

Programm "Wasser- und Eishaushaltmessungen im Stubachtal"
(Massenbilanzmeßreihe vom Stubacher Sonnblickkees)
Ergebnisbericht für 1993

Zusammenfassung

Das Haushaltsjahr 1992/93 - das 30. Meßjahr seit Beginn der Reihe 1963/64 - endete mit einer nur wenig negativen Bilanz von -31 g/cm^2 mittlerer spezifischer Nettobilanz oder $-0,5 \text{ Mio. m}^3$ Massenverlust. Damit wurde der Massenabbau seit 1982 nur wenig unterbrochen, der sich kumulativ auf $-13,3 \text{ Mio. m}^3$ oder $-8,1 \text{ m}$ spezifische Bilanz beläuft (bei einer Gletscherfläche von $1,5 \text{ km}^2$). Die Bilanz über die gesamte Meßreihe 1964 bis 1993 beträgt -5 Mio m^3 oder $-3,5 \text{ m}$. In den 30 Jahren waren 16 Haushaltsjahre positiv und 14 negativ, seit 1982 endeten von den 12 Haushaltsjahren 10 negativ. Die Gleichgewichtslinie lag am 25. 9. 1993 am Ende des Haushaltsjahres in 2.780 m Seehöhe, um 65 m unterhalb des Mittels 1982 bis 1993. Der Eisrand blieb mit $+0,4 \text{ m}$ nahezu stationär. Die Ursache für den gegenüber den letzten Jahren geringen Massenverlust ist in der kurzen und durch mehrere Kaltluftereinbrüche bzw. kühleren Witterungsphasen unterbrochenen Ablationsperiode zu sehen; diese endete weitgehend am 27. 8., die Abschmelzung im kühlen September fiel nicht mehr ins Gewicht. Das Haushaltsjahr endete am 25. 9. 1993.

Das Jahresmittel der Temperatur an der Station Rudolfshütte lag im hydrologischen Jahr 1992/93 bei $-0,3^\circ\text{C}$ und war um $0,5^\circ\text{C}$ höher als der Durchschnitt 1980 bis 1993. Der Niederschlag war mit 2.657 mm über dem Mittelwert 1964 bis 1994 von 2.144 mm. Der Niederschlag 1992/93 aus den sechs Totalisatoren und dem Ombrometer Rudolfshütte war im Mittel 2.036 mm und entsprach mit 94 % nahezu dem langjährigen Mittel.

Das Temperaturmittel in der Hauprablationsperiode Juni bis September betrug $5,1^\circ\text{C}$ und war damit $0,8^\circ\text{C}$ unter dem Mittel 1980 bis 1992 von $5,9^\circ\text{C}$. Insgesamt war der Sommer im Gebirge zu warm, wenn auch nicht so stark wie in den Jahren vorher. Die Aktivität des Gletschers läßt weiter nach, an der Gletscherstirn kann durch die Emergenzbewegung nur mehr die Hälfte der Ablation kompensiert werden, und da der Fließweg nur mehr 1 bis 3 m pro Jahr beträgt, ist in Zukunft mit einem weiteren Längenverlust zu rechnen.

Der Zufluß in den Speicher Weißsee betrug in Hydrologischen Jahr 1992/93 $15,3 \text{ Mio. m}^3$, was dem langjährigen Mittel entspricht. Die Jahresabflußhöhe war 2.878 mm, das Mittel 1942 bis 1993 beträgt 2.852 mm.

Aus der Wasserhaushaltsgleichung läßt sich eine Jahresniederschlagshöhe im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee für 1992/93 von 3.183 mm abschätzen. Die Gletscherspende betrug nur ca. 1,4 %.

1. Die Bestimmung der Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses 1992/93

In diesem Jahr wurde zum 30. Mal in ununterbrochener Reihenfolge die Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses (SSK) bestimmt (davon 17 mal mit der direkten glaziologischen Methode und 13 mal über die maximale Ausaperung).

1.1. Witterungsverlauf 1992/93

Vergleicht man den Jahresverlauf der glazialmeteorologisch wichtigen Parameter: Temperatur, Niederschlag und Schneehöhe, sowie fester Niederschlag, gewonnen aus den Klimadaten der Station Rudolfshütte (RH), 2.304 m, so ergibt sich für das Haushaltsjahr 1992/93 folgendes Bild:

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

Das Jahresmittel der Temperatur lag im hydrologischen Jahr 1992/93 bei $-0,3^{\circ}$ und war somit um $0,5^{\circ}$ höher als der Durchschnitt der Jahre 1980 bis 1993. Auffallend ist der zu warme Winter mit durchgehend positiven Anomalien vom November bis Februar um $+2^{\circ}\text{C}$; auch der April und Mai waren zu warm. Insgesamt weist der hydrologische Winter ein Mittel von $-4,3^{\circ}$ auf, das sind $+0,8^{\circ}$ gegenüber dem langjährigen Mittel von $-5,1^{\circ}$. Im Sommer bzw. Spätsommer waren der Juli und September zu kühl. Das Sommerhalbjahr liegt mit einem Mittel von $+3,6^{\circ}$ etwa im langjährigen Durchschnitt (1980-93: $+3,5^{\circ}$).

Allgemein war das Jahr 1993 nördlich der Alpen um gut 1°C zu warm, die erste Jahreshälfte sogar gegen 2°C . Die zweite Jahreshälfte ist normal temperiert verlaufen.

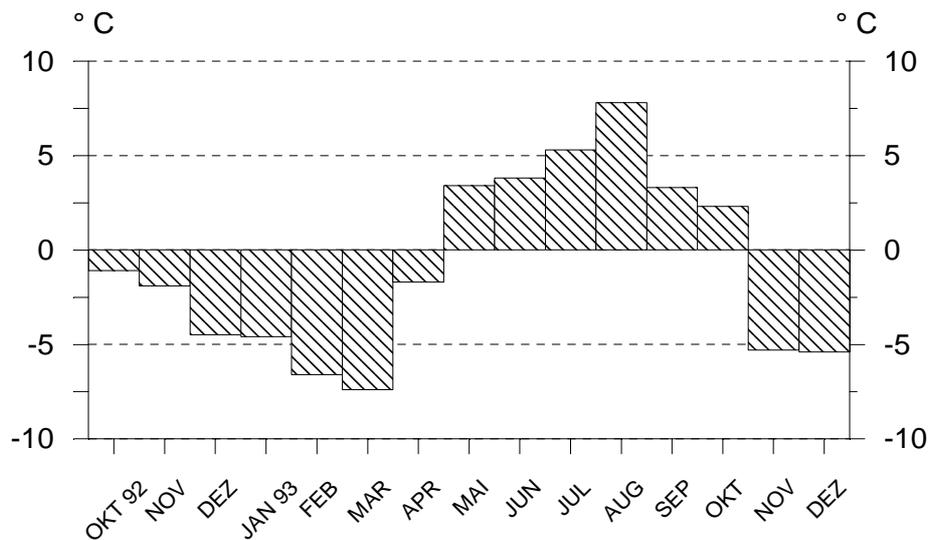


Abb. 1: Monatsmittel der Temperatur 1992/93 an der Station Rudolfshütte ($^{\circ}\text{C}$)

