

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

Ergebnisbericht für 2000

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 Haushaltsjahr endete schon am 26.9.1999. In den 36 Jahren waren 18 Haushaltsjahre positiv und 18 negativ, seit 1982 endeten 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 ca. 27 m oberhalb des Mittels 1982 bis 1999 (2.838 m).

Insgesamt ist der zweitnegativste Haushalt in der Messreihe seit 1958 auf eine ungünstige Kombination von wenig Winterschnee und einem warmen Sommer zurückzuführen: Einerseits auf den relativ schneearmen Winter bzw. unterdurchschnittlichen Schneehöhen am Ende der Akkumulationsperiode und andererseits auf die zu warme Ablationsperiode, die Temperaturmittel von April bis August lagen über dem Durchschnitt, besonders das Junimittel mit $+1,6^\circ$. Seit 1982 wurden $-18,7 \text{ Mio m}^3$ (mittlere spezifische Bilanz $-11,7 \text{ m}$) abgebaut, der Längenverlust betrug seitdem $-38,3 \text{ m}$.

Der Zufluß in den Speicher Weißsee betrug im hydrologischen Jahr 1998/99 $15,0 \text{ Mio m}^3$ und entsprach damit genau dem langjährigen Mittel 1942-1999. Die Jahresabflußhöhe im Einzugsgebiet war 2.835 mm .

Aus der Wasserhaushaltsgleichung läßt sich eine Jahresniederschlagshöhe von $3.009 \text{ mm} \pm 7,3 \%$ abschätzen. Die Gletscherspende war $8,0 \%$.

Eisdickenmessungen am Sonnblickkees mittels Radioecholot lassen eine Berechnung des Eisvolumens zu und damit in Zukunft einen Bezug zur Gesamtmasse des Gletschers.

Erstmals wurden die Pegelvermessungen mit der GPS- und gleichzeitig mit der klassischen geodätischen Methoden durchgeführt.

1. Die Bestimmung der Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses 1999/00

In diesem Jahr wurde zum 37. 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 1999/00

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 1999/00 folgendes Bild:

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

Das Jahresmittel der Temperatur lag im hydrologischen Jahr 1999/00 bei $-0,2^\circ$ und lag somit leicht über dem Durchschnitt der Jahre 1980 bis 2000 ($-0,6^\circ$). Das Winterhalbjahr lag mit $-5,3^\circ$ leicht unter dem Mittelwert von $-4,9^\circ$, das Sommerhalbjahr mit $+4,8^\circ$ wesentlich über dem Durchschnitt der Jahre 1980 bis 2000 von $3,8^\circ$.

Der Früh- und Hochwinter mit den Monaten November bis Januar lagen die Temperaturen immer unter dem langjährigen Mittel ($> 1^\circ$). Während der Oktober 1999 dem Mittel entsprach. Der Februar wies mit $-6,6^\circ$ einen Wert von $1,2^\circ$ über dem Durchschnitt auf. Auch die Mitteltemperatur des März lag über dem Durchschnitt, jedoch nicht so wesentlich wie im Februar ($0,5^\circ$).

Das Sommerhalbjahr begann mit stark überhöhten Werten im April bis Juni ($>2^\circ$). Zu einem Einbruch kam es im Juli, in dem die Durchschnittstemperatur mit $4,8^\circ$ $2,5^\circ$ unter dem langjährigen Mittel lag. Erst im September und Oktober 2000 waren die Abweichungen nicht mehr so extrem. Auffällig ist jedoch, dass das Winterhalbjahr leicht unter dem langjährigen Durchschnitt lag, das Sommerhalbjahr mit $+1^\circ$ jedoch wesentlich darüber.

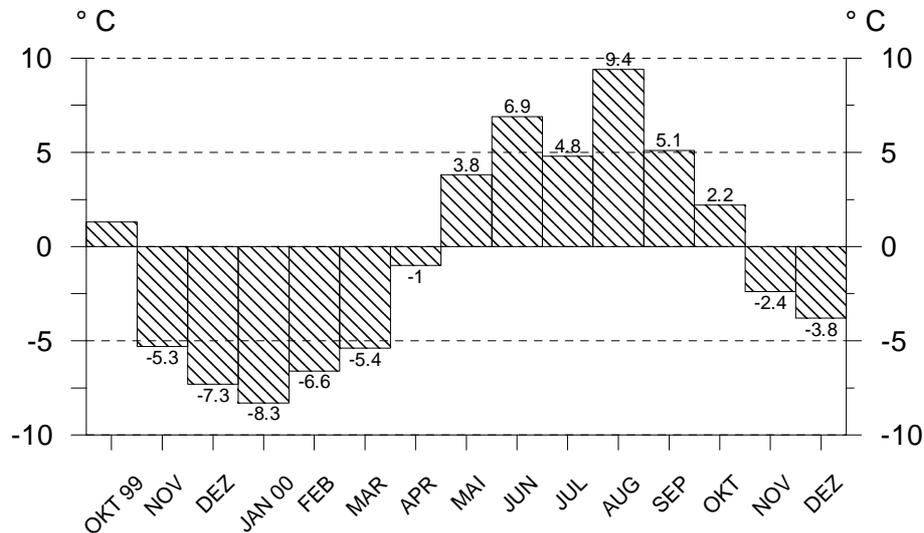


Abb. 1: Monatsmittel der Temperatur 1999/00 an der Station Rudolfshütte (°C)

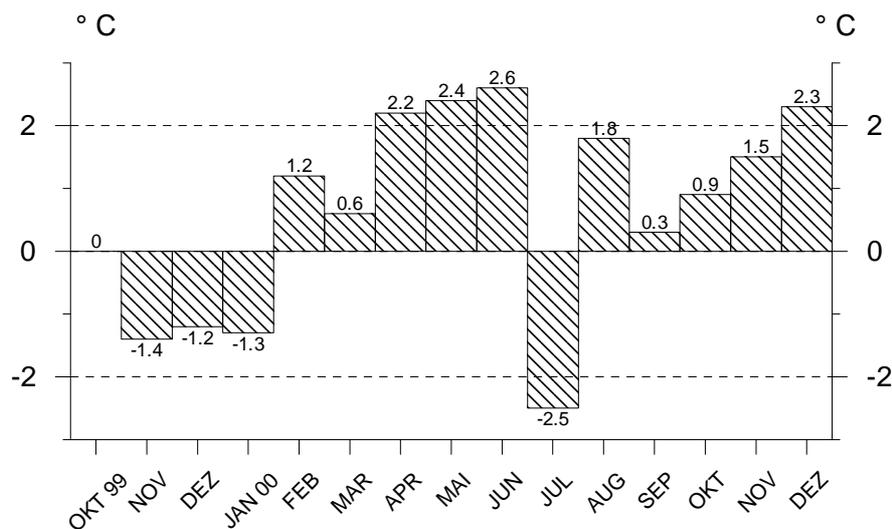


Abb. 2: Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur vom Mittel 1980-2000 (°C).

