

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

Ergebnisbericht für 1998

Zusammenfassung

Das Haushaltsjahr 1997/98 - das 35. Meßjahr seit Beginn der Reihe 1963/64 - endete mit einer stark negativen Bilanz von $-169,6 \text{ g/cm}^2$ mittlerer spezifischer Nettobilanz oder $-2,548 \text{ Mio. m}^3$ Netto-Massenverlust. Das Haushaltsjahr endete schon am 12.9.1998. In den 35 Jahren waren 18 Haushaltsjahre positiv und 17 negativ, seit 1982 endeten von den 17 Haushaltsjahren 13 negativ. Die Gleichgewichtslinie lag am 12.9.1998 am Ende des Haushaltsjahres in einer Höhe von 2.960 m, um ca. 120 m oberhalb des Mittels 1982 bis 1998 (2.837 m).

Insgesamt gesehen ist das - erwartete- positive Haushaltsjahr aus der überdurchschnittlichen Akkumulation im Winterhalbjahr und der bis Anfang August relativ verzögerten Abschmelzung zu begründen, daß es kein stärker positives Jahr wurde liegt an der zu warmen zweiten Sommerhälfte und zu einem gewissen Teil an dem am 14. Mai abgelagerten Wüstenstaub.

Das Jahresmittel der Temperatur an der Station Rudolfshütte lag im hydrologischen Jahr 1996/97 bei $+0,5^\circ\text{C}$ und war damit $1,1^\circ\text{C}$ über dem Durchschnitt der Jahre 1980 bis 1997. Der Niederschlag war mit 2.600 mm etwa 18% über dem Mittelwert 1981 bis 1997 von 2.194 mm. Der Niederschlag 1996/97 aus sechs Totalisatoren und dem Ombrometer Rudolfshütte war im Mittel 2.038 mm und lag damit genau im langjährigen Mittel (2.033 mm, 1964-1997).

Das Temperaturmittel in der Hauptablationsperiode Juni bis September betrug $6,5^\circ\text{C}$ und war damit $0,5^\circ\text{C}$ über dem Mittel 1980 bis 1997 von $6,0^\circ\text{C}$. Der Spätwinter (Januar, Februar und März) war extrem warm ($3,7^\circ$ über dem Mittel der drei Monate). Im Sommerhalbjahr fallen die Monate April und Juli mit unterdurchschnittlichen Temperaturen auf.

Der Zufluß in den Speicher Weißsee betrug im hydrologischen Jahr 1996/97 $15,8 \text{ Mio. m}^3$, was 105% des langjährigen Mittels entsprach. Die Jahresabflußhöhe belief sich auf 2.991 mm (das Mittel 1942 bis 1996 beträgt 2.854 mm).

Aus der Wasserhaushaltsgleichung läßt sich eine Jahresniederschlagshöhe im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee für 1996/97 von $3.565 \text{ mm} \pm 8\%$ abschätzen. Der Gletscherrückhalt betrug 224 mm oder 6,2 %.

Von 1995 bis 1997 war die jährliche Bilanz $+14, -25, +32 \text{ g/cm}^2$, damit ist zumindest der starke Massenabbau, der seit 1982 vor sich ging, deutlich unterbrochen.

1. Die Bestimmung der Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses 1997/98

In diesem Jahr wurde zum 35. mal in ununterbrochener Reihenfolge die Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses (SSK) bestimmt (davon 17 mal mit der direkten glaziologischen Methode und 18 mal über die maximale Ausaperung).

1.1. Witterungsverlauf 1997/98

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 1997/98 folgendes Bild:

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

Das Jahresmittel der Temperatur lag im hydrologischen Jahr 1997/98 bei $\pm 0^\circ$ und war somit um $0,6^\circ$ über dem Durchschnitt der Jahre 1980 bis 1998 ($-0,6^\circ \text{C}$). Das Winterhalbjahr lag mit $-4,0^\circ$ deutlich über dem Mittelwert von $-5,0^\circ$, das Sommerhalbjahr mit $+4,1^\circ$ etwas über dem Durchschnitt der Jahre 1980 bis 1998 von $3,7^\circ$.

Der Früh- und Hochwinter mit den Monaten Oktober bis Januar zeigte unterschiedliche Temperaturverhältnisse. Während der Oktober deutlich zu kalt war, zeigten November und Januar zu hohe Temperaturen. Der Dezember lag mit $-6,0^\circ$ genau im langjährigen Mittel. Der Februar wies mit $-2,7^\circ$ einen nur selten erreichten Extremwert auf und wich damit um $5,0^\circ$ (!) vom zu erwartenden Wert ab. Der März beendete das Winterhalbjahr mit leicht unterdurchschnittlichen Temperaturen.

Das Sommerhalbjahr zeigte keine extremen Abweichungen von den Mittelwerten. Tendenziell waren die Monate April bis August zu warm, was sich auch im Gesamtwert des Sommerhalbjahres widerspiegelt. Der September schließlich zeigte deutlich unterdurchschnittliche Temperaturen.

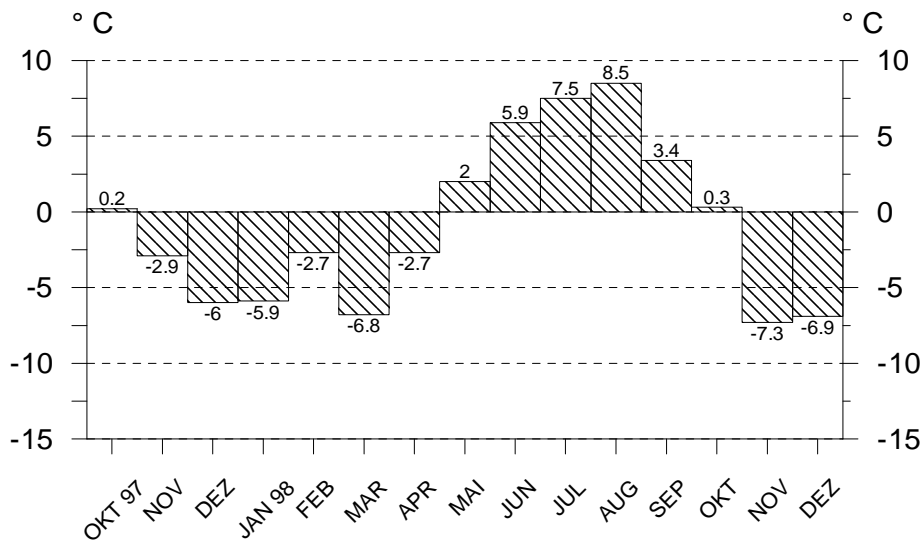


Abb. 1: Monatsmittel der Temperatur 1997/98 an der Station Rudolfshütte (°C)

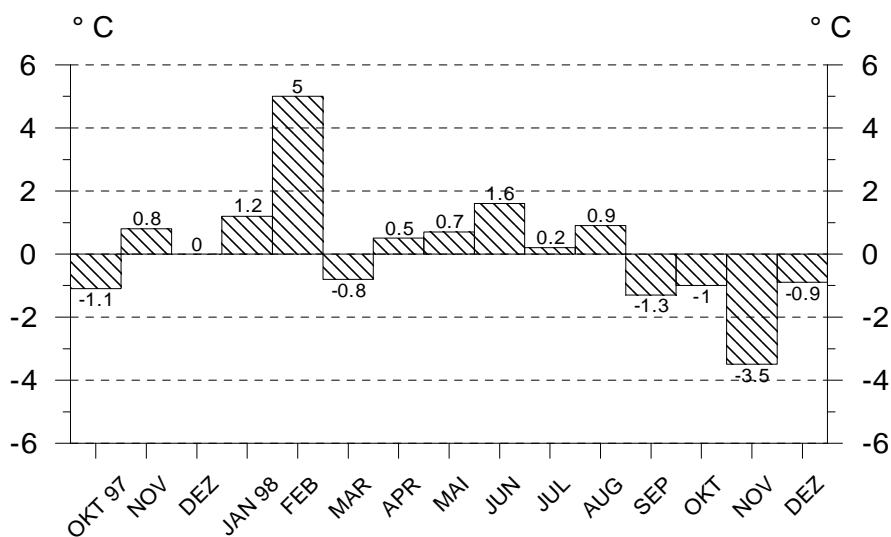


Abb. 2: Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur vom Mittel 1980-98 (°C).

