70 mm gegenüber einem Mittelwert von knapp 180 mm. Mai und Juni lagen etwa 50% über den Mittelwerten. Der Juli war ein extrem trockener Monat. Nur 119 mm wurde im Gegensatz zu einem Mittelwert von sonst fast 300 mm beobachtet. Der August brachte durchschnittliche Niederschlagsmengen. Der September war mit 269 mm deutlich zu feucht.

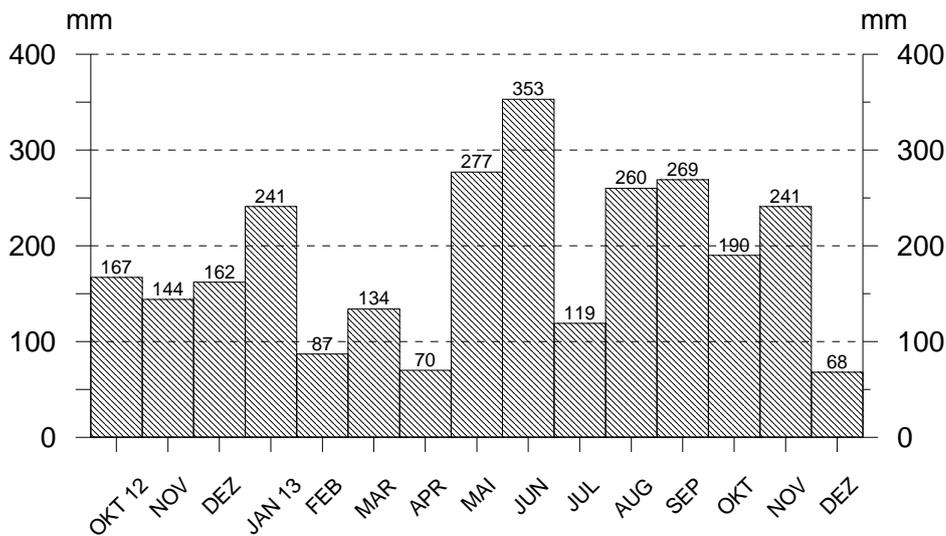


Abb. 3: Monatssummen des Niederschlags 2012/13 an der Station Rudolfshütte (in mm)

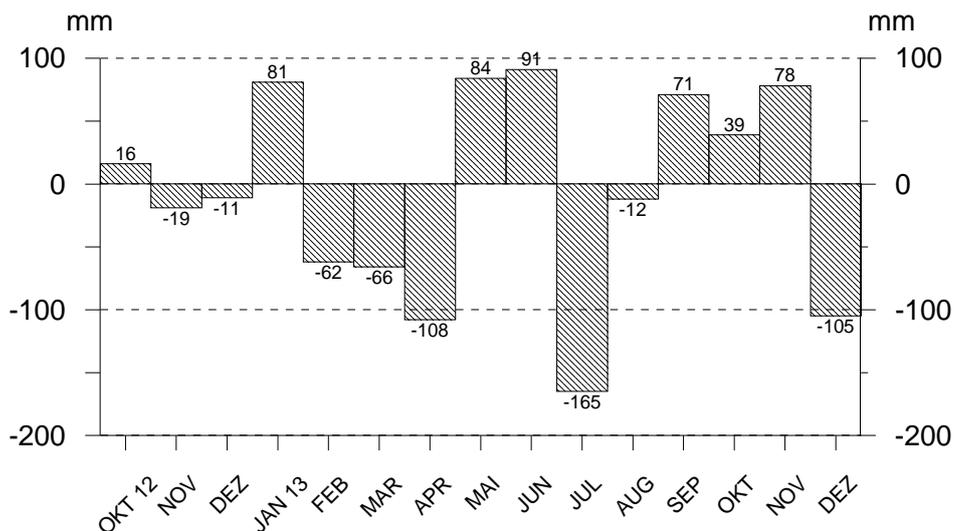


Abb. 4: Abweichungen der Monatssummen des Niederschlags 2012/13 vom Mittel 1981-2012 (in mm)

Schneehöhe am Unteren Boden des SSK in 2.500 m Seehöhe (Tab. 2, Abb. 5 und 6):

Im Herbst wuchs die Schneedecke nur langsam an. Am 1. November und am 1. Dezember lag die Schneedeckenhöhe bei jeweils etwa der Hälfte des Mittelwertes. Erst im Dezember nahm die Schneehöhe stark zu, sodass diese am 1. Jänner 10% über dem Mittelwert der Jahre 1980 – 2012 lag. Die Monate Februar und März erwiesen sich als sehr schneearm.

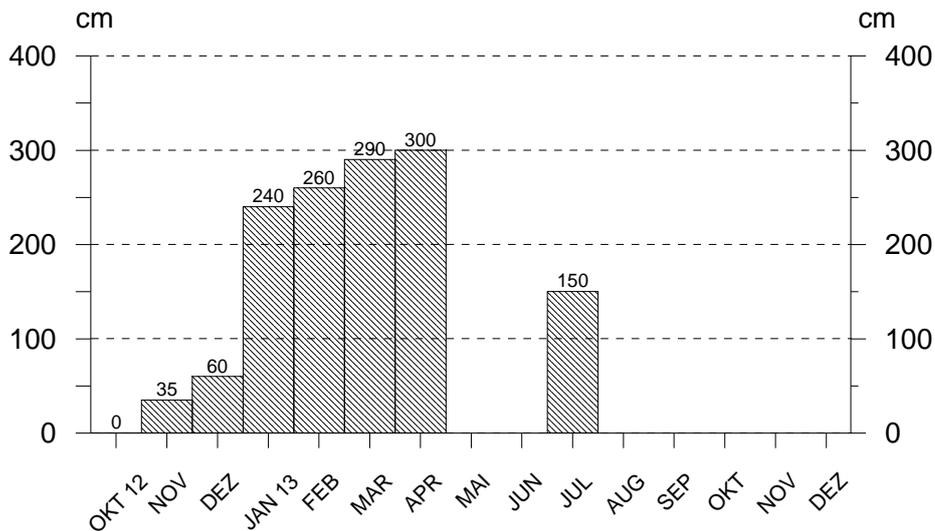


Abb. 5: Schneehöhen am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) im hydrologischen Jahr 2012/13, gemessen am 1. jeden Monats. - Seit Mai gibt es keine regelmäßigen Schneehöhenmessungen mehr.

