

Programm "Wasser- und Eishaushaltsmessungen im Stubachtal"
(Massenbilanzmeßreihe vom Stubacher Sonnblickkees)
Ergebnisbericht für 1992

Zusammenfassung

Mit dem extremen Massenverlust von -3,258 Mio. m³ oder -209,8 g/cm² mittlerer spezifischer Massenbilanz im Haushaltsjahr 1991/92 erreichte der starke Massenabbau einen neuen Höhepunkt. Er betrug seit 1981/82 insgesamt 12,79 Mio. m³, womit der Massenzuwachs aus dem Zeitraum 1964/65 bis 1980/81 von 9,8 Mio. m³ mehr als abgebaut ist. Die Gleichgewichtslinie war 1992 in 2980 m Seehöhe und lag damit wesentlich über dem - ohnehin schon hohen - Mittel von 2.851 m seit 1981/82. Der Eisrand schmolz um 7,9 Meter zurück. Die Ursache dieses stärksten Massenverlustes seit Beginn der Messungen am Stubacher Sonnblickkees lag in den extremen Sommertemperaturen. Die maximale Ausaperung wurde am 30.09.92 erreicht, nur rund 2,5 % der Gletscherfläche blieb altschneebedeckt, bzw. war Akkumulationsgebiet.

Das hydrologische Jahr war mit einer mittleren Temperatur von +0,1° knapp ein Grad über dem langjährigen Durchschnitt von -0,8° (Rudolfshütte, 2.304 m), die Niederschläge waren mit 2.452 mm rund 16% übernormal. Das Temperaturmittel der Hauptablationsmonate Juni bis September betrug 1992 7,3° und war damit bedeutend höher als der langjährige Durchschnitt von 5,9° (1980-92). Der Jahresniederschlag als Mittel der sechs Totalisatoren betrug 1691 mm, d.s.83% des langjährigen Wertes.

Der Zufluß in den Speicher Weißsee im hydrologischen Jahr 1991/92 lag mit 14,6 Mio. m³ nur wenig unter dem langjährigen Mittel (96,5%). Die Jahresabflußhöhe war 2.757 mm (langjähriges Mittel: 2.852 mm).

Aus der Wasserhaushaltsgleichung läßt sich eine Jahresniederschlagshöhe im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee für 1991/92 von 2.341 mm abschätzen. Die Gletscherspende betrug in diesem Jahr etwa 27,5 %, es ist die größte bisher ermittelte.

1. Die Bestimmung der Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses 1991/92

In diesem Jahr wurde zum 29. Mal in ununterbrochener Reihenfolge die Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses (SSK) bestimmt (davon 17 mal mit der direkten glaziologischen Methode und 12 mal über die maximale Ausaperung).

1.1. Witterungsverlauf 1991/92

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 1991/92 folgendes Bild:

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

Das Jahresmittel der Temperatur lag im hydrologischen Jahr 1991/92 bei $+0,1^{\circ}$ und war somit knapp einen Grad höher als im langjährigen Durchschnitt ($-0,8^{\circ}$ im Mittel der Jahre 1980 bis 1992). Sowohl der Hoch- und Spätwinter (Jänner und Februar), das Spätfrühjahr (Mai, Juni) als auch der Hochsommer fallen mit zum Teil beträchtlichen positiven Temperaturanomalien auf.

Der hydrologische Winter weist ein Monatsmittel von $-4,6^{\circ}$ auf, das sind $0,6^{\circ}$ über dem langjährigen Durchschnitt, Das Sommerhalbjahr kann mit $+4,8^{\circ}$ gegenüber $3,5^{\circ}$ im Durchschnitt als sehr warm bezeichnet werden. In der Hauptablationsperiode (Monate Juni bis September) liegt der mittlere Monatswert sogar bei $+7,3^{\circ}$, das sind fast $1,5^{\circ}$ über dem langjährigen Mittel. Besonders der August war mit einer mittleren Temperatur von $+11,1^{\circ}$ (in 2.300 m Seehöhe) um $3,5^{\circ}$ zu warm. In keinem Monat - außer im Oktober - traten stärkere negative Temperaturabweichungen gegenüber dem langjährigen Durchschnitt auf, was insgesamt zu dem zu warmen Jahresmittelwert führte.

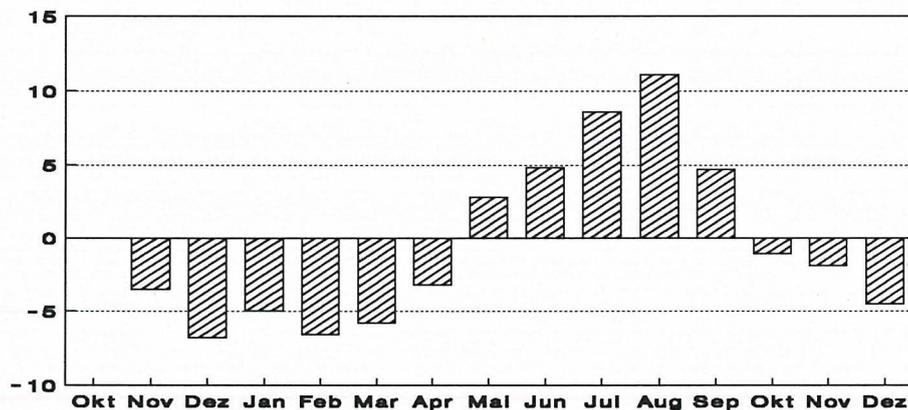


Abb. 1: Monatsmittel der Temperatur 1991/92 an der Station Rudolfshütte (°C)

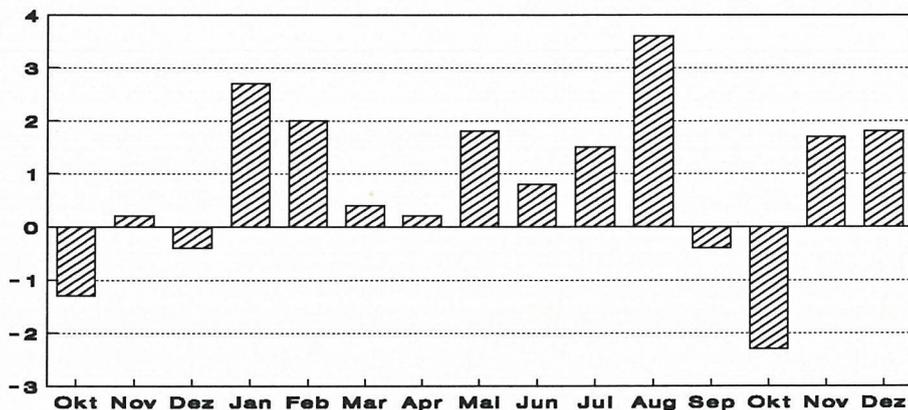


Abb. 2: Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur vom Mittel 1980-92 (°C).

