

Programm "Wasser- und Eishaushaltsmessungen im Stubachtal"
(Massenbilanzmeßreihe vom Stubacher Sonnblickkees)
Ergebnisbericht für 1991

Zusammenfassung

Mit dem Massenverlust von -1,29 Mio. m³ oder -81,8 g/cm² mittlerer spezifischer Massenbilanz im Haushaltsjahr 1990/91 setzte sich der starke Massenabbau seit 1981/82 auch heuer fort, er betrug damit insgesamt 9,5 Mio. m³, das sind rund 97 % des vorhergegangenen Massenzuwachses seit 1964/65. Die Gleichgewichtslinie war 1991 in 2.885 m Seehöhe und lag damit über dem Mittel seit 1981/82 von 2.839 m. Der Eisrand schmolz um 2,1 Meter zurück. Die Ursache des neuerlich stark negativen Massenhaushaltes lag weniger in der Akkumulationsperiode als vielmehr in einem zu warmen Sommer mit nur wenigen Kaltlufteinbrüchen, wobei der Wüstenstauffall vom 9./10. 03. die Ablation verstärkte. Die maximale Ausaperung wurde am 30.09.91 erreicht, nur rund ein Fünftel der Gletscherfläche war altschneebedeckt, bzw. Akkumulationsgebiet.

Das hydrologische Jahr entsprach mit einer mittleren Temperatur von -0,8° dem langjährigen Durchschnitt (Rudolfshütte, 2.304 m), die Niederschläge waren mit 2.402 mm rund 15% übernormal. Das Temperaturmittel der Hauptablationsmonate Juni bis September betrug 1991 +6,6° und war damit höher als der langjährige Durchschnitt von +5,8° (1980-91). Der Jahresniederschlag als Mittel der sechs Totalisatoren betrug 1.951 mm, d.s. 95 % des langjährigen Wertes.

Der Zufluß in den Speicher Weißsee im hydrologischen Jahr 1990/91 lag mit 17,8 Mio. m³ über dem langjährigen Mittel (118%). Die Jahresabflußhöhe war 3.360 mm (langjähriges Mittel: 2.854 mm).

Aus der Wasserhaushaltsgleichung läßt sich eine Jahresniederschlagshöhe im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee für 1990/91 von 3.400 mm abschätzen. Die Gletscherspende betrug in diesem Jahr etwa 9,1 %.

1. Die Bestimmung der Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses 1990/91

In diesem Jahr wurde zum 28. Mal in ununterbrochener Reihenfolge die Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses (SSK) bestimmt (davon 17 mal mit der direkten glaziologischen Methode und 11 mal über die maximale Ausaperung).

1.1. Witterungsverlauf 1990/91

Vergleicht man den Jahresablauf der glazialmeteorologisch wichtigen Parameter: Temperatur, Niederschlag und Schneehöhe, sowie fester Niederschlag, gewonnen aus den Klimadaten der Station Rudolfshütte, 2.304 m (RH), so ergibt sich für das Haushaltsjahr 1990/91 folgendes Bild:

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

Im hydrologischen Jahr 1990/91 waren die Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur nicht sehr groß. In Summe war der Winter (Mittel der Jahre 1980-91 -6,2°) etwas zu warm, wozu vor allem die Monate Oktober, Januar und März beitrugen, die jeweils größere positive Abweichungen gegenüber den langjährigen Mittelwerten aufwiesen, vor allem der März mit +3,7°. Dem gegenüber lag im Dezember die mittlere Temperatur bei -9,1°, was eine negative Abweichung von -2,7° vom langjährigen Durchschnitt bedeutet.

Im Sommerhalbjahr fällt vor allem der Mai durch tiefe Temperaturen auf. Mit -3,0° blieb er -3,8° unter dem Durchschnitt. Die Sommermonate Juni bis September waren wärmer als das langjährige Mittel.

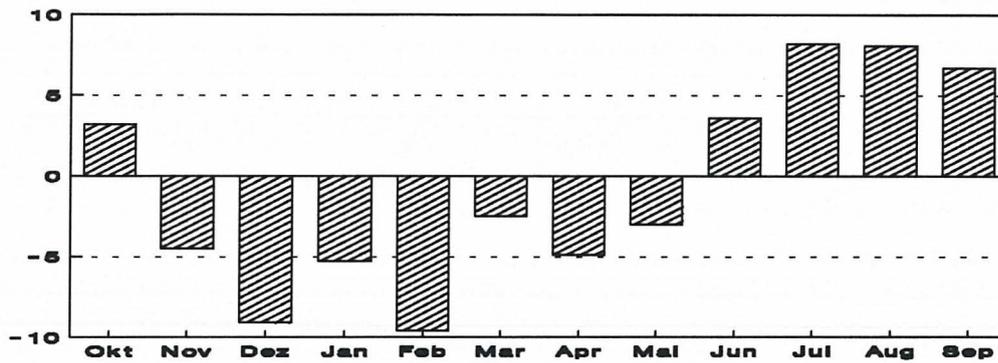


Abb. 1: Monatsmittel der Temperatur 1990/91 an der Station Rudolfshütte (°C)