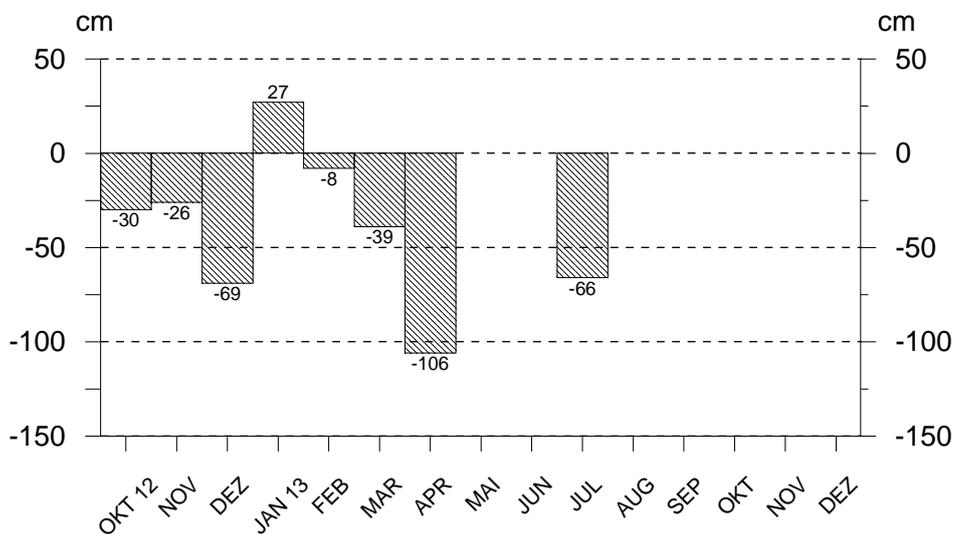


Abb. 6: Abweichungen der Schneehöhen (in cm) am SSK (Unterer Boden, 2.500 m) vom Mittel der Jahre 1980 – 2012

	Temperatur	Mittelwerte	Niederschlag	Mittelwerte
	2012/13	1980-2012	2012/13	1980-2012
Oktober 2012	2,5	1,6	167	151
November	-0,8	-3,3	144	163
Dezember	-7,8	-6,2	162	173
Januar 2013	-7,5	-7,0	241	160
Februar	-11,0	-7,8	87	149
März	-6,4	-5,6	134	200
April	-0,5	-2,7	70	178
Mai	0,6	2,2	277	193
Juni	4,8	5,0	353	262
Juli	9,9	7,6	119	284
August	9,1	8,0	260	272
September	4,8	4,7	269	198
Oktober	2,9	1,6	190	151
November	-3,9	-3,3	241	163
Dezember	-3,3	-6,2	935	996
Hydr. Winter	-5,2	-4,7	1348	1387
Hydr. Sommer	4,8	4,1	2283	2383
Hydr. Jahr 2012/13	-0,2	-0,3	2309	2383
Kalenderjahr 2013	0,0	-0,3	935	996

Tab. 1: Monatsmittel der Temperatur (in °C) und Monatsniederschlagssummen (in mm) 2012/13 gemessen an der Station Rudolfshütte, und die Mittelwerte der Jahre 1980 (bzw. 1981) bis 2012.

	Schneehöhen	Mittelwert
	2012/13	1980-2012
Oktober 2012	0	30
November	35	61
Dezember	60	129
Januar 2013	240	213
Februar	260	268
März	290	329
April	300	406
Mai	-	450
Juni	-	322
Juli	150	216
August	-	77
September	-	25
Oktober	-	30
November	-	61
Dezember 2013	-	129

Tab. 2: Schneehöhen (in cm) am Sonnblickkees (Unterer Boden 2.530 m) im hydrologischen Jahr 2012/13 und der Vergleich mit den mittleren Schneehöhen in den Jahren 1980 – 2012 (gemessen am 1. des jeweiligen Monats).

Überblick über die klimatischen Verhältnisse 2012/13 an der Station Rudolfshütte:

Das hydrologische Jahr 2012/13 war thermisch ein durchschnittliches Jahr. Zunächst lag der Winter mit $-5,2^\circ$ gegenüber einem Mittel von $-4,7^\circ$ etwas unter dem Mittelwert, der Sommer war aber mit $4,8^\circ$ gegenüber $4,1^\circ$ etwas über dem Durchschnitt der Jahre 1980 – 2012. Auch die Niederschläge waren in diesem Jahr durchschnittlich (nur ca. 5% unter dem langjährigen Mittel).

1.2. Berechnung der Massenbilanz 2012/13

1.2.1. Bestimmung der Akkumulations- und Ablationsflächen der maximalen Ausaperung

Die Massenbilanz des SSK wird seit 1981 aus dem Flächenverhältnis S_C/S (Akkumulationsgebiet zu Gesamtgletscherfläche) ermittelt. Diese Beziehung wurde aus der 19-jährigen Messreihe mit direkten Massenbilanzmessungen gewonnen. Voraussetzung dafür ist die Erfassung der glaziologisch sehr aussagekräftigen maximalen Ausaperung (die der maximalen Höhenlage der Altschneelinie bzw. Gleichgewichtslinie am Ende des Haushaltsjahres entspricht). Es ist daher notwendig, ab etwa 20. August bis Mitte Oktober, die Ausaperung laufend durch Fotos und Kartierungen zu verfolgen, um mit Sicherheit die maximale Ausaperung zu erfassen. Wie im Vorjahr wurde die Ausaperung fotografisch festgehalten. Dabei sollte wiederum ein möglichst nahe der maximalen Ausaperung liegender Stand dokumentiert werden, um damit die Akkumulations- und Ablationsflächen auswerten zu können.