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

Die Niederschläge im hydrologischen Jahr 1997/98 lagen mit 2.423mm (gemessen am Ombrometer der Station Rudolfshütte) knapp 10% über dem Durchschnitt der Jahre 1981-1998 (2.214 mm).

Der hydrologische Winter war mit einer Niederschlagssumme von 1.017 mm etwas zu feucht (Mittelwert 897 mm), der Sommer konnte mit überdurchschnittlich viel Niederschlag (1.406 mm gegenüber 1.317 im Mittel) einen weiteren Beitrag zu einem sehr feuchten Jahr leisten.

Der Winter begann mit einem feuchten Oktober, es fielen mit 209 mm um etwa 50% mehr Niederschlag als im Mittel der Jahre 1981-1998. Die Monate November bis Jänner waren durchschnittlich feucht, im Februar fielen nur 42 mm Niederschlag, was etwa einem Drittel des langjährigen Durchschnitts entspricht. Der März war wieder deutlich zu feucht.

Im Sommerhalbjahr wurden im wesentlichen die zu erwartenden Niederschläge gemessen. Der August war zu trocken (lediglich 187mm gegenüber 251 mm im Mittel). Im September hingegen wurde ein extrem hohen Niederschlag beobachtet, mit 315 mm war der Wert fast doppelt so hoch wie im Mittel der Jahre 1981 bis 1998.

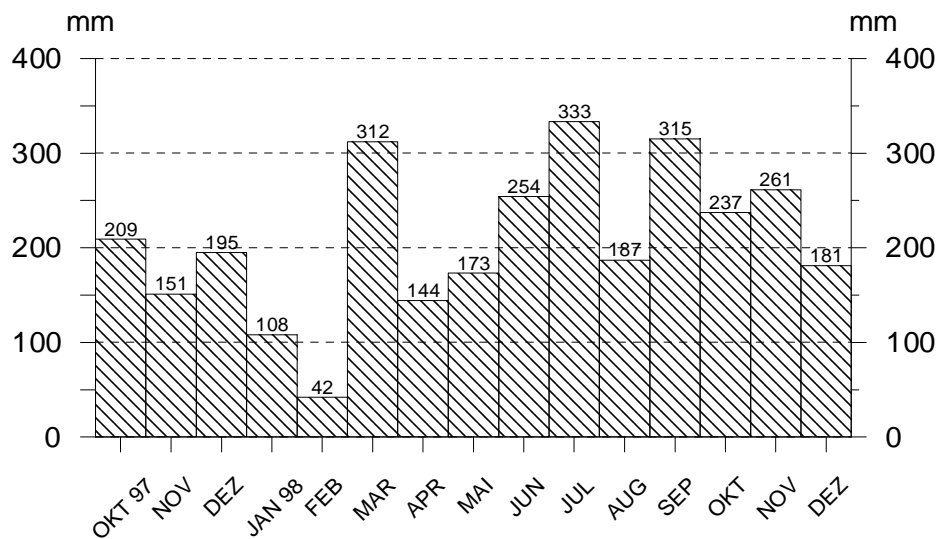


Abb. 3: Monatssummen des Niederschlages 1997/98 an der Station Rudolfshütte (in mm)

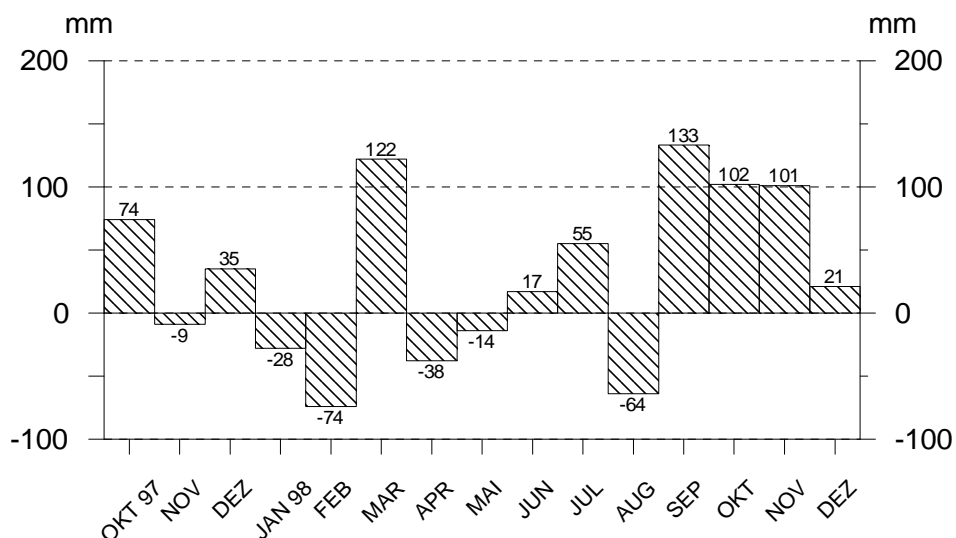


Abb. 4: Abweichungen der Monatssummen des Niederschlages vom Mittel 1981-98 (in mm)

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

Am 1. Oktober lag bei der Rudolfshütte noch kein Schnee. In einem durchschnittlichen Winter liegen zu diesem Zeitpunkt bereits etwa 30 cm. Die Schneehöhe blieb den gesamten Winter hindurch unterdurchschnittlich, lediglich am 1. Jänner wurde mit 220 cm ein Wert gemessen, der im Mittel der Jahre 1980 bis 1998 zu dieser Jahreszeit beobachtet wurde.

Ab Februar setzte sich die Tendenz einer unterdurchschnittlichen Schneedeckenmächtigkeit fort. Insbesondere zwischen 1. Jänner und 1. März stagnierte der Schneezuwachs fast völlig, was dazu führte, daß am 1. März mit 240 cm eine außerordentlich dünne Schneedecke gemessen wurde. Das Minus von 66 cm blieb in dieser Größenordnung im Frühjahr und Sommer erhalten. Am 1. August ergab sich somit eine starke relative negative Abweichung der Schneedeckenmächtigkeit von mehr als 80% gegenüber dem langjährigen Mittelwert (nur 15cm gegenüber 91 cm in den Jahren 1980 bis 1998).