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

Die Niederschläge im hydrologischen Jahr 1999/00 lagen mit 3.037 mm (gemessen am Ombrometer der Station Rudolfshütte) etwa 30% über dem Durchschnitt der Jahre 1981-2000 (2.281 mm).

Der hydrologische Winter war mit einer Niederschlagssumme von 1.671 mm zu feucht (Mittelwert 955 mm). Der Sommer entsprach mit 1.366 mm gegenüber 1.326 in etwa dem Mittel.

Der Winter begann mit einem eher trockenen Oktober 1999, es fielen mit 119 mm nur 85% des Mittelwertes der Jahre 1981-2000. Die Monate November 1998 bis Jänner 1999 waren durchschnittlich feucht. Beginnend mit November kam es zu einer stetigen Steigerung der Abweichung vom langjährigen Mittel. Besonders auffällig war mit 520 mm der Monat März mit einer Abweichung von 150%. Insgesamt fielen im Winterhalbjahr 175% des zu erwartenden Niederschlages.

Das Sommerhalbjahr entsprach in Summe gesehen dem langjährigen Mittel. Einzig der April, der mit 129 mm -53 mm vom langjährigen Mittel abwich. Erst im Oktober 2000 lagen die Niederschlagswerte wieder 64% über dem Mittel der Jahre 1981-2000

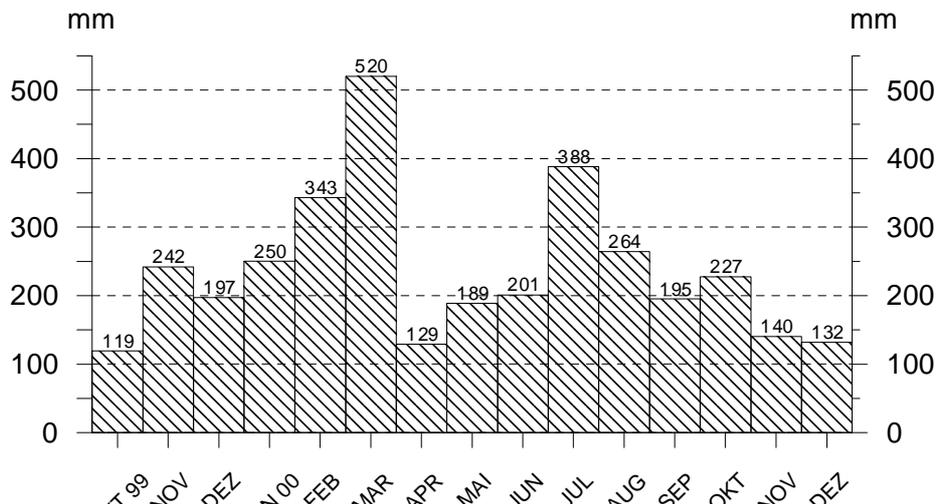


Abb. 3: Monatssummen des Niederschlages 1999/00 an der Station Rudolfshütte (in mm)

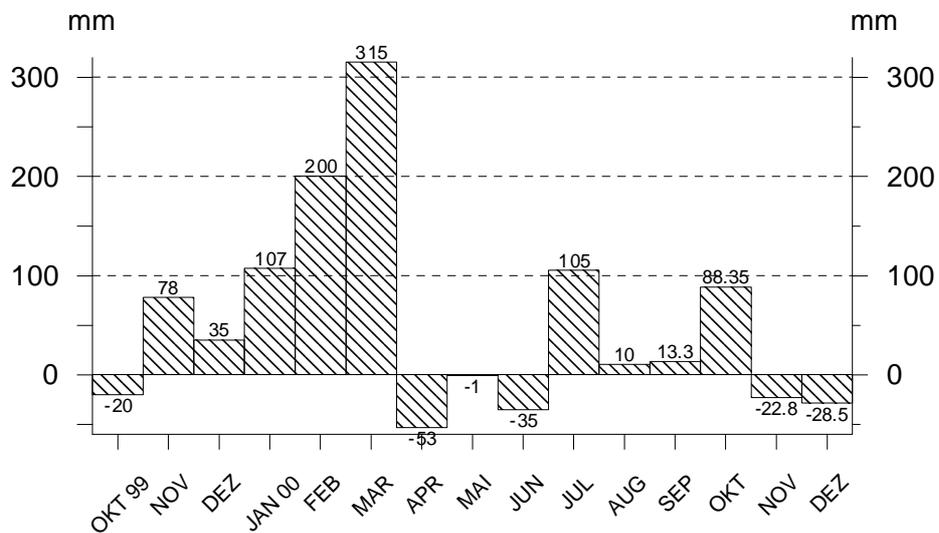


Abb. 4: Abweichungen der Monatssummen des Niederschlages vom Mittel 1981-2000 (in mm)

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

Die Schneehöhe im Winterhalbjahr wich in den Monaten November (-52 cm), Dezember (-32 cm) und Jänner (-66 cm) wesentlich ab. Zudem war die Schneehöhe am 1. November niedriger als am 1. Oktober. Nur am 1. März war die Schneedecke 100 cm höher als das Mittel der Jahre 1980 bis 2000. Fortsetzung fand diese Tendenz nur im April mit einem positiven Überschuss von 213 cm.

Am 1. Mai und 1. Juni entsprach die Schneehöhe etwa dem langjährigen Mittel. Im August (130 cm) lagen 36 cm mehr als das vom Mittel der Jahre 1980 bis 2000 zu Erwartende.

Am 1. September betrug die Schneehöhe 0 cm. Danach stieg diese zwar kontinuierlich an, blieb jedoch immer unter dem langjährigen Mittel.