Das SSK wurden vom 22.8. bis 7. 9. 2013 fotografiert. Eine große Hilfe waren Flugfotos vom 7. 9. 13. Die maximale Ausaperung konnte mit den Flugfotos vom 7.9. und unter Verwendung der Karten der maximalen Ausaperung von 2003 und 2012 sehr gut erfasst werden. (Abb. 10). Der Gletscher aperte nach dem 8.9. nicht mehr aus, denn es gab zwischen 8. und 20. 9. Schneefälle. Der warme Oktober änderte daran fast nichts mehr, am 6.10. war nur die Stirn des Filleckeisbruchs schneefrei, schließlich schneite es am 10.10. bis 2.450 m, sodass das Sonnblickkees leicht schneebedeckt war. Der endgültige Winter für den Gletscher begann mit dem Absinken der Schneegrenze auf 800 m am 11. 10. 13.



Abb. 9: Das Stubacher Sonnblickkees am 7.9. 2013. Die maximale Ausaperung war am darauffolgenden Tag, dem 8.9.2013. Zwischen dem aperen Eis und dem hellen Neuschnee ist der Altschnee mit der ockerbraunen Farbe vom Wüstenstaub zu erkennen. (Foto: H. Slupetzky)

Stubacher Sonnblibkkees
Maximale Ausaperung 2013
Grenze 2012

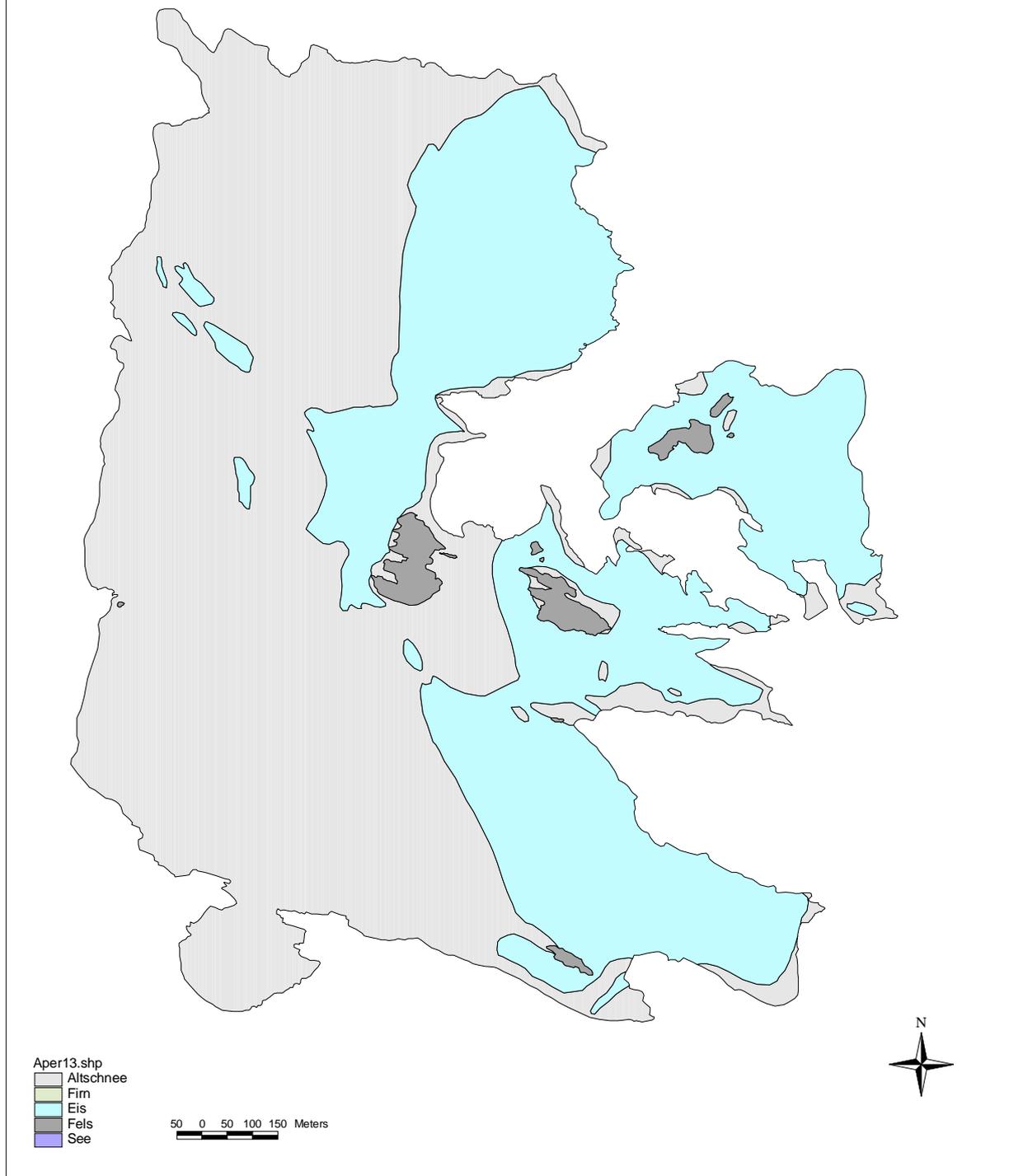


Abb. 10: Karte der maximalen Ausaperung des Stubacher Sonnblibkkeeses am 8.09.2013

Die Digitalisierung der Karte der maximalen Ausaperung nach Altschnee-, Firn- und Eisflächen je 100-m Höhenstufen im Originalmaßstab 1:5.000 ergab die entsprechenden Flächenwerte (Tab. 3), mit denen in weiterer Folge die Massenbilanz des SSK berechnet wurde.

