

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

Ergebnisbericht für 1999

Zusammenfassung

Das Haushaltsjahr 1998/99 - das 36. Messjahr seit Beginn der Reihe 1963/64 - endete mit einer stark negativen Bilanz von $-64,7 \text{ g/cm}^2$ mittlerer spezifischer Nettobilanz oder $-0,975 \text{ Mio. m}^3$ Netto-Massenverlust. Das natürliche Haushaltsjahr endete schon am 26.9.1999. In den 36 Jahren waren 18 Haushaltsjahre positiv und 18 negativ, seit 1982 waren von den 18 Haushaltsjahren 14 negativ. Die Gleichgewichtslinie lag am 26.9.1999 am Ende des Haushaltsjahres in einer Höhe von 2.865 m, um 27 m oberhalb des Mittels 1982 bis 1999 (2.838 m).

Aufgrund des insgesamt schneereichen Winters und Frühjahres im Gebirge war trotz des warmen Monats Mai, in dem die Schneeschmelze rasch größere Höhen erreichte, zunächst mit großer Wahrscheinlichkeit ein positiver Haushalt zu erwarten. Der eher warme Sommer und besonders der überdurchschnittlich warme September führten wieder zu einem negativen Haushalt.

Seit 1982 wurden $-18,8 \text{ Mio m}^3$ (mittlere spezifische Bilanz $-11,7 \text{ m}$) abgebaut, der Längenverlust betrug seitdem $-40,2 \text{ m}$.

Der Zufluß in den Speicher Weißsee betrug im hydrologischen Jahr 1998/99 $14,4 \text{ Mio m}^3$ und lag damit 5% unter dem langjährigen Mittel 1942-1999. Die Jahresabflußhöhe im Einzugsgebiet war 2.723 mm.

Aus der Wasserhaushaltsgleichung läßt sich eine Jahresniederschlagshöhe von $2.896 \text{ mm} \pm 7,4 \%$ abschätzen. Die Gletscherspende war 8,8 %.

1. Die Bestimmung der Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses 1998/99

In diesem Jahr wurde zum 36. mal in ununterbrochener Reihenfolge die Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses (SSK) bestimmt (davon 17 mal mit der direkten glaziologischen Methode und 19 mal über die maximale Ausaperung).

1.1. Witterungsverlauf 1998/99

Vergleicht man den Jahresverlauf der glazialmeteorologisch wichtigen Parameter: Temperatur, Niederschlag und Schneehöhe sowie fester Niederschlag, gewonnen aus den Klimadaten der Station Rudolfshütte (2.304 m), so ergibt sich für das Haushaltsjahr 1998/99 folgendes Bild:

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

Das Jahresmittel der Temperatur lag im hydrologischen Jahr 1998/99 bei $-0,6^\circ$ und entsprach somit dem Durchschnitt der Jahre 1980 bis 1999. Das Winterhalbjahr lag mit $-5,8^\circ$ deutlich unter dem Mittelwert von $-4,9^\circ$, das Sommerhalbjahr mit $+4,6^\circ$ über dem Durchschnitt der Jahre 1980 bis 1999 von $3,7^\circ$.

Der Früh- und Hochwinter mit den Monaten Oktober bis Januar zeigte unterschiedliche Temperaturverhältnisse. Während Oktober 1998 und Jänner 1999 deutlich wärmer waren, hatten die Monate November und Dezember 1998 zu niedrige Temperaturen. Der Februar wies mit $-10,6^{\circ}$ einen nur selten erreichten Extremwert auf und wich um $-2,8^{\circ}$ (!) vom zu erwartenden Wert ab. Der März beendete das Winterhalbjahr mit überdurchschnittlichen Temperaturen.

Im Sommerhalbjahr waren die Monate Mai und September deutlich zu warm. Insgesamt war das Sommerhalbjahr um $+0,9^{\circ}$ gegenüber dem Mittel 80 - 99 zu warm.

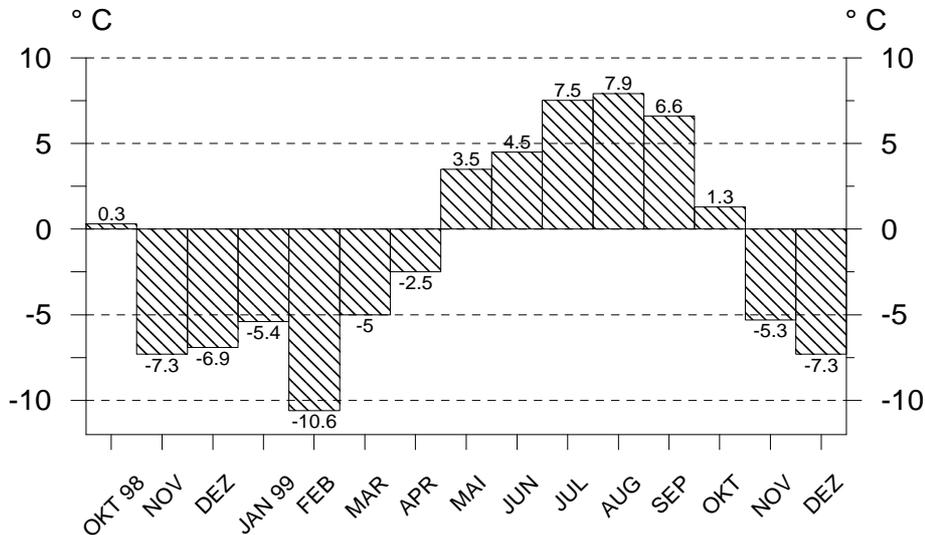


Abb. 1: Monatsmittel der Temperatur 1998/99 an der Station Rudolfshütte (°C)



Abb. 2: Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur vom Mittel 1980-99 (°C).

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

Die Niederschläge im hydrologischen Jahr 1998/99 lagen mit 2904 mm (gemessen am Ombrometer der Station Rudolfshütte) etwa 20% über dem Durchschnitt der Jahre 1981-1999 (2.241 mm).

Der hydrologische Winter war mit einer Niederschlagssumme von 1.428 mm zu feucht (Mittelwert 917 mm), der Sommer konnte mit einer überdurchschnittlichen Niederschlagssumme (2.478 mm gegenüber 1.324 im Mittel) einen weiteren Beitrag zu einem sehr feuchten Jahr leisten.

Der Winter begann mit einem feuchten Oktober 1998, es fielen mit 237 mm, um 77% mehr Niederschlag als im Mittel der Jahre 1981-1999; er setzte sich mit einem niederschlagsreichen November fort. Die Monate Dezember 1998 und Jänner 1999 waren durchschnittlich feucht. Der Februar war sehr feucht, es fielen 438 mm Niederschlag, was etwa das Dreifache des langjährigen Durchschnitts ausmacht. Der März hingegen lag etwas unter dem Mittel und war somit trockener.