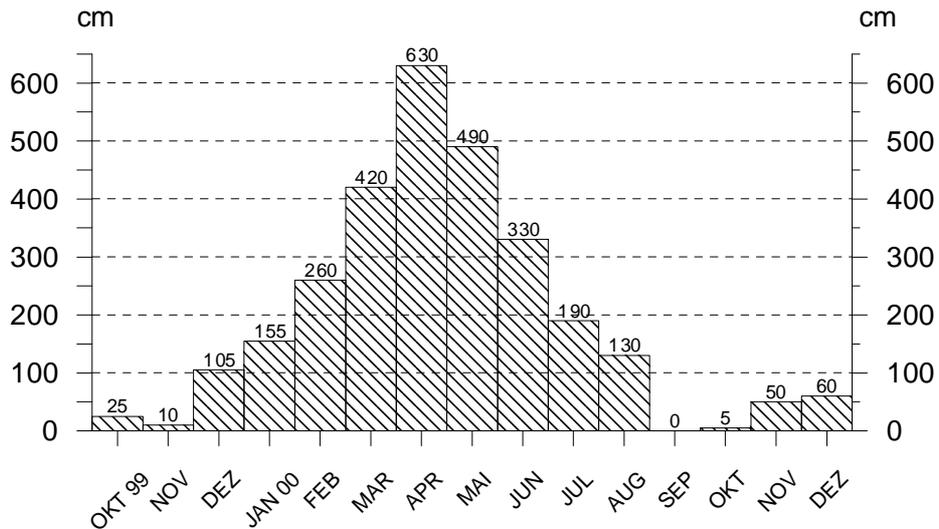


Abb. 5: Schneehöhen am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) im hydrologischen Jahr 1999/00 (gemessen am 1. jeden Monats)

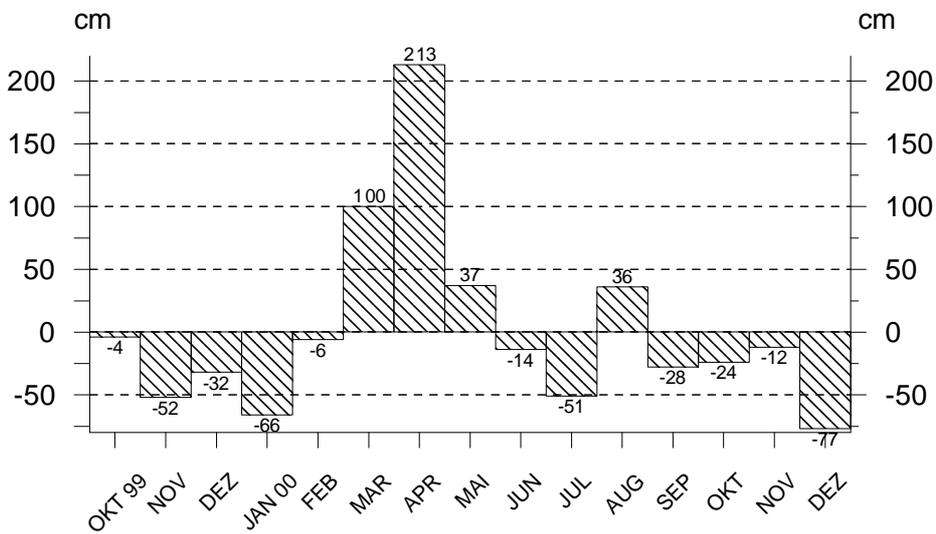


Abb. 6: Abweichungen der Schneehöhen (in cm) am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) vom Mittel der Jahre 1980 - 2000.

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

Der Oktober 1999 wies mit $-13,1\%$ Abweichung im Vergleich zum langjährigen Mittel einen zu geringen Festniederschlagsanteil auf. Zwischen November und April wurden durchschnittliche Festniederschlagsanteile beobachtet.

Auch im Mai und Juni war eine negative Tendenz zu beobachten. Stark auffallend sind die Gegensätze der Abweichungen von $-12,7\%$ im Mai und $-14,9\%$ im Juni und $+19,5\%$ im Juli. Der negative Trend setzte sich auch im August bis November fort.

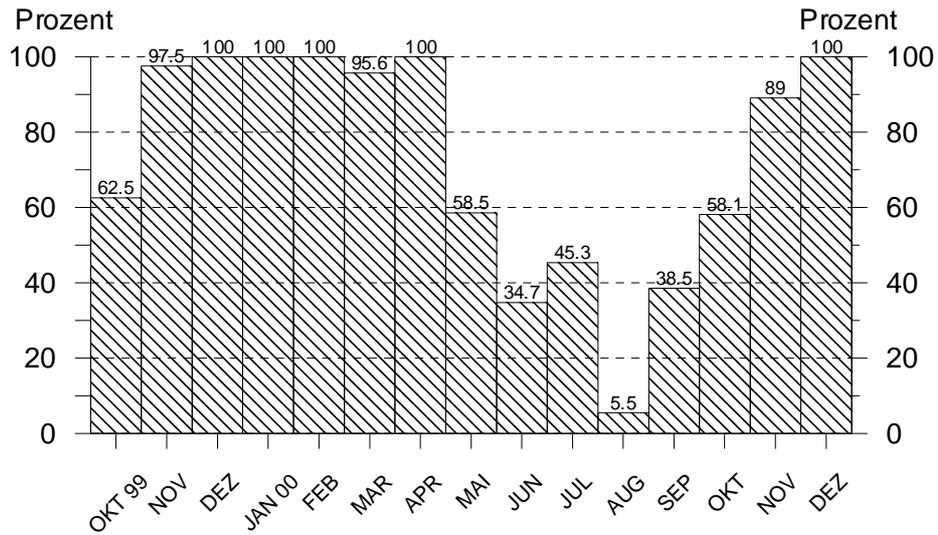


Abb. 7: Anteil des festen Niederschlages 1999/00 an der monatlichen Gesamtniederschlagsmenge

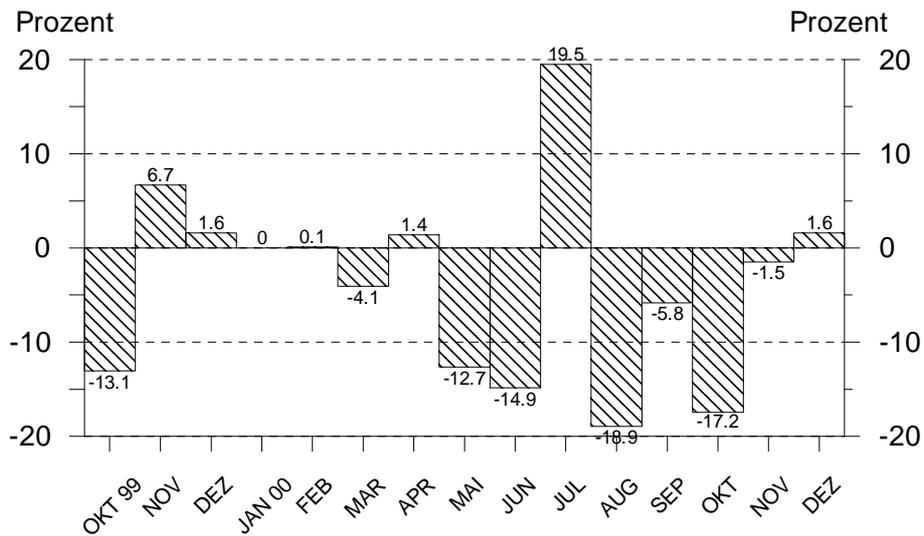


Abb. 8: Abweichung des Anteiles am monatlichen Festniederschlag 1999/00 vom langjährigen Mittel 1980 - 1990