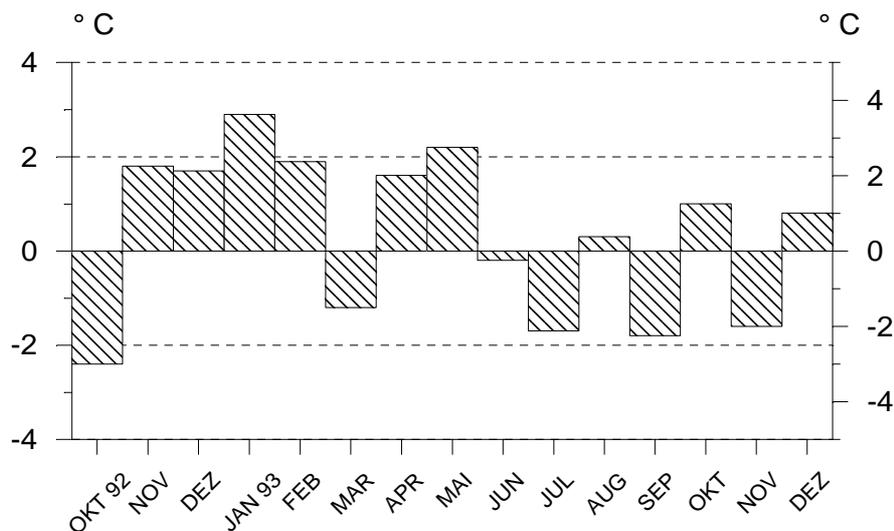


Abb. 2: Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur vom Mittel 1980-92 ($^{\circ}\text{C}$).

Niederschlag(Tab. 2, Abb. 3 und 4):

Die Niederschläge im hydrologischen Jahr 1992/93 lagen mit 2.657 mm (gemessen am Ombrometer der Station Rudolfshütte) etwa 1/4 über dem Durchschnitt der Jahre 1964-1993(2.144 mm).

Der hydrologische Winter 1992/93 war mit einer Niederschlagssumme von 1.140 mm zu feucht (Mittelwert 860 mm), auch der Sommer 1993 liegt mit 1.517 mm deutlich über dem langjährigen Mittelwert (1.290 mm).

Der Herbst 1992 zeigte für die Monate Oktober und November positive Abweichungen von rund 100 mm, im Sommer waren die Juli- und August-Monatssummen um rund 150 mm übernormal. Ansonsten wichen die Monatssummen relativ wenig vom langjährigen Mittel ab.

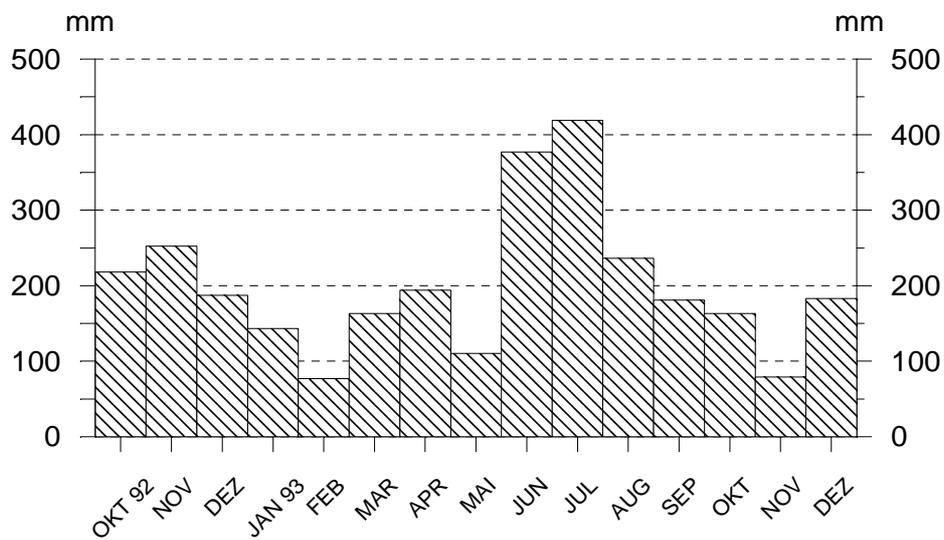


Abb. 3: Monatssummen des Niederschlages 1992/93 an der Station Rudolfshütte (in mm)

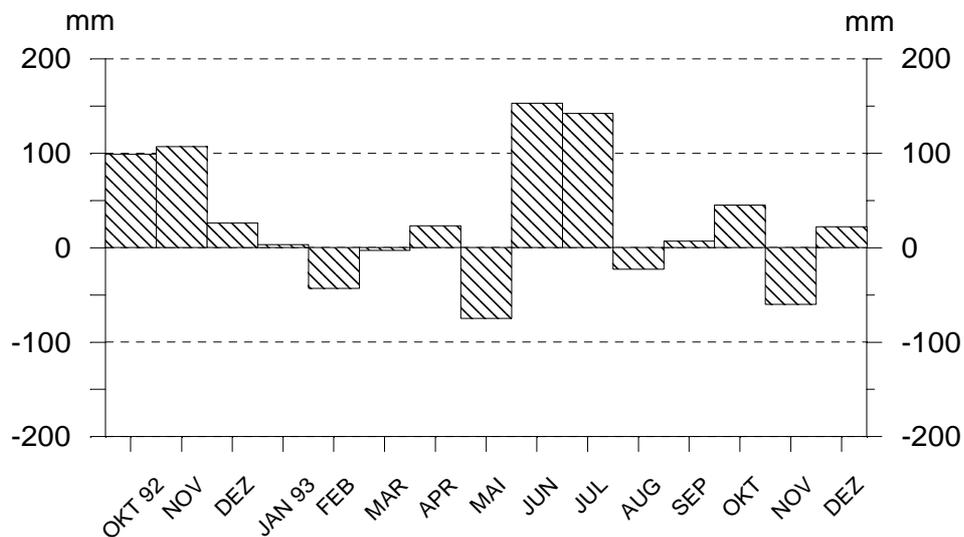


Abb. 4: Abweichungen der Monatssummen des Niederschlages vom Mittel 1964-92 (in mm)

Schneehöhe am Unteren Boden des SSK in 2.530 m Seehöhe (Tab. 3, Abb. 5 und 6):

Der Schneezuwachs erfolgte vor allem im Früh- und Spätwinter (dazwischen mit einer Unterbrechung im schneearmen Jänner mit einer fast 2 m geringeren Schneehöhe gegenüber dem Mittel 1980 bis 1993). Das warme Frühjahr führte zunächst zu einem frühen Beginn des Schneedeckenabbaus (am 1. April lagen am Unteren Boden 4,1 m gegenüber 5,2 m im Vorjahr, am 1. Mai nur 2,8 m, das sind um 3 m weniger als am 1. 5. 1992!). Die Abschmelzung war aber Ende Juni bis in den Juli hinein durch eine kühle Witterungsphase verzögert.

Trotz des warmen August wurde die Schneedecke am Unteren Boden nicht völlig abgebaut, sodaß mit den Neuschneefällen im kühlen September am 1. 10 1993 noch ein halber Meter Neuschnee lag.