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

Die Niederschläge im hydrologischen Jahr 1991/92 lagen mit 2.452 mm (gemessen am Ombrometer der Station Rudolfshütte) etwa $\frac{1}{6}$ über dem Durchschnitt der Jahre 1964 - 1992 (2.130 mm).

Der hydrologische Winter 1991/92 war mit einer Niederschlagssumme von 1259 mm wesentlich zu feucht (Mittelwert 847 mm), während der Sommer mit 1193 mm etwas weniger Niederschlag aufwies als im langjährigen Mittel von 1.283 mm .

Auffallend hoch war der Niederschlag im Dezember 1991 mit einer positiven Abweichung von mehr als 200 mm (oder +130%) gegenüber dem zu erwartenden Wert. Nach einem zu trockenen Januar brachten der Spätwinter und das Frühjahr reichlich Niederschläge (in den Monaten Februar bis April wurden insgesamt 362 mm mehr Niederschlag als im langjährigen Durchschnitt verzeichnet). Der Mai eröffnete mit hohen Temperaturen und außergewöhnlicher Trockenheit eine lange extreme Ablationsperiode. Der Sommer war bezüglich des Niederschlages durchschnittlich.

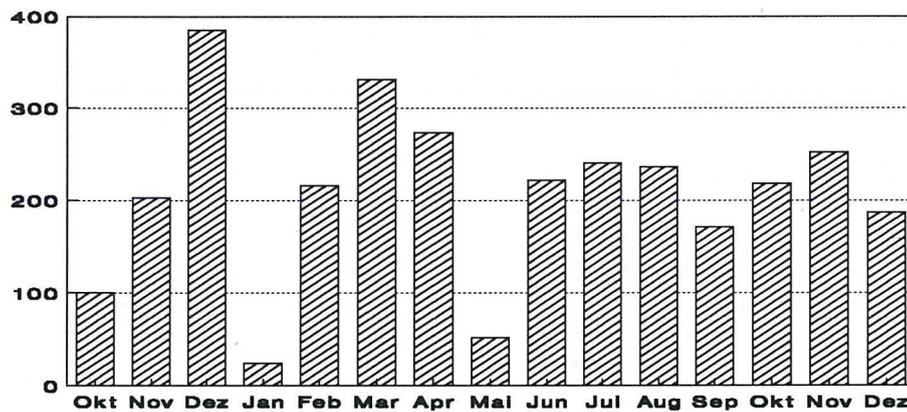


Abb. 3: Monatssummen des Niederschlages 1991/92 an der Station Rudolfshütte (in mm)

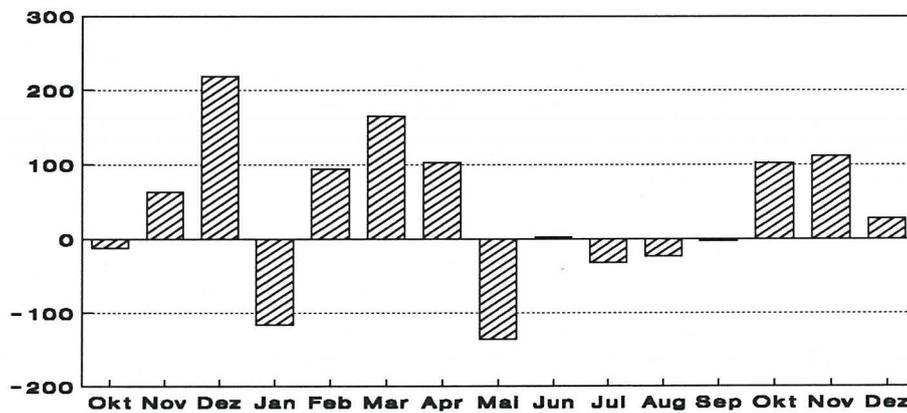


Abb. 4: Abweichungen der Monatssummen des Niederschlages vom Mittel 1964-92 (in mm)

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

Nach einem normalen Aufbau der Schneedecke im Frühwinter (Oktober/November 1991) brachte der feuchte Dezember einen überdurchschnittlichen Schneezuwachs, am 1. Jänner lagen 320 cm gegenüber 188 cm im Mittel der Jahre 1980-92. Der Schneezuwachs wurde nur im Jänner unterbrochen, nach normalen Schneehöhen im Februar und März verursachten die schneereichen Monate April und Mai einen Zuwachs bis zu einer Gesamtschneehöhe von immerhin 580 cm Anfang Mai, was 140 cm über dem Mittelwert zu dieser Jahreszeit liegt (höchster gemessener Wert in den 80er Jahren: 560 cm Anfang Mai 1982).

Im Spätfrühjahr setzte ein rascher Abbau der Schneedecke ein. Am 1. Juni war die Gesamtschneehöhe bereits unterdurchschnittlich.

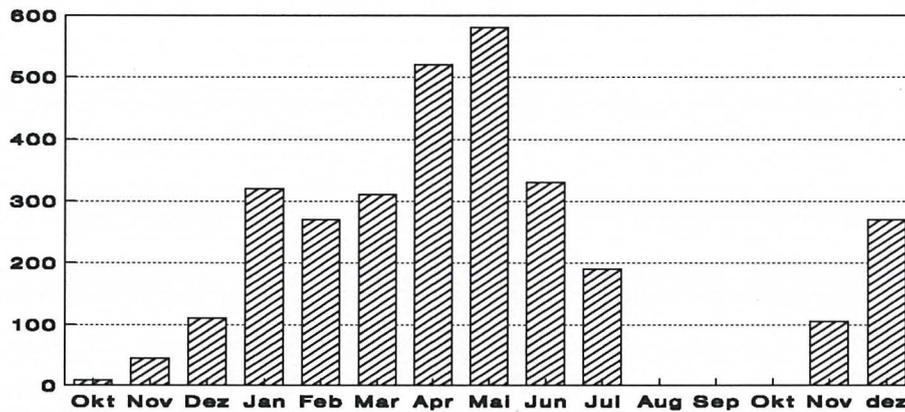


Abb. 5: Schneehöhen am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) im hydrologischen Jahr 1991/92 (gemessen am 1. jeden Monats)

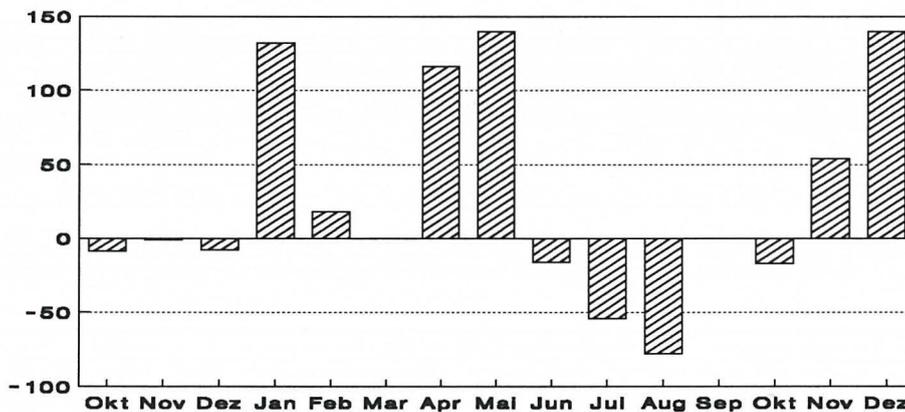


Abb. 6: Abweichungen der Schneehöhen (in cm) am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) vom Mittel der Jahre 1980 - 1992.