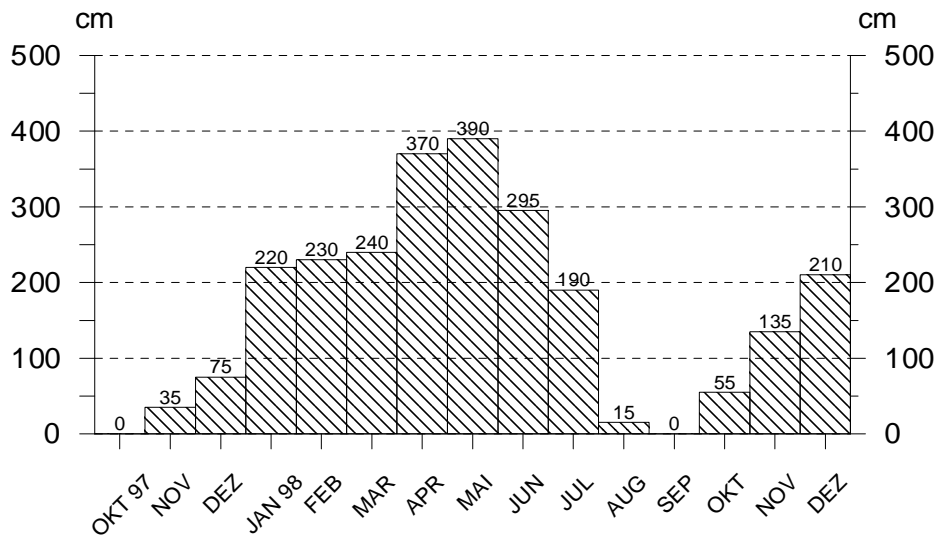


Abb. 5: Schneehöhen am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) im hydrologischen Jahr 1997/98 (gemessen am 1. jeden Monats)

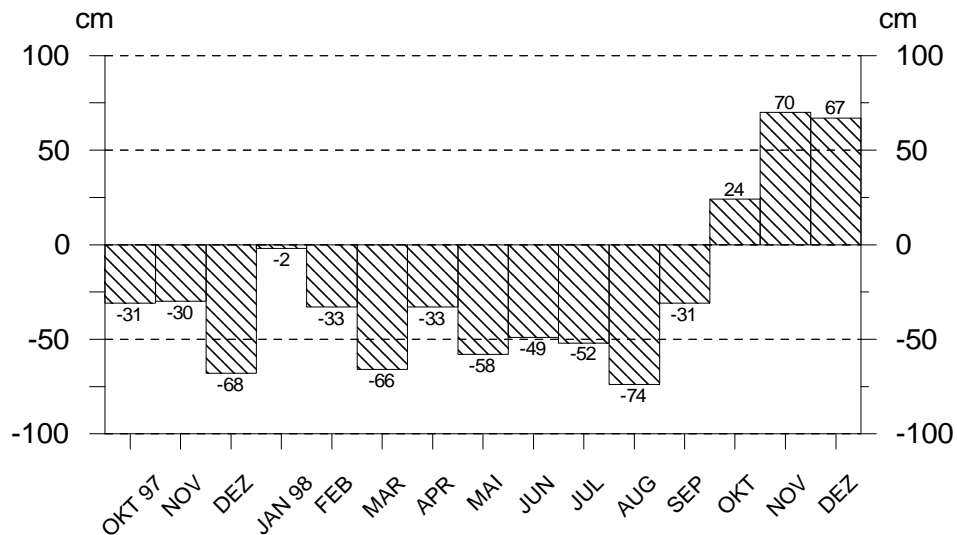


Abb. 6: Abweichungen der Schneehöhen (in cm) am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) vom Mittel der Jahre 1980 - 1998.

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

Der Oktober 1997 wies mit $-10,5\%$ Abweichung im Vergleich zum langjährigen Mittel einen zu geringen Festniederschlagsanteil auf. Zwischen November und April wurden durchschnittliche Festniederschlagsanteile beobachtet.

Im Mai fiel mit 95% fast der gesamte Niederschlag in fester Form. Im Mittel der Jahre 1980 – 1990 fielen im Mai lediglich drei Viertel des Niederschlags in Festform.

Im Sommerhalbjahr zeigte der Juli mit $-9,6\%$ und der September mit $+8,7\%$ deutliche Abweichungen beim Festniederschlagsanteil gegenüber dem Mittelwert.

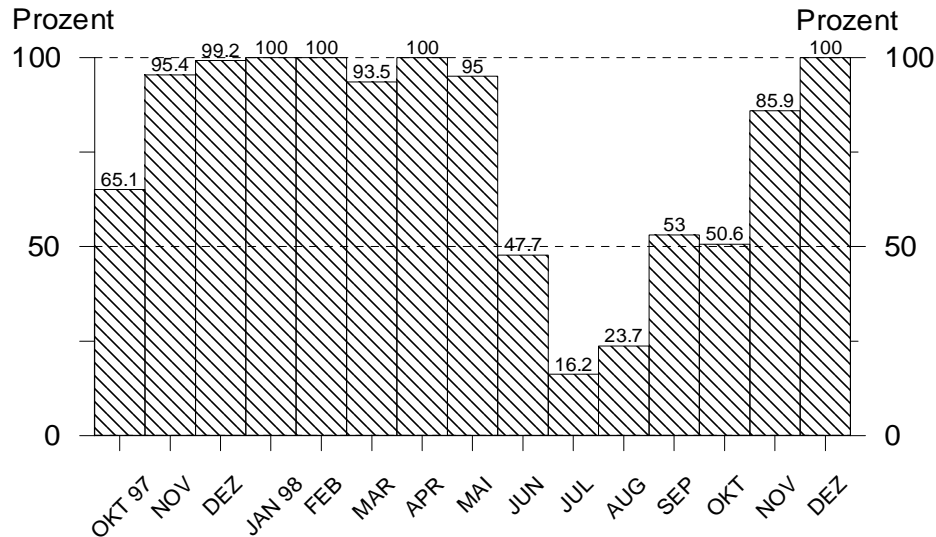


Abb. 7: Anteil des festen Niederschlages 1997/98 an der monatlichen Gesamtniederschlagsmenge

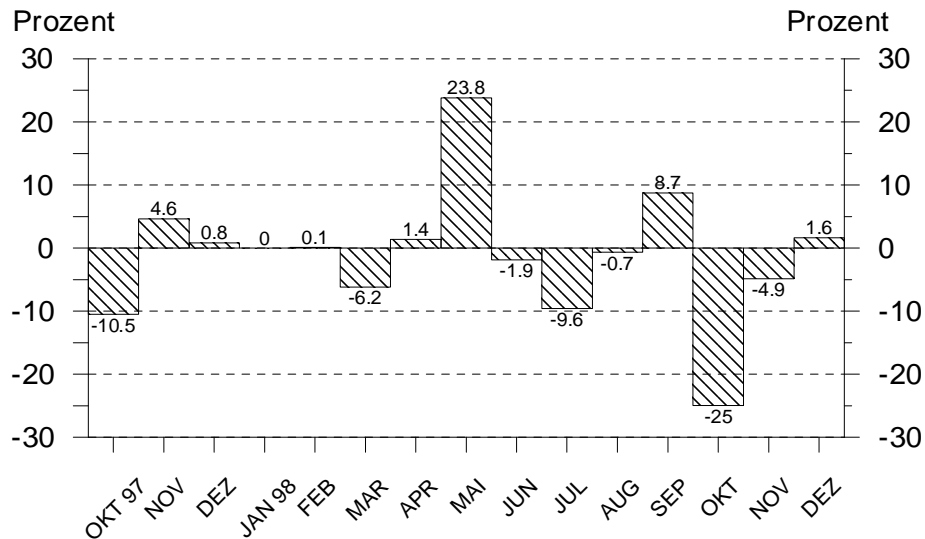


Abb. 8: Abweichung des Anteiles am monatlichen Festniederschlag 1997/98 vom langjährigen Mittel 1980 - 1990