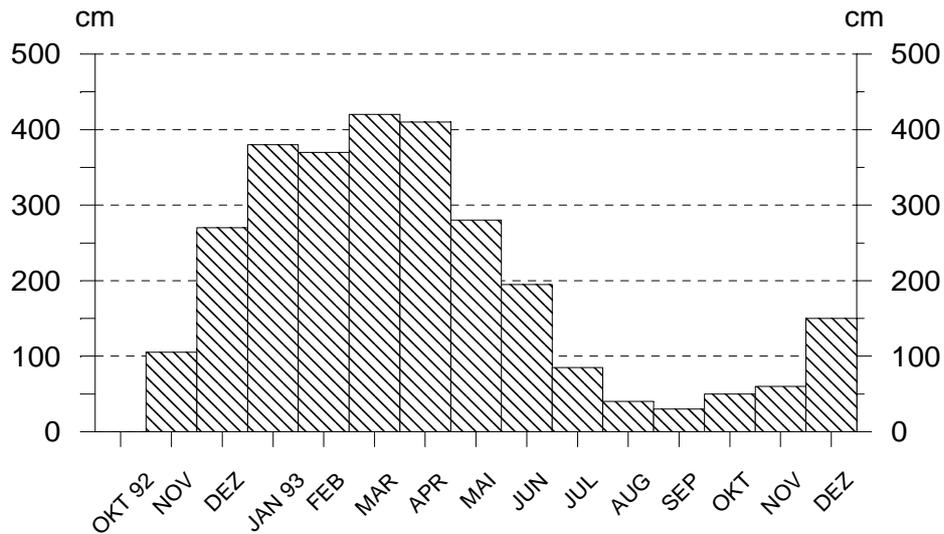


Abb. 5: Schneehöhen am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) im hydrologischen Jahr 1992/93 (gemessen am 1. jeden Monats)

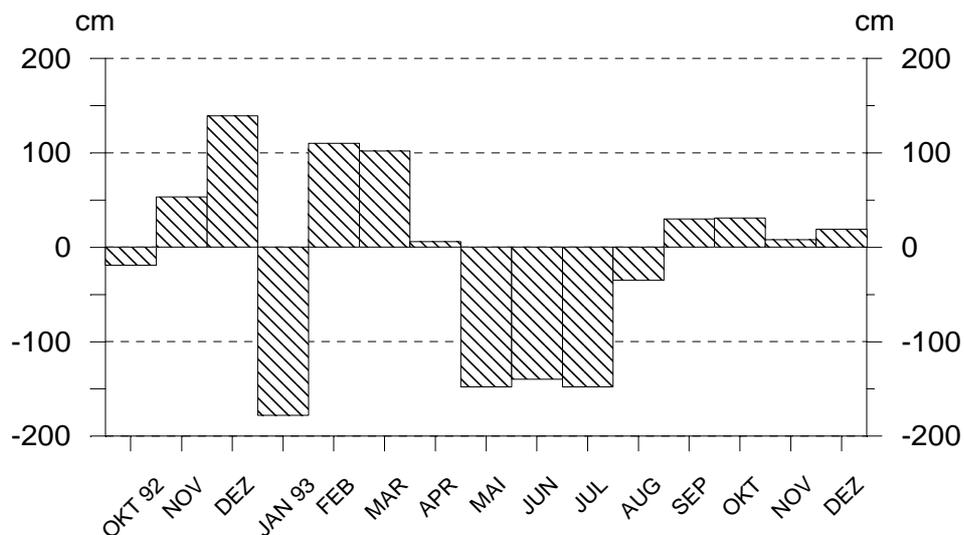


Abb. 6: Abweichungen der Schneehöhen (in cm) am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) vom Mittel der Jahre 1980 - 1993.

Fester Niederschlag - Schnee etc. und 50% von Schnee und Regen gemischt (Tab. 4, Abb. 7 und 8):

Im Mai fiel nur die Hälfte des Niederschlags in Form von Schnee, im Juni gut ein Drittel, das sind um 18 bzw. 13 % weniger als im langjährigen Durchschnitt. Besonders der September mit 56 % festem Niederschlag (+11 % Abweichung) verhinderte eine weitere Abschmelzung.

Die während der glazilogisch wichtigen Zeit häufiger auftretenden kühlen Witterungsphasen unterbrachen jeweils die Abschmelzung. Markante Kaltlufteinbrüche mit sehr tiefer Neuschneegrenze waren am 14. 6. bis 2.000 m herab, am 27. 7. bis 2.300 m, am 9. 8. bis 2.250 m, am 11. 8. bis 2.200 m, am 31. 8. bis 1.800 m, am 6. 9. bis 1.800 m, am 14. 9. bis 2.500 m und am 26. 9. bis 1.550 m herab.

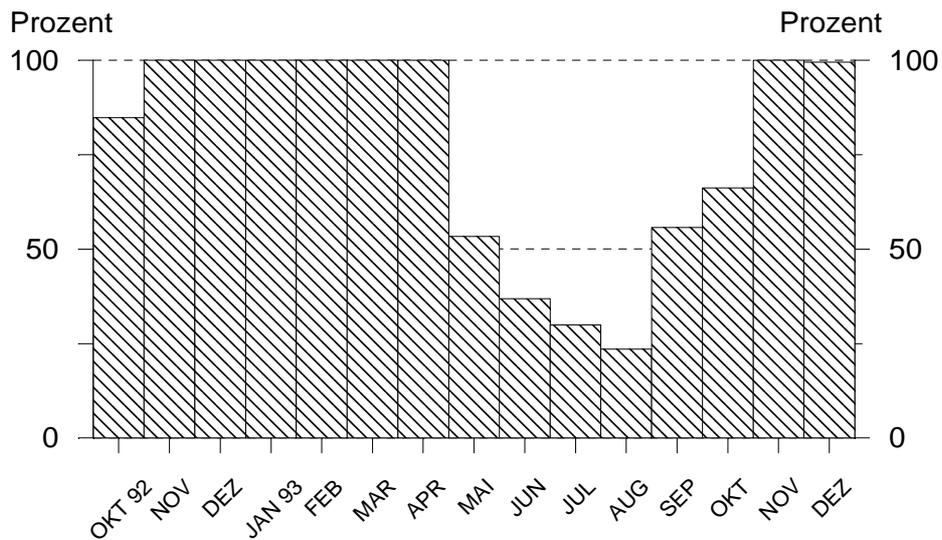


Abb. 7: Anteil des festen Niederschlages 1992/93 an der monatlichen Gesamtniederschlagsmenge