	Temperatur	Mittelwerte	Niederschlag	Mittelwerte
	1999/00	1980-2000	1999/00	1981-2000
Oktober 1999	1,3	1,3	119	139
November	-5,3	-3,8	242	164
Dezember	-7,3	-6,0	197	162
Januar 2000	-8,3	-7,1	250	143
Februar	-6,6	-7,7	343	143
März	-5,4	-6,0	520	205
April	-1	-3,1	129	182
Mai	3,8	1,5	189	190
Juni	6,9	4,4	201	236
Juli	4,8	7,2	388	283
August	9,4	7,7	264	254
September	5,1	4,8	195	182
Oktober	2,2	1,3	227	139
November	-2,4	-3,8	140	163
Dezember	-3,8	-6,0	132	161
Hydr. Winter	-5,3	-4,9	1671	955
Hydr. Sommer	4,8	3,8	1366	1326
Hydr. Jahr 1999/00	-0,2	-0,6	3037	2281
Kalenderjahr 2000	0,4	-0,6	2978	2278

Tab. 1: Monatsmittel der Temperatur (in °C) und Monatsniederschlagssummen (in mm) 1999/00 gemessen an der Station Rudolfshütte, und die Mittelwerte der Jahre 1980 (bzw. 1981) bis 2000

	Schneehöhen	Mittelwert	Anteil	Mittelwert
	1999/00	1980-2000	1999/00	1980-1990
Oktober 1999	25	29	62,5	75,6
November	10	62	97,5	90,8
Dezember	105	137	100,0	98,4
Januar 2000	155	221	100,0	100,0
Februar	260	266	100,0	99,9
März	420	320	95,6	99,7
April	630	417	100,0	98,6
Mai	490	453	58,5	71,2
Juni	330	344	34,7	49,6
Juli	190	241	45,3	25,8
August	130	94	5,5	24,4
September	0	28	38,5	44,3
Oktober	5	29	58,1	75,6
November	50	62	89,3	90,8
Dezember	60	137	100,0	98,4

Tab. 2: Schneehöhen (in cm) am Sonnblickkees (Unterer Boden 2.530 m) im hydrologischen Jahr 1999/00 und der Vergleich mit den mittleren Schneehöhen in den Jahren 1980 - 2000 (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 1999/00 an der Station Rudolfshütte:

Das Winterhalbjahr ($-5,3\text{ °C}$) war um $0,4\text{ °C}$ zu kalt, der Niederschlag mit 1671 mm weit über dem Durchschnitt. Der Sommer war mit $+4,8\text{ °C}$ überdurchschnittlich temperiert (1980 bis 1999 $+3,8\text{ °C}$), die Niederschlagswerte entsprachen dem langjährigen Mittel. Das Jahresmittel der Temperatur lag im hydrologischen Jahr 1999/00 bei $-0,2\text{ °C}$ und weicht damit leicht vom dem Durchschnitt der Jahre 1980 bis 2000 mit $-0,6\text{ °C}$ ab. Der Niederschlag (am Ombrometer Rudolfshütte) lag mit 3.037 mm mehr als 756 mm über dem Mittel der Jahre 1981 bis 2000 von 2.288 mm . Das Temperaturmittel in der Hauptablationsperiode Juni bis September betrug $6,6\text{ °C}$ und war damit $0,6\text{ °C}$ über dem Mittel 1980 bis 2000 von $6,0\text{ °C}$.

1.2. Berechnung der Massenbilanz 1999/00

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 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).