	Temperatur	Mittelwerte	Niederschlag	Mittelwerte
	1997/98	1980-1998	1997/98	1981-98
Oktober 1997	0,2	1,3	209	135
November	-2,9	-3,8	151	160
Dezember	-6,0	-6,0	195	160
Januar 1998	-5,9	-7,1	108	136
Februar	-2,7	-7,7	42	116
März	-6,8	-6,0	312	190
April	-2,7	-3,2	144	182
Mai	2,0	1,3	173	187
Juni	5,9	4,3	254	237
Juli	7,5	7,3	333	278
August	8,5	7,6	187	251
September	3,4	4,7	315	182
Oktober	0,3	1,3	237	135
November	-7,3	-3,8	261	160
Dezember	-6,9	-6,0	181	160
Hydr. Winter	-4,0	-4,9	1017	897
Hydr. Sommer	4,1	3,7	1406	1317
Hydr. Jahr 1997/98	0,0	-0,6	2423	2214
Kalenderjahr 1998	-0,4	-0,6	2547	2214

Tab. 1: Monatsmittel der Temperatur (in °C) und Monatsniederschlagssummen (in mm) 1997/98 gemessen an der Station Rudolfshütte, und die Mittelwerte der Jahre 1980 (bzw. 1981) bis 1998

	Schneehöhen	Mittelwert	Anteil	Mittelwert
	1997/98	1980-98	1997/98	1980 - 1990
Oktober 1997	-	31	65,1	75,6
November	35	65	95,4	90,8
Dezember	75	143	99,2	98,4
Januar 1998	220	222	100,0	100,0
Februar	230	263	100,0	99,9
März	240	306	93,5	99,7
April	370	403	100,0	98,6
Mai	390	448	95,0	71,2
Juni	295	344	47,7	49,6
Juli	190	242	16,2	25,8
August	15	89	23,7	24,4
September	-	31	53,0	44,3
Oktober	55	31	50,6	75,6
November	135	65	85,9	90,8
Dezember	210	143	100,0	98,4

Tab. 2: Schneehöhen (in cm) am Sonnblickkees (Unterer Boden 2.530 m) im hydrologischen Jahr 1997/98 und der Vergleich mit den mittleren Schneehöhen in den Jahren 1980 - 1998 (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 1997/98 an der Station Rudolfshütte:

Das Winterhalbjahr ($-4,0\text{ °C}$) war um $0,9\text{ °C}$ zu warm, der Niederschlag mit 1.017 mm etwas über dem Durchschnitt. Der Sommer war mit $+4,1\text{ °C}$ leicht überdurchschnittlich temperiert (1980 bis 1998 $+3,7\text{ °C}$). Das Sommerhalbjahr war etwas zu feucht, die Niederschlagssumme betrug 1.435 mm (Mittelwert 1981 bis 1997 1.312 mm). - Das Jahresmittel der Temperatur lag im hydrologischen Jahr 1996/98 bei $\pm 0\text{ °C}$ und war damit um $0,6\text{ °C}$ über dem Durchschnitt der Jahre 1980 bis 1998. Der Niederschlag (am Ombrometer Rudolfshütte) lag mit 2.423 mm mehr als 200 mm über dem Mittel der Jahre 1981 bis 1998 von 2.214 mm . Das Temperaturmittel in der Hauptablationsperiode Juni bis September betrug 1998 $6,3\text{ °C}$ und war damit $0,3\text{ °C}$ über dem Mittel 1980 bis 1998 von $6,0\text{ °C}$.

1.2. Berechnung der Massenbilanz 1997/98

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. Wie im Vorjahr wurde die Ausaperung photographisch festgehalten. Dabei sollte wiederum ein möglichst nahe der maximalen Ausaperung liegender Stand dokumentiert werden, um damit die Akkumulations- und Ablationsflächen auswerten zu können.

Mit den Fotos wurde unter Zuhilfenahme früherer, ähnlicher Ausaperungszustände die Ausaperung für den 12. September 1998 bestimmt und die Karte für die maximale Ausaperung gezeichnet (Abb. 10).



Abb. 9: Das Stubacher Sonnblickkees am 03. September 1998 (Flugfoto: H. Slupetzky)

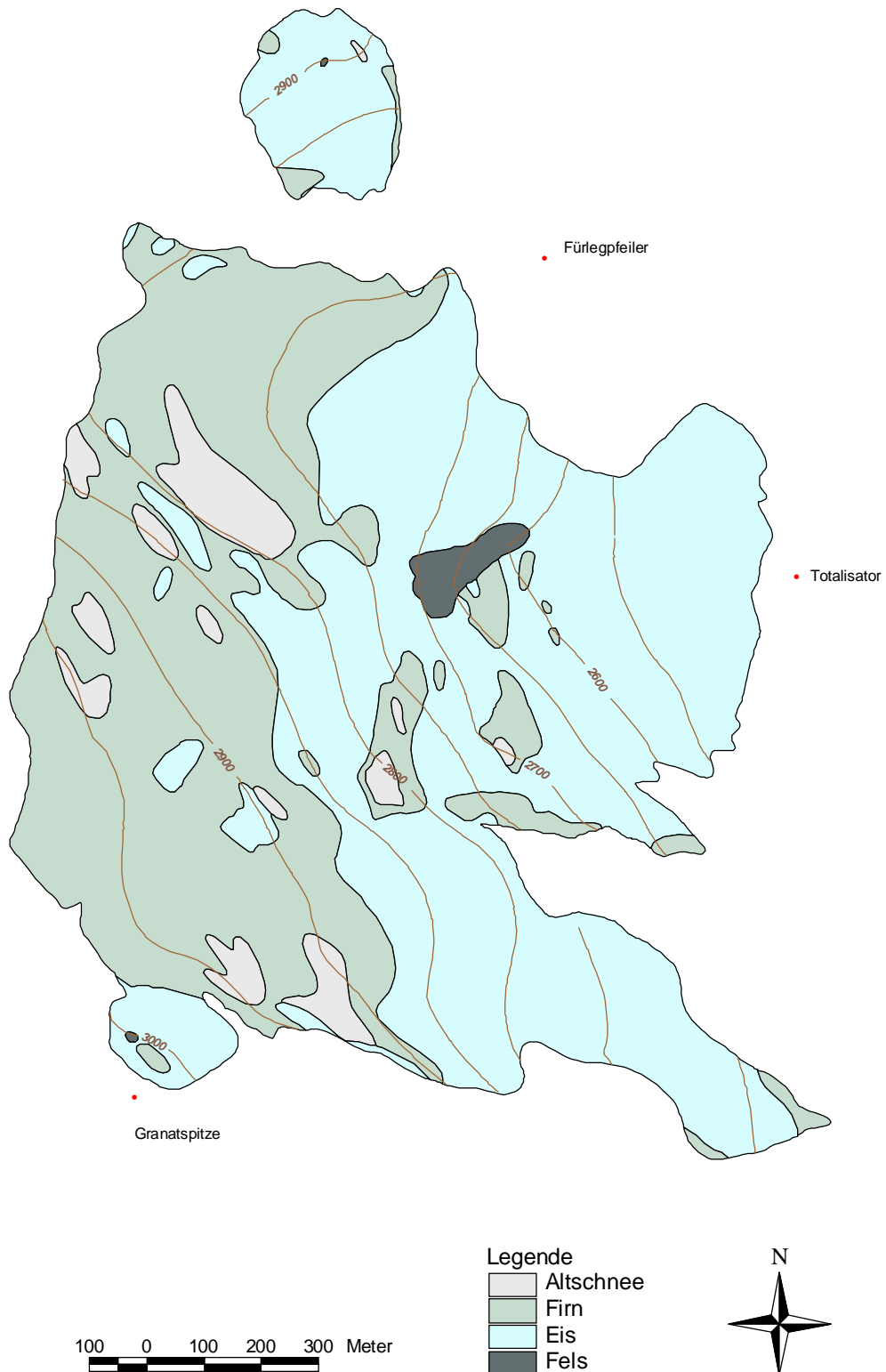


Abb. 10: Karte der maximalen Ausdehnung des Stubacher Sonnblückekees am 12.9.1998