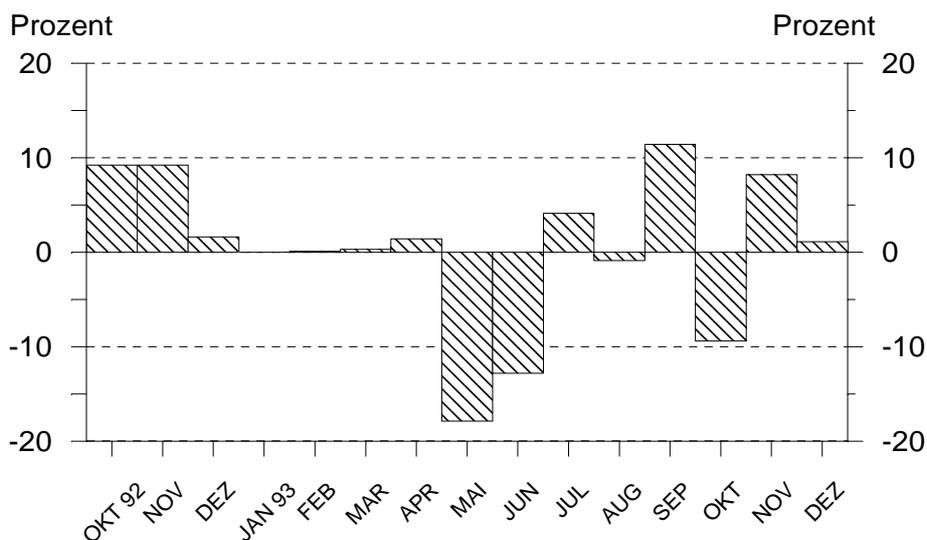


Abb. 8: Abweichung des Anteiles am monatlichen Festniederschlag 1992/93 vom langjährigen Mittel 1980 - 1990

	Temperatur	Mittelwerte	Abweichungen
	1992/93	1980-1993	
Oktober 1992	-1,1	1,3	-2,4
November	-1,9	-3,7	+1,8
Dezember	-4,5	-6,2	+1,7
Januar 1993	-4,6	-7,5	+2,9
Februar	-6,6	-8,5	+1,9
März	-7,4	-6,2	-1,2
April	-1,7	-3,3	+1,6
Mai	3,4	1,2	+2,2
Juni	3,8	4,0	-0,2
Juli	5,3	7,0	-1,7
August	7,8	7,5	+0,3
September	3,3	5,1	-1,8
Oktober	2,3	1,3	+1,0
November	-5,3	-3,7	-1,6
Dezember	-5,4	-6,2	+0,8

Tab. 1: Monatsmittel der Temperatur 1992/93 gemessen an der Station Rudolfshütte, und die Abweichungen vom Mittel der Jahre 1980 bis 1993 (in °C).

	Niederschlag	Mittelwerte	Abweichungen
	1992/93	1964-93	1992/93
Oktober 1992	218	119	+99
November	252	145	+107
Dezember	187	161	+26
Januar 1993	143	140	+3
Februar	77	120	-43
März	163	166	-3
April	194	171	+23
Mai	110	185	-75
Juni	377	224	+153
Juli	419	277	+142
August	236	259	-23
September	181	174	+7
Oktober	163	118	+45
November	79	139	-60
Dezember	183	161	+22

Tab. 2: Monatssummen des Niederschlages 1992/93 gemessen an der Station Rudolfshütte, und die Abweichung der Werte vom Mittel der Jahre 1964 - 93 (in mm)

	Schneehöhen	Mittelwert	Abweichung
	1992/93	1980-93	1992/93
Oktober 1992	-	19	-19
November	105	52	+53
Dezember	270	131	+139
Januar 1993	380	202	-178
Februar	370	260	+110
März	420	318	+102
April	410	404	+6
Mai	280	428	-148
Juni	195	335	-140
Juli	85	233	-148
August	40	75	-35
September	30	-	+30
Oktober-	50	19	+31
November	60	52	+8
Dezember	150	131	+19

Tab. 3: Schneehöhen (in cm) am Sonnblickkees (Unterer Boden) im hydrologischen Jahr 1992/93 und Vergleich mit den mittleren Schneehöhen der Jahre 1980 bis 1993 (gemessen am 1. oder 2. des jeweiligen Monats; das Mittel für September konnte nicht berechnet werden)

	Anteil	Mittelwert	Abweichung
	1992/93	1980 - 1990	1992/93
Oktober 1992	84,8	75,6	+9,2
November	100,0	90,8	+9,2
Dezember	100,0	98,4	+1,6
Januar 1993	100,0	100,0	0,0
Februar	100,0	99,9	+0,1
März	100,0	99,7	+0,3
April	100,0	98,6	+1,4
Mai	53,3	71,2	-17,9
Juni	36,8	49,6	-12,8
Juli	29,9	25,8	+4,1
August	23,5	24,4	-0,9
September	55,7	44,3	+11,4
Oktober	66,2	75,6	-9,4
November	100,0	90,8	+8,2
Dezember	99,5	98,4	+1,1

Tab. 4: Anteil des festen Niederschlages an der Gesamtniederschlagssumme (in Prozent) und Abweichungen vom Mittel 1980-1990.

Überblick über die klimatischen Verhältnisse 1992/93 an der Station Rudolfshütte:

Das Winterhalbjahr war um 0,8 °C zu warm (-4,3 °C), der Niederschlag mit 1.140 mm um 280 mm über dem Durchschnitt. Das Sommermittel war mit 3,6 °C im langjährigen Durchschnitt (1980 bis 1993 +3,5 °C). Das Sommerhalbjahr war zu feucht, die Summe betrug 1.517 mm (+227 mm). Das Jahresmittel der Temperatur lag in Hydrologischen Jahr 1992/93 bei -0,3 °C und war damit um 0,5 °C höher als der Durchschnitt 1980 bis 1993. Der Niederschlag (am Ombrometer Rudolfshütte) lag mit 2.657 mm über dem Mittel 1964 bis 1994 von 2.144 mm. Das Temperaturmittel in der Hauprablationsperiode Juni bis September betrug 1993 5,1 °C und war damit -0,8 °C unter dem Mittel 1980 bis 1992 von 5,9 °C. Insgesamt betrachtet war der Sommer im Gebirge wieder - wenn auch nicht so stark wie sonst - zu warm.

1.2. Berechnung der Massenbilanz

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 am Ende des Haushaltsjahres entspricht). Es ist daher notwendig, ab etwa 20. August bis Mitte Oktober (dem nach bisherigen Erfahrungen frühesten bzw. spätesten Ende des Haushaltsjahres), die Ausaperung laufend durch Fotos und Kartierungen zu verfolgen, um mit Sicherheit die maximale Ausaperung zu erfassen. Wie im Vorjahr wurde die Ausaperung mit einer Mittelformatkamera festgehalten. Dabei sollte wiederum ein möglichst nahe an der maximalen Ausaperung liegender Stand dokumentiert um dann für die Bestimmung der Akkumulations- und Ablationsflächen ausgewertet zu werden.

Meßaufnahmen erfolgten (durch K. Pangerl) am 5., 14., 20. und 26./27. 8. Weiters wurden die Ausaperungsstände am 15., 26., 27. 8. sowie am 13. und 22. 9 1993 (Abb. 9) fotografisch festgehalten. Die Ausaperung wurde am 27. 8. 1993 kartiert (wie sich später herausstellte nahezu zum Zeitpunkt der de facto - maximalen Ausaperung). Am 31. 7. 1993 wurde erstmals versucht, den Ausaperungsstand vom Panoramabild Kitzsteinhorn vom Fernschirmschirm zu kartieren und fotografieren.