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

Die geringe Zahl von Schneefällen in der glaziologisch wichtigen Zeit der Abschmelzung zwischen Mai und September trug wesentlich - neben den übernormalen Temperaturen - zum extrem negativen Haushalt bei. Im Juni war der Anteil des festen Niederschlages mit nur rund 7 % nur die Hälfte des Mittels 1980 - 90, im August betrug er nur 5 %, d.s. 20 % unter dem Mittel. Erst die Schneefälle im September (+ 35 %) brachten umgekehrte Verhältnisse.

Zwischen 9. Juni und 31. August gab es nur vereinzelt Kaltlufteinbrüche mit tiefer herabreichenden Schneefällen. Am 9. Juni lag die Neuschneegrenze zuletzt bei 2.300 m. Am 5.7. schneite es bis 2.300 m, am 12.7. bis 2.200 m herab. Nach dem 12.7. bis 31.8. fielen die Niederschläge bis hoch hinauf als Regen, die Schneefallgrenze lag zumeist über 3.000 m und nur selten wenige hundert Meter darunter. Erst die Schneefälle am 1.9. bis 1.550 m und der nachfolgende kühle September beendeten die über sechswöchige ununterbrochene Abschmelzperiode.

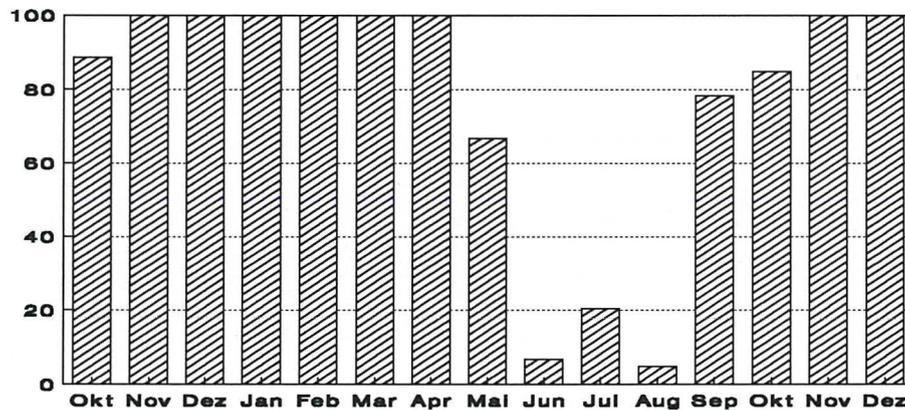


Abb. 7: Anteil des festen Niederschlages 1991/92 an der monatlichen Gesamtniederschlagsmenge

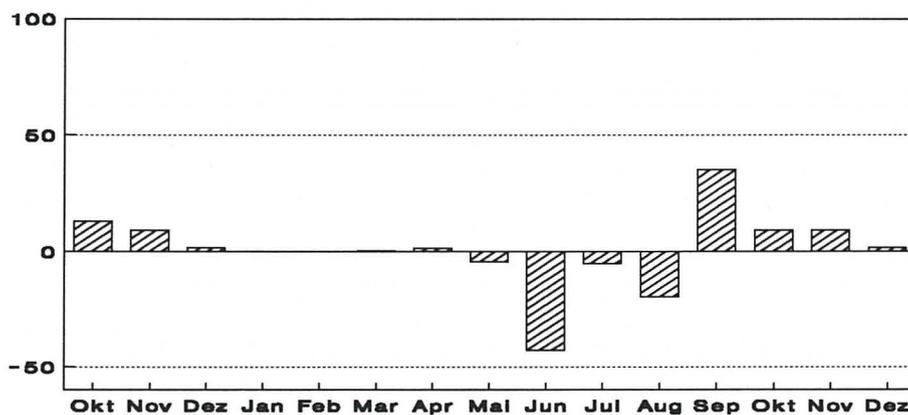


Abb. 8: Abweichung des Anteiles am monatlichen Festniederschlag 1991/92 vom langjährigen Mittel 1980 - 1990

		Monatsmittel	Abweichungen
	1991/92	1980-1992	1991/92
Oktober1991	0,0	1,3	-1,3
November	-3,5	-3,7	+0,2
Dezember	-6,8	-6,4	-0,4
Januar1992	-5,0	-7,7	+2,7
Februar	-6,6	-8,6	+2,0
März	-5,8	-6,2	+0,4
April	-3,2	-3,4	+0,2
Mai	2,8	1,0	+1,8
Juni	4,8	4,0	+0,8
Juli	8,6	7,1	+1,5
August	11,1	7,5	+3,6
September	4,7	5,1	-0,4
Oktober	-1,1	1,2	-2,3
November	-1,9	-3,6	+1,7
Dezember	-4,5	-6,3	+1,8

Tab. 1: Monatsmittel der Temperatur 1991/92 gemessen an der Station Rudolfshütte, und die Abweichungen vom Mittel der Jahre 1980 bis 1992 (in °C).

		Mittelwerte	Abweichungen
	1991/92	1964-92	1991/92
Oktober 1991	100	116	-16
November	203	141	+62
Dezember	385	160	+225
Januar 1992	24	140	-116
Februar	216	122	+94
März	331	166	+165
April	273	170	+103
Mai	52	188	-136
Juni	221	219	+2
Juli	240	272	-32
August	236	260	-24
September	171	174	-3
Oktober	218	116	+102
November	252	141	+111
Dezember	187	160	+27

Tab. 2: Monatsmittel des Niederschlages 1991/92 gemessen an der Station Rudolfshütte, und die Abweichung der Werte vom Mittel der Jahre 1964 - 92 (in mm)

	Schneehöhen	Mittelwert	Abweichung
	1991/92	1980-92	1991/92
Oktober 1991	8	17	-9
November	45	46	-1
Dezember	110	118	-8
Januar 1992	320	188	+132
Februar	270	252	+18
März	310	310	0
April	520	404	+116
Mai	580	440	+140
Juni	330	346	-16
Juli	190	244	-54
August	-	78	-78
September	-	-	-
Oktober-	-	17	-17
November	105	51	+54
Dezember	270	130	+140

Tab. 3: Schneehöhen (in cm) am Sonnblickkees (Unterer Boden) im hydrologischen Jahr 1991/92 und Vergleich mit den mittleren Schneehöhen der Jahre 1980 bis 1992 (gemessen am 1. oder 2. des jeweiligen Monats; das Mittel für September konnte nicht berechnet werden)