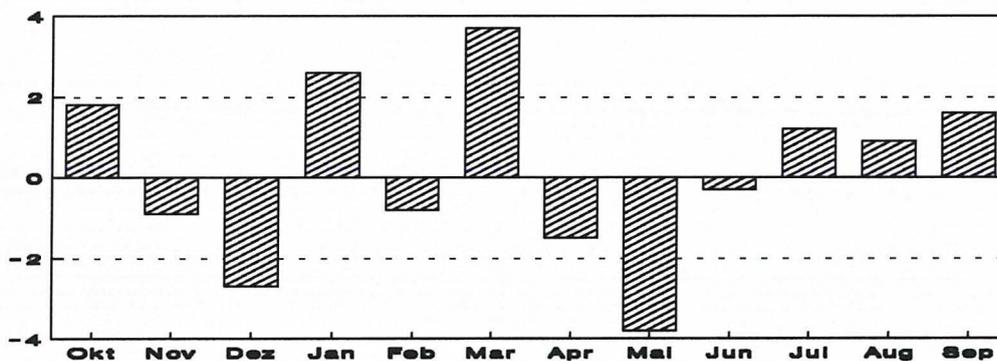


Abb. 2: Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur vom Mittel 1980-91 (°C).

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

Das Winterhalbjahr 1990/91 war insgesamt etwas zu trocken, obwohl die Monatsniederschläge von Oktober und November mit 201 bzw. 216 mm beträchtlich über den Durchschnittswerten der Jahre 1964 bis 1991 (112 bzw. 138 mm) lagen. Die Monate Dezember bis März wiesen jeweils etwa 30 - 40% weniger Niederschlag auf als im langjährigen Durchschnitt. Das Sommerhalbjahr begann mit einem zu trockenen April, war jedoch dann durchwegs sehr feucht (Mai bis August). Die Monatsniederschläge im Mai und Juli lagen je 50% über dem langjährigen Mittel.

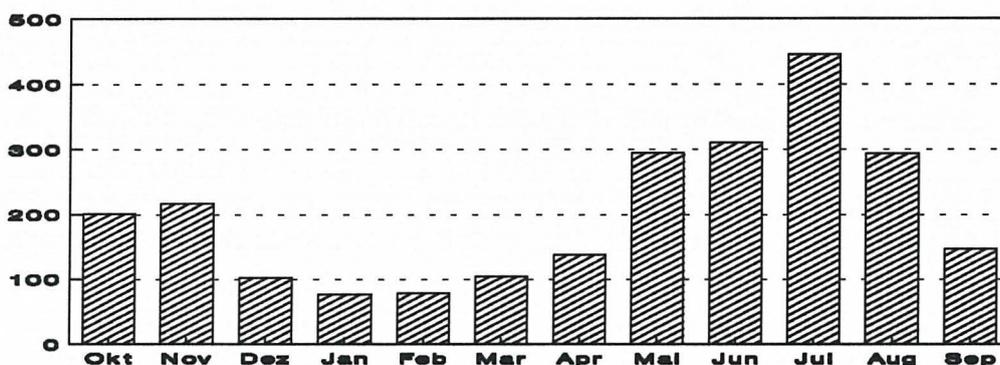


Abb. 3: Monatssummen des Niederschlages 1990/91 an der Station Rudolfshütte (in mm)

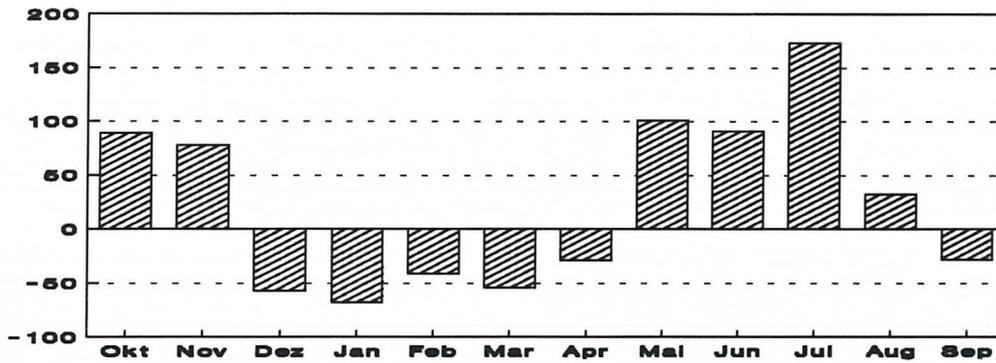


Abb. 4: Abweichungen der Monatssummen des Niederschlags vom Mittel 1964-91 (in mm)