SSK Hauptteil					
Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn + Eis	Summe
2600- 2700	6434	-	51283	51283	57717
2700- 2800	197812	-	180663	180663	378475
2800- 2900	177449	-	113142	113142	290591
2900- 3000	253655	-	340	340	253995
3000- 3100	10785	-	-	-	10785
Gesamt	646136	0	345448	345448	991584

Tab. 3: Altschnee-, Firn- und Eisflächen nach Höhenzonen in m²,
Stand der max. Ausaperung: 08.09.2013

1.2.2. Ermittlung der Kenngrößen der Massenbilanz

Die Massenbilanz des SSK 2012/2013 wurde aus dem Flächenverhältnis S_c/S (Akkumulationsgebiet zu Gesamtgletscherfläche) bzw. aus dem negativen (B_a/S) und positiven (B_c/S) Anteil am spezifischen Nettomassenumsatz berechnet. Es wurden folgende Gleichungen verwendet:

$$b_c = 29,19 \cdot (-\log(1-S_c/S))^{1,125}$$

$$b_a = -56,808 \cdot \log(S_c/S) + 0,925$$

Daraus ergeben sich für das Haushaltjahr 2012/2013 folgende Massenbilanzwerte:

Spezifische Nettoakkumulation:	b_c	=	31,1 g/cm ²
Spezifische Nettoablation:	b_a	=	- 25,1 g/cm ²
Mittl. spez. Nettobilanz:	b	=	+6,0 g/cm ²

Die Massenbilanz des SSK (Hauptteil) 2012/2013 ist durch folgende Haushaltsgrößen beschrieben:

S_c km ²	b_c g/cm ²	B_c 10 ⁶ m ³	S_a km ²	b_a g/cm ²	B_a 10 ⁶ m ³	S km ²
0,651	31,1	0,310	0,345	-25,1	-0,250	0,991
B 10 ⁶ m ³	b g/cm ²	S_c/S	S_c/S_a	GW	natürliches Haushaltsjahr	
+0,060	+6,0	0,653	1,884	2.770 m	13.09. 12 - 09.09.2013	

(S_c = Akkumulationsfläche, S_a = Ablationsfläche, S = Gletscherfläche, B = Nettobilanz, b = mittlere spezifische Nettomassenbilanz, S_c/S = Flächenverhältnis Akkumulationsgebiet zu Gesamtgletscherfläche, S_c/S_a = Flächenverhältnis Akkumulationsgebiet zu Ablationsgebiet, GW = Gleichgewichtslinie)

Das SSK hatte mit einer mittleren spezifischen Massenbilanz von + 6,0 g/cm² eine leicht positive Bilanz. Die späte Ausaperung und das frühe Haushaltsende bedeutete eine kurze Schmelzsaison.

Aus den reinen Kennzahlen der Massenbilanz kann man nicht auf die dahinterliegenden Faktoren, die zu dieser Massenbilanz geführt haben, schließen. Die heurige Witterung im Sommerhalbjahr der Gletscher war eine interessante Kombination aus schneereichen, kühlen Wochen im Mai und Juni im Gebirge und heißen Wetterphasen im Sommer (mit einigen Temperaturrekorden in Österreich). Aufgrund der Neuschneedecke wurde die Ausaperung der Gletscher um vier bis sechs Wochen verzögert und half den Gletschern maßgeblich, diese kritische Zeit zu überstehen.

Vorangegangen waren Starkniederschläge bzw. Schneefälle in den Hochlagen im Mai und Juni, die zu einer guten Ausgangslage für den Sommer geführt hatten. Die Gletscher waren durch eine mächtige Schneedecke geschützt, die zunächst in der ersten Hitzeperiode Mitte Juni abgebaut werden musste, bevor die Eisoberfläche zum Vorschein kam und die Eisabschmelzung einsetzen konnte. Die Ausaperung setzte deutlich später als in den Vorjahren ein; in anderen Worten: die temporäre Altschneelinie (Schneegrenze) lag beträchtlich tiefer. Und noch eine Besonderheit kam dazu:

Der im Frühjahr abgelagerte Wüstenstaub kam nicht voll zur Wirkung. In höheren Lagen im Nährgebiet war der Wüstenstaub ab Mitte August immer wieder von Neuschnee bedeckt.

Nach wenigen Tagen mit unterdurchschnittlichen Temperaturen waren der Juli und die erste Augustwoche überdurchschnittlich warm. Aber schon am 30. Juli und dann mehrmals im August kam es zu einigen Schneefallereignissen auf den Gletschern über 2.600 bis 2.700 m. Die Schneemeng war gering, reichte aber aus, um die Abschmelzung für einige Zeit zu stoppen, trotz der zum Teil noch sommerlichen Temperaturen in den Tälern. Die Altschneebedeckung im Nährgebiet blieb weitgehend erhalten. Die aufsummierte tägliche Neuschneehöhe an der Station Rudolfshütte in 2.305 m Seehöhe jeweils in der Früh im September bis zum 19. 9. betrug 80 cm.

1.3. Die Längen- und sonstigen Vermessungen

Heuer fanden die 53. Längenmessungen am SSK, Unteren Riffelkees und Ödenwinkelkees statt. Die Längenänderung SSK wurde - im Rahmen der OeAV-Gletschermessungen - am 31.8. 13 gemessen. Es ergab sich mit - 6,4 m ein moderater Längenverlust, wobei der Betrag bei der Filleckzunge + 0,2 m und bei der Sonnblickzunge - 11,2 m war. Da das Gletscherende der Filleckzunge nun hoch oben liegt, ist die Änderungen nur mehr gering. Die Sonnblickzunge am „Gehänge“ verliert stark an Länge und wird bald wieder durch eine Felsstufe weiter oben enden. - Seit 1960 wurde das SSK um 587 m und seit 1981 um 605 m kürzer.