	Anteil	Mittelwert	Abweichung
	1991/92	1980 - 1990	1991/92
Oktober 1991	88,7	75,6	+13,1
November	100,0	90,8	+9,2
Dezember	100,0	98,4	+1,6
Januar 1992	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	66,8	71,2	- 4,4
Juni	6,7	49,6	- 42,9
Juli	20,5	25,8	- 5,3
August	4,9	24,4	- 19,5
September	78,4	44,3	+35,1
Oktober	84,8	75,6	+9,2
November	100,0	90,8	+9,2
Dezember	100,0	98,4	+1,6

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

Überblick über die klimatischen Verhältnisse 1991/92 an der Station Rudolfshütte:

Der Winter des hydrologischen Jahres 1991/92 war um 0,6° zu warm (- 4,6° gegenüber einem Mittelwert der Jahre 1980-92 von - 5,2°), der Niederschlag war mit 1.259 mm überdurchschnittlich (Mittelwert 1964-92: 847 mm). Der Sommer war mit + 4,8° ganz erheblich (+ 1,3°) zu warm (langjähriges Mittel: + 3,5°), die Niederschlagswerte waren leicht unterdurchschnittlich.

Das Jahresmittel der Temperatur 1991/92 von + 0,1° lag knapp ein Grad über dem langjährigen Durchschnitt (1980-92: - 0,8°. Die Niederschläge waren überdurchschnittlich, am Ombrometer Rudolfshütte wurden im Zeitraum Oktober 91 bis September 92 2.452 mm gemessen (vgl. Mittelwert der Jahre 1964-92: 2.128 mm). Das Temperaturmittel der Hauptablationsmonate Juni bis September betrug 1992 7,3° und war damit um 1,4° höher als der langjährige Durchschnitt von 5,9° (1980-92).

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. Die Ausaperung des SSK wurde durch Fotos am 4.7., 29., 30.8. und 31.8. (F. Deisenberger) erfaßt. Am 19.8.92 wurden durch das Österreichische Bundesheer bei einer Befliegung Falschfarbenaufnahmen gemacht. Weiters wurde die Ausaperung mit einer Meßkamera durch K. Pangerl von den Standpunkten Schafbichl (A), Fürlegpfeiler (B) und Medelzkopf(D) mehrmals festgehalten: A,D am 16.7., A,B,D am 24., 25. und 31.7., 7., 17.8. und 24.8. (Abb. 9 und 10).

Die lange sommerliche Ablationsperiode war die Ursache dafür, daß zum Zeitpunkt der Befliegung am 19.8.92 die Ausaperung schon so weit war wie die maximale Ausaperung 1991 (30.09.91), d.h. dieser Ausaperungsstand wurde heuer schon 5 - 6 Wochen früher erreicht. Ende August war jedoch schon annähernd die maximale Ausaperung erreicht, Schneefälle von 30.8. auf 1.9. bis 7.9. hatten weitgehend die Abschmelzung beendet. Im kühlen September änderte sich dieser Ausaperungsstand nur mehr unwesentlich, nach einer Föhnperiode von 26. - 29.9., wobei das Sonnblickkees am 29.9. wieder fast ganz aper war, beendeten Schneefälle ab 30.9. Nachmittag endgültig das Haushaltsjahr.

Mit Hilfe der Ausaperungskartierung vom 30.8.92 und Verwendung der Karte der bisher stärksten Ausaperung in Jahr 1986 wurde die Karte der maximalen Ausaperung 1992 erstellt (Abb. 11).



Abb. 9: Das Stubacher Sonnblickkees am 24.08.1992 (Foto: K. Pangerl)



Abb. 10: Meßaufnahme, vom Fürleggfeiler aus, vom 24.08.1992 (Foto: K. Pangerl).