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

In diesem Jahr war der vorwinterliche Schneedeckenaufbau normal. Am 1. Dezember lagen mit 160 cm Gesamtschneehöhe um 42cm mehr Schnee als im Mittel der Jahre 1980-91. Der Winter war niederschlags- bzw. schneearm, die Monate Dezember bis März wiesen jeweils unterdurchschnittliche Niederschlagswerte auf, sodaß am 1. April lediglich 260 cm Schnee gegenüber einem langjährigen Durchschnitt von 394 cm lagen. Nachdem auch der April niederschlagsarm war änderte sich diese negative Abweichung bis zum 1. Mai nicht. Der extrem feuchte Mai brachte große Neuschneemengen und eine Kompensation des Schneedefizits. Am 1. Juni lagen 450(!) cm Schnee gegenüber dem Mittelwert von 346 cm. Durch den relativ raschen Abbau der Schneedecke im Juni war Ende des Monats bereits wieder eine durchschnittliche Mächtigkeit erreicht. Stark wirkte sich auch der Saharastaubfall vom 9. bis 10. 03. aus, der trotz der überdurchschnittlichen Frühjahrsschneedecke schon ab Mitte Juli an der Oberfläche zu liegen kam.

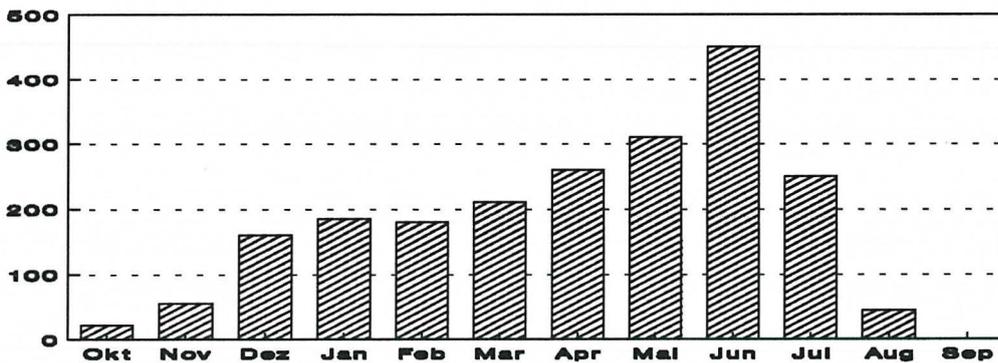


Abb. 5: Schneehöhen am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) im hydrologischen Jahr 1990/91 (gemessen am 1. jeden Monats).

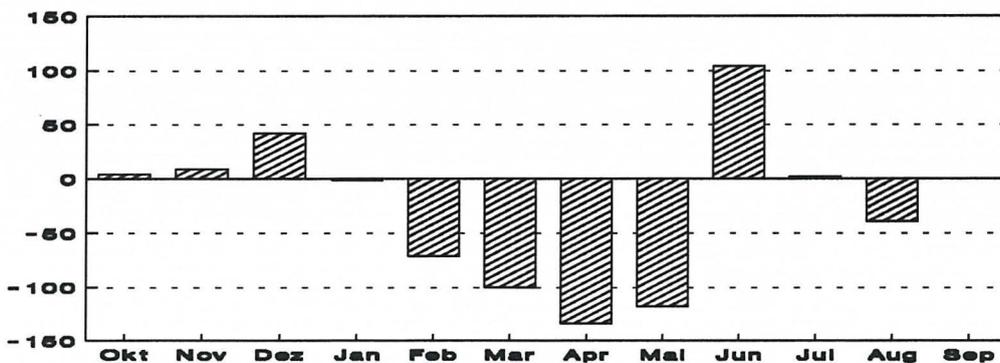


Abb. 6: Abweichungen der Schneehöhen (in cm) am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) vom Mittel der Jahre 1979/80 - 1990/91.