Die sommerliche Ausaperung wurde einige Male durch Neuschneefälle unterbrochen. Die maximale Ausaperung war schon am 27. 8. 1993 (Abb. 10); am 28. 8. setzte eine Schneefallperiode ein, sodaß am 29. 8. am Unteren Boden in 2.530 m 10 cm Neuschnee, bis zum 8. 9. 65 bis 75 cm lagen. Nachher aperte das SSK nur mehr in tieferen Lagen aus, das endgültige Haushaltsende ist mit 25. 9. 1993 anzusetzen (die Schneefallgrenze lag am 26. 9. in 1.550 m).

Mit den Meßaufnahmen wurde mit Hilfe des Monoplotting Verfahrens die Ausaperung für den 26./27. 8. bestimmt und, unter Berücksichtigung der Veränderungen, die Karte der maximalen Ausaperung zum Zeitpunkt 25. 9. 1993 gezeichnet (Abb. 11).



Abb. 9: Das Stubacher Sonnblücke am 22.9.1993 (Foto: H. Slupetzky)



Abb. 10: Foto vom Fürleggpfeller aus gegen die Granatspitze, am 27.8.1993 (Foto: H. Slupetzky)

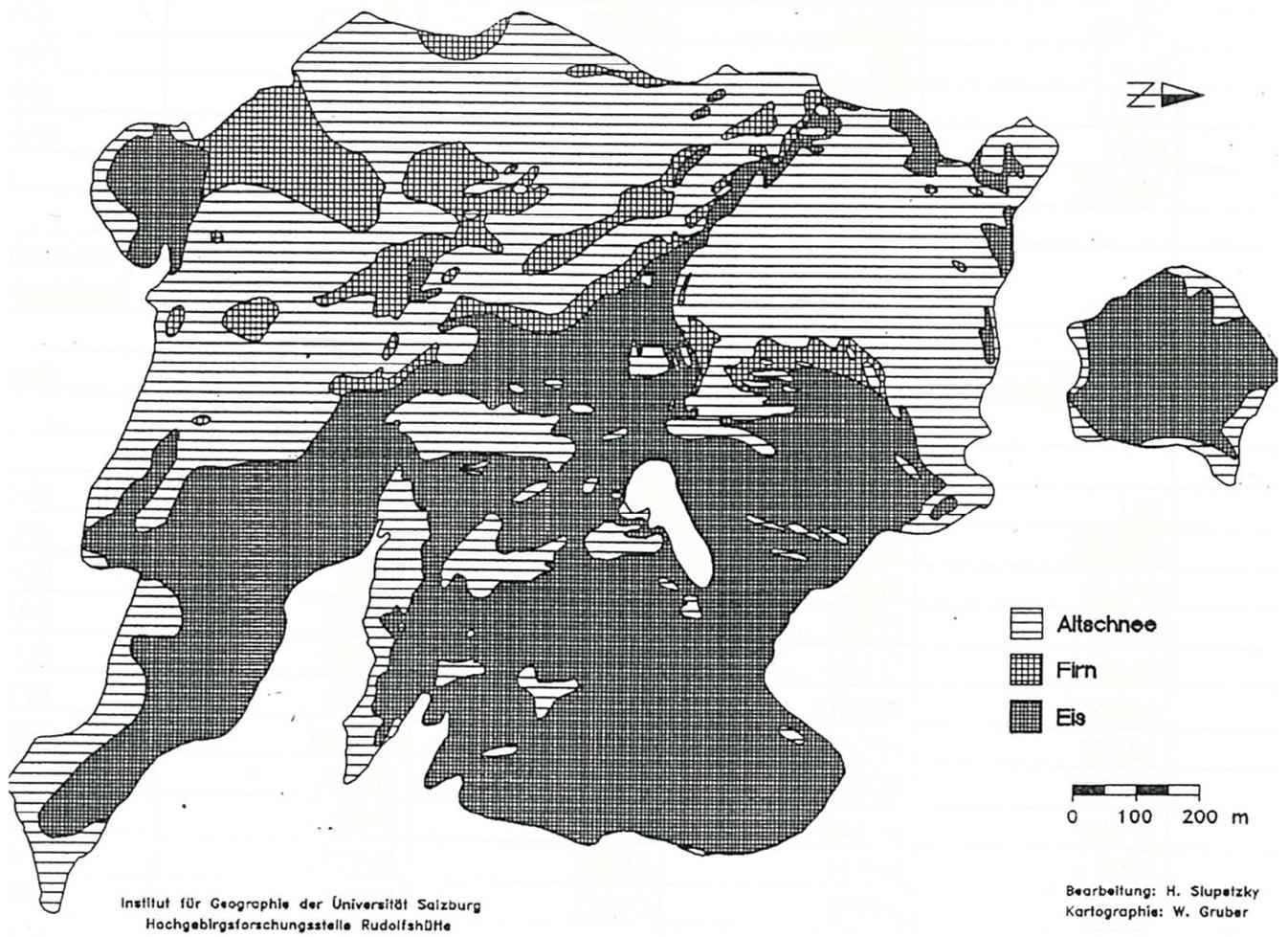


Abb. 11: Karte der maximalen Ausaperung des Stubacher Sonnblieckekees am 25.9.93.

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. 5) , mit denen in weiterer Folge die Massenbilanz des SSK berechnet wurde.

Filleckkees					
Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2750-2800	4087	-	18419	18419	22506
2800-2850	4672	-	29078	29078	33749
2850-2900	5181	-	14032	14032	19212
Gesamt	13939	-	61528	61528	75467
Sonnblickkees					
Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2450-2500	-	-	170	170	170
2500-2550	1469	-	123868	123868	125338
2550-2600	4936	-	63742	63742	68678
2600-2650	12883	-	49855	49855	62738
2650-2700	25195	-	68312	68312	93507
2700-2750	88314	10497	136366	146862	235176
2750-2800	166595	4216	85348	89564	256159
2800-2850	45850	15962	101781	117743	163593
2850-2900	125175	23042	17453	40494	165669
2900-2950	122797	50923	726	51650	174447
2950-3000	68347	22313	18914	41227	109573
3000-3050	4057	-	4350	4350	8407
Gesamt	665617	126952	670884	797836	1463454
Sonnblickkees und Filleckkees					
Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2450-2500	-	-	170	170	170
2500-2550	1469	-	123868	123868	125338
2550-2600	4936	-	63742	63742	68678
2600-2650	12883	-	49855	49855	62738
2650-2700	25195	-	68312	68312	93507
2700-2750	88314	10497	136366	146862	235176
2750-2800	166595	4216	85348	89564	256159
2800-2850	49938	15962	120200	136162	186099
2850-2900	129846	23042	46530	69572	199418
2900-2950	127978	50923	14758	65681	193659
2950-3000	68347	22313	18914	41227	109573
3000-3050	4057	-	4350	4350	8407
Gesamt	679557	126952	732412	859365	1538921

Tab. 5: Altschnee-, Firn- und Eisflächen nach Höhenzonen in m² (Stand der Ausaperung: 25.09.1993)

1.2.2. Ermittlung der Kenngrößen der Massenbilanz

Die Massenbilanz des SSK 1992/93 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 1992/93 folgende Massenbilanzwerte:

Spezifische Nettoakkumulation: $b_c = 15,897 \text{ g/cm}^2$

Spezifische Nettoablation: $b_a = -47,360 \text{ g/cm}^2$

Mittl. spez. Nettobilanz: $b = -31,463 \text{ g/cm}^2$

Die Massenbilanz des SSK 1990/91 ist durch folgende Haushaltsgrößen beschrieben:

$S_c \text{ km}^2$	$b_c \text{ g/cm}^2$	$B_c \text{ 10}^6\text{m}^3$	$S_a \text{ km}^2$	$b_a \text{ g/cm}^2$	$B_a \text{ 10}^6\text{m}^3$	$S \text{ km}^2$
0,679	15,9	0,244	0,859	-47,4	-0,728	1,538
$B \text{ 10}^6\text{m}^3$	$b \text{ g/cm}^2$	S_c/S	S_c/S_a	GW	natürliches Haushaltjahr	
-0,484	-31,5	0,44	0,79	2780	1.10.92 -25.09.93	

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

Das SSK hatte mit einer mittleren spezifischen Massenbilanz von $-31,5 \text{ g/cm}^2$ nur einen gering negativen Haushalt. Die Begründung für einen neuerlichen Massenverlust liegt vor allem im raschen Schneedeckenabbau schon im Frühjahr und einem relativ warmen August. Mehrere sommerliche Schneefälle und besonders der kühle und schneereiche September verhinderten einen stärkeren Massenabbau, da die Ablationsperiode mehrmals unterbrochen wurde und kurz war.

1.3. Ergebnisse der Längen- und Bewegungsmessungen

Das Gletscherende des SSK wurde am 28.8.1993 von 14 Meßmarken aus nachgemessen (Längenmessungen des Österreichischen Alpenvereines). Für 92/93 ergab sich ein mittlerer Änderungsbetrag von $+0,4 \text{ m}$. Der Eisrand blieb deswegen annähernd stationär, weil er relativ lang in den Sommer hinein altschneebedeckt blieb und die Neuschneefälle im September eine Abschmelzung auch im Spätsommer verhinderten.

Neben den Ablationsmessungen erfolgt alljährlich eine Ermittlung der Eisbewegungsbeträge an zehn Pegeln (am 29. 8. erfolgten die Vermessungen, am 6. und 8. 9. die Pegelnachbohrungen). Als Beispiele werden ein Pegel an der Gletscherstirn (606 = 4) und einer am Fuße des Filleck-Eisbruches (601) angeführt. Bei Pegel 606 (im Vorjahr 596) betrug die Abschmelzung vom 2.9.92 bis 29.8.93 $3,1 \text{ m}$ (1991/92: $3,86 \text{ m}$), bei Pegel 601 (im Vorjahr 591) $2,4 \text{ m}$ (1991/92: $5,05 \text{ m}$). Die Höhenänderung am Punkt 606 betrug $-1,57 \text{ m}$ bei einem Abschmelzbetrag von $3,1 \text{ m}$ und am Punkt 601 -53 cm . Das bedeutet am ersteren Punkt eine Emergenzbewegung $v = 1,53 \text{ m}$ bzw. $1,87 \text{ m}$. Zum Vergleich: Im Punkt 606 (ursprüngliche Nummer 4) betrug $v = 2,24 \text{ m}$ im Jahr 89/90 und $v = 1,7 \text{ m}$ im Jahr 64/65, d.h. die Aktivität bzw. der Eisnachschub ist nun weniger als zu Beginn der Bewegungsmessungen am SSK 1964.

Der Fließweg 92/93 des Pegels 596 betrug $2,76 \text{ m}$ und des Pegels 591 $14,1 \text{ m}$. An der Gletscherstirn kann nur mehr die Hälfte der Ablation kompensiert werden, der jährliche Fließweg beträgt hier nur mehr $1,3 \text{ m}$. Es ist daher in Zukunft mit einem weiteren Rückgang zu rechnen.

2. Niederschlagswerte 1992/93 bzw. 1993 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) mit Hilfe des Totalisatornetzes sind in Tabelle 6 (bzw. Tabelle 7), die Jahresniederschläge in Tabelle 8.

Die Schwankungen des Monatsniederschlags bei den Totalisatoren Weißsee und Tauernmoossee (Alpennordseite) und Landeckbach (Alpensüdseite) zeigt Abb. 12.

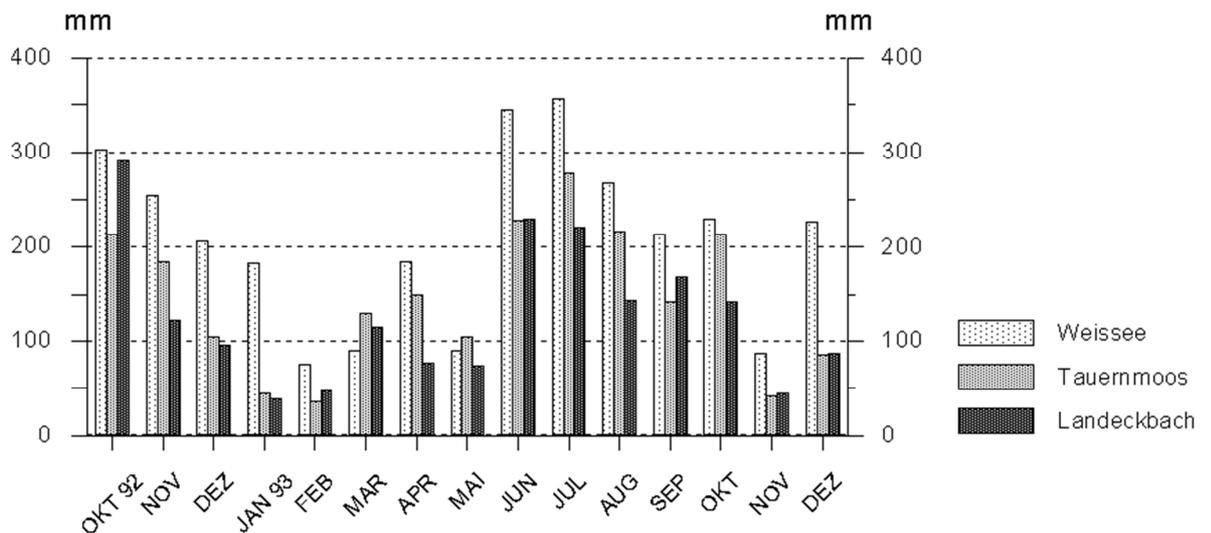


Abb. 12: Monatsniederschlag 1993 bei den Totalisatoren Tauernmoossee, Weißsee und Landeckbach (in mm)