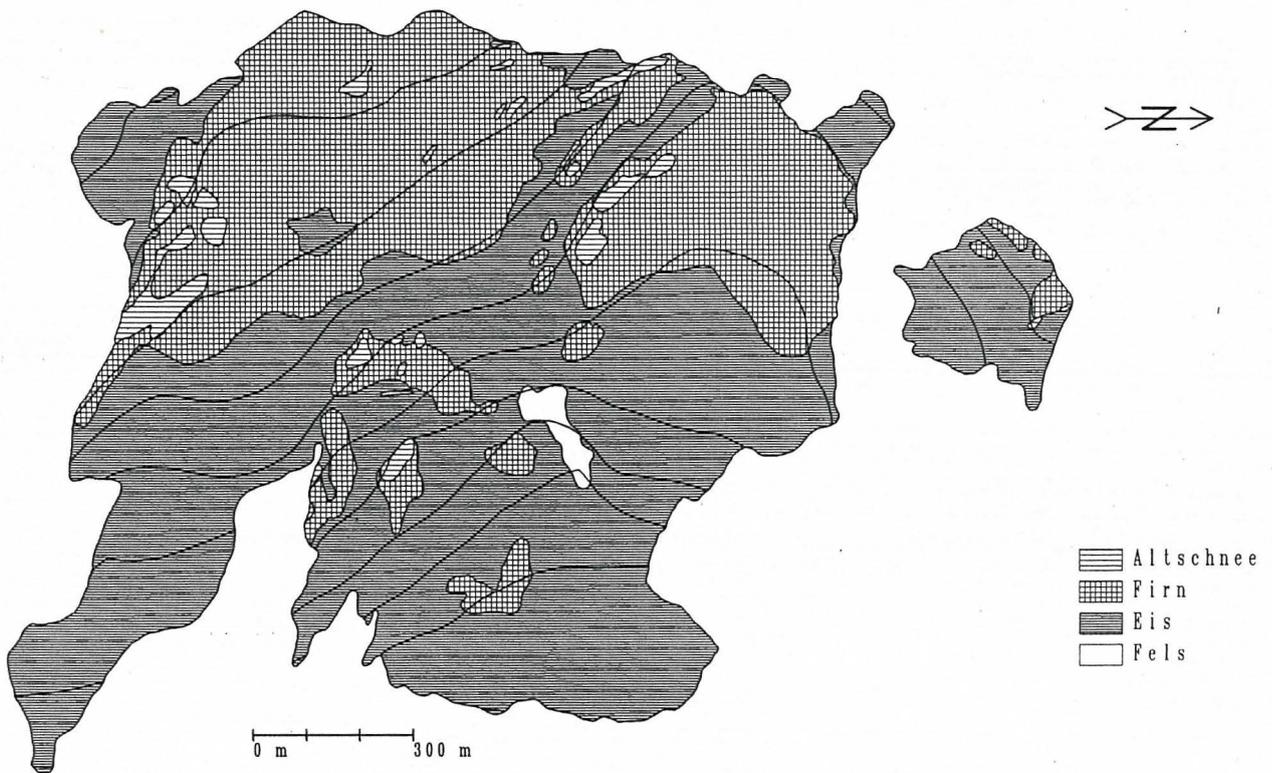


Abb. 11: Karte der maximalen Ausdehnung des Stubaier Sonnblickkeeses am 30.09.92

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	-	-	20627	20627	20627
2800-2850	79	1030	32427	33457	33536
2850-2900	413	6549	10061	16610	17023
Gesamt	492	7578	63116	70694	71186
Sonnblickkees					
Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2450-2500	-	-	217	217	217
2500-2550	-	4100	121509	125609	125609
2550-2600	-	6582	62067	68649	68649
2600-2650	-	4841	59837	64678	64678
2650-2700	2333	6881	84651	91532	93865
2700-2750	594	39345	197937	237282	237876
2750-2800	8918	146247	102365	248612	257531
2800-2850	3240	22277	141779	164057	167296
2850-2900	2389	97486	67972	165457	167846
2900-2950	17013	149995	9486	159480	176493
2950-3000	4287	74319	33919	108238	112526
3000-3050	-	-	9758	9758	9758
Gesamt	38773	552092	891561	1443652	1482426
Sonnblickkees und Filleckkees					
Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2450-2500	-	-	217	217	217
2500-2550	-	4100	121509	125609	125609
2550-2600	-	6582	62067	68649	68649
2600-2650	-	4841	59837	64678	64678
2650-2700	2333	6881	84651	91532	93865
2700-2750	594	39345	197937	237282	237876
2750-2800	8918	146247	122992	269239	278158
2800-2850	3318	23307	174207	197513	200832
2850-2900	2802	104034	78033	182067	184869
2900-2950	17013	149995	9486	159480	176493
2950-3000	4287	74319	33919	108238	112526
3000-3050	-	-	9758	9758	9758
Gesamt	39265	559670	954676	1514346	1553611

Tab. 5: Altschnee-, Firn- und Eisflächen nach Höhenzonen in m² (Stand der Ausaperung: 30.09.1992)

1.2.2. Ermittlung der Kenngrößen der Massenbilanz

Die Massenbilanz des SSK 1991/92 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 1991/92 folgende Massenbilanzwerte:

Spezifische Nettoakkumulation: $b_c = 0,49 \text{ g/cm}^2$

Spezifische Nettoablation: $b_a = -210,2 \text{ g/cm}^2$

Mittl. spez. Nettobilanz: $b = -209,8 \text{ g/cm}^2$

Da während der 17 jährigen Periode mit direkten Massenbilanzmessungen keine derart extrem negativen Bilanzen erfasst werden konnten, weist die Berechnung der Massenbilanz in diesem Bereich ein entsprechend größeres Unsicherheitsintervall auf.

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

$S_c \text{ km}^2$	$b_c \text{ g/cm}^2$	$B_c 10^6 \text{ m}^3$	$S_a \text{ km}^2$	$b_a \text{ g/cm}^2$	$B_a 10^6 \text{ m}^3$	$S \text{ km}^2$
0,039	0,496	0,007	1,514	-210,2	-3,265	1,553
$B 10^6 \text{ m}^3$	$b \text{ g/cm}^2$	S_c/S	S_c/S_a	GW	natürliches Haushaltjahr	
-3,258	-209,8	0,02511	0,02575	2.980m	01.10.91 -30.09.92	

(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 mittl. spez. Nettomassenbilanz von $-209,8 \text{ g/cm}^2$ einen extrem negativen Haushalt. Dieser Wert bedeutet mit Abstand den negativsten Haushalt seit Beginn der Messreihe im Haushaltjahr 1958/59. Bisher wies das Haushaltjahr 1985/86 den negativsten Wert auf ($-143,2 \text{ g/cm}^2$). Man muß fast ein halbes Jahrhundert zurückgehen, bis 1947, um einen noch negativeren jährlichen Massenverlust zu finden als heuer. Die Ursache war der außergewöhnlich warme Sommer, wobei die Altschneedecke schon im Mai und Juni stark abgebaut wurde. Die Schönwetterperiode von Mitte Juli bis 31. August führte zu fast ununterbrochener Ablation am Gletscher. Ohne den Neuschneefällen bzw. Kaltluftfeinbrüchen im September wäre die heurige Bilanz noch negativer ausgefallen.

1.3. Ergebnisse der Längen- und Bewegungsmessungen

Das Gletscherende des SSK wurde am 29.8. und 18.9. von fixen Meßmarken im Gelände eingemessen (Längenmessungen des Österreichischen Alpenvereines). Für den 18.9. ergab sich aus der Mittelung des Abstandes zu 19 Meßmarken ein Rückzugsbetrag von 7,9 m gegenüber 1991. Neben der Ablationsmessung erfolgt alljährlich eine Ermittlung der Eisbewegungsbeträge an zehn Pegeln.

Bei Pegel 596 betrug die Abschmelzung vom 2.9.91 bis 2.9.92 4,83 m (1990/91: 3,86 m), bei Pegel 591 5,05 m.

Der Kees-See orographisch links hat sich weiter vergrößert, an der Zungenmitte beim Austritt des mittleren Gletscherbaches hat sich ein neuer (temporärer) Eisrandsee gebildet.

2. Ergebnisse der Niederschlagsmessungen 1991/92 bzw. 1992 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) sowie zusammengestellt (Abb. 12), die Abweichungen der Jahresniederschläge in Tabelle 8.

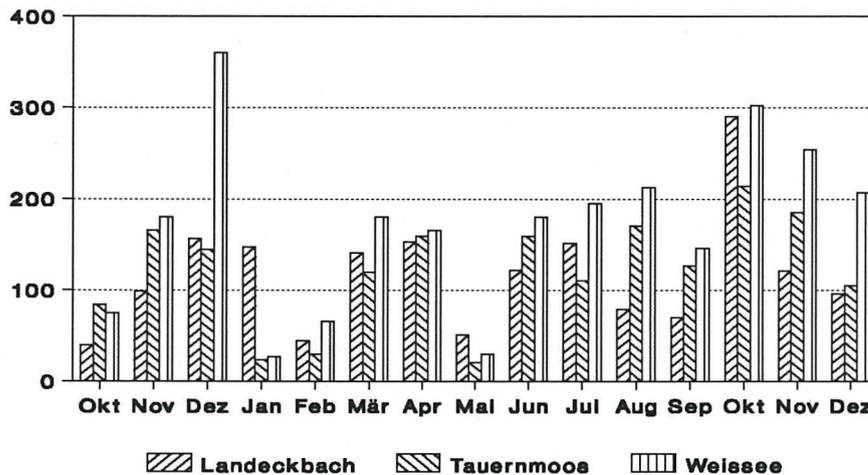


Abb. 12: Monatsniederschlag 1992 bei den Totalisatoren Tauernmoossee, Weißsee und Landeckbach (in mm)