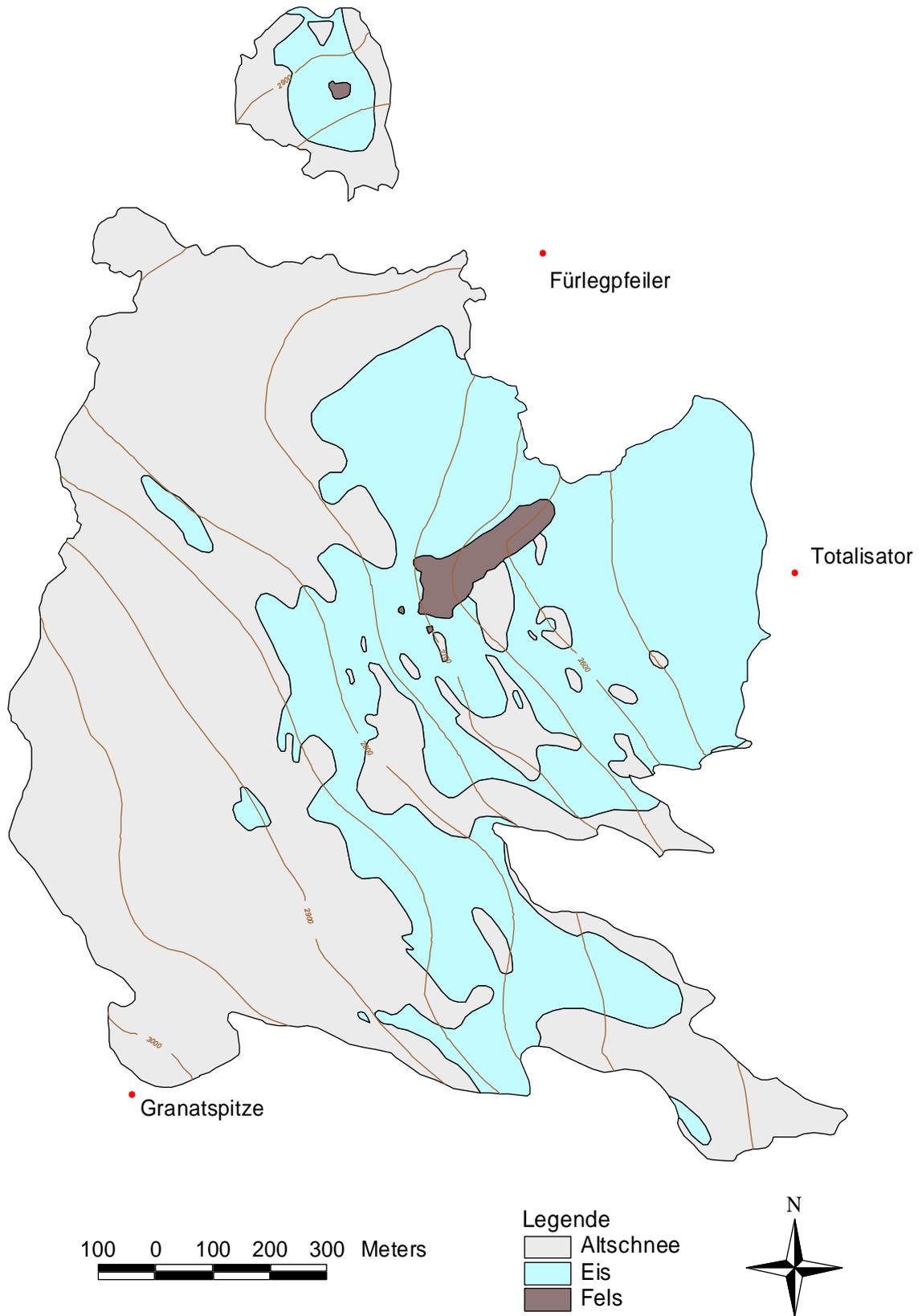


Abb. 10: Karte der maximalen Ausaperung des Stubacher Sonnblickkeeses am 17.10.2000

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	11176	-	5497	5497	16674
2850- 2900	10981	-	14783	14783	25765
2900- 2950	12479	-	7829	7829	20309
Gesamt	34637	-	28111	28111	62749

Sonnblickkees

Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2500- 2550	898	-	114373	114373	115272
2550- 2600	3718	-	59801	59801	63519
2600- 2650	16796	-	37236	37236	54033
2650- 2700	30082	-	64313	64313	94395
2700- 2750	122147	-	112847	112847	234995
2750- 2800	193695	-	64229	64229	257925
2800- 2850	76006	-	90976	90976	166982
2850- 2900	137239	-	25574	25574	162813
2900- 2950	173965	-	2299	2299	176265
2950- 3000	106882	-	-	-	106882
3000- 3050	8554	-	-	-	8554
Gesamt	869985	-	571653	571653	1441639

Sonnblickkees und Filleckkees

Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2500- 2550	898	-	114373	114373	115272
2550- 2600	3718	-	59801	59801	63519
2600- 2650	16796	-	37236	37236	54033
2650- 2700	30082	-	64313	64313	94395
2700- 2750	122147	-	112847	112847	234995
2750- 2800	193695	-	64229	64229	257925
2800- 2850	87183	-	96473	96473	183656
2850- 2900	148220	-	40358	40358	188579
2900- 2950	186445	-	10129	10129	196574
2950- 3000	106882	-	-	-	106882
3000- 3050	8554	-	-	-	8554
Gesamt	904623	-	599764	599764	1504388

Tab. 3: Altschnee-, Firn- und Eisflächen nach Höhenzonen in m² (Stand der Ausaperung: 17.10.2000)

Wie alljährlich wurde während des ganzen August und im September die Ausaperung durch Fotos und Kartierung der Ausaperung festgehalten. Besonders mit den Fotos vom xx. und vor allem xx. September, einen Tag vor dem Haushaltsende, und den Kartierungen am xx. und xx.xx. konnte die Karte der maximalen Ausaperung gezeichnet werden. Der Vermessungsflug zwischen dem xx. und xx.xx. (durch die Photogrammetrie Ges.m.b.H. München) im Auftrag des Nationalparks Hohe Tauern bzw. die CIR-Fotos vom SSK standen noch nicht zur Verfügung, können aber, wenn die Möglichkeit einer Auswertung besteht, für eine neue Gletscherkarte herangezogen werden; die jetzt verwendete stammt von 1990.

Der Schneefall bis xxxx m herab am xx.xx. und am xx.xx. bis xxxm bedeutete noch nicht das Haushaltsende, erst am xx.xx. schneite es im Laufe eines Kaltlufteinbruches am Nachmittag bis auf xxxx m herab, an der Station Rudolfshütte wurden um xx Uhr xx cm Neuschnee gemessen. Damit war die maximale Ausaperung des SSK bzw. das Haushaltsende am 26. September 1999.

1.2.2. Ermittlung der Kenngrößen der Massenbilanz

Die Massenbilanz des SSK 1999/2000 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 1999/2000 folgende Massenbilanzwerte:

Spezifische Nettoakkumulation: $b_c = +26,5 \text{ g/cm}^2$
 Spezifische Nettoablation: $b_a = -29,8 \text{ g/cm}^2$
Mittl. spez. Nettobilanz: $b = -3,3 \text{ g/cm}^2$

Die Massenbilanz des SSK 1999/2000 ist durch folgende Haushaltsgrößen beschrieben:

$S_c \text{ km}^2$	$b_c \text{ g/cm}^2$	$B_c 10^6 \text{ m}^3$	$S_a \text{ km}^2$	$b_a \text{ g/cm}^2$	$B_a 10^6 \text{ m}^3$	$S \text{ km}^2$
0,904	26,5	0,399	0,600	29,8	0,449	1,504
$B 10^6 \text{ m}^3$	$b \text{ g/cm}^2$	S_c/S	S_c/S_a	GW	natürliches Haushaltsjahr	
-0,050	-3,3	0,601	1,507	2725	26.09.99 - 17.10.00	

(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 $-64,7 \text{ cm}$ eine negative Bilanz. Dieses Ergebnis ist nur aus den komplexen Witterungsabläufen heraus zu verstehen. Das Winterhalbjahr begann zunächst mit einem sommerlichen September 1998. Ein schneereicher Spätherbst und Frühwinter führte zum Aufbau der Frühwinterschneedecke. Der Hoch- und Spätwinter wiesen im Vergleich zum langjährigen Mittel durchschnittlich in allen Monaten mehr Schnee auf. Besonders am 1.3.1999 war die Differenz enorm hoch (1999: 480 cm, Mittel: 315 cm).

Jedoch nahm ab Mai der Anteil des Festniederschlags am Gesamtniederschlag aufgrund der höheren Durchschnittstemperatur erheblich ab. Der Monat Mai war im Durchschnitt etwa $2,1^\circ\text{C}$ zu warm. Aufgrund der relativ ‚normalen‘, d.h. dem langjährigen Durchschnitt entsprechenden Temperaturen, im Juni lagen am 1.7.1999 am Unteren Boden des SSK noch 3,50 m Altschnee. Von 28 Jahren waren am 1.7. 13-mal über 3,20 m Schnee zu verzeichnen. Von den 13 Jahren endeten 11 Haushaltsjahre positiv und nur 2 negativ, sodaß zu diesem Zeitpunkt mit großer Wahrscheinlichkeit ein positiver Haushalt des SSK zu erwarten war. Aufgrund der hohen Temperaturen im September 1999 jedoch minimierte sich die mittlere Schneehöhe am Sonnblickkees auf 0 cm und das Haushaltsjahr endete negativ.