Die Pegel- und Querschnittmessungen unter der Leitung von M. Kiskemper, FH Neunbrandenburg, fanden am Ödenwinkelkees am 29.8. statt, die Pegel und Querprofilmessungen sowie Messungen des Eis- und Seerandes am SSK wurden am 30.8. durchgeführt. Am 3.9. wurden die 7 Referenzpegel am ÖWK eingebohrt (B. Seiser, H. Slupetzky).

2. Ergebnisse der Niederschlagsmessungen

2.1 Berechnung fehlender Monatswerte: siehe Anhang

2.2. Niederschlagswerte 2012/13 bzw. 2013 in den Einzugsgebieten der Speicher Weißsee und Tauernmoossee

Die Ergebnisse der monatlichen Niederschlagsmessungen mit Totalisatoren sind in Tabelle 4, die Jahresniederschläge in Tabelle 5 zusammengestellt (für den Ombrometer RH: Tabelle 1).

	WS	KT	SK	TM	BS	LB	RH	RH-O
	2.270 m	2.390 m	2.510 m	2.040 m	2.040 m	2.040 m	2.304 m	
Oktober 2012	[225]	204	192	[149]	156	121	167	212
November	193	161	130	176	184	152	144	172
Dezember	273	235	184	186	205	174	162	219
Januar 2013	[315]	246	230	180	168	177	241	305
Februar	221	151	158	105	98	88	87	162
März	264	201	185	182	178	146	134	176
April	71	55	45	84	78	58	70	94
Mai	[375]	335	294	263	257	165	277	340
Juni	[430]	378	370	[270]	281	190	353	440
Juli	[120]	112	111	95	92	76	119	119
August	[260]	251	251	[160]	148	128	260	245
September	298	206	267	109	101*	92	269	269
Oktober	[210]	298	180	171	177*	138	190	208
November	260	216	175	164	181	141	241	288
Dezember	124	106	84	106	117	99	68	79
Kalenderjahr 2013	2948	2554	2350	1889	1877	1499	2309	2724
hydr. Jahr 2012/13	3045	2534	2418	1959	1947	1567	2283	2753
hydr. Sommer 13	1554	1336	1339	981	957	709	1348	1507
hydr. Winter 12/13	1491	1198	1079	978	990	858	935	1245

Tab. 4 Niederschlagswerte aus Totalisatormessungen im Einzugsgebiet der Speicher Weißsee und Tauernmoossee im Hydrologischen Jahr 2012/13 und im Kalenderjahr 2013 (in mm). In eckigen Klammer: interpolierte bzw. korrigierte Messwerte, mit *: aus 2-Monatssumme aufgeteilt, kursiv: über Korrelation aus Gesamtmessreihe ermittelt (siehe Anhang).

(RH-Registrierung= Monatsbogen der ZAMG), RH-O = Ombrometer Rudolfshütte, WS = Totalisator Weißsee, KT = Tot. Kalser Törl, SK = Tot. Sonnblickkees, TM = Tot. Tauernmoos, BS = Tot. Beileitung Süd, LB = Tot. Landeckbach)

Beim Ombrometer bzw. bei der Niederschlagsregistrierung an der Station RH kann erst in der Zukunft der Einfluss auf die Homogenität der Messreihe aufgrund der Verlegung der Station zur alten ÖBB Bergstation geprüft werden. Die unterschiedlichen Ergebnisse der verschiedenen Arten der Niederschlagsmessung an der Wetterstation RH (Handmessung und Registrierung) zeigt wie immer die Problematik der Niederschlagsmessung im Gebirge. (Mit dem Wechsel der Betreuung bzw. Beobachtung der Totalisatoren von Rudi Winter (+) auf die Wetterbeobachter und -rinnen und der Umstellung auf die Verwendung eines Frostschutzmittels sowie die Unsicherheit betreffend Verdunstung in den Auffangkübeln gab es nicht immer zweifelsfreie Messwerte). Die schlechte Korrelation der Station RH zu den Totalisatoren im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee ermöglicht auch keine sichere Kontrolle der Ablesungen des Totalisators Weißsee.

	2013	1964-2011	Abweichungen	%
Tot.Weißsee (2.270m)	2948	2605	343	113
Tot.Kalser Törl (2.390 m)	2554	2340	214	109
Tot. Sonnblickkees	2350	2197	153	107
Tot.Tauernmoos (2.040 m)	1889	1791	98	105
Tot.Landeckbach (2.040 m)	1877	1755	122	107
Tot.Beileitung Süd (2.040 m)	1499	1559	-60	96
Ombr.Rudolfshütte (2.304 m)	2309	2264	45	102
"Mittel der 6 Totalisatoren"	2186	2041	145	107

Tab. 5: Jahressummen des Niederschlages im Kalenderjahr 2013 (in mm), Abweichungen vom Mittel 1964 (bzw. 1980) bis 2012 und relativ zum Mittelwert (Prozent).

3. Der Abfluss 2012/13 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee

Die Messungen durch die ÖBB im Kraftwerk Enzingerboden ergaben folgende monatliche Zuflüsse (natürlicher Zufluss ohne die Beileitung Nord) in den Speicher Weißsee (Tab. 6):

	2012/13	1942-2012	% vom Mittel		2012/13	1942-2012	% vom Mittel
Oktober 2012	1892	683	277	Juli	5036	4306	117
November	282	179	158	August	3688	3530	104
Dezember	113	179	63	September	3064	1885	163
Januar 2013	141	113	125	Oktober	1377	683	202
Februar	87	83	105	November	397	179	222
März	68	84	81	Dezember	76	109	70
April	154	128	120				
Mai	1341	972	138	Hyd. Jahr 2012/13	19418	15258	127
Juni	3552	3153	113	Kalenderjahr 2012	18981	15258	124

Tab. 6: Monatlicher Abfluss 2012/13 und Abweichungen vom Mittel der Jahre 1942-2012 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee (Werte in 1.000 m³)