	WS	KT	SK	TM	LB	BS	RH
	2.270m	2.390m	2.510m	2.040m	2.040m	2.040m	2.304m
Oktober 1991	75	87	78	84	40	118	100
November	180	189	181	168	99	152	203
Dezember	360	303	296	144	156	163	385
Januar 1992	27	27	26	24	147	19	24
Februar	66	81	48	30	45	56	216
März	180	201	238	120	141	155	331
April	165	156	207	159	153	167	273
Mai	30	48	26	21	51	56	52
Juni	180	174	167	159	122	185	221
Juli	195	165	185	111	151	148	240
August	212	193	165	170	79	178	236
September	146	133	149	127	70	93	171
Oktober	302	244	277	214	290	249	218
November	254	201	226	185	121	212	352
Dezember	207	174	130	105	96	130	187
Kalenderjahr 1992	1964	1797	1844	1425	1466	1648	2521
hydr. Jahr 1991/92	1816	1757	1766	1314	1254	1490	2452
hydr. Sommer 92	928	869	899	747	626	827	1193
hydr. Winter 91/92	888	888	867	567	628	663	1259

Tab. 6: Niederschlagswerte aus Totalisatormessungen im Einzugsgebiet der Speicher Weißsee und Tauernmoossee im Hydrologischen Jahr 1991/92 und im Kalenderjahr 1992 (in mm). (RH = Ombrometer Rudolfshütte, WS = Totalisator Weißsee, KT

= Tot. Kalser 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	-71	-44	-42	-30	-72	-10	-16
November	-5	+27	+45	+47	-5	+31	+62
Dezember	+175	+130	+163	+52	+62	+57	+225
Januar 1992	-151	+119	-103	-66	+25	+71	-116
Februar	-75	-44	-56	-48	-23	-9	+94
März	-31	+37	+86	-8	+27	+29	+165
April	-83	-43	+49	-5	+26	+45	+103
Mai	-232	-189	-143	-167	-107	-102	-136
Juni	-100	-65	-75	-50	-67	-26	+2
Juli	-109	-110	-99	-138	-86	-72	-32
August	-67	-71	-106	-65	-117	-27	-24
September	-57	-60	-33	-41	-69	-57	-3
Oktober	+155	+113	+157	+100	+178	+121	+102
November	+69	+40	+90	+64	+17	+91	+111
Dezember	+22	+1	-3	+13	+2	+24	+27
Kalenderjahr 1992	-659	-510	-266	-407	-204	-54	+393
hydr. Jahr 1991/92	-807	-540	-344	-518	-416	-212	+324
hydr. Sommer 92	-119	-31	+125	+124	+12	+191	+348
hydr. Winter 91/92	-688	-519	-469	-624	-428	-403	-24

Tab. 7: Abweichungen der Monatsniederschlagswerte 1991/92 vom Mittel der Jahre 1964 - 1992

	1964-92	1992	%
Tot. Weißsee (2.270m)	2623	1964	78,8
Tot. Kalser Törl (2.390 m)	2307	1797	77,9
Tot. Sonnblickkees (2.510 m)	2110	1844	87,4
Tot. Tauernmoos (2.040 m)	1832	1425	77,8
Tot. Landeckbach (2.040 m)	1670	1466	87,8
Tot. Beileitung Süd (2.040 m)	1702	1648	96,8
Omb. Rudolfshütte (2.304 m)	2128	2521	118,54
"Mittel der 6 Totalisatoren" 1992	2040	1691	82,9

Tab. 8: Jahressummen des Niederschlages 1992 (in mm) und Abweichungen .

Die Jahressummen der Niederschläge bei den Totalisatoren waren 1992 unternormal, sie betragen im Mittel der sechs Totalisatoren 83 % des langjährigen Mittels (1964-92). Besonders die Totalisatoren im obersten Stubachtal (ausgenommen der Totalisator Beileitung Süd) zeigten zu geringe Werte, aber auch der Totalisator südlich des Hauptkammes wies, wenn auch in geringerem Maße, negative Abweichungen auf.

Die Ombrometermessungen der Station Rudolfshütte ergaben übernormale Jahresniederschläge von 118% (gegenüber 75% des Totalisators Weißsee). Abgesehen von technischen Problemen (wie beim Sammelgefäß vom Totalisator Weißsee ab September 1992) gibt es immer wieder große Unterschiede bei den gemessenen Niederschlägen an beiden Meßstellen (siehe z.B. im Februar 66 mm gegenüber 216 mm am Ombrometer RH, obwohl alle Totalisatoren dieselbe Größenordnung zeigten!).

Was den Jahresgang der Niederschläge betrifft, so war dieser sehr außergewöhnlich. Das Julimaximum und das sekundäre im Mai traten nicht auf. Der niederschlagsreichste Monat (im hydrologischen Jahr) war der Dezember 1991, das Monatsmaximum im Kalenderjahr 1992 war im Oktober. Der Mai war extrem niederschlagsarm, auch die Monate Jänner und Februar waren zu trocken. Die Sommermonate wiesen unternormale Niederschlagssummen auf.

3. Der Abfluß 1991/92 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):

	1991/91	1942-92	Abweichung
Oktober 1991	522	649	-127
November	180	175	+5
Dezember	210	105	+105
Januar 1992	180	110	+70
Februar	124	79	+45
März	120	76	+44
April	115	128	-13
Mai	1198	849	+349
Juni	3463	2848	+315
Juli	4107	4311	-204
August	3388	3754	-366
September	1005	2030	-1024
Oktober	856	656	+200
November	155	175	-20
Dezember	145	104	+41
Hydr. Jahr 91/92	14612	15118	-506
Kalenderjahr 92	14856	15118	-268

Tab. 9: Monatlicher Abfluß 1991/92 und Abweichungen vom Mittel der Jahre 1942-1992 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee (Werte in 1.000 m³).

Beim Speicher Weißsee wurde wieder sehr früh am 16.8.92 der Vollstau erreicht. Der Zufluß im Hydrologischen Jahr 1991/92 war mit 14,6 Mio. m³ unternormal und betrug 96,5 % des langjährigen Mittels (1942-1992) von 15,1 Mio. m³. Der geringste Zufluß zwischen 1942 und 1992 war 1971/72 mit 10,724 Mio. m³. Der Zufluß in den Speicher Weißsee im Kalenderjahr 1992 betrug 14,9 Mio. m³.

In Abb. 13 sind die monatlichen Abflußhöhen, in Abb. 14 die Abweichungen im hydrologischen Jahr 1991/92 vom langjährigen Mittel 1942-92 dargestellt.

Der übernormale Abfluß im Mai ist trotz des starken Niederschlagsdefizits auf die starke Schneeschmelze zurückzuführen; diese setzte sich auch im Juni fort. Der unterdurchschnittliche Niederschlag im Sommer wurde durch die Gletscher- und Schneeschmelze kompensiert, jedoch nicht zur Gänze, sodaß die Abflußhöhen unternormal blieben. Der sehr geringe Abfluß im September ist weniger durch die Niederschläge, als vielmehr durch die geringer werdende Gletscherspende verursacht und auch deswegen, weil die Firnfelder in diesem Jahr und in den Jahren vorher schon stark reduziert worden waren.