Das SSK hatte mit einer spezifischen Massenbilanz von $-64,7 \text{ g/cm}^2$ einen negativen Haushalt. Die Begründung für die Bilanz liegt darin, dass die Temperaturen im Mai und September im Vergleich zu warm waren.

1.3. Die Längen-, Pegel- und Eisdickenmessungen sowie Seenlotungen

Die Längenänderung des Stubacher Sonnblickkeeses wurde - im Rahmen der OeAV-Gletschermessungen - am xx.xx.1999 gemessen. Es ergab sich ein Rückschmelzen von - xx,x m. Trotz des stark negativen Massenhaushalt ist dies ein nicht großer Betrag, der Grund liegt darin, daß der Eisrand größtenteils an einer parallel dazu verlaufenden Felschelle angelagert ist. Die Messmarken, der Eisrand und der Eisrandsee wurden geodätisch eingemessen.

Am xx. xx. wurden beim Ödenwinkel- und SSK unter der Leitung von E.Achleitner (Fa. ECOSAT) und G. Griesebner Realtime GPS - Vermessungen der Ablationspegel durchgeführt, und am xx.xx. konventionelle terrestrische geodätische Messungen unter der Leitung von M. Kiskemper, FH Neubrandenburg. Ziel war die gleichzeitige Vermessung mit beiden Methoden um den alleinigen Einsatz von GPS zu prüfen. Der durchschnittliche Unterschied ist nur etwa 10 cm, d.h. für die bei den Pegelmessungen nötige Genauigkeit mehr als befriedigend. Am 3. und 4. 9. wurden die Pegel am SSK eingebohrt.

Innerhalb eines eigenen Projektes wurden am 14. 2. 98 am Stubacher Sonnblickkees Eisdickenmessungen durchgeführt. Unter der Leitung von N. Span vom Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck, das ein von der Geophysikalischen Kommission der Österr. Akademie der Wissenschaften in Wien gefördertes Projekt zur Bestimmung der Gletschervolumina (unter der Leitung von M. Kuhn) betreibt, wurden in Zusammenarbeit mit H. Slupetzky mittels Radioecholot an 6 Profilen über den Gletscher die Eistiefen bestimmt. Damit ist es nun erstmals möglich, mit befriedigender Genauigkeit das Eisvolumens des SSK abzuschätzen, wodurch nicht nur die jährliche Relativänderung, sondern auch die Absolute Massenänderung berechnet werden kann. Erste grobe Annäherungsrechnungen ergeben eine mittlere Eisdicke des SSK von 50 m, das ist mehr, als die bisherigen indirekten Bechnungen (durch W. Haerberli) ergeben haben.

Im Rahmen einer Diplomarbeit von G. Seitlinger wurden beim Eisrandsee des SSK Lotungen durchgeführt.

2. Niederschlagswerte 1999/00 bzw. 2000 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 (Alpennordseite) und Landeckbach (Alpensüdseite) zeigt Abb. 11, die Abweichungen des Mittelwertes aus den Totalisatoren Weißsee, Kalser Tauern und Sonnblickkees Abb. 12

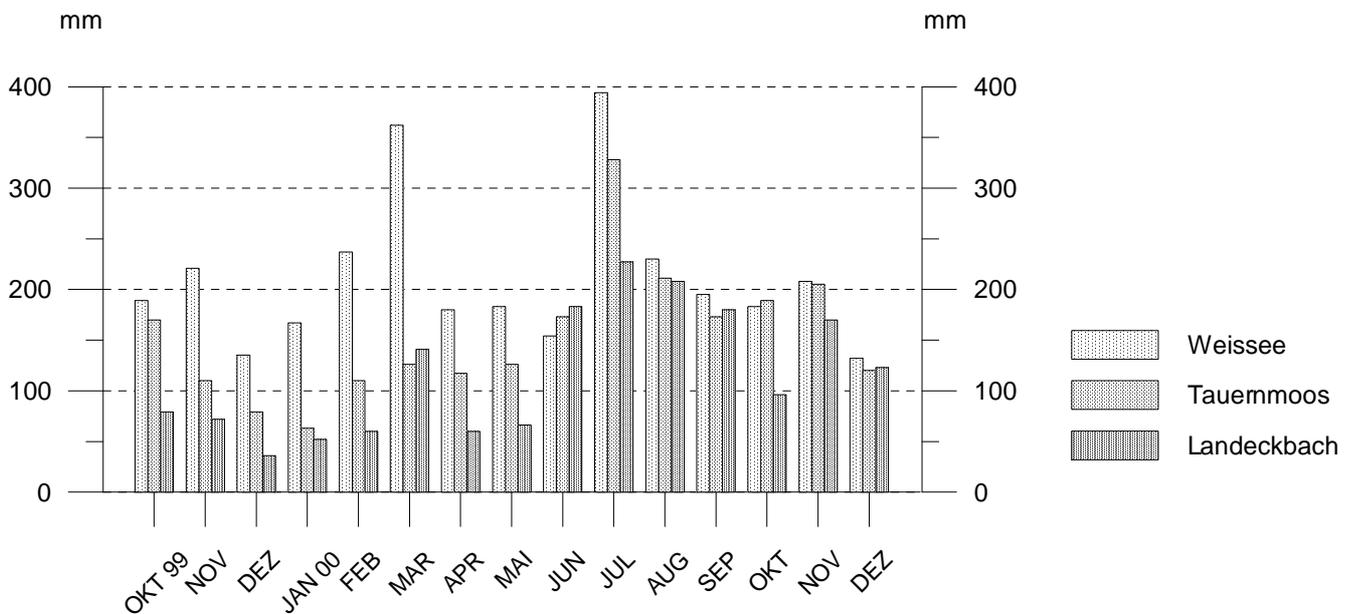


Abb. 11: Monatsniederschlag 1999/00 bei den Totalisatoren Tauernmoossee, Weißsee und Landeckbach (in mm)