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	-	3657	18225	21883	21883
2850- 2900	186	961	27485	28447	28633
2900- 2950	252	1071	18558	19629	19881
Gesamt	438	5690	64270	69960	70399
Sonnblickkees					
Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2500- 2550	-	-	112019	112019	112019
2550- 2600	-	1453	66279	67732	67732
2600- 2650	-	9901	50046	59948	59948
2650- 2700	615	13504	75644	89149	89765
2700- 2750	448	56306	175062	231368	231816
2750- 2800	29165	134905	88200	223106	252272
2800- 2850	11671	37670	110366	148036	159708
2850- 2900	5883	109111	50241	159352	165235
2900- 2950	25243	139277	13341	152619	177862
2950- 3000	2344	85021	20904	105926	108270
3000- 3050	-	1622	6470	8092	8092
Gesamt	75370	588775	768576	1357352	1432723
Sonnblickkees und Filleckkees					
Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2500- 2550	-	-	112019	112019	112019
2550- 2600	-	1453	66279	67732	67732
2600- 2650	-	9901	50046	59948	59948
2650- 2700	615	13504	75644	89149	89765
2700- 2750	448	56306	175062	231368	231816
2750- 2800	29165	134905	88200	223106	252272
2800- 2850	11671	41328	128592	169920	181591
2850- 2900	6069	110072	77726	187799	193868
2900- 2950	25495	140348	31900	172248	197744
2950- 3000	2344	85021	20904	105926	108270
3000- 3050	-	1622	6470	8092	8092
Gesamt	75809	594466	832846	1427312	1503122

Tab. 3: Altschnee-, Firn- und Eisflächen nach Höhenzonen in m² (Stand der Ausaperung: 12.09.1998)

Wie alljährlich wurde wieder Ende August mit der Fotodokumentation der Ausaperung begonnen, u.z. mit Aufnahmen ab 24. August. Neuschnee am 2. September bis 1.600 m herab unterbrachen die Abschmelzung, am 5. September war das SSK wieder aper. Im September wurden zunächst Fotos am 6., 10., 11., 12. und 13.9. gemacht. Schneefall am 14.9. bis 2.250 m unterbrach nur kurz die Abschmelzung. Mit Fotos am 18., 19., 20. und 25.9. wurde die weitere Ausaperung festgehalten. Nach mehreren Jahren konnte wieder ein Flug über die mittleren Hohen Tauern durchgeführt und der Stand der Ausaperung des SSK am 26. September mit Flugschrägfotos dokumentiert werden.

Als Folge der Abkühlung am 2. 10. mit einer Schneefallgrenze in der Früh bei 2.600 m und am nächsten Tag bis 1.300 m herab schien das Haushaltsjahr beendet zu sein; bei der Rudolphshütte lagen am 3.10. Früh 5 cm Neuschnee, die Schneefallgrenze lag bei 1.800 m. Die warme Witterung Anfang Oktober führte dazu, daß der Neuschnee - bis auf die höhergelegenen Flächen und auf schattseitige Stellen - wieder abschmolz. Der Kaltlufteinbruch am 11. 10. mit einer Schneefallgrenze bis 2.100 m und am 12.10. bis 2.000 m - die Schneefallgrenze sank in den anschließende Tagen bis in höhere Tallagen ab - beendete endgültig das Haushaltsjahr. Die max. Ausaperung war daher am 10. Oktober 1997. Mit Fotos, die der Wetterbeobachter am 10.10. gemacht hatte, konnten die Veränderungen in der Ausaperung erfaßt werden, sie waren im Oktober nur mehr gering.

Heuer wurden durch die Fliegerbildkompanie Langenlebarndes Österr. Bundesheeres im Rahmen der Gesamtaufnahme der österreichischen Gletscher die Granatspitz- und die Glocknergruppe am 12. September luftphotogrammetrisch aufgenommen. Die Luftaufnahmen vom SSK wurden verwendet, um das Zwischenstadium des Ausaperungsstandes zu erfassen.

1.2.2. Ermittlung der Kenngrößen der Massenbilanz

Die Massenbilanz des SSK 1997/98 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 1997/98 folgende Massenbilanzwerte:

Spezifische Nettoakkumulation: $b_c = +1,0 \text{ g/cm}^2$

Spezifische Nettoablation: $b_a = -170,6 \text{ g/cm}^2$

Mittl. spez. Nettobilanz: $b = -169,6 \text{ g/cm}^2$

Die Massenbilanz des SSK 1997/98 ist durch folgende Haushaltsgrößen beschrieben:

$S_c \text{ km}^2$	$b_c \text{ g/cm}^2$	$B_c \text{ 10}^6 \text{ m}^3$	$S_a \text{ km}^2$	$b_a \text{ g/cm}^2$	$B_a \text{ 10}^6 \text{ m}^3$	$S \text{ km}^2$
0,076	1,0	0,016	1,427	-170,6	-2,564	1,503
$B \text{ 10}^6 \text{ m}^3$	$b \text{ g/cm}^2$	S_c/S	S_c/S_a	GW	natürliches Haushaltsjahr	
-2,548	-169,6	0,050	0,053	2.960	10.10.97 - 12.09.98	

(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 $-169,6$ cm eine stark negative Bilanz. Dieses Ergebnis ist nur aus den komplexen Witterungsabläufen heraus zu verstehen. Die Akkumulationsperiode begann zunächst mit einem winterlichen September 1996, und der schneereiche Spätherbst/Frühwinter führte zum Aufbau der Frühwinterschneedecke. Der Hochwinter war jedoch schneearm, am 1.2. lagen am Unteren Boden des SSK nur 1,70 m Schnee. Der Spätwinter war jedoch schneereich, sodaß am 1.3. am Unteren Boden bereits 5,05 m und am 1.5. 6,00 m Schnee lagen. Dies bedeutete eine deutlich überdurchschnittlichen Schneemenge auf den Gletschern, wie dies zuletzt mit 6 m 1980 der Fall war. In den letzten 33 Jahren gab es an diesem Meßpunkt am 1.Mai nur in 5 Jahren über 6 m Schnee. (Der höchste Wert wurde 1979 mit 7,8 m, der zweithöchste 1980 mit 7,2 m gemessen). Mit einer Wahrscheinlichkeit von über 85 % war ein positiver Massenhaushalt am Ende des Sommers zu erwarten.