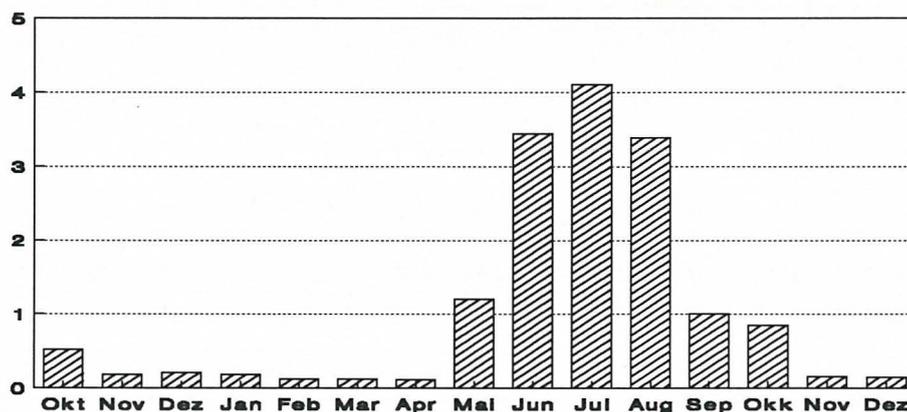


Abb. 13: Monatliche Abflußhöhen im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee 1991/92 (in 1000 m³)

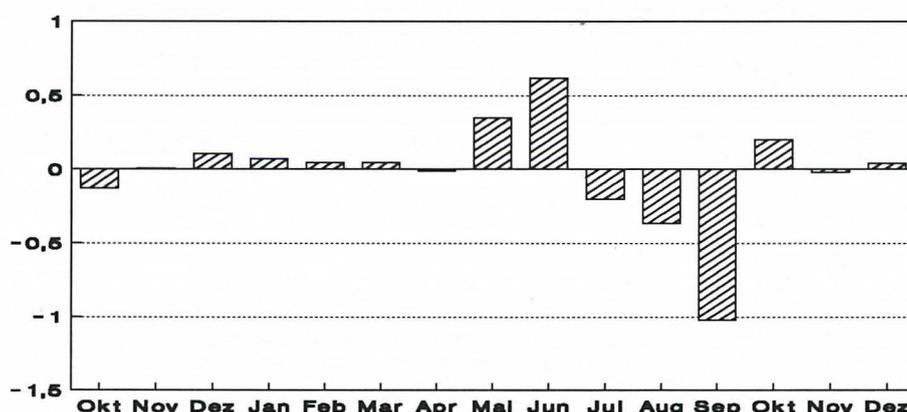


Abb. 14: Abweichungen der monatlichen Abflußhöhen 1991/92 vom Mittel 1942/43 bis 1991/92 (in 1000 m³)

4. Berechnung der Größenordnung der hydrologischen Bilanz 1991/92 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% (1,553 km²) ausmacht.

Nachstehend die einzelnen **Parameter der Wasserhaushaltsgleichung** $N = A + V + (R - B)$ mit den berechneten und geschätzten Beträgen für 1991/92 und der Fehlerschätzung:

	spezifisch (in mm)	absolut (in m³)	geschätzter Fehler
Abfluss	2.757	14313000	+/- 5 %
Verdunstung	400	2120000	+/- 25 %
Bilanz SSK	-615	-3258000	+/- 10 %
Bilanz Weißseekees	-71	-375000	+/- 20 %
Schneeflecken	2	10000	+/- 100 %
Firnflecken	-75	400000	+/- 50 %

Die Niederschlagshöhe für das 5,3 km² große Einzugsgebiet des Speichers Weißsee beträgt 2.341 mm +/- 5,3 %. Die Gletscherspende betrug 759 mm oder 4,023 Mio. m³, d.s. 27,5 %.

Berechnet man aus den Niederschlagssummen der Totalisatoren Weißsee, Kalser Tauern und Sonnblickkees sowie Ombrometer Rudolphshütte den "mittleren Jahres-Gebietsniederschlag" im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee,

erhält man für 1991/92 1.779 mm. Die aus der Wasserhaushaltsgleichung berechnete Niederschlagshöhe beträgt 2.341 mm. Dies würde bedeuten, daß die Totalisatoren im Mittel im Jahr um 24 % zu wenig anzeigten.

5. Überblick über die Massenbilanz - Meßreihe vom Stubacher Sonnblickkees 1964-1992 (Abb. 15, 16 und 17)

Von den seit 1964 jährlich bestimmten 29 Massenbilanzen waren 16 positiv und 13 negativ. Von 1964 bis 1992 betrug die kumulative Massenbilanz -4,461 Mio. m³. Der Massenzuwachs von 1965 bis 1981 von 9,836 Mio. m³ (Spez. Bilanz: 552,2 g/cm²) wurde in den 80er-Jahren seit 1982 um -12,79 Mio. m³ (Spez. Bilanz: -765,3 g/cm²) abgebaut.