Insgesamt gesehen wurden im Sommerhalbjahr 88% mehr der zu erwartenden Niederschläge gemessen. So lagen die Monate April bis August mit Ausnahme der Juli immer über dem langjährigen Mittel. Im September hingegen wurde mit 166 mm ein geringer Niederschlag verzeichnet (181 mm Mittel der Jahre 1981 bis 1999).

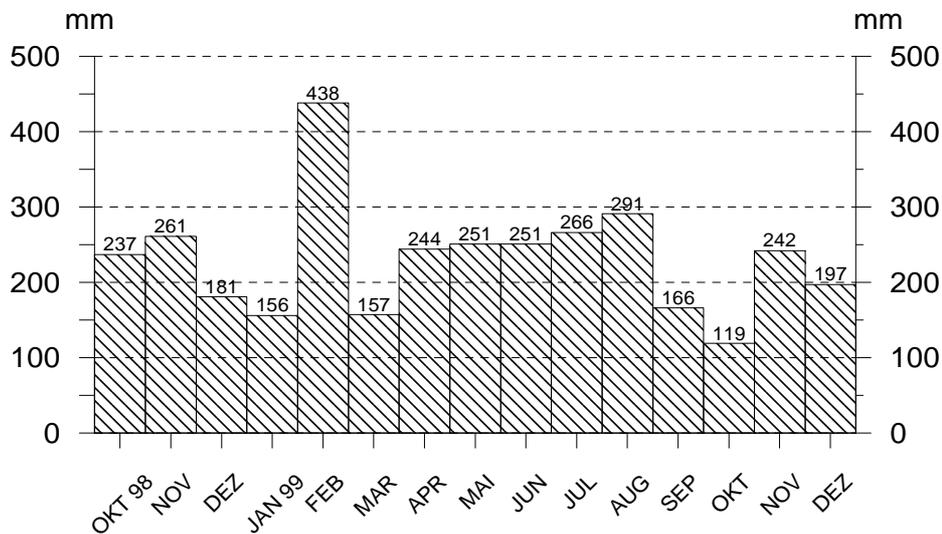


Abb. 3: Monatssummen des Niederschlags 1998/99 an der Station Rudolfshütte (in mm)

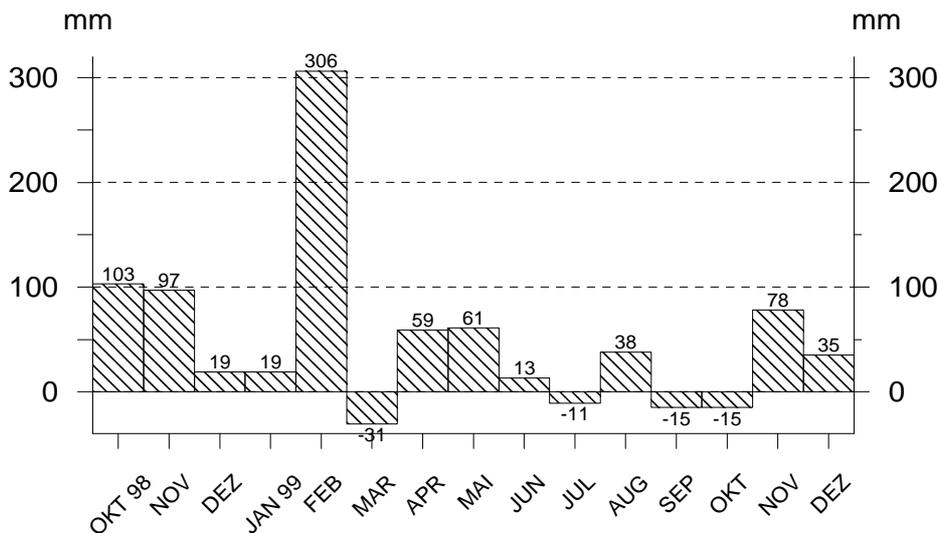


Abb. 4: Abweichungen der Monatssummen des Niederschlags vom Mittel 1981-99 (in mm)

Schneehöhe am Unteren Boden des SSK in 2.530 m Seehöhe (Tab. 2, Abb. 5 und 6):

Am 1. Oktober 1998 war am Unteren Boden bereits eine Schneedecke von 55 cm. Im Durchschnitt liegen zu diesem Zeitpunkt etwa 30 cm. Die Schneehöhe blieb den gesamten Winter hindurch überdurchschnittlich. Diese Tendenz verstärkte sich im Frühjahr 1999. Auffallend ist der Wert im 1. März 1999, an dem eine Schneedecke von 480 cm gemessen wurde. Im Vergleich beträgt das Mittel von 1980 bis 1999 315 cm. Noch am 1. August ergab sich somit eine starke positive relative Abweichung der Schneedeckenmächtigkeit von knapp 40% gegenüber dem langjährigen Mittelwert (140 cm gegenüber nur 92 cm in den Jahren 1980 bis 1999).

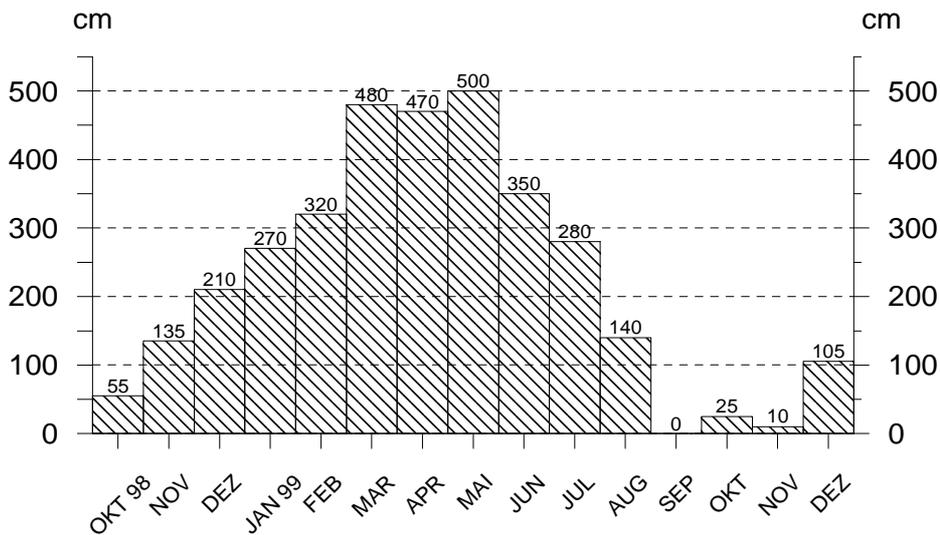


Abb. 5: Schneehöhen am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) im hydrologischen Jahr 1998/99 (gemessen am 1. jeden Monats)