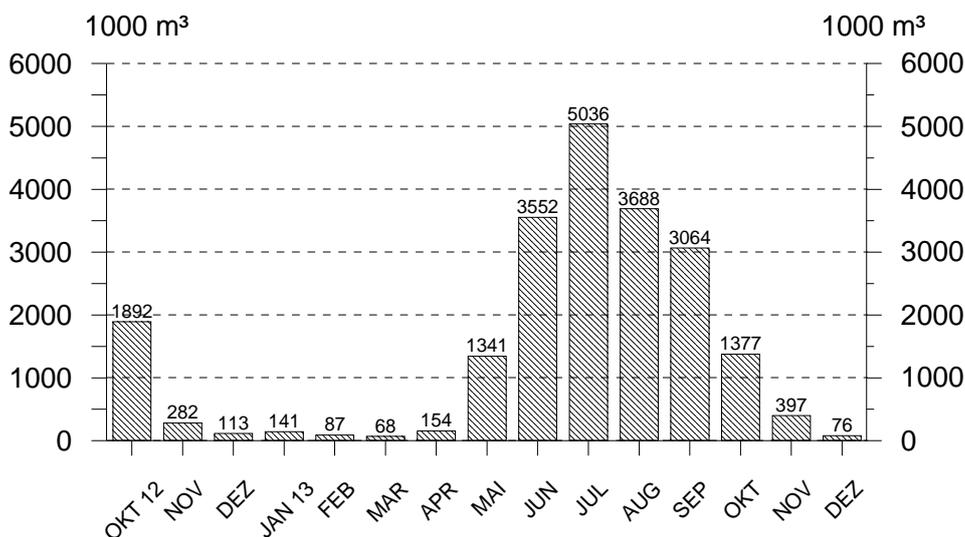


Abb. 11: Monatliche Abflusshöhen im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee 2012/13 (in 1000 m³)

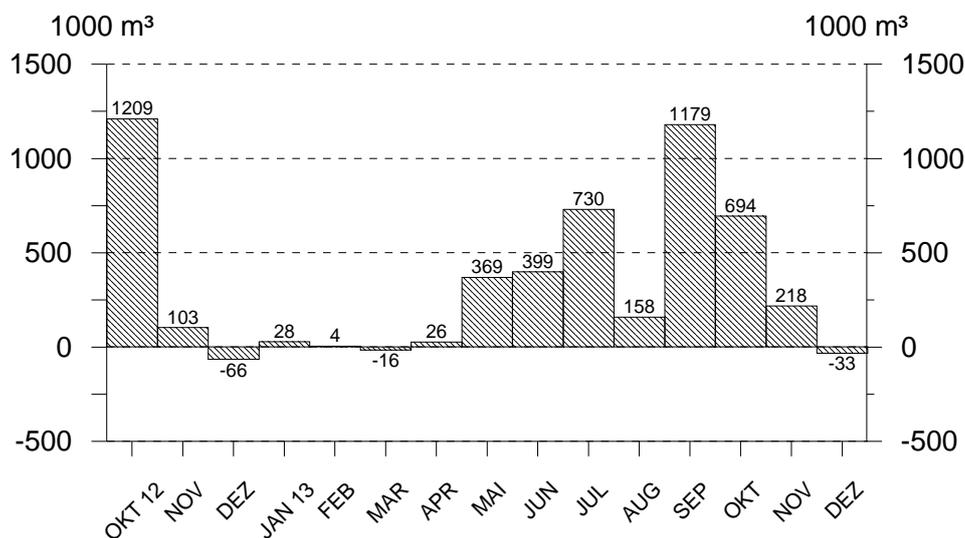


Abb. 12: Abweichungen der monatlichen Abflusshöhe vom langjährigen Mittelwert 1942/43 bis 2011/12 (in 1000 m³)

Der Speicher Weißsee erreichte am 19. August 2013 den Vollstau. Der Zufluss im hydrologischen Jahr 2012/13 lag mit 19,42 Mio. m³ um 27 % über dem langjährigen Mittel von 1942 bis 2012 (15,26 Mio. m³). Die Jahres-Abflusshöhe betrug 3.664 mm (Mittel 1942-2012: 2.878 mm).

In Abb. 11 sind die monatlichen Abflusshöhen, in Abb. 12 die Abweichungen im Hydrologischen Jahr 2012/13 vom langjährigen Mittel dargestellt.

4. Berechnung der Größenordnung der hydrologischen Bilanz 2012/13 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee

Das (natürliche) Einzugsgebiet des Speichers Weißsee hat 5,3 km² (die ÖBB verwenden bei ihren Berechnungen 5,4 km²), die mittlere Gebietshöhe ist 2.570 m. Das Einzugsgebiet ist zu 21 % vergletschert. In der ersten Hälfte der 1980er –Jahre waren es noch 36,2 %).

Um wieder einmal die möglichst gute Abschätzung des in den Altschneeflecken gebundenen Wassers zu überprüfen, wurden mit Hilfe des Orthophotos vom Einzugsgebiet Weißsee (SAGIS) die Altschneeflächen vom 18. August 2012 bestimmt. Dies diente als Ausgangs-Ausaperungsstand für die Kartierung der Altschneeflecken am Haushaltsende am 9.9.2013. Der Altschnee (im Gelände außerhalb der Gletscher) nahm 180.000 m² ein. Es wurde auch die Ausaperungsstand vom Weißseekees bestimmt. Zusammen mit den Altschneefeldern beim Weißseekees ergab sich eine Altschneefläche von (leicht abgerundet) 200.000 m².

Nachstehend die einzelnen Parameter der Wasserhaushaltsgleichung $N = A + V + (R - B)$ mit den berechneten und geschätzten Beträgen für 2012/13 und der Fehlerschätzung (Tabelle 7).

	spezifisch (in mm)	absolut (in m ³)	geschätzter Fehler
Niederschlag	4.172	22.113.000	± 7,2%
Abfluss	3.663	19.418.000	± 5%
Verdunstung	400	2.120.000	±25%
Bilanz SSK (inkl. Filleckkees)	11	60.000	±5%
SSK Unterer Boden	-10	-50.700	±5%
Bilanz Weißseekees	-2	-11.000	±30%
Altschneeflecken	109	577000	±20%
Firnflecken	-	-	-

Tab. 7: Abschätzung der hydrologischen Bilanz im Einzugsgebiet Weißsee

Die Jahres - Niederschlagshöhe (berechnet aus der Wasserhaushaltsgleichung) für das 5,3 km² große Einzugsgebiet des Speichers Weißsee betrug 4.172 mm ± 7,0 %.