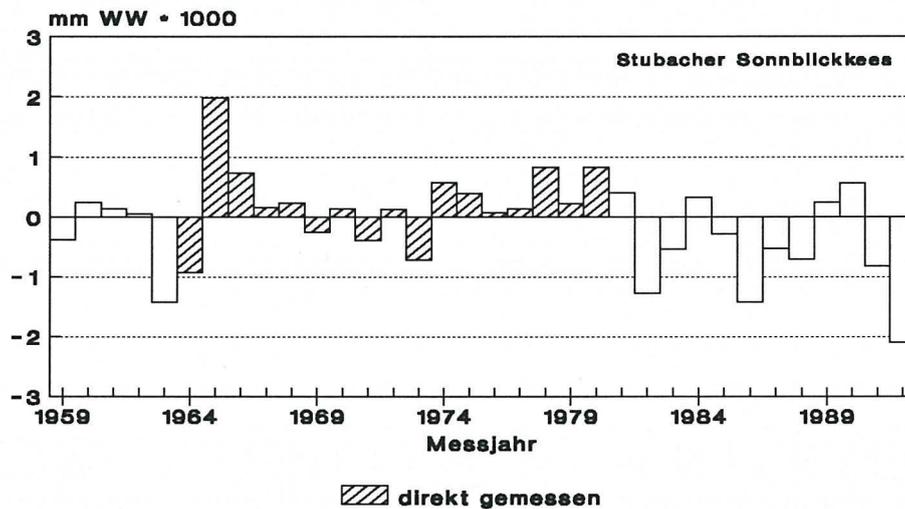


Abb. 15: Jährliche Massenbilanz der Haushaltsjahre 1959/90 bis 1991/92

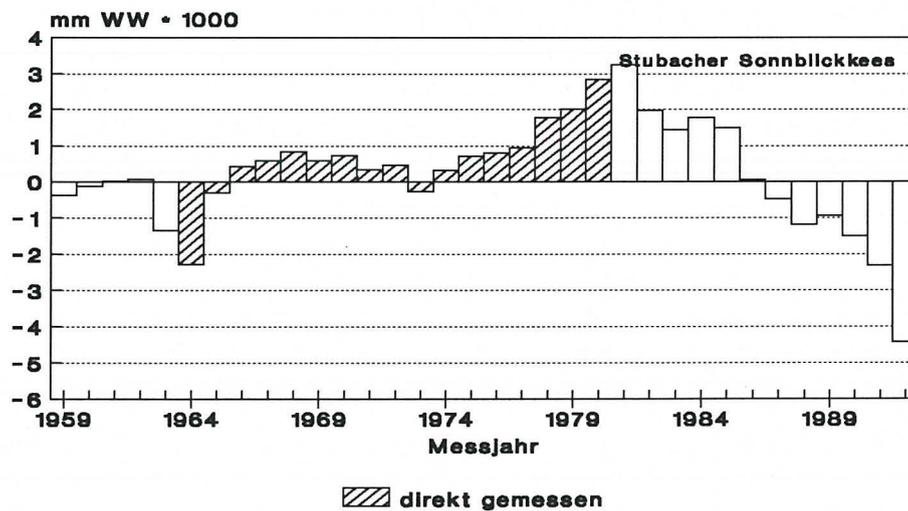


Abb. 16: Jährliche Massenbilanz der Haushaltsjahre 1959/60 bis 1991/92 (kumulativ)

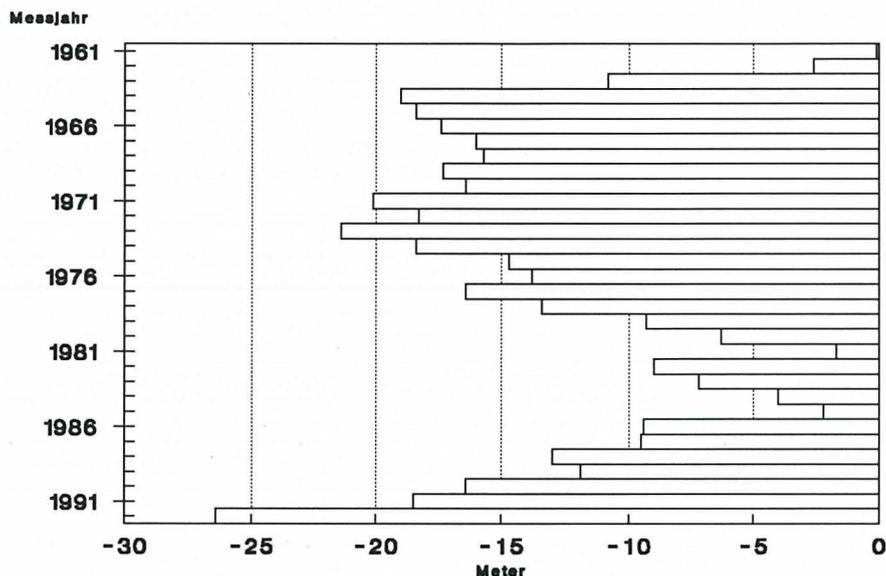


Abb. 17: Kumulative Längenänderung des Stubacher Sonnblickkeeses 1959 - 1992

Durch Extrapolation der Meßwerte bis 1959 liegt eine 34-jährige Meßserie (1959 bis 1992) vor. 15 Haushaltsjahre hatten negative, 19 positive Vorzeichen. Bis 1964 und ab 1982 überwogen negative, zwischen 1965 und 1981 in der Mehrzahl positive Haushaltsjahre. Die Extremjahre waren 1991/92 mit $-209,8 \text{ g/cm}^2$ ($-3,258 \text{ Mio. m}^3$) Verlust und 1964/65 mit $197,6 \text{ g/cm}^2$ ($3,5 \text{ Mio. m}^3$) Zuwachs. Die kumulative Massenänderung während der gesamten Meßserie 1959-92 betrug $-6,650 \text{ Mio. m}^3$ bzw. $-441,2 \text{ g/cm}^2$.

Die mittlere Höhenlage der Gleichgewichtslinie für die Periode 1965 bis 1981 war 2.681 m, für die Periode 1959 bis 1992 (34 Jahre) 2.756 m. Im Zeitraum 1982 bis 1992 - in der jüngsten Periode des Massenverlustes - errechnet sich eine mittlere Höhenlage der Gleichgewichtslinie von 2.851 m, die Gleichgewichtslinie lag im Haushaltsjahr 1991/92 in 2.980 m, d.h. sie war 129 m höher.

Das SSK hatte auf den Massengewinn zwischen 1965 und 1981 ab dem Jahr 1973 mit einem Vorstoß reagiert. Nach einem Rückgang seit Meßbeginn im Jahr 1960 bis 1973 von $-21,4 \text{ m}$ stieß die Stirn bis 1981 um $19,1 \text{ m}$ vor; der maximale Vorstoß vom Herbst 1973 bis Juli 1982 - wobei eine Vorstoßmoräne aufgeschoben wurde - belief sich auf rund 25 m . 1991/92 schmolz das SSK $-7,9 \text{ Meter}$ zurück (32-jähriges Mittel: $-0,8 \text{ m/Jahr}$). Seit dem Maximalvorstoß Anfang der 80er Jahre wurde das SSK von 1981/82 bis 1991/92 um $24,7 \text{ m}$ kürzer.

Ich danke dem Hydrographischen Zentralbüro beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft und dem Hydrographischen Dienst in Salzburg für die Möglichkeit, die Wasser- und Eishaushaltmessungen im Rahmen eines Auftrages durchführen zu können, und für die sehr gute Zusammenarbeit.

Prof. Dr. Ing. Rolf Puruckherr, Fachhochschule Bochum, und seinen Studenten danke ich für die geodätischen Vermessungen und die entsprechenden Auswertungen, Herrn R. Winter, Enzingerboden, für die verlässliche Betreuung des Totalisatornetzes und den ÖBB (Kraftwerk Enzingerboden) für die Bereitstellung der Abflußdaten. Mein Dank gilt allen Mitarbeitern bei den Feldarbeiten. Hervorzuheben ist auch die sehr gute Zusammenarbeit mit der Wetterdienststelle Salzburg bezüglich der Wetterstation Rudolfshütte. Der Eisenbahner - Sportverein (Herr P. Gribitz) ermöglichte dankenswerter Weise wieder die Benützung des Sportheims Weißsee, weiters wurde die Hochgebirgsforschungsstelle Rudolfshütte der Universität Salzburg als Stützpunkt genutzt. Die Gletscherbahnen Weißsee stellten freundlicherweise mehrere Saisonkarten zur Verfügung. Herrn K. Pangerl danke ich für die Fotodokumentation der Ausaperung des SSK. Zu großem Dank bin ich Herrn Mag. G. Ehgartner verpflichtet, der in vielfältiger Weise bei den Auswertungen, Berechnungen und bei der Bearbeitung dieses Berichtes mitgearbeitet hat.

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