Der Mai war zu warm und trocken, und auch der Juni zu warm, sodaß der Abbau der Schneedecke einsetzte, es gab aber immer wieder kühlere Phasen mit Schneefällen, die starke Abkühlung Ende Juni mit Schneefällen am 23.6. bis 1500 m herab unterbrachen die Abschmelzung nachhaltig.

Noch am 1. Juli lagen am Unteren Boden des SSK 3.20 m Altschnee. Von 28 Jahren waren am 1. Juli 12 mal über 3.20 m Schnee zu verzeichnen. Von den 12 Jahren endeten 10 Haushaltsjahre positiv und nur 2 negativ, sodaß auch zu diesem Zeitpunkt mit großer Wahrscheinlichkeit ein positiver Haushalt des SSK zu erwarten war.

Der kühle und niederschlagsreiche Juli verzögerte die Abschmelzung nachhaltig, in den warmen und relativ trockenen Monaten August und September verloren die Gletscher jedoch laufend an Masse. Noch am 23. August wurde aus dem Ausaperungsstand eine positive Zwischenbilanz von ca. 2 Mio m^3 geschätzt. Der September war jedoch zu warm (um $2,5^\circ$ bei der Rudolfshütte) Schneefälle Anfang Oktober bis 1.300 m herab (am 3.10.) brachten noch nicht das Haushaltsende, dieses war mit einem Kaltlufteinbruch vom 11.-16. Oktober am 11. 10. beendet, sodaß die maximale Ausaperung am 10.10. 1997 war ; ab 3. 10. änderte sich jedoch nicht mehr viel.

Insgesamt gesehen ist das - erwartete- positive Haushaltsjahr aus der überdurchschnittlichen Akkumulation im Winterhalbjahr und der bis Anfang August relativ verzögerten Abschmelzung zu begründen, daß es kein stärker positives Jahr wurde liegt an der zu warmen zweiten Sommerhälfte und zu einem gewissen Teil an dem am 14. Mai abgelagerten Wüstenstaub.

Das SSK hatte mit einer mittleren spezifischen Massenbilanz von $+31,4$ g/cm² einen leicht positiven Haushalt. Die Begründung für die Bilanz liegt darin, daß

1. die winterliche Schneedecke deutlich übernormal war (600 cm am 1. Mai am unteren Boden des SSK),
2. die sommerliche Abschmelzung zwar stark, aber nicht extrem war, sodaß ein großer Teil der mächtigen Schneedecke erst sehr spät abgebaut wurde
3. zwei Kaltlufteinbrüche am 5. und 18. Juli mit jeweils erheblichen Neuschneemengen am Gletscher die Ablationsperiode unterbrochen haben bzw. der Juli kalt war.

1.3. Ergebnisse der Längen- und sonstigen Messungen

Die Längenänderung wurde - im Rahmen der OeAV-Gletschermessungen - zuerst schon am 31.8. gemessen, wobei der Eisrand noch an vielen Stellen mit Altschnee bedeckt war. Es ergab sich ein Vorstoß von 1,4 m. Eine Wiederholungsmessung am 17.9. erbrachte denselben Wert. Die endgültige Messung - sie soll möglichst nahe dem Haushaltsende sein- erbrachte schließlich einen Vorstoß von 1 m.

Am 16. Jänner 1997 wurde - nach Durchbohrung der Eisdecke mit einem Kronenbohrer - an 5 Stellen des in jüngerer Zeit neu entsandenen Kees Sees gelotet. Die größte gemessene Tiefe ist 12,5 m.

2. Niederschlagswerte 1997/98 bzw. 1998 in den Einzugsgebieten der Speicher Weißsee und Tauernmoossee

Bei den sechs Totalisatoren wurden auch in diesem Jahr die meisten Ablesungen am 1. jeden Monats durchgeführt, sodaß nur in wenigen Fällen eine Reduktion auf Monatswerte mit Hilfe der Station RH erfolgen mußte.

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 (Alpennordseite) und Landeckbach (Alpensüdseite) zeigt Abb. 11, die Abweichungen des Mittelwertes aus den Totalisatoren Weißsee, Kalser Tauern und Sonnblickkees Abb. 12.

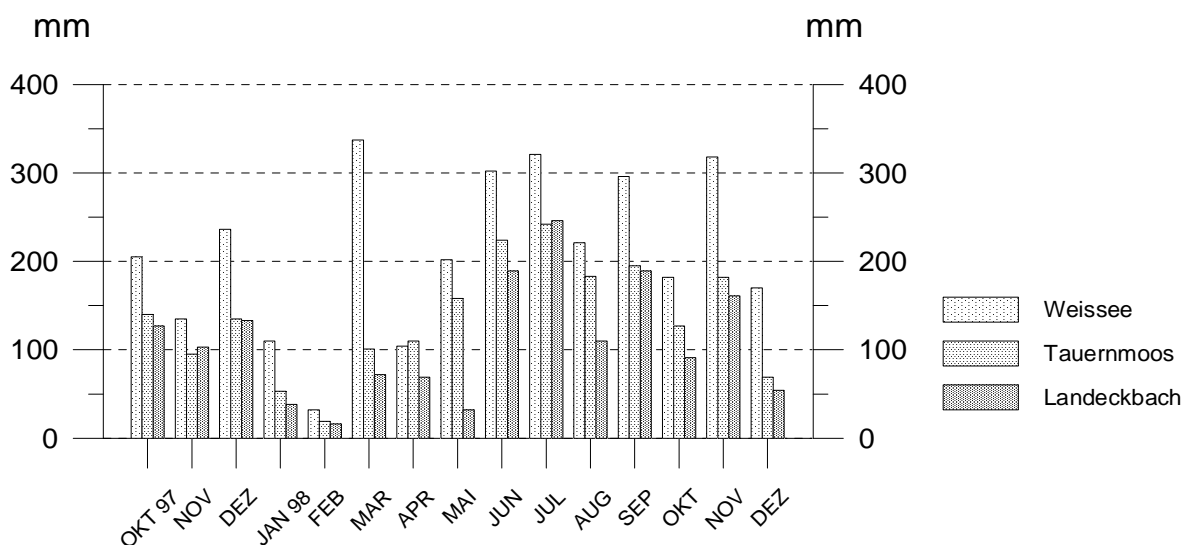


Abb. 11: Monatsniederschlag 1997/98 bei den Totalisatoren Tauernmoossee, Weißsee und Landeckbach (in mm)

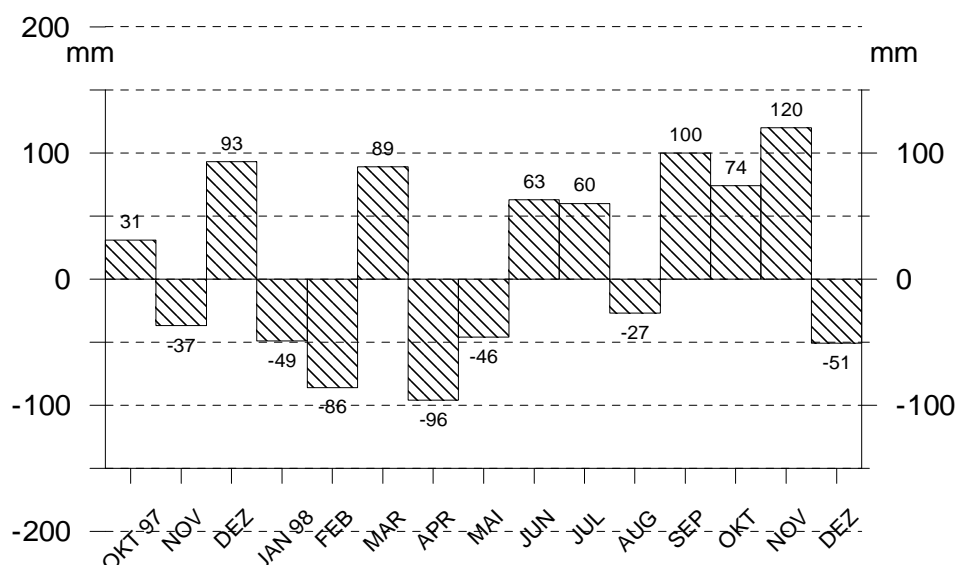


Abb. 12: Abweichungen des Mittelwertes der Totalisatoren Weißsee, Kalser Tauern und Sonnblickkees vom langjährigen Durchschnitt (1964 bis 1998) in mm