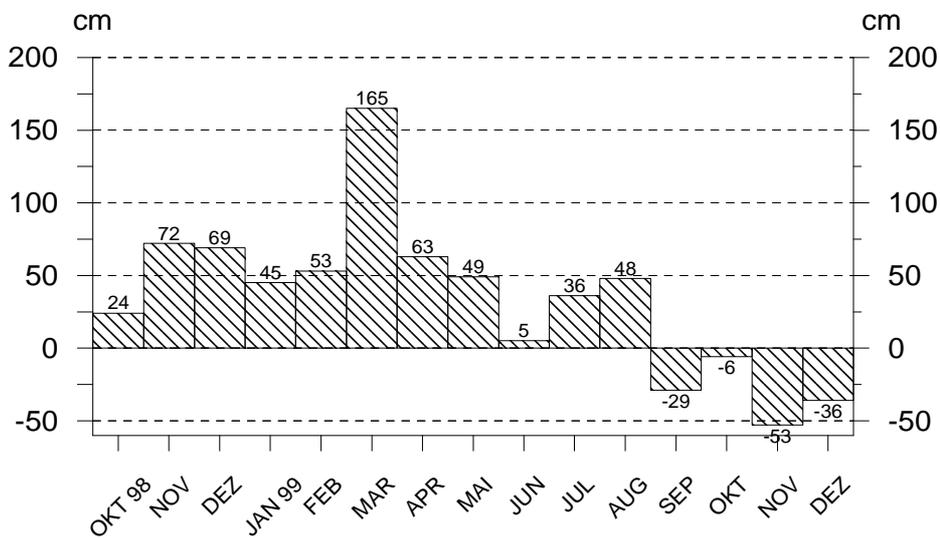


Abb. 6: Abweichungen der Schneehöhen (in cm) am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) vom Mittel der Jahre 1980 - 1999.

Fester Niederschlag - Schnee etc. und 50% von Schnee und Regen gemischt (Tab. 2, Abb. 7 und 8):

Der Oktober 1998 wies mit 25% Abweichung im Vergleich zum langjährigen Mittel einen zu geringen Festniederschlagsanteil auf. Zwischen November und April wurden erwartungsgemäß nur Festniederschlagsanteile beobachtet. Von Mai weg bis Oktober traten durchgehend sechs Monate mit deutlich zu geringem festen Niederschlagsanteil (gegenüber dem Mittel 1980-99) auf. Besonders im Mai und August fielen über 20% weniger fester Niederschlag.

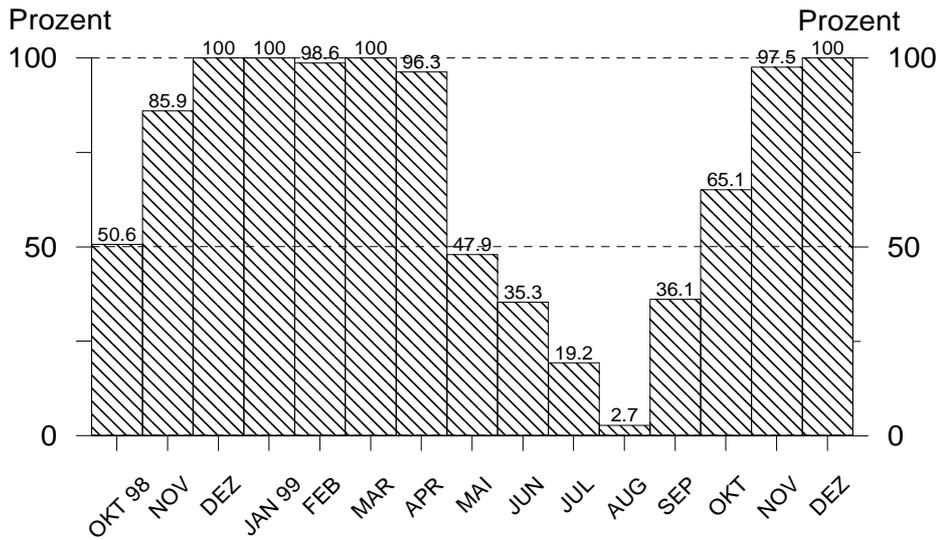


Abb. 7: Anteil des festen Niederschlages 1998/99 an der monatlichen Gesamtniederschlagsmenge

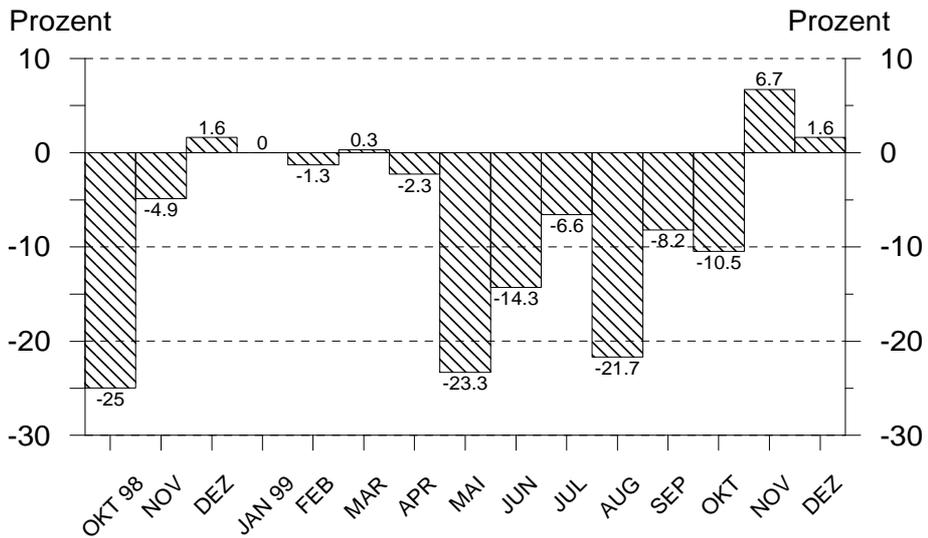


Abb. 8: Abweichung des Anteiles am monatlichen Festniederschlag 1998/99 vom langjährigen Mittel 1980 - 1990

	Temperatur	Mittelwerte	Niederschlag	Mittelwerte
	1998/99	1980-99	1998/99	1981-99
Oktober 1998	0,3	1,3	237	134
November	-7,3	-3,9	261	164
Dezember	-6,9	-6,1	181	162
Januar 1999	-5,4	-7,0	156	137
Februar	-10,6	-7,8	438	132
März	-5,0	-6,0	157	188
April	-2,5	-3,2	244	185
Mai	3,5	1,4	251	190
Juni	4,5	4,3	251	238
Juli	7,5	7,3	266	277
August	7,9	7,6	291	253
September	6,6	4,8	166	181
Oktober	1,3	1,3	119	134
November	-5,3	-3,9	242	164
Dezember	-7,3	-6,1	197	162
Hydr. Winter 1998/99	-5,8	-4,9	1428	917
Hydr. Sommer 1999	4,6	3,7	2478	1324
Hydr. Jahr 1998/99	-0,6	-0,6	2904	2241
Kalenderjahr 1999	-0,4	-0,6	2784	2241