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

Im kühlen Mai fiel überdurchschnittlich viel Niederschlag in Form von Schnee bzw. als Schnee-Regen gemischt. Nachdem im Juni annähernd der Mittelwert erreicht wurde, zeigen die Hochsommermonate Juli und August, aber auch noch der September einen viel zu niedrigen Anteil an festem Niederschlag. Die deshalb fehlende, schützende Neuschneedecke verursachte extreme Ablationswerte in diesen Monaten.

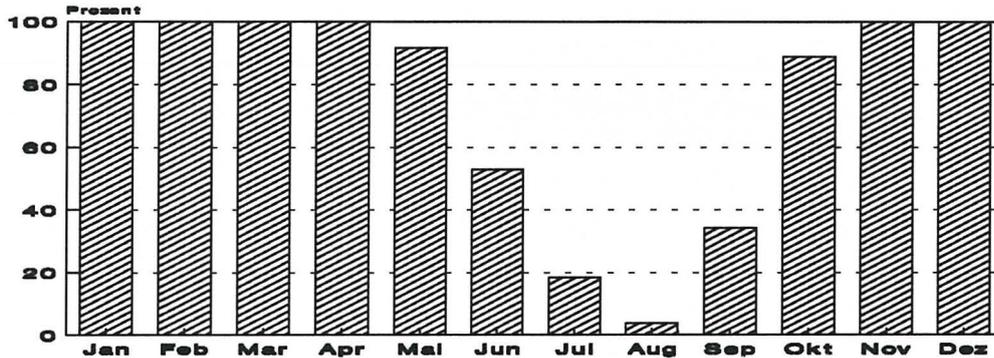


Abb. 7: Anteil des festen Niederschlages an der Gesamtniederschlagsmenge

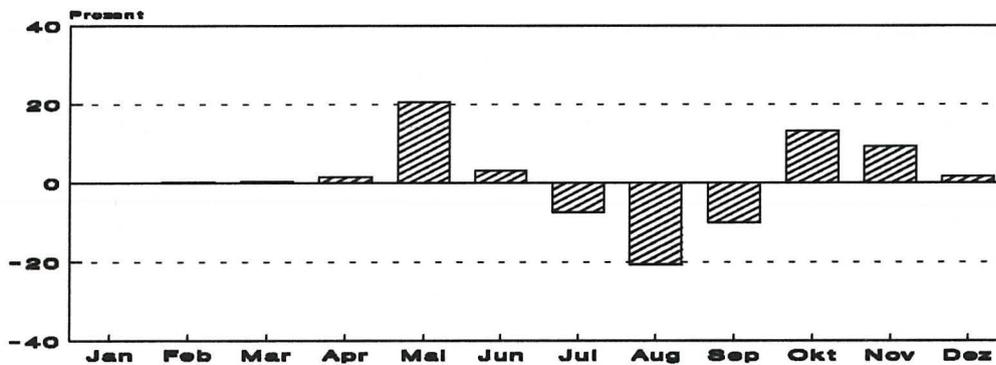


Abb. 8: Abweichung des Anteiles an Festniederschlag vom langjährigen Mittel

	1990/91	Monatsmittel 1980-1991	Abweichungen 1990/91
Oktober1990	3.2	1.4	+1.8
November	-4.5	-3.7	-0.9
Dezember	-9.1	-6.4	+2.7
Januar1991	-5.3	-7.9	+2.6
Februar	-9.6	-8.8	-0.8
März	-2.5	-6.2	+3.7
April	-4.9	-3.4	-1.5
Mai	-3.0	0.8	-3.8
Juni	3.6	3.9	-0.3
Juli	8.2	7.0	+1.2
August	8.1	7.2	+0.9
September	6.7	5.1	+1.6
Oktober	0.0	1.4	-1.4

November	-3.5	-3.7	+0.2
Dezember	-6.8	-6.4	-0.4

Tab. 1: Monatsmittel der Temperatur 1990/91 gemessen an der Station Rudolfshütte, und die Abweichungen vom Mittel der Jahre 1980 bis 1991 (in °C).