	WS	KT	SK	TM	BS	LB	RH
	2.270m	2.390m	2.510m	2.040m	2.040m	2.040m	2.304m
Oktober 1997	205	158	155	140	137	127	209
November	135	129	130	95	107	103	151
Dezember	236	261	263(+131)	135	163	133	195
Januar 1998	110	78	103	53	74	38	107
Februar	32(-100)	25	26	19	22	16	40
März	337(+125)	214	241	101	107	72	315(+131)
April	104(-141)	101	111	110	104	69	143
Mai	202	161	167	158	167	32(-112)	167
Juni	302	343	335	224	248	189	294
Juli	321	350	366	242	285	246	328
August	221	277	229	183	209	110	208
September	296	306(+106)	296	195	222	189	290(+110)
Oktober	182	238	229	127	123	91	210
November	318(+128)	314(+146)	333(+186)	182	196	161	261(+103)
Dezember	170	76	81	69	74	54	180
Kalenderjahr 1998	2595	2483	2517	1273	1831	1267	2543
hydr. Jahr 1997/98	2683	2641	2651	1392	1968	1415	2657
hydr. Sommer 98	1446	1538	1504	722	1235	835	1430
hydr. Winter 97/98	1055	865	918	543	610	489	1017

Tab. 4: Niederschlagswerte aus Totalisatormessungen im Einzugsgebiet der Speicher Weißsee und Tauernmoossee im Hydrologischen Jahr 1997/98 und im Kalenderjahr 1998 (in mm) - Abweichungen über +/-100 mm vom Mittel der Jahre 1964-98 in Klammern. (RH = Ombrometer Rudolfshütte, WS = Totalisator Weißsee, KT = Tot. Kalsertörl, SK = Tot. Sonnblöcke, TM = Tot. Tauernmoos, BS = Tot. Beileitung, LB = Tot. Landeckbach Süd, Werte für SK Mai, Juni und August 1997 aufgrund technischer Probleme ergänzt)

	1998	1964-98	Abweichungen	%
Tot.Weißsee (2.270m)	2595	2619	-24	99
Tot.Kalser Törl (2.390 m)	2483	2326	+157	107
Tot. Sonnblickkees	2517	2128	+389	118
Tot.Tauernmoos (2.040 m)	1273	1789	-516	71
Tot.Landeckbach (2.040 m)	1267	1626	-359	78
Tot.Beileitung Süd (2.040 m)	1831	1673	+158	109
Ombr.Rudolfshütte (2.304 m)	2542	2362	+180	108
"Mittel der 6 Totalisatoren" 1998	1994	2027	+33	97

Tab. 5: Jahressummen des Niederschlages im Kalenderjahr 1998 (in mm), Abweichungen vom Mittel 1964 (bzw. 1981) bis 1998 und relativ zum Mittelwert (Prozent).

Die Jahressummen der Niederschläge an den Totalisatoren waren im Verhältnis zu den Mittelwerten der Jahre 1980 bis 1998 zwischen 29% zu niedrig (Tot. Tauernmoos) und 18% zu hoch (Tot. Sonnblickkees).

Am Totalisatoren Weißsee wurden durchschnittliche Werte gemessen (99% vom Mittel). Die beiden Messtellen Tauernmoos und Landeckbach zeigten stark unterdurchschnittliche Messwerte, der Totalisatoren Sonnblickkees mit 118% einen stark überdurchschnittlichen Wert. Die Messstellen am Kalser Törl und an der Beileitung Süd lagen mit 107 bzw. 109% des Mittelwertes auch noch deutlich über dem zu erwartenden Wert, während der Totalisator am Weißsee einen durchschnittlichen Wert lieferte.

Im Mittel der Totalisatoren wurde ein Niederschlag ermittelt, welcher mit 97% nur unwesentlich unter dem langjährigen Durchschnitt lag.

Der Maximalwert wurde im Juli 1998 am Totalisator Sonnblickkees mit 366 mm ermittelt. Mit Ausnahme der Messstelle Weißsee zeigten in diesem Monat alle Totalisatoren und der Ombrometer bei der Rudolfshütte den höchsten Monatswert in diesem Beobachtungsjahr. Der Juli war somit ein sehr feuchter Monat, etwa 15% mehr Niederschlag als im Mittel wurde beobachtet. Außerordentlich trocken hingegen war der Februar 1998, er brachte an allen Meßstellen nur etwa ein Viertel des Niederschlages eines durchschnittlichen Jahres.

3. Der Abfluß 1997/98 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):

	1997/97	1942-98	% vom Mittel		1997/98	1942-98	% vom Mittel
Oktober 1997	432	653	65	Juli	4887	4311	113
November	208	177	118	August	2431	3692	66
Dezember	172	109	158	September	1684	1951	86
Januar 1998	92	116	79	Oktober	365	652	56
Februar	118	83	142	November	189	177	107
März	168	83	202	Dezember	139	109	128
April	106	128	83				
Mai	884	878	101	Hyd. Jahr 1997/98	15128	15127	100
Juni	4065	2946	138	Kalenderjahr 1998	15238	15127	101

Tab. 8: Monatlicher Abfluß 1997/98 und Abweichungen vom Mittel der Jahre 1942-1998 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee (Werte in 1.000 m³)

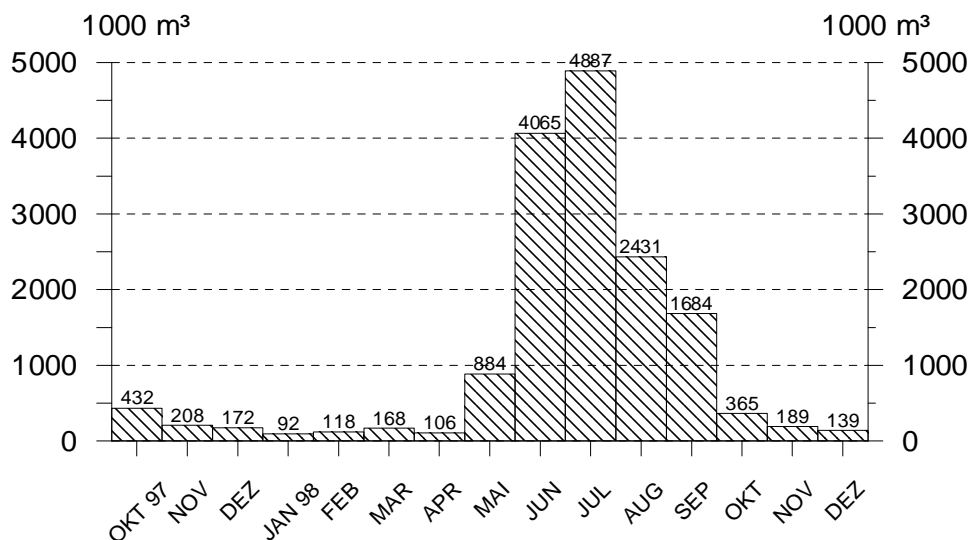


Abb. 13: Monatliche Abflußhöhen im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee 1997/98 (in 1000 m³)