Tab. 1: Monatsmittel der Temperatur (in °C) und Monatsniederschlagssummen (in mm) 1998/99 gemessen an der Station Rudolfshütte, und die Mittelwerte der Jahre 1980 (bzw. 1981) bis 1999

	Schneehöhen	Mittelwert	Anteil	Mittelwert
	1998/99	1980-99	1998/99	1980-1990
Oktober 1998	55	31	50,6	75,6
November	135	63	85,9	90,8
Dezember	210	141	100	98,4
Januar 1999	270	225	100	100,0
Februar	320	267	98,6	99,9
März	480	315	100	99,7
April	470	407	96,3	98,6
Mai	500	451	47,9	71,2
Juni	350	345	35,3	49,6
Juli	280	244	19,2	25,8
August	140	92	2,7	24,4
September	0	29	36,1	44,3
Oktober	25	31	65,1	75,6
November	10	63	97,5	90,8
Dezember	105	141	100	98,4

Tab. 2: Schneehöhen (in cm) am Sonnblickkees (Unterer Boden 2.530 m) im hydrologischen Jahr 1998/99 und der Vergleich mit den mittleren Schneehöhen in den Jahren 1980 - 1999 (gemessen am 1. des jeweiligen Monats) und Anteil des festen Niederschlages am Gesamtniederschlag in % verglichen mit den Mittelwerten der Jahre 1980 bis 1990.

Überblick über die klimatischen Verhältnisse 1998/99 an der Station Rudolfshütte:

Das Winterhalbjahr war mit $-5,8\text{ °C}$ um $0,9\text{ °C}$ zu kalt, und der Niederschlag mit 1428 mm weit über dem Durchschnitt (917 mm). Der Sommer war mit $+4,6\text{ °C}$ überdurchschnittlich temperiert (1980 bis 1999 $+3,7\text{ °C}$). Das Sommerhalbjahr war zu feucht, die Niederschlagssumme betrug 2478 mm (Mittelwert 1981 bis 1999 1.324 mm). - Das Jahresmittel der Temperatur lag im hydrologischen Jahr 1998/99 bei $-0,6\text{ °C}$ und entspricht damit dem Durchschnitt der Jahre 1980 bis 1999. Der Niederschlag (am Ombrometer Rudolfshütte) lag mit 2904 mm 663 mm über dem Mittel der Jahre 1981 bis 1999 von 2.241 mm . Das Temperaturmittel in der Hauptablationsperiode Juni bis September betrug 1999 $6,6\text{ °C}$ und war damit $0,6\text{ °C}$ über dem Mittel 1980 bis 1999 von $6,0\text{ °C}$.

1.2. Berechnung der Massenbilanz 1998/99

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 17-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. Dabei sollte wiederum ein möglichst nahe der maximalen Ausaperung liegender Stand dokumentiert werden, um damit die Akkumulations- und Ablationsflächen auswerten zu können.



Abb. 9: Das Stubacher Sonnblickkees am 24. September 1999 (Foto: H. Slupetzky)

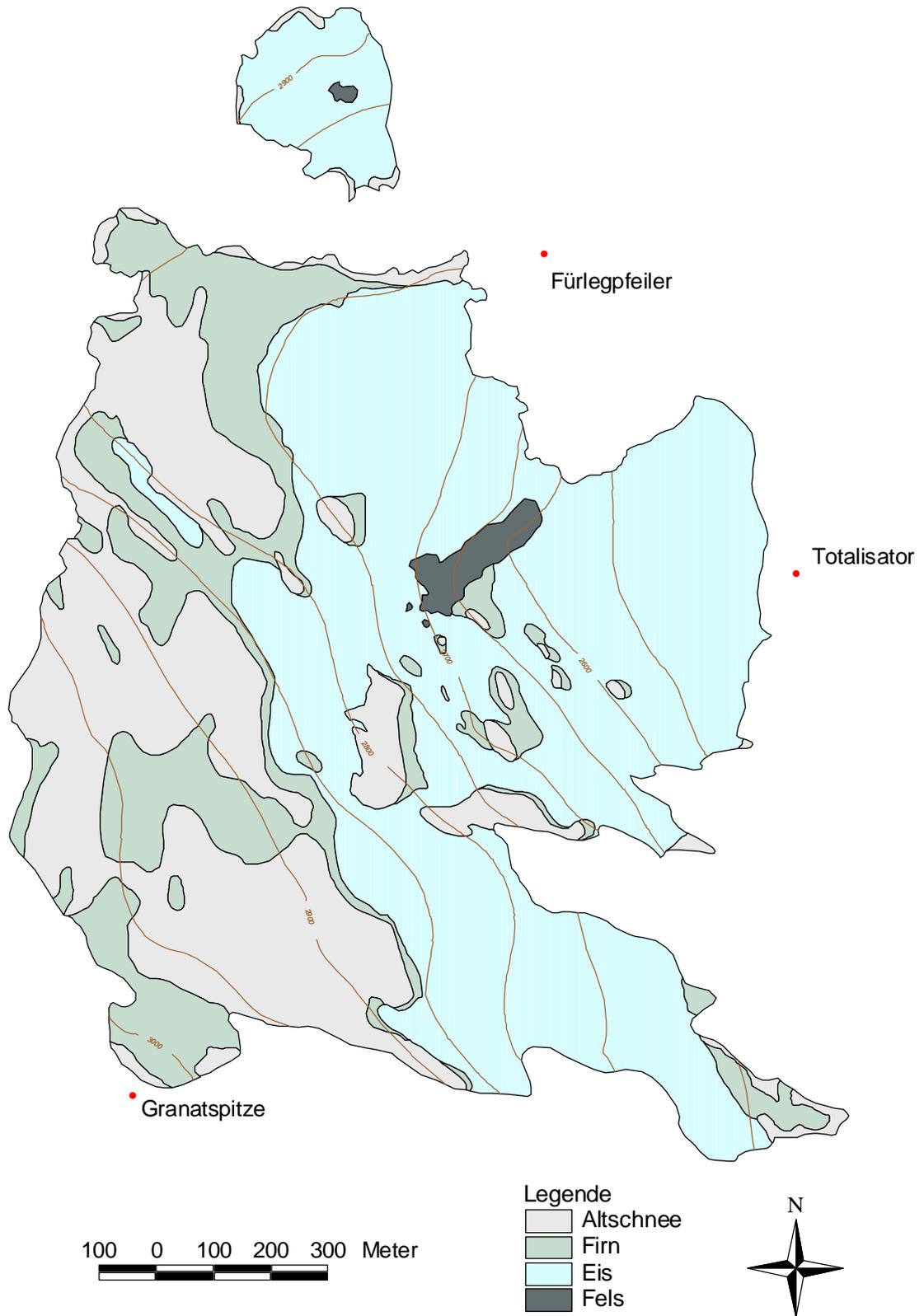


Abb. 10: Karte der maximalen Ausaperung des Stubacher Sonnblickkeeses am 26.09.1999

Die Digitalisierung der Karte der maximalen Ausaperung nach Altschnee-, Firn- und Eisflächen je 50-m Höhenstufen im Originalmaßstab 1:5.000 ergab die entsprechenden Flächenwerte (Tab. 3), mit denen in weiterer Folge die Massenbilanz des SSK und Filleckkeeses berechnet wurde.