	1990/91	Mittelwerte 1964-91	Abweichungen 1990/91
Oktober 1990	201	112	+89
November	216	138	+78
Dezember	102	159	-57
Januar 1991	76	144	-68
Februar	78	119	-41
März	104	160	-54
April	137	166	-29
Mai	294	193	+101
Juni	310	219	+91
Juli	445	273	+173
August	293	261	+32
September	146	174	-28
Oktober	100	112	-12
November	203	138	+65
Dezember	385	159	+226

Tab. 2: Monatsmittel des Niederschlages 1990/91 gemessen an der Station Rudolfshütte, und die Abweichung der Werte vom Mittel der Jahre 1964 - 91 (in mm)

	Schneehöhen 1990/91	Mittelwert 1980-91	Abweichung 1990/91
Oktober 1990	22	18	+4
November	55	46	+9
Dezember	160	118	+42
Januar 1991	185	186	-1
Februar	180	251	-71
März	210	310	-100
April	260	394	-134
Mai	310	428	-118
Juni	450	346	+104
Juli	250	248	+2
August	45	84	-39
September	-	-	-

Tab. 3: Schneehöhen (in cm) am Sonnblickkees (Unterer Boden) im hydrologischen Jahr 1990/91 und Vergleich mit den mittleren Schneehöhen der Jahre 1979/80 bis 1990/91 (gemessen am 1. oder 2. des jeweiligen Monats; das Mittel für September konnte nicht ermittelt werden)

	1991	1980-90	Abweichung
Januar	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	91,6	71,2	+20,4
Juni	52,9	49,6	+3,1
Juli	18,4	25,8	-7,4
August	3,8	24,4	-20,6
September	34,2	44,3	-10,1
Oktober	88,7	75,6	+13,1
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 1980-90.

Der Winter des hydrologischen Jahres 1990/91 war ähnlich wie im Vorjahr um $0,7^\circ$ zu warm ($-4,6^\circ$ gegenüber einem Mittelwert der Jahre 1980-91 von $-5,3^\circ$), die Niederschlagsverhältnisse waren durchschnittlich (vgl. Mittelwert 1964-91). Der Sommer wich mit $+3,1^\circ$ nur wenig ($-0,3^\circ$) in vom langjährigen Mittel ($+3,4^\circ$) ab, die Niederschlagswerte waren durchwegs überdurchschnittlich.

Das Jahresmittel 1990/91 von $-0,8^\circ$ entsprach dem langjährigen Durchschnitt (1980-91: $-0,9^\circ$), war aber überdurchschnittlich feucht. Am Ombrometer Rudolfshütte wurden im Zeitraum 10.90 bis 09.91 2.402 mm gemessen (vgl. Mittelwert der Jahre 1964-91: 2.153 mm).

Das Temperaturmittel der Hauptablationsmonate Juni bis September betrug 1991 $+6,6^\circ$ und war damit höher als der langjährige Durchschnitt von $+5,8^\circ$ (1980-91). Besonders die um $+0,9$ bis $+1,6^\circ$ zu warmen Monate Juli, August und September trugen maßgeblich zur starken Abschmelzung bei, wobei auch nur sehr selten Neuschneefälle auftraten.

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 mit dem Monoplottingverfahren ausgewertet zu werden.

Die Ausaperung des SSK wurde durch Fotos am 26.06., 16. und 31. 07., 20. und 24.08., 03., 06., 08. (vom Johannisberg), 10. - 12., 19., und 27.09. (Abb. 10) erfaßt. Am 19.09. wurden bei einer Befliegung Flugschrägaufnahmen gemacht. Vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen wurde am 04.09.91 der Revisionsflug Blatt 153 durchgeführt, die Luftbilder stellen eine wertvolle Arbeitsgrundlage dar.

Wie im Vorjahr wurde die Ausaperung des Sonnlickkeeses mehrmals durch Meßaufnahmen von den Standpunkten Schafbichl, Fürleggpfleiler und Medelzkopf für die Auswertungen mit dem Monoplottingverfahren festgehalten. Die Aufnahmen erfolgten am 26.06., 10./11.07., 21.07., 07., 12., 17., und 28.08. sowie am 10.09. (Abb.9) und 27.09. durch Mag. Dr. K. Pangerl. Die Aufnahmen vom 10.09. wurden mit dem terrestrischen Monoplottingverfahren ausgewertet.

Dieser exakt ausgewertete Ausaperungsstand diente als Grundlage zur Extrapolation bzw. Kartierung des maximalen Ausaperungsstandes.

Im Juli und August bis 15. September gab es keine wesentliche Unterbrechungen der Abschmelzung durch Neuschneefälle. Erst am 28.09. sank die Neuschneegrenze durch einen Kaltlufteinbruch auf 1400 m herab, sodaß am 27.09. faktisch die maximale Ausaperung erreicht worden war. Bei einem starken Süd Sturm mit Spitzen bis 150 km/h am 29.09. wurden die Buckel des SSK wieder freigeblasen, wobei der Ausaperungsstand nicht mehr verändert wurde. Schneefälle vom 30.09. auf den 01.10. beendeten endgültig das Haushaltsjahr 1990/91, die maximale Ausaperung des SSK war daher am 30.09.91.