Berechnet man aus den Niederschlagssummen der Totalisatoren Weißsee, Kalser Törl und Sonnblickkees sowie dem Ombrometer Rudolfshütte den „mittleren Jahres-Gebietsniederschlag“ im Einzugsgebiet Weißsee, erhält man für 2012/13 2.570 mm. Gegenüber der Niederschlagshöhe (abgeschätzt aus der Wasserhaushaltsgleichung) von 4.172 mm ist dies um 1.602 mm oder 8,49 Mio m³ zu wenig. Das bedeutet, dass die Totalisatoren im Mittel um 38% zu wenig anzeigten (Zur möglichen Erklärung siehe 2.2 Des Weiteren ist einerseits die „Ergänzung“/Interpolation der unsicheren Monatsmesswerte beim Tot. WS der eine Unsicherheitsfaktor, andererseits fällt die schlechte Korrelation für Einzelmonate ins Gewicht).

5. Überblick über die Massenbilanz - Messreihe vom Stubacher Sonnblickkees 1964-2013

Von den seit 1964 jährlich bestimmten 50 Massenbilanzen waren 19 positiv und 31 negativ. Von 1964 bis). Der Massenzuwachs von 1965 bis 1981 betrug 9,9 Mio. m³ (Spez. Bilanz: 5,5 m); seit 1982 wurden -33,8 Mio. m³ (spez. Bilanz: -33,2 m) abgebaut. Der Massenverlust seit 1959 betrug kumulativ -27,8 Mio. m³ oder -27,5 m spez. Bilanz.

Das SSK wurde um - 6,4 m kürzer (Längenmessungen des Österreichischen Alpenvereins). Nachdem der Eisrand von Beginn der Messungen 1960 bis 1964 19 m zurück geschmolzen war, stieß das SSK bis 1981 17,3 m vor. Seit 1981 verlor der Gletscher insgesamt - 605 m an Länge. Seit 1960 wurde das Kees um - 593 m kürzer. Der Eisrandsee vergrößerte sich weiter. - Die Felsinseln im Gletscher sind größer geworden.

Dank

Die Wasser- und Eishaushaltsmessungen am Stubacher Sonnblickkees bzw. im Einzugsgebiet der Speicher im Stubachtal werden im Auftrag des Hydrographischen Landesdienstes Salzburg durchgeführt.

Die Betreuung des Totalisators Weißsee erfolgte durch die Wetterbeobachterin und Wetterbeobachter der Station Rudolfshütte, die des Tot. Tauernmoos durch einen Angestellten der ÖBB-Weißsee Seilbahn. Die Abflussdaten stellten die ÖBB – Infrastruktur Aktiengesellschaft, Geschäftsbereich Kraftwerke, zur Verfügung. - Die Wetterdaten stammen von der Station Rudolfshütte bzw. von der Wetterdienststelle Salzburg. - Verschiedene freiwillige Mitarbeiter halfen bei den Feldarbeiten (u.a. B. Zagel, G. Aigner, H. Wiesenegger, N. Slupetzky, R. Delleske, G. Seitlinger, W. Matusch). Martin Kiskemper führte (nun 20 Jahre) die geodätischen Vermessungen durch. B. Seiser bohrte die Pegel am Ödenwinkelkees. P. und N. Slupetzky waren logistisch behilflich.

Wir danken herzlich allen genannten Personen und Institutionen und auch den nicht namentlich erwähnten Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen für ihre Hilfe und die gute Zusammenarbeit.

Anhang: Ermittlung fehlenden Totalisator - Niederschlagswerte

Die fehlenden Totalisatorwerte wurden aus Messreihen benachbarter Messstelle abgeleitet. Dabei wurden aus der Gesamtmessreihe (ca. 550 Monatswerte) ein Korrelationskoeffizient ermittelt und mit der jeweils am besten passenden Reihe ein mittlerer Monatsquotient und damit der fehlenden Monatswerte berechnet.

	WS					
WS	1,00	KT				
KT	0,87	1,00	SK			
SK	0,82		1,00	TM		
TM				1,00	LB	
LB				0,73	1,00	BS
BS				0,70		1,00

Tabelle A1: Korrelationskoeffizienten aus den Gesamtmessreihen nach A. Gassner

Monat	Q_WS_KT	Q_WS_SK	Q_RH_WS	Q_RH_KT	Q_RH_SK	Q_TM_LB	Q_TM_BS
1	1,28	1,37	0,93	1,17	1,16	1,02	1,07
2	1,46	1,40	1,03	1,29	1,30	1,19	1,07
3	1,32	1,42	0,98	1,19	1,27	1,25	1,02
4	1,28	1,57	0,83	1,00	1,08	1,44	1,08
5	1,12	1,27	0,88	0,93	1,04	1,60	1,02
6	1,14	1,16	0,88	0,98	0,99	1,42	0,96
7	1,08	1,08	0,96	1,02	1,02	1,25	1,03
8	1,04	1,03	0,98	0,98	0,97	1,25	1,08
9	1,04	1,12	0,93	0,97	1,02	1,18	1,03
10	1,10	1,17	0,90	0,94	0,96	1,23	0,96
11	1,20	1,49	0,94	0,96	1,10	1,16	0,95
12	1,16	1,48	0,94	1,05	1,20	1,07	0,91