Filleckkees					
Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2800- 2850	1478	-	15195	15195	16674
2850- 2900	16	-	25480	25480	25497
2900- 2950	1906	-	18403	18403	20309
Gesamt	3401	-	59079	59079	62480
Sonnblickkees					
Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2500- 2550	267	-	115004	115004	115272
2550- 2600	677	333	63833	64167	64845
2600- 2650	2649	6397	45152	51550	54200
2650- 2700	8733	13847	71910	85758	94491
2700- 2750	10399	12633	211851	224485	234884
2750- 2800	92315	73651	91956	165608	257924
2800- 2850	22283	31644	113055	144699	166983
2850- 2900	84382	39418	39011	78429	162812
2900- 2950	132334	43931	-	43931	176266
2950- 3000	63291	43589	-	43589	106881
3000- 3050	2172	6381	-	6381	8554
Gesamt	419509	271830	751776	1023606	1443115
Sonnblickkees und Filleckkees					
Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2500- 2550	267	-	115004	115004	115272
2550- 2600	677	333	63833	64167	64845
2600- 2650	2649	6397	45152	51550	54200
2650- 2700	8733	13847	71910	85758	94491
2700- 2750	10399	12633	211851	224485	234884
2750- 2800	92315	73651	91956	165608	257924
2800- 2850	23762	31644	128250	159895	183657
2850- 2900	84399	39418	64491	103910	188309
2900- 2950	134240	43931	18403	62334	196575
2950- 3000	63291	43589	-	43589	106881
3000- 3050	2172	6381	-	6381	8554
Gesamt	422911	271830	810855	1082685	1505596

Tab. 3: Altschnee-, Firn- und Eisflächen nach Höhenzonen in m² (Stand der Ausaperung: 26.09.1999)

Fotos des SSK wurden am 26.8., 28.8., 9.9., 16.9., 18.9., 21.9., 23.9. gemacht sowie am 24. 9., zwei Tage vor der maximalen Ausaperung, eine Kartierung erfolgte am 8.9.99.

Am 14. September 1999 wurde im Gebiet der Mittleren Hohen Tauern vom Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrum (DLR) in Berlin eine Befliegung mit digitaler Aufnahmetechnik durchgeführt. Diese diente als Testflug für den späteren Einsatz bei einer Marsmission. Eine vorläufige Auswertung wurde verwendet, um den Ausaperungsstand am 14.9. und die Gletschergrenzen zu kartieren. Diese Unterlage diente für die Kartierung der maximalen Ausaperung am 26.9.1999 (Abb.10). Eine endgültige Auswertung der Befliegung wird zu einer neuen Karte des SSK führen; die bisher verwendeten Höhenlinien stammen von 1990.

Schneefälle Ende August und Anfang September unterbrachen nur den Abschmelzprozess, erst am 27.9. schneite es bis 2.300 m herab; die anschließende kühle Wetterphase bis 3.10. führte zu einer Erhöhung der Neuschneemengen, sodaß das SSK später nicht mehr ausaperte.

Mit den Fotos, der Luftaufnahme und unter Zuhilfenahme früherer, ähnlicher Ausaperungszustände wurde die Ausaperung für den 12. September 1999 bestimmt und die Karte für die maximale Ausaperung gezeichnet (Abb. 10).

1.2.2. Ermittlung der Kenngrößen der Massenbilanz

Die Massenbilanz des SSK 1998/99 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 1998/99 folgende Massenbilanzwerte:

Spezifische Nettoakkumulation:	b_c	=	+8,4 g/cm ²
Spezifische Nettoablation:	b_a	=	-73,1 g/cm ²
Mittl. spez. Nettobilanz:	b	=	-64,7 g/cm²

Die Massenbilanz des SSK 1998/99 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
0,423	8,4	0,126	1,083	-73,1	1,101	1,506
B 10 ⁶ m ³	b g/cm ²	S_c/S	S_c/S_a	GW	natürliches Haushaltjahr	
-0,975	-64,7	0,281	0,390	2865	13.09.98 - 26.09.99	

(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 -64,7 cm wieder eine negative Bilanz. Die überdurchschnittlichen Schneehöhen im Winter, die sich bis in den Sommer hinein auswirkten, und der nicht allzu rasche Abbau der Schneedecke im Spätfrühjahr - trotz der überdurchschnittlichen Temperaturen im Mai - und Frühsommer ließen zunächst einen positiven Massenhaushalt als wahrscheinlich erscheinen: Schon am 1.3.99 lagen am Unteren Boden des SSK 4,8 m Schnee, um 1,65 m mehr als im Durchschnitt (Abb.6). Am 1.6. wurden noch 3,5 m gemessen. Von 28 Jahren lagen am 1. Juni 13 mal 3,20 m oder mehr Schnee. Von diesen 13 Jahren endeten 11 Haushaltsjahre mit einer positiven und nur 2 mit einer negativen Bilanz. Es war daher zu diesem Zeitpunkt ein positiver Haushalt sehr wahrscheinlich. Der eher zu warme Sommer und besonders der sehr warme September führten aber wieder zu einem negativen Haushalt; wäre das Haushaltsende an der Wende August/September gewesen, hätte das SSK noch mit einer ausgeglichenen Bilanz abgeschnitten.

1.3. Die Längen- und GPS-Messungen

Die Längenänderung des SSK wurden - im Rahmen der OeAV-Gletschermessungen - am 23.9.99 gemessen. Der Eisrand schmolz -2,5 m zurück.

Am 29.8. wurden die Pegel am SSK neu gesetzt und mit GPS eingemessen. Sie wurden am 4.9. eingebohrt.