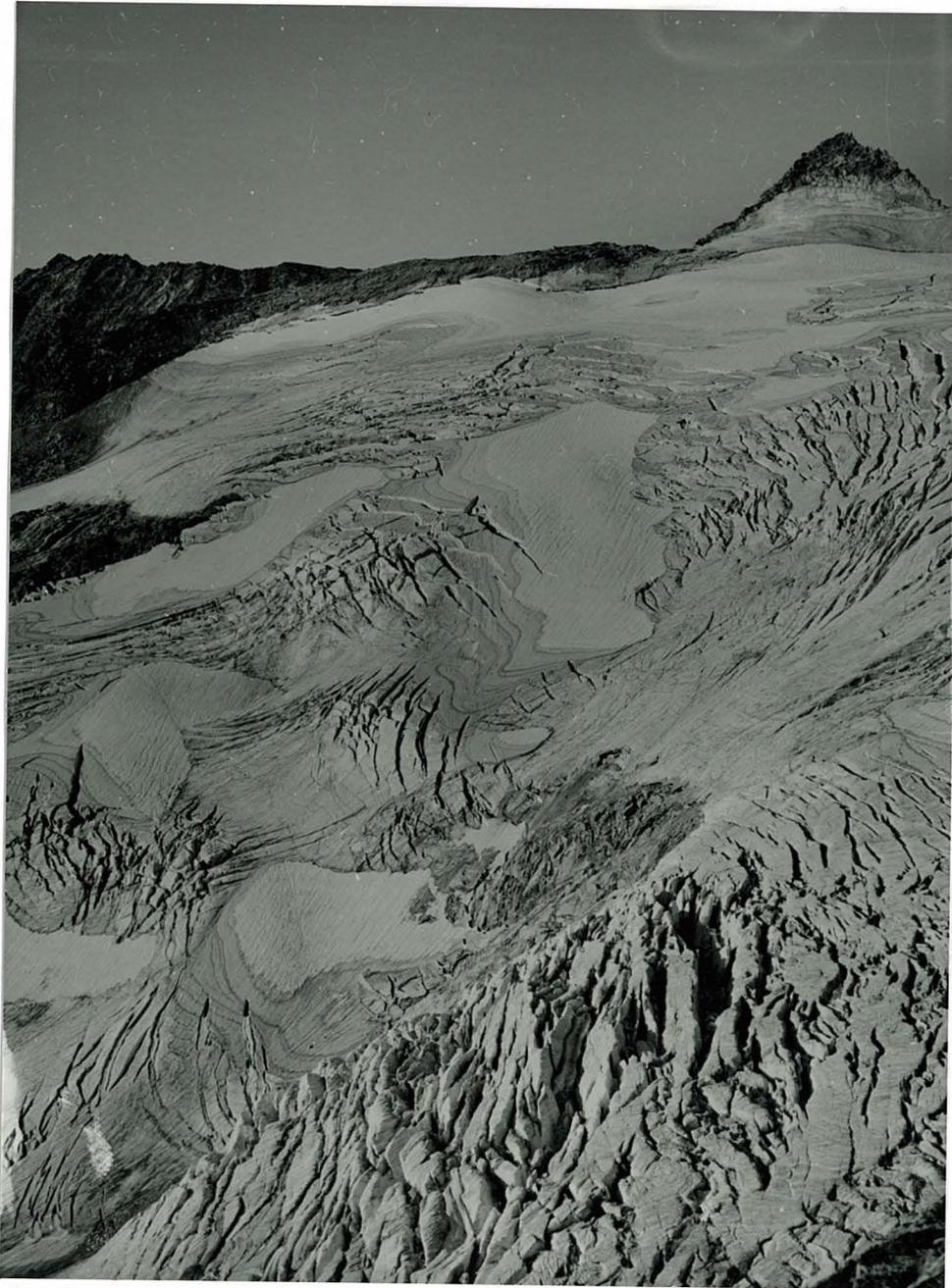


Abb. 9: Meßaufnahme, vom Fürleggpfiler aus, vom 10.09.1991 (Foto: K. Pangerl). Die Apefiguren sind deutlich sichtbar.