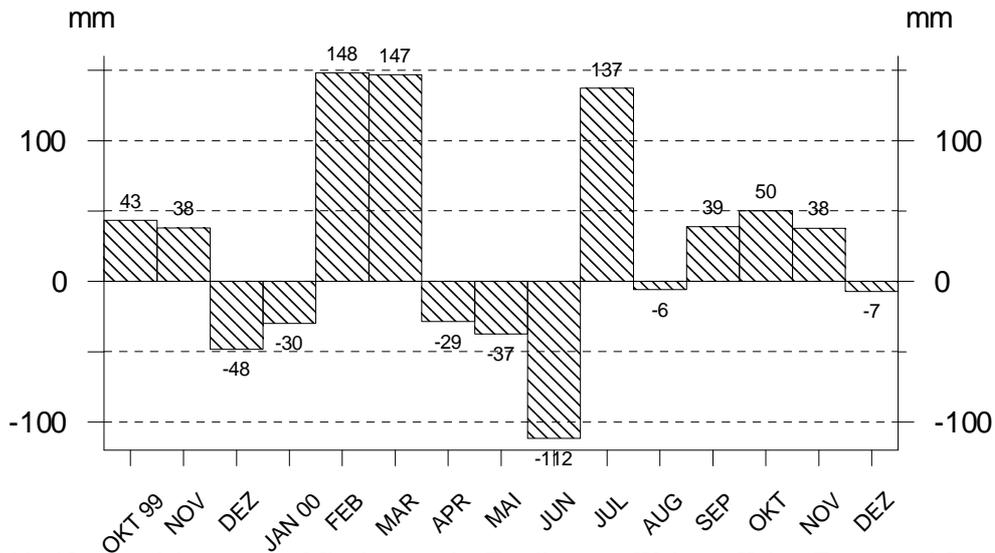


Abb. 12: Abweichungen des Mittelwertes der Totalisatoren Weissee, Kalser Tauern und Sonnblickkees vom langjährigen Durchschnitt (1964 bis 2000) in mm

	WS	KT	SK	TM	BS	LB	RH
	2.270m	2.390m	2.510m	2.040m	2.040m	2.040m	2.304m
Okt 1999	189	202	174	170	167	79	119
November	221	214	192	110	163	72	241(+111)
Dezember	135	101	96	79	76	36	197
Januar 2000	167	95	89	63	61	52	250(+151)
Februar	237	299 (+180)	278 (+174)	110	111	60	343(+236)
März	362 (+154)	315 (+158)	303 (+150)	126	130	141	520(+363)
April	180	170	167	117	122	60	129
Mai	183	195	185	126	141	66	189
Juni	154 (-122)	161	130 (-109)	173	145	183	201
Juli	394	444 (+177)	444 (+165)	328	337 (+124)	227	388(+134)
August	230	284	278	211	222	208	264
September	195	261	263	173	185	180	195
Oktober	183	205	197	189	178	96	227(+113)
November	208	214	204	205	226	170	140
Dezember	132	164	159	120	126	123	132
Kalenderjahr 2000	2625	2807	2697	1941	1984	1566	3025
hydr. Jahr 1999/00	2647	2741	2599	1786	1860	1364	3036
hydr. Sommer 00	1336	1515	1467	1128	1152	924	1366
hydr. Winter 99/00	1311	1226	1132	658	708	440	1670

Tab. 4: Niederschlagswerte aus Totalisatormessungen im Einzugsgebiet der Speicher Weißsee und Tauernmoossee im Hydrologischen Jahr 1999/00 und im Kalenderjahr 2000 (in mm) - Abweichungen über +/-100 mm vom Mittel der Jahre 1964-00 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)

	2000	1964-2000	Abweichungen	%
Tot.Weißsee (2.270m)	2625	2621	4	100
Tot.Kalser Törl (2.390 m)	2807	2358	449	119
Tot. Sonnblickkees	2697	2166	531	125
Tot.Tauernmoos (2.040 m)	1941	1798	143	108
Tot.Landeckbach (2.040 m)	1566	1612	-46	97
Tot.Beileitung Süd (2.040 m)	1984	1693	291	117
Omr.Rudolfshütte (2.304 m)	3025	2402	623	126
"Mittel der 6 Totalisatoren" 1999	2270	2041	229	111

Tab. 5: Jahressummen des Niederschlages im Kalenderjahr 1999 (in mm), Abweichungen vom Mittel 1964 (bzw. 1981) bis 2000 und relativ zum Mittelwert (Prozent).

Die Jahressummen der Niederschläge an den Totalisatoren waren im Verhältnis zu den Mittelwerten der Jahre 1980 bis 2000 zwischen 3% zu niedrig (Tot. Landeckbach) und 25% zu hoch (Tot. Sonnblickkees).

Am Totalisator Weißsee und Tauernmoos wurden durchschnittliche Werte gemessen (100% bzw. 106% vom Mittel). Nur die Messstelle Landeckbach zeigte unterdurchschnittliche Messwerte, der Totalisator Sonnblickkees mit 125% einen stark überdurchschnittlichen Wert. Die Messstellen am Kalser Törl (119% des Mittelwertes) und an der Beileitung Süd (117% des Mittelwertes) lagen auch noch deutlich über dem zu erwartenden Wert.

Im Mittel der Totalisatoren wurde ein Niederschlag ermittelt, welcher mit 111% wesentlich über dem langjährigen Durchschnitt lag.

Der maximale Monatsniederschlag wurde im März 2000 am Ombrometer der Rudolfshütte mit 520 mm ermittelt. Auch die Totalisatoren am Weißsee, dem Kalser Törl und dem Sonnblickkees weisen im März hohe Messwert auf, der in allen Fällen mehr als 100 mm über dem monatlichen Mittel von 1964 – 2000 lag. Bis auf den Ombrometer Rudolfshütte wiesen jedoch alle Messstellen im Juli ihren höchsten Wert auf. März und Juli waren somit sehr feuchte Monate.

3. Der Abfluß 1999/00 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):

	1999/00	1942-00	% vom Mittel		1999/00	1942-00	% vom Mittel
Oktober 1999	1132	661	171	Juli	3689	4304	86
November	158	179	88	August	4674	3684	127
Dezember	0	108	0	September	760	1919	40
Januar 2000	123	117	105	Oktober	645	661	98
Februar	106	84	126	November	265	179	148
März	119	84	142	Dezember	146	108	136
April	124	127	98				
Mai	856	886	97	Hyd. Jahr 1999/00	17954	15172	118
Juni	6213	3019	206	Kalenderjahr 2000	17720	15172	117

Tab. 8: Monatlicher Abfluß 1999/00 und Abweichungen vom Mittel der Jahre 1942-2000 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee (Werte in 1.000 m³)