2. Niederschlagswerte 1998/99 bzw. 1999 in den Einzugsgebieten der Speicher Weißsee und Tauernmoossee

Bei den fünf Totalisatoren wurden auch in diesem Jahr die Ablesungen am 1. jeden Monats durchgeführt, außer der Totalisator Landeckbach, der jeweils am 2. abgelesen wurde. In diesem Fall wurde eine Reduktion auf Monatswerte mit Hilfe der Station RH durchgeführt.

Die Ergebnisse der monatlichen Niederschlagsmessungen (bzw. die Abweichungen vom langjährigen Mittel über ± 100 mm) mit Totalisatoren sind in Tabelle 4, die Jahresniederschläge in Tabelle 5 zusammengestellt (für den Ombrometer RH: Tabelle 1).

Die Schwankungen des Monatsniederschlags bei den Totalisatoren Weißsee und Tauernmoossee (Alpenordseite) und Landeckbach (Alpensüdseite) zeigt Abb. 11, die Abweichungen des Mittelwertes aus den Totalisatoren Weißsee, Kalser Tauern und Sonnblickkees Abb. 12.

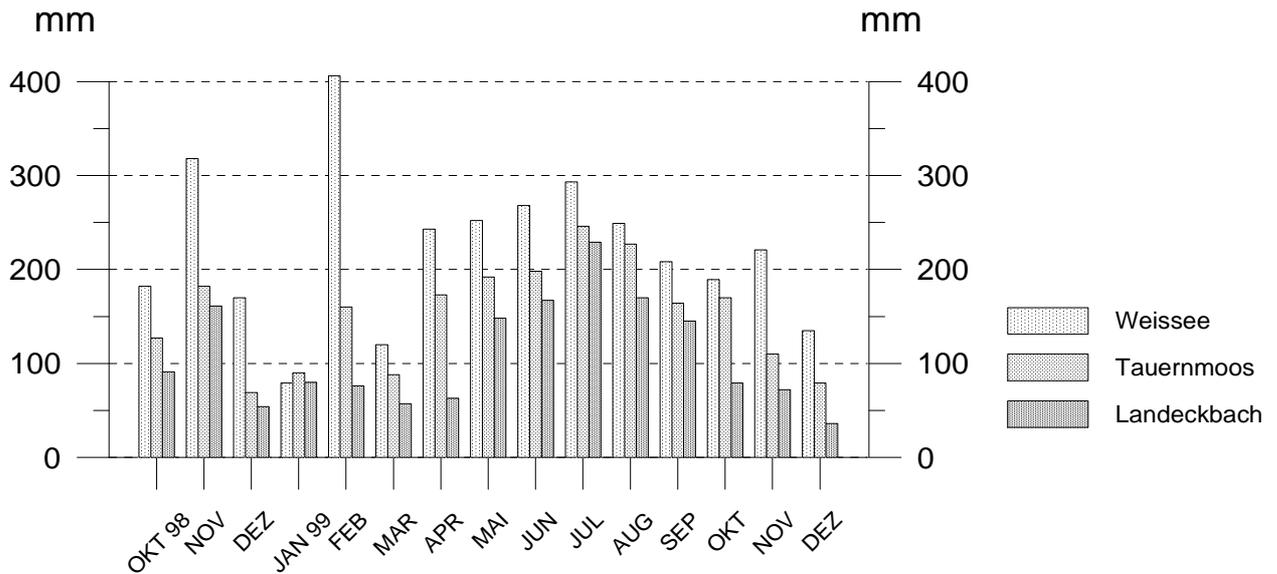


Abb. 11: Monatsniederschlag 1998/99 bei den Totalisatoren Tauernmoossee, Weißsee und Landeckbach (in mm)

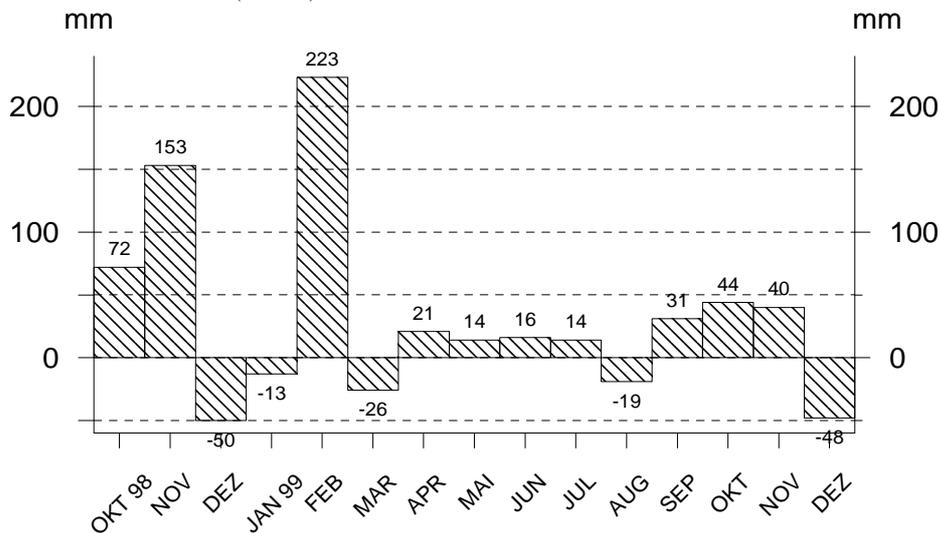


Abb. 12: Abweichungen des Mittelwertes der Totalisatoren Weißsee, Kalser Tauern und Sonnblickkees vom langjährigen Durchschnitt (1964 bis 1999) in mm

	WS	KT	SK	TM	BS	LB	RH
	2.270m	2.390m	2.510m	2.040 m	2.040m	2.040 m	2.304m
Oktober 1998	182	238	229	127	123	91	237(+103)
November	318	314	333	182	196	161	261
Dezember	170	76	81	69	74	54	181
Januar 1999	79	110	210	90	110	80	156
Februar	406(+267)	331(+110)	296(+169)	160	148	76	438(+306)
März	120	148	180	88	74	57	157
April	243	221	204	173	152	63	244
Mai	252	236	226	192	189	148	251
Juni	268	321	252	198	204	167	251
Juli	293	299	311	246	224	229	266
August	249	268	233	227	237	170	291
September	208	252	233	164	173	145	166
Oktober	189	202	174	170	167	79	119
November	221	214	192	110	163	72	242
Dezember	135	101	96	79	76	36	197
Kalenderjahr 1999	2663	2703	2607	1897	1917	1322	2784
hydr. Jahr 1998/99	2788	2814	2788	1916	1904	1441	2904
hydr. Sommer 99	1513	1597	1459	1200	1179	922	2478
hydr. Winter 98/99	1275	1217	1329	716	725	519	1428