Abb. 10: Das Stubacher Sonnblickkees am 27.09.1991 am Ende des Haushaltsjahres (maximale Ausaperung), (Foto: H.Slupetzky)

Stubacher Sonnblickkees
Stand der Ausaperung 30.09.1991

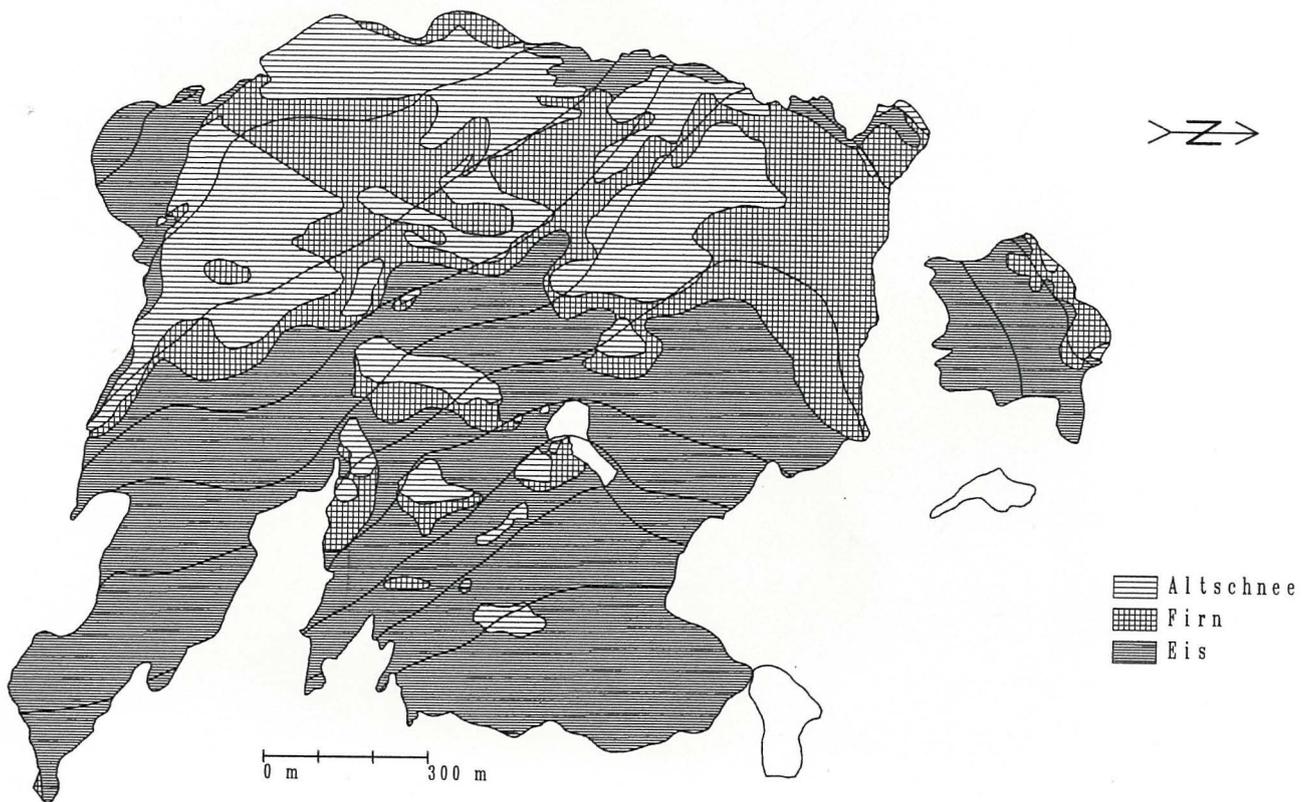


Abb. 11: Karte der maximalen Ausaperung des SSK am 30.09.1991

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
2800-2850	-	-	26597	26597	26597
2850-2900	-	3600	32502	36102	36102
2900-2950	1303	9336	2024	11360	12663
Gesamt	1303	12936	61123	74059	75362

Sonnblickkees

Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2450-2500	-	-	228	228	228
2500-2550	3564	-	123809	123809	127373
2550-2600	2445	158	67247	67405	69850
2600-2650	5270	6222	55645	61867	67137
2650-2700	6300	5417	84159	89576	95876
2700-2750	8982	58122	174776	232898	241880
2750-2800	73676	102644	82118	184762	258438
2800-2850	28971	32495	105866	138362	167332
2850-2900	51257	72981	43822	116803	168060
2900-2950	100718	65474	11581	77056	177773
2950-3000	58129	25049	30414	55463	113593
3000-3050	9	-	9412	9412	9421
Gesamt	339321	368562	789077	1157641	1496961