	WS	KT	SK	TM	LB	BS	RH
	2.270m	2.390m	2.510m	2.040m	2.040m	2.040m	2.304m
Oktober 1992	302	244	277	214	290	249	218
November	254	201	226	185	121	212	352
Dezember	207	174	130	105	96	130	187
Januar 1993	183	135	111	45	39	56	143
Februar	75	21	56	36	48	19	77
März	90	84	129	129	114	111	163
April	185	135	222	150	76	130	194
Mai	90	114	81	105	74	92	110
Juni	345	351	344	228	229	259	377
Juli	356	349	348	277	221	285	419
August	268	261	263	217	144	204	236
September	214	192	178	142	168	155	181
Oktober	230	243	255	214	142	263	163
November	86	95	100	41	44	48	79
Dezember	227	177	140	85	86	98	183
Kalenderjahr 1993	2349	2157	2227	1669	1385	1720	2325
hydr. Jahr 1992/93	2569	2261	2365	1833	1620	1902	2657
hydr. Sommer 92	1458	1402	1436	1119	912	1125	1517
hydr. Winter 92/93	1111	859	929	714	708	777	1140

Tab. 6: Niederschlagswerte aus Totalisatormessungen im Einzugsgebiet der Speicher Weißsee und Tauernmoossee im Hydrologischen Jahr 1992/93 und im Kalenderjahr 1993 (in mm). (RH = Ombrometer)

Rudolfshütte, WS = Totalisator Weißsee, KT = Tot. Kaiser Törl, SK = Tot. Sonnblickkees, TM = Tot. Tauernmoos, LB = Tot. Landeckbach, BS = Tot. Beileitung Süd)

	WS	KT	SK	TM	LB	BS	RH
	2.270m	2.390m	2.510m	2.040m	2.040m	2.040m	2.304m
Oktober 1991	+155	+113	+157	+100	+178	+121	+102
November	+69	+40	+90	+64	+17	+91	+211
Dezember	+22	+1	-3	+13	+2	+24	+27
Januar 1993	+5	-11	-17	-43	-79	-31	+5
Februar	-63	-101	-46	-42	-19	-42	-44
März	-117	-78	-22	+1	0	-14	-5
April	-61	-61	+62	-14	-50	+8	+22
Mai	-166	-119	-106	-81	-80	-61	-74
Juni	+63	+108	+99	+18	+25	+45	+154
Juli	+50	+71	+62	+32	-15	+60	+141
August	-10	-3	-8	-17	-49	-1	-23
September	+11	-1	-4	-25	+28	+4	+7
Oktober	+80	+108	+131	+97	+28	+125	+45
November	-96	-64	-35	-78	-57	-69	-66
Dezember	+41	+4	+5	-7	-8	-7	+22
Kalenderjahr 1993	-263	-147	+115	-159	-274	+17	+184
hydr. Jahr 1992/93	-44	-43	+253	+5	-37	+199	+516
hydr. Sommer 92	-114	-5	+97	-87	-137	+55	+227
hydr. Winter 92/93	+70	-38	+155	+92	+100	+144	289

Tab. 7: Abweichungen der Monatsniederschlagswerte 1992/93 vom Mittel der Jahre 1964 - 1993

	1964-93	1993	%
Tot. Weißsee (2.270m)	2614	2349	89,8
Tot. Kaiser Törl (2.390 m)	2302	2157	93,7
Tot. Sonnblickkees (2.510 m)	2114	2227	105,3
Tot. Tauernmoos (2.040 m)	1826	1669	91,4
Tot. Landeckbach (2.040 m)	1660	1385	83,4
Tot. Beileitung Süd (2.040 m)	1703	1720	100,9
Omb. Rudolfshütte (2.304 m)	2135	2325	108,1
"Mittel der 6 Totalisatoren" 1993	2036	1917	94,1

Tab. 8: Jahressummen des Niederschlages 1993 (in mm) und Abweichungen .

Die Jahressumme der Niederschläge an den Totalisatoren (einschließlich des Ombrometers Rudolfshütte) schwankte i.A. um den Mittelwert, nur der Tot. Landeckbach an der Alpensüdseite zeigt nur 83% des Mittels. Der Ombrometer RH ergab 2.063 mm Jahresniederschlag, der nahegelegene Tot. Weißsee 2.614 mm, d.h. wie schon öfter besteht ein nicht unerheblicher Unterschied in den Meßwerten.

Die Monatsmaxima traten im Hydrologischen Jahr an der Nordseite im Juli auf, an der Südseite war es im Oktober 1992. Bei allen Meßstellen war sowohl der Oktober 1992 als auch 1993 niederschlagsreich mit hohen positiven Abweichungen. Auch der Juni gehört zu den sehr feuchten Monaten. Das sekundäre Maximum im Mai trat wie im Vorjahr auch heuer nicht auf. Der Juni war ebenfalls niederschlagsreich. Neben dem sehr niederschlagsarmen Mai waren besonders die Monate Februar und November 1993 zu trocken, und bei den meisten Totalisatoren Jänner, März, April und November 1993.

Der Hydrologische Winter wies mit Ausnahme des Tot. Kalsertörl übernormale Monatssummen auf, der Hydrologische Sommer zeigte unterschiedliche Abweichungen.

3. Der Abfluß 1992/93 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. 9):

	1992/93	1942-93	Abweichung
Oktober 1991	856	663	+193
November	155	174	-19
Dezember	145	105	+40
Januar 1993	235	112	-123
Februar	120	80	+40
März	118	77	+41
April	136	128	+8
Mai	2343	878	+1465
Juni	3783	2872	+911
Juli	3706	4299	-593
August	2549	3730	-1181
September	1110	2012	-902
Oktober	1011	663	+348
November	141	174	-33
Dezember	122	105	+17
Hydr.Jahr 92/93	15256	15130	+126
Kalenderjahr 1993	15374	15130	+244

Tab. 9: Monatlicher Abfluß 1992/93 und Abweichungen vom Mittel der Jahre 1942-1993 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee (Werte in 1.000 m³).

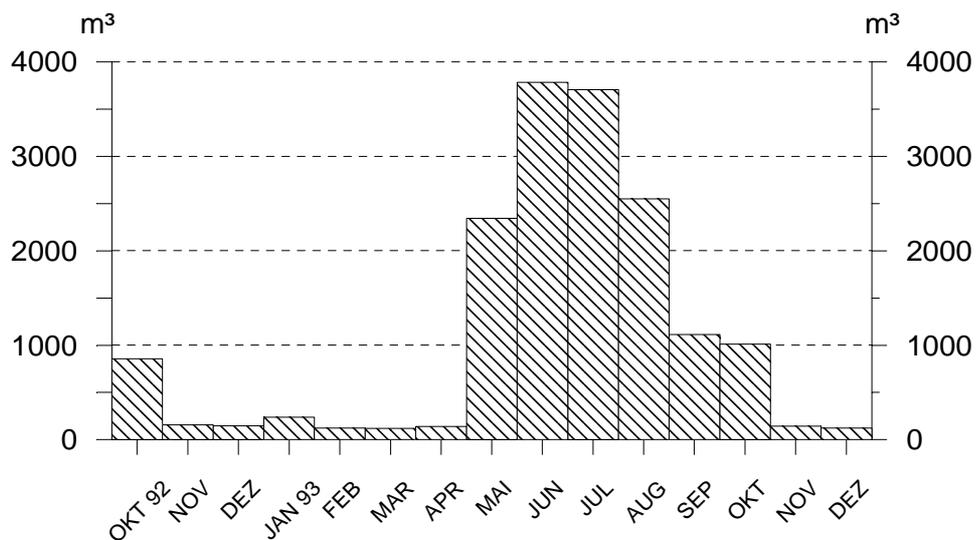


Abb. 13: Monatliche Abflußhöhen im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee 1992/93 (in 1000 m³)