Tabelle A2: Quotienten aus Gesamtmessreihen

Jahr	Monat	RH	Q RH-WS	WS calc	Q RH-KT	KT calc	Q RH-SK	SK calc
2012	10	167	0,90	187	0,94	178	0,96	173
	11	144	0,94	153	0,96	150	1,10	131
	12	162	0,94	173	1,05	154	1,20	135
2013	1	241	0,93	259	1,17	205	1,16	207
	2	87	1,03	85	1,29	68	1,30	67
	3	134	0,98	136	1,19	113	1,27	106
	4	70	0,83	84	1,00	70	1,08	65
	5	277	0,88	314	0,93	297	1,04	268
	6	353	0,88	403	0,98	359	0,99	356
	7	119	0,96	124	1,02	117	1,02	116
	8	260	0,98	265	0,98	264	0,97	268
	9	269	0,93	289	0,97	278	1,02	264
	10	190	0,90	212	0,94	202	0,96	197
	11	241	0,94	256	0,96	250	1,10	219
	12	68	0,94	73	1,05	65	1,20	57

Tabelle A3: WS, KT und SK berechnet aus RH ZAMG Monatsübersichten

<i>Jahr</i>	<i>Monat</i>	<i>RH-O</i>	<i>Q RH-WS</i>	<i>WS calc</i>	<i>Q RH-KT</i>	<i>KT calc</i>	<i>Q RH-SK</i>	<i>SK calc</i>
2012	10	212	0,90	237	0,94	226	0,96	220
	11	172	0,94	183	0,96	179	1,10	156
	12	219	0,94	234	1,05	209	1,20	182
2013	1	305	0,93	328	1,17	260	1,16	262
	2	162	1,03	157	1,29	126	1,30	125
	3	176	0,98	179	1,19	148	1,27	139
	4	94	0,83	113	1,00	94	1,08	87
	5	340	0,88	385	0,93	365	1,04	328
	6	440	0,88	502	0,98	447	0,99	444
	7	120	0,96	126	1,02	118	1,02	117
	8	245	0,98	250	0,98	249	0,97	252
	9	270	0,93	290	0,97	279	1,02	265
	10	208	0,90	232	0,94	221	0,96	216
	11	288	0,94	306	0,96	299	1,10	262
	12	79	0,94	84	1,05	75	1,20	66

Tabelle A4: WS, KT und SK berechnet aus RH Handmessungen

<i>Jahr</i>	<i>Monat</i>	<i>RH-O</i>	<i>WS</i>	<i>KT aus RH</i>	<i>KT aus RH-O</i>	<i>KT aus WS</i>	<i>SK aus RH</i>	<i>SK aus RH-O</i>	<i>SK aus WS</i>
2012	10	212	225	178	226	205	173	220	193
	11	172	193	150	179	161	131	156	130
	12	219	273	154	209	234	135	182	184
2013	1	305	315	205	260	246	207	262	230
	2	162	220	68	126	151	67	125	158
	3	176	264	113	148	201	106	139	185
	4	94	71	70	94	55	65	87	45
	5	340	375	297	365	335	268	328	294
	6	440	430	359	447	378	356	444	370
	7	120	120	117	118	112	116	117	111
	8	245	260	264	249	251	268	252	251
	9	270	298	278	279	286	264	265	267
	10	208	210	202	221	191	197	216	180
	11	288	260	250	299	216	219	262	175
	12	79	124	65	75	106	57	66	84

Tabelle A5: Vergleich der Ergebnisse aus Tabelle A2 bis A4

<i>Jahr</i>	<i>Monat</i>	<i>TM</i>	<i>Q TM-LB</i>	<i>LB calc</i>	<i>Q TM-BS</i>	<i>BS calc</i>
2012	10	149	1,23	121	0,96	156
	11	176	1,16	152	0,95	184
	12	186	1,07	174	0,91	205
2013	1	180	1,02	177	1,07	168
	2	105	1,19	88	1,07	98
	3	182	1,25	146	1,02	178
	4	84	1,44	58	1,08	78
	5	263	1,60	165	1,02	257
	6	270	1,42	190	0,96	281
	7	95	1,25	76	1,03	92
	8	160	1,25	128	1,08	148
	9	109	1,18	92	1,03	105
	10	171	1,23	138	0,96	179
	11	164	1,16	141	0,95	172
	12	106	1,07	99	0,91	117

Tabelle A6: LB und BS berechnet aus TM

Jahr	Monat	WS	Q WS-KT	KT calc	Q WS-SK	SK calc
2012	10	225	1,10	205	1,17	193
	11	193	1,20	161	1,49	130
	12	273	1,16	234	1,48	184
2013	1	315	1,28	246	1,37	230
	2	220	1,46	151	1,40	158
	3	264	1,32	201	1,42	185
	4	71	1,28	55	1,57	45
	5	375	1,12	335	1,27	294
	6	430	1,14	378	1,16	370
	7	120	1,08	112	1,08	111
	8	260	1,04	251	1,03	251
	9	298	1,04	286	1,12	267
	10	210	1,10	191	1,17	180
	11	260	1,20	216	1,49	175
	12	124	1,16	106	1,48	84

Tabelle A7: KT und SK berechnet aus WS

	Aus Tab. A7	Aus Tab A 4	Aus Tab A 3
RH	2283	2283	2283
WS 12/13	3044	2472	2984
KT 12/13	2614	2253	2700
SK 12/13	2418	2155	2578
Jahres-NS	2590	2291	2636

Tabelle A8: Jahresniederschlag aus dem Mittelwert der Totalisatoren WS, KT und SK und der RH
Vergleich des Jahresniederschlages nach den drei unterschiedlichen Berechnungsgrundlagen.

Die Werte nach Tab. A7 entsprechen am ehesten der bisherigen Methode und wurden aus diesem Grund im Bericht verwendet.

Univ.-Prof. i. R. Dr. Heinz Slupetzky
Universität Salzburg,
Fachbereich Geographie und Geologie
Hellbrunnerstraße 34
A-5020 Salzburg

Mag. Gerhard Ehgartner
EGEO Informatics
Waldweg 7
A-4892 Fornach