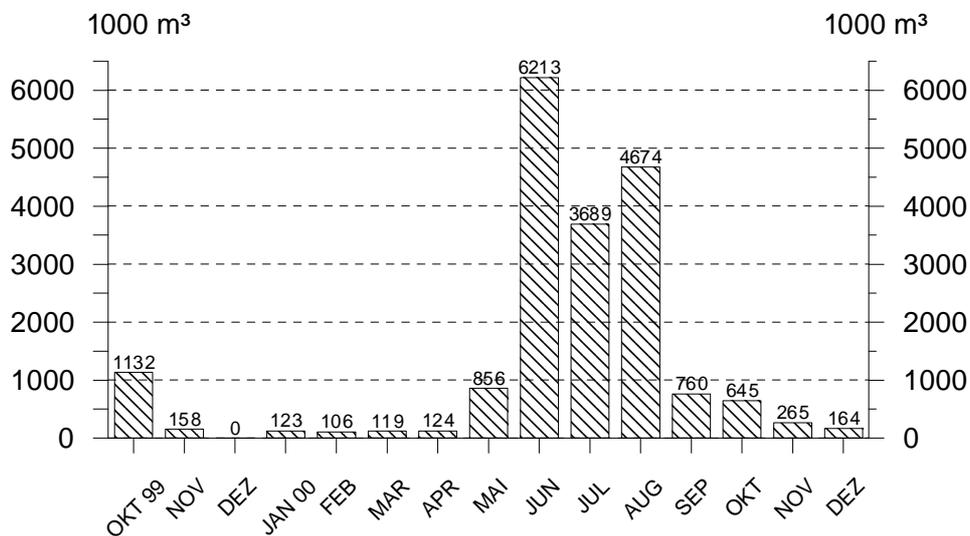


Abb. 13: Monatliche Abflußhöhen im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee 1999/00 (in 1000 m³)

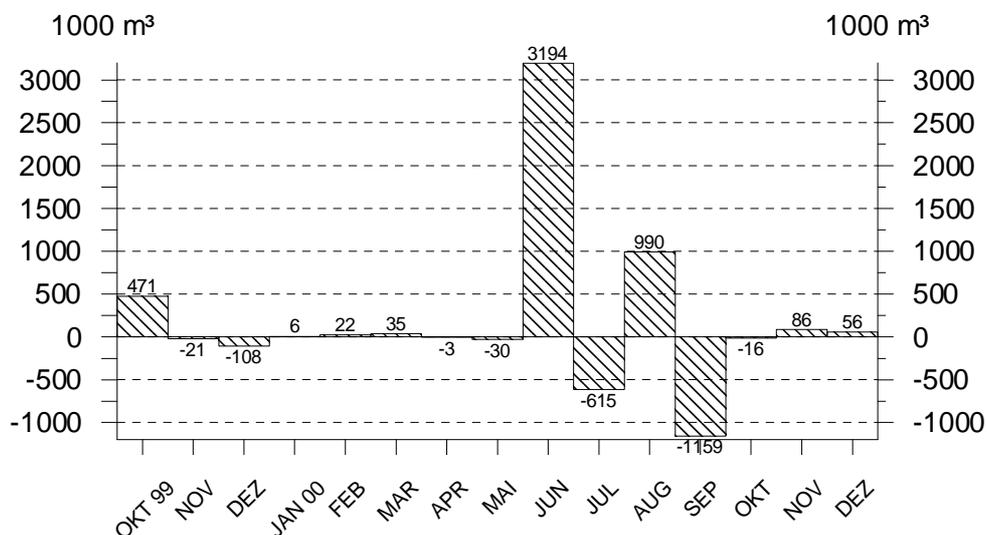


Abb. 14: Abweichungen der monatlichen Abflußhöhe vom langjährigen Mittelwert 1942/43 bis 1999/00 (in 1000 m³)

Der Speicher Weißsee erreichte am 11.08.2000 den Vollstau. Der Zufluß im hydrologischen Jahr 1999/00 lag mit 17,95 Mio. m³ wesentlich unter dem langjährigen Mittel von 1942 bis 2000. Die Jahres-Abflußhöhe betrug 3.343 mm (Mittel 1942-99 2.862 mm).

In Abb. 13 sind die monatlichen Abflußhöhen, in Abb. 14 die Abweichungen im Hydrologischen Jahr 1999/00 vom langjährigen Mittel dargestellt.

Im Winterhalbjahr waren die Abflußwerte leicht erhöht. Lediglich der November und Dezember 1999 zeigten einen unterdurchschnittlichen Abfluß. Das Sommerhalbjahr begann mit durchschnittlichem Abfluß im April und Mai. Der Juni wies hingegen einen stark überhöhten Abflußwert (6.213 gegenüber 3.019 Mio. m³) auf. Der Monat September 2000 lag deutlich unter dem langjährigen Mittel –nur 40% des Mittels. Die Monate August, November und Dezember 2000 weisen hingegen wieder leicht überhöhte Werte auf.

4. Berechnung der Größenordnung der hydrologischen Bilanz 1999/00 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	2756	20558700	± 7,7%
Abfluss	3387	17954000	± 5%
Verdunstung	400	2120000	±25%
Bilanz SSK	-9	-50000	±5%
Bilanz Weißseekees	+3	18000	±30%
Firnflecken	0	0	±30%
Altschneeflecken	98	520000	±30%

Tab. 9: Abschätzung der hydrologischen Bilanz im Einzugsgebiet Weißsee

Die Niederschlagshöhe für das 5,3 km² große Einzugsgebiet des Speichers Weißsee betrug 3.879 mm ±7,7 %. Die Gletscherspende war 240 mm oder 1,275 Mio. m³, das sind etwa 8,0 %.

Berechnet man aus den Niederschlagssummen der Totalisatoren Weißsee und Sonnblickkees sowie dem Ombrometer Rudolfshütte den „mittleren Jahres-Gebietsniederschlag“ im Einzugsgebiet Weißsee, erhält man für 1998/99 2.786mm. Gegenüber der Niederschlagshöhe (abgeschätzt aus der Wasserhaushaltsgleichung) von 3.009 mm ist dies um 223 mm zu viel (!). Das bedeutet, daß die Totalisatoren im Mittel etwa 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 starken Massenverlustes seit 1982 wieder voll fort. Die kurze Phase mit Jahren annähernd ausgeglichener Bilanzen ist 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 -38,3 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, A. Slapschy, 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, und R. Puruckher von der FH Bochum, Fachbereich Vermessungswesen, leiteten die terrestrischen geodätischen Vermessungen, die GPS- Satellitenvermessung der Pegel fand unter der Leitung von E. Achleitner (Fa. ECOSAT) unter Mitarbeit von G. Griesebner und M. Fally statt. G. Seitlinger koordinierte die Seenvermessungen im Rahmen seiner Diplomarbeit.

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
gartner
Institut für Geographie und Angewandte Geoinformatik der Universität Salzburg,
Abteilung für Gletscher- und vergleichende Hochgebirgsforschung
Hellbrunnerstraße 34
Siezenheim
A-5020 Salzburg*

*Mag. Gerhard Eh-
gartner
Fa. GEOID
Dr. Hans Lechner Str. 6
A-5071 Wals-*