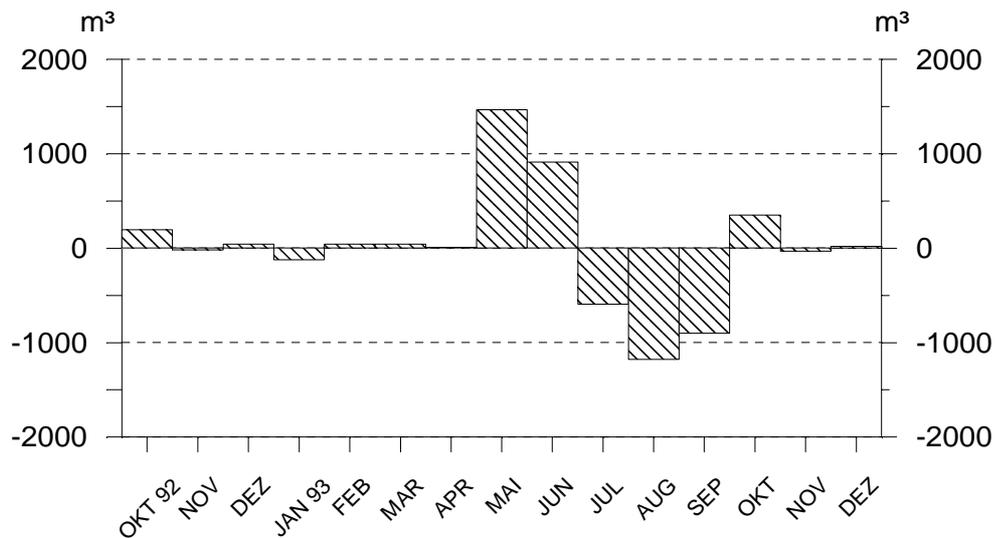


Abb. 14: Abweichungen der monatlichen Abflußhöhen 1992/93 vom Mittel 1942/43 bis 1992/93 (in 1000 m³)

Der Speicher Weißsee erreichte am 20. 8., also wieder sehr früh, den Vollstau. Der Zufluß im Hydrologischen Jahr 1992/92 entsprach mit 15,3 Mio. m³ dem langjährigen Mittel 1942 bis 1993 von 15,1 Mio. m³. Das Minimum des Zuflusses lag im Zeitraum 1942 bis 1993 bei 10,7 Mio. m³ (1971/72).

In Abb. 13 sind die monatlichen Abflußhöhen, in Abb. 14 die Abweichungen im Hydrologischen Jahr 1992/93 vom langjährigen Mittel dargestellt. Das warme Spätfrühjahr hatte übernormale Zuflüsse im Mai (bei unterdurchschnittlichen Niederschlägen) und Juni zur Folge, da die Schneeschmelze früh einsetzte und stark war. Die positive Abweichung im Juni ist auch noch durch den hohen Niederschlag zu begründen.

Die sommerlichen Schneefälle bremsten die Abschmelzung, sodaß die monatlichen Zuflüsse von Juli bis September unternormal waren.

4. Berechnung der Größenordnung der hydrologischen Bilanz 1992/93 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 29% (1.54 km²) ausmacht.

Nachstehend die einzelnen Parameter der Wasserhaushaltsgleichung $N = A + V + (R - B)$ mit den berechneten und geschätzten Beträgen für 1992/93 und der Fehlerschätzung:

	spezifisch (in mm)	absolut (in m³)	geschätzter Fehler
Abfluss	2878	15256000	+/- 5%
Verdunstung	400	1855000	+/- 25%
Bilanz SSK	-91	-484000	+/- 5%
Bilanz Weißseekees	-34	-180000	+/- 30%
Schneeflecken	79	420000	+50%

Die Niederschlagshöhe für das 5,3 km² große Einzugsgebiet des Speichers Weißsee beträgt 3.182 mm +/- 8,1 %.

Die

Gletscherspende war 44 mm oder 0,244 Mio. m³, das sind etwa 1,4 %.

Berechnet man aus den Niederschlagssummen der Totalisatoren Weißsee, Kalsertauern und Sonnblickkees, sowie dem Ombrometer Rudolfshütte den „mittleren Jahres-Gebietsniederschlag“ im Einzugsgebiet Weißsee, erhält man für 1992/93 2.463 mm. Gegenüber der Niederschlagshöhe (abgeschätzt aus der

Wasserhaushaltsgleichung) von 3.182 mm ist dies um -719 mm zu wenig. Dies bedeutet, daß die Totalisatoren im Mittel um 23 % zu wenig anzeigen (im Vorjahr: 24 %).

5. Überblick über die Massenbilanz - Meßreihe vom Stubacher Sonnblickkees 1964-1993

Von den seit 1964 jährlich bestimmten 30 Massenbilanzen waren 16 positiv und 14 negativ. Von 1964 bis 1993 betrug die kumulative Massenbilanz $-4,945 \text{ Mio. m}^3$. Der Massenzuwachs von 1965 bis 1981 betrug $9,836 \text{ Mio. m}^3$ (Spez. Bilanz: $552,2 \text{ g/cm}^2$); seit 1982 wurden $-13,28 \text{ Mio. m}^3$ (Spez. Bilanz: $-812,7 \text{ g/cm}^2$) abgebaut.

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 geodätischen Vermessungen wurden von Studenten der Fachhochschule Bochum, Fachbereich Vermessungswesen, unter der Leitung von Prof. R. Puruckherr, durchgeführt. - Die Wetterdaten stammen von der Station Rudolfshütte bzw. von der Wetterdienststelle Salzburg, die Station wurde vor allem von M. Soriat, A. Theuermann, J. Aigner und M. Maislinger betreut. - Verschiedene freiwillige Mitarbeiter halfen bei den Feldarbeiten (z. B. P. Geissler bei den Pegelbohrungen, J. Ebener bei den Vermessungen). - Mag. Dr. K. Pangerl führte die Meßaufnahmen zur Dokumentation der Ausaperung durch. - Der Eisenbahner-Sportverein ermöglichte die Unterbringung im Sportheim Weißsee. - Als Stützpunkt wurde auch die Hochgebirgsforschungsstelle Rudolfshütte der Universität Salzburg benutzt. - Herr H. Gregoritsch gewährte Ermäßigungen bei der Verpflegung im Alpinzentrum Rudolfshütte und stellte bei Bedarf die Infrastruktur des Alpinzentrums zur Verfügung. - Die Gletscherbahnen Weißsee gewährten mehrere Freikarten. - N. und B. Slupetzky unterstützten die Feldarbeiten in logistischer Hinsicht.

W. Gruber digitalisierte die Karte der maximalen Ausaperung und stellte die Computergraphik her. - Mag. G. Ehartner führte die vielfältigen Bearbeitungen und Berechnungen der Daten und die Herstellung der Graphiken durch und arbeitete am Textentwurf mit.

Allen genannten Personen und Institutionen und nicht namentlich erwähnten Mitarbeitern sei für ihre Hilfe und die gute Zusammenarbeit herzlich gedankt.

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