Tab. 4: Niederschlagswerte aus Totalisatormessungen im Einzugsgebiet der Speicher Weißsee und Tauernmoossee im Hydrologischen Jahr 1998/99 und im Kalenderjahr 1999 (in mm) - Abweichungen über +/-100 mm vom Mittel der Jahre 1964-99 in Klammern. (RH = Ombrometer Rudolfshütte, WS = Totalisator Weißsee, KT = Tot. Kalser Törl, SK = Tot. Sonnblickkees, TM = Tot. Tauernmoos, BS = Tot. Beileitung, LB = Tot. Landeckbach Süd

	1999	1964-99	Abweichungen	%
Tot. Weißsee (2.270m)	2663	2621	42	102
Tot. Kalser Törl (2.390 m)	2703	2341	362	115
Tot. Sonnblickkees	2607	2146	461	121
Tot. Tauernmoos (2.040 m)	1897	1793	104	106
Tot. Landeckbach (2.040 m)	1322	1614	-292	82
Tot. Beileitung Süd (2.040 m)	1917	1682	235	114
Omb. Rudolfshütte (2.304 m)	2784	2378	406	117
"Mittel der 6 Totalisatoren" 1999	2185	2033	152	107

Tab. 5: Jahressummen des Niederschlages im Kalenderjahr 1999 (in mm), Abweichungen vom Mittel 1964 (bzw. 1981 für die RH) bis 1999 und relativ zum Mittelwert (Prozent).

Die Jahressummen der Niederschläge im hydrologischen Jahr an den Totalisatoren waren im Verhältnis zu den Mittelwerten der Jahre 1980 bis 1999 zwischen 10% zu niedrig (Tot. Landeckbach) und 30% zu hoch (Tot. Sonnblickkees).

Am Totalisator Weißsee und Tauernmoos wurden durchschnittliche Werte gemessen (102 bzw. 106% vom Mittel). Die Messstelle Landeckbach zeigte unterdurchschnittliche Messwerte, der Totalisator Sonnblickkees mit 121% einen stark überdurchschnittlichen Wert. Die Messstellen am Kalser Törl (115% des Mittelwertes) und an der Beileitung Süd (114% des Mittelwertes) lagen auch noch deutlich über dem zu erwartenden Wert.

Im Mittel der Totalisatoren wurde ein Niederschlag ermittelt, welcher mit 107% über dem langjährigen Durchschnitt lag.

Der maximale Monatsniederschlag wurde im Februar 1999 am Ombrometer der Rudolfshütte mit 438 mm ermittelt. Auch die Totalisatoren Weißsee, Kalser Törl und Sonnblickkees weisen im Februar ihren höchsten

Messwert auf, der in allen Fällen mehr als 100 mm über dem monatlichen Mittel von 1964 – 1999 lag. Die Totalisatorn Tauernmoos, Landeckbach und Beileitung Süd verzeichneten Maxima im Juli, die aber nicht so markant ausfielen, wie die oben angeführten.

3. Der Abfluß 1998/99 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. 8):

	1998/99	1942-99	% vom Mittel		1998/99	1942-99	% vom Mittel
Oktober 1998	365	661	55	Juli	4523	4315	105
November	189	177	107	August	2250	3667	61
Dezember	139	107	130	September	1211	1939	62
Januar 1999	136	117	116	Oktober	1132	661	171
Februar	136	84	162	November	158	177	89
März	58	83	70	Dezember	0	107	0
April	68	127	54				
Mai	1433	887	161	Hyd.Jahr 1998/99	14432	15126	95
Juni	3924	2963	132	Kalenderjahr 1999	15029	15126	99

Tab. 8: Monatlicher Abfluß 1998/99 und Abweichungen vom Mittel der Jahre 1942-1999 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee (Werte in 1.000 m³)

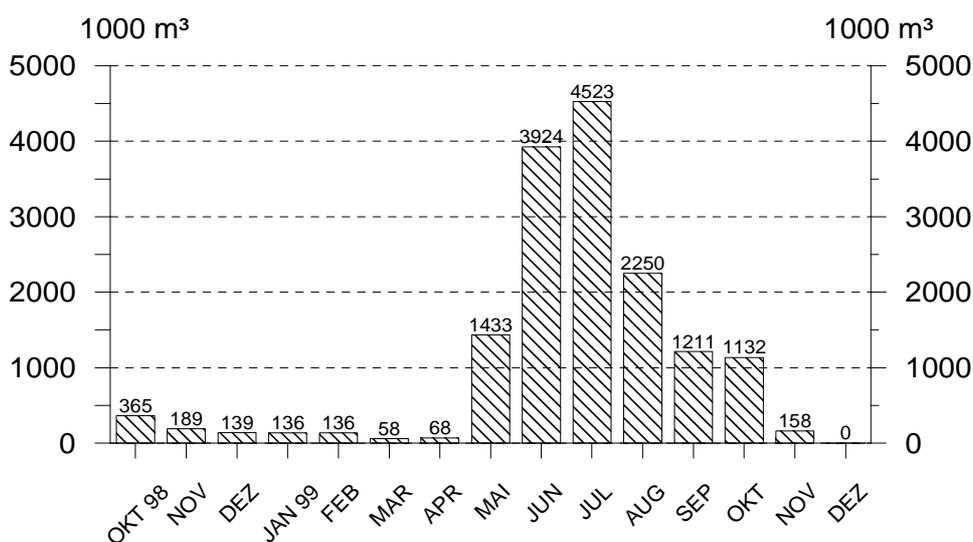


Abb. 13: Monatliche Abflußhöhen im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee 1998/99 (in 1000 m³)

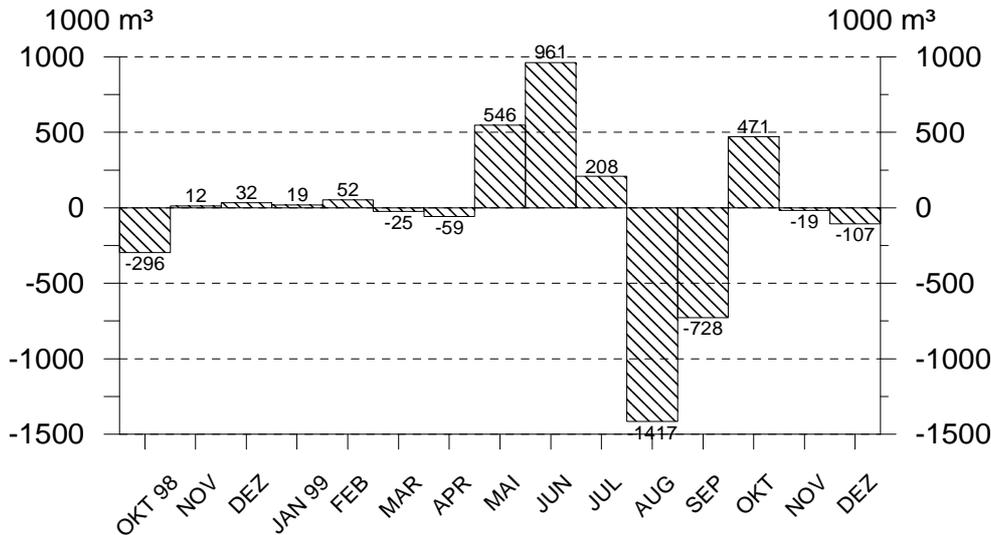


Abb. 14: Abweichungen der monatlichen Abflußhöhe vom langjährigen Mittelwert 1942/43 bis 1998/99 (in 1000 m³)

Der Speicher Weißsee erreichte am 11.08.1999 den Vollstau. Der Zufluß im hydrologischen Jahr 1998/99 lag mit 14,4 Mio. m³ etwas unter dem langjährigen Mittel von 1942 bis 1999. Die Jahres-Abflußhöhe betrug 2.723 mm (Mittel 1942-99 2853 mm).