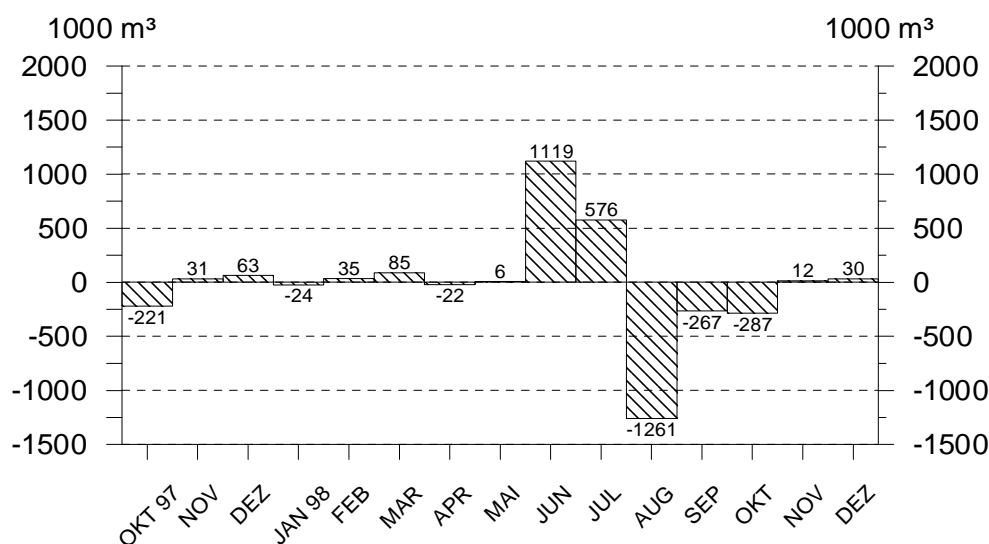


Abb. 14: Abweichungen der monatlichen Abflußhöhe vom langjährigen Mittelwert 1942/43 bis 1997/98 (in 1000 m³)

Der Speicher Weißsee erreichte am xx. August den Vollstau. Der Zufluß im hydrologischen Jahr 1997/98 lag mit 15,1 Mio. m³ genau im langjährigen Mittel 1942 bis 1998. Die Jahres-Abflußhöhe betrug 2.854 mm (Mittel 1942-98 2854 mm).

In Abb. 13 sind die monatlichen Abflußhöhen, in Abb. 14 die Abweichungen im Hydrologischen Jahr 1997/98 vom langjährigen Mittel dargestellt.

Im Winterhalbjahr waren die Abflußwerte durchwegs normal, lediglich der Oktober 1997 zeigte einen unterdurchschnittlichen Abfluß. Das Sommerhalbjahr begann mit durchschnittlichen Abfluß im April und im Mai. Der Juni wies hingegen einen sehr hohen Abflußwert (4.065 gegenüber 2.946 Mio. m³) auf, auch der Juli lag mit 4.887 m³ gegenüber 4.311 m³ deutlich über dem Mittelwert. Im August flossen aus dem Einzugsgebiet nur 2.431 m³ in den Speicher Weißsee, der Wert liegt etwa ein Drittel unter dem langjährigen Mittel für diesen Monat.

4. Berechnung der Größenordnung der hydrologischen Bilanz 1997/98 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 1997/98 und der Fehlerschätzung (Tabelle 9).

	spezifisch (in mm)	absolut (in m ³)	geschätzter Fehler
Niederschlag	2638	13197000	+/- 5,5%
Abfluss	2854	15128000	+/- 5%
Verdunstung	400	2120000	+/- 25%
Bilanz SSK	-480	-2548000	+/- 5%
Bilanz Weißseekees	-38	-200000	+/- 30%
Firnflecken	-98	-520000	+/- 30%
Altschneeflecken	1	+5000	+/- 30%

Tab. 9: Abschätzung der hydrologischen Bilanz im Einzugsgebiet Weißsee

Die Niederschlagshöhe für das 5,3 km² große Einzugsgebiet des Speichers Weißsee betrug 2.638 mm +/- 5,5 %. Die Gletscherspende war 616 mm oder 3,265 Mio. m³, das sind etwa 23,3 %.

Berechnet man aus den Niederschlagssummen der Totalisatoren Weißsee und Sonnblickkees sowie dem Ombrometer Rudolfshütte den „mittleren Jahres-Gebietsniederschlag“ im Einzugsgebiet Weißsee, erhält man für 1997/98 2.658 mm. Gegenüber der Niederschlagshöhe (abgeschätzt aus der Wasserhaushaltsgleichung) von 2.638 mm ist dies um 20 mm zu viel(!). Das bedeutet, daß die Totalisatoren im Mittel um ca 1% zu viel anzeigten (im Vorjahr: 31 % zu wenig).

5. Überblick über die Massenbilanz - Meßreihe vom Stubacher Sonnblickkees 1964-1998

Von den seit 1964 jährlich bestimmten 35 Massenbilanzen waren 18 positiv und 17 negativ. Von 1964 bis 1998 betrug die kumulative Massenbilanz -9,48 Mio. m³ oder -6,3 m spezifische Bilanz. Der Massenzuwachs von 1965 bis 1981 betrug 9,836 Mio. m³ (Spez. Bilanz: 5,5 m); seit 1982 wurden -17,8 Mio. m³ (Spez. Bilanz: -11,1 m) abgebaut. Der Massenverlust seit 1959 betrug kumulativ -11,6 Mio. m³ oder -7,8 m spez. Bilanz. Mit der gegenständlichen Bilanz setzt sich der Trend des starken Massenverlustes seit 1982 in vollem Ausmaß fort. Die Phase von annähernd ausgeglichenen Bilanzen geht damit zu Ende.

Nachdem der Eisrand von Beginn der Messungen 1960 bis 1964 19 m zurückgeschmolzen war, stieß das SSK bis 1981 17,3 m vor. Seit 1981 verlor der Gletscher insgesamt 33,9 m an Länge.

Dank

Die Wasser- und Eishaushaltsmessungen am Stubacher Sonnblickkees bzw. im Einzugsgebiet der Speicher im Stubbachtal 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, A. Slapschy und Ch. Hofstätter betreut. - Verschiedene freiwillige Mitarbeiter halfen bei den Feldarbeiten (z. B.: P. Geissler, N. und B. Slupetzky, P. Schatzl, G. Seitlinger).

Der Eisenbahner-Sportverein ermöglichte die Unterbringung in der Erich Steinböck Hütte am Weißsee. - Als Stützpunkt wurde auch die Hochgebirgsforschungsstelle 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 mehrere Freikarten.

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

*Univ.-Prof. Dr. Heinz Slupetzky
Institut für Geographie der Universität Salzburg,
Abteilung für Schnee- und Gletscherkunde
Hellbrunnerstraße 34
A-5020 Salzburg*

*Mag. Gerhard Ehgartner
Fa. GEOID
Tiefgraben 420/43
A-5310 Mondsee*