In Abb. 13 sind die monatlichen Abflußhöhen, in Abb. 14 die Abweichungen im Hydrologischen Jahr 1998/99 vom langjährigen Mittel dargestellt.

Im Winterhalbjahr waren die Abflußwerte durchwegs normal, lediglich der Oktober 1998 zeigte einen unterdurchschnittlichen Abfluß. Das Sommerhalbjahr begann mit einem stark überdurchschnittlichen Abfluß im Mai und Juni. Der Juli wies hingegen einen mäßig hohen Abflußwert (4.523 gegenüber 4315 Mio. m³) auf. Die Monate August und September 1999 lagen deutlich unter dem langjährigen Mittel (August -1417 Mio m³). Nach einer nochmaligen Überschreitung des Mittels von 1942-1999 im Oktober 1999 zeigten November und Dezember 1999 wieder durchwegs normale Abflusswerte.

4. Berechnung der Größenordnung der hydrologischen Bilanz 1998/99 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 etwa 1/3 vergletschert, wobei das Sonnblickkees 28% (1.503 km²) ausmacht.

Nachstehend die einzelnen Parameter der Wasserhaushaltsgleichung $N = A + V + (R - B)$ mit den berechneten und geschätzten Beträgen für 1998/99 und der Fehlerschätzung (Tabelle 9).

	spezifisch (in mm)	absolut (in m ³)	geschätzter Fehler
Niederschlag	2896	15352000	± 7,4%
Abfluss	2723	14432000	± 5%
Verdunstung	400	2120000	±25%
Bilanz SSK	-184	-975000	±5%
Bilanz Weißseekees	-17	-90000	±30%
Firnflecken	-39	-210000	±30%
Altschneeflecken	14	+75000	±30%

Tab. 9: Abschätzung der hydrologischen Bilanz im Einzugsgebiet Weißsee

Die Niederschlagshöhe für das 5,3 km² große Einzugsgebiet des Speichers Weißsee betrug 2.896 mm ±7,4 %. Die Gletscherspende war 240 mm oder 1,275 Mio. m³, das sind etwa 8,8 %.

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 1998/99 2.824mm. Gegenüber der Niederschlagshöhe (abgeschätzt aus der Wasserhaus-

haltsgleichung) von 2.896 mm ist dies um 81 mm zu viel. Das bedeutet, daß die Totalisatoren im Mittel etwa 2,8 %, zu wenig anzeigten.

5. Überblick über die Massenbilanz - Messreihe vom Stubacher Sonnblickkees 1964-1999

Von den seit 1964 jährlich bestimmten 36 Massenbilanzen waren 18 positiv und 18 negativ. Von 1964 bis 1999 betrug die kumulative Massenbilanz -10,46 Mio. m³ oder -6,9 m spezifische Bilanz. Der Massenzuwachs von 1965 bis 1981 betrug 9,836 Mio. m³ (Spez. Bilanz: 5,5 m); seit 1982 wurden -18,8 Mio. m³ (Spez. Bilanz: -11,7 m) abgebaut. Der Massenverlust seit 1959 betrug kumulativ -12,6 Mio. m³ oder 8,4 m spez. Bilanz. Mit der heurigen Bilanz setzt sich der Trend des Massenverlustes seit 1982 wieder voll fort. Nachdem der Eisrand von Beginn der Messungen 1960 bis 1964 19 m zurückgeschmolzen war, stieß das SSK bis 1981 17,3 m vor. Seit 1982 verlor der Gletscher insgesamt 40,2 m an Länge.

Dank

Die Wasser- und Eishaushaltsmessungen am Stubacher Sonnblickkees bzw. im Einzugsgebiet der Speicher im Stubachtal werden im Auftrag des Hydrographischen Zentralbüros beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft über den Hydrographischen Dienst in Salzburg durchgeführt.

Die Betreuung des Totalisator-Messnetzes erfolgt durch R. Winter, Uttendorf. - Die Abflußdaten stellten die ÖBB zur Verfügung. - Die Wetterdaten stammen von der Station Rudolfshütte bzw. von der Wetterdienststelle Salzburg, die Station wurde vor allem von M. Soriat, A. Theuermann, S. Aigner, Ch. Hofstätter und M. Maislinger betreut. - Verschiedene freiwillige Mitarbeiter halfen bei den Feldarbeiten (z. B.: P. Geissler, N. und B. Slupetzky, G. Seitlinger, B. Zigel).

M. Kiskemper von der FH für Vermessungswesen, Neubrandenburg leitet, die GPS- Satellitenvermessung der Pegel.

Der Eisenbahner-Sportverein ermöglichte die Unterbringung in der Erich Steinböck Hütte am Weißsee. - Als Stützpunkt wurde auch die Hochgebirgs- und Nationalparkforschungsstelle Rudolfshütte der Universität Salzburg benutzt. Herr H. Gregoritsch gewährte Ermäßigungen im Alpinzentrum Rudolfshütte und stellte bei Bedarf die Infrastruktur des Alpinzentrums zur Verfügung. - Die Gletscherbahnen Weißsee gewährten ermäßigte Fahrkarten.

Wir danken allen genannten Personen und Institutionen und auch den nicht namentlich erwähnten Mitarbeitern, vor allem vom Institut für Geographie und Angewandte Geoinformatik der Universität Salzburg, für ihre Hilfe und die gute Zusammenarbeit herzlich.

Univ.-Prof. Dr. Heinz Slupetzky
 Institut für Geographie und Angewandte Geoinformatik
 der Universität Salzburg,
 Abteilung für Gletscher- und vergleichende Hochgebirgsforschung
 Hellbrunnerstraße 34
 A-5020 Salzburg

Mag. Gerhard Ehartner
 Fa. GEOID
 Dr. Hans Lechner Straße 6
 A-5071 Wals-Siezenheim