Sonnblickkees und Filleckkees

Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2450-2500	-	-	228	228	228
2500-2550	3564	-	123809	123809	127373
2550-2600	2445	158	67247	67405	69850
2600-2650	5270	6222	55645	61867	67137
2650-2700	6300	5417	84159	89576	95876
2700-2750	8982	58122	174776	232898	241880
2750-2800	73676	102644	82118	184762	258438
2800-2850	28971	32495	132464	164959	193930
2850-2900	51257	76581	76324	152905	204162
2900-2950	102020	74811	13605	88416	190436
2950-3000	58129	25049	30414	55463	113593
3000-3050	9	-	9412	9412	9421
Gesamt m²	340623	381499	850201	1231700	1572324

Tab. 5: Altschnee-, Firn- und Eisflächen nach Höhenzonen in m² (Stand der Ausaperung: 30.09.1991)

1.2.2. Ermittlung der Kenngrößen der Massenbilanz

Die Massenbilanz des SSK 1990/91 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 1990/91 folgende Massenbilanzwerte:

Spezifische Nettoakkumulation:	$b_c = 6,0 \text{ g/cm}^2$
Spezifische Nettoablation:	$b_a = -87,8 \text{ g/cm}^2$
Mittl. spez. Nettobilanz:	$b = -81,8 \text{ g/cm}^2$

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_{akm}^2	$b_a \text{ g/cm}^2$	$B_a \text{ 10}^6\text{m}^3$	$S \text{ km}^2$
0,340	5,97	0,094	1,232	-87,81	-1,380	1,572
$B \text{ 10}^6\text{m}^3$	$b \text{ g/cm}^2$	S_c/S	S_c/S_a	EL	natürl.HJ	
-1,286	-81,83	0,216	0,275	2.885 m	02.09.90-30.09.91	

(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, EL = Gleichgewichtslinie = Equilibrium Line, HJ = Haushaltjahr)

Das SSK hatte mit einer mittl. spez. Nettomassenbilanz von $-81,8 \text{ g/cm}^2$ wieder einen stark negativen Haushalt, nur die vier Bilanzjahre 1985/86, 1962/63, 1981/82 und 1963/64 endeten mit einem größeren Massenverlust. Hauptursache war der zu warme Sommer mit langen Schönwetterperioden und die Auswirkungen des Wüstenstaubes vom 9./10.März, der schon im Juli an der Oberfläche zu liegen kam und die Albedo erniedrigte.

1.3. Ergebnisse der Längen- und Bewegungsmessungen

Das Gletscherende des SSK wurde mehrmals in seiner Lage von fixen Meßmarken im Gelände eingemessen (vgl. Längenmessungen des Österreichischen Alpenvereines), zum letzten mal am 12. 9. 91. Für diesen Zeitpunkt ergab sich aus der Mittellung des Abstandes zu 20 Meßmarken ein Rückzugsbetrag von $-2,1 \text{ m}$ gegenüber 1990. Neben der Ablationsmessung erfolgt alljährlich eine Ermittlung der Eisbewegungsbeträge an zehn Pegeln. Die horizontale Bewegung betrug z.B. am Pegel 586 (1990) bzw. 596 (1991) - Ursprungsnummer 4 - $4,28 \text{ m}$.

Bei diesem Pegel betrug die Abschmelzung vom 26.08.90 bis 02.09.91 $3,86 \text{ m}$, die Höhenänderung in diesem Zeitraum war $-2,17 \text{ m}$. Daraus ergibt sich eine Emergenzbewegung von $1,69 \text{ m}$. Durch die Emergenzbewegung wurde an der Gletscherstirn 1990/91 größenordnungsmäßig nicht einmal die Hälfte (44%) der Abschmelzung kompensiert. Da auch die jährliche Fließbewegung von $4,73 \text{ m}$ 1989/90 auf $4,28 \text{ m}$ 1990/91 abgenommen hat, ist in den nächsten Jahren mit einem weiteren Rückzug zu rechnen.

Der Kees-See, der sich in den letzten Jahren aufgrund des starken Eisschwundes orographisch links am Gletscherende bildet, hat seine Spiegelhöhe auf die Überlaufkante in einer Seehöhe von 2.509,4 m eingestellt, da der Eisdamm an dieser Stelle völlig abgeschmolzen ist.

2. Ergebnisse der Niederschlagsmessungen 1990/91 bzw. 1991 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 mit Hilfe des Totalisatornetzes sind in Tab. 6 zusammengestellt (Abb. 12). Die Jahressummen des Niederschlages (Kalenderjahr) sind südlich des Alpenhauptkammes geringer (1.548 mm) als nördlich (1.727 - 2.247 mm). Weiters nimmt der Niederschlag von etwa 1.700 mm in 2.000 m auf etwa 2.200 mm in Höhen zwischen 2.300 und 2.500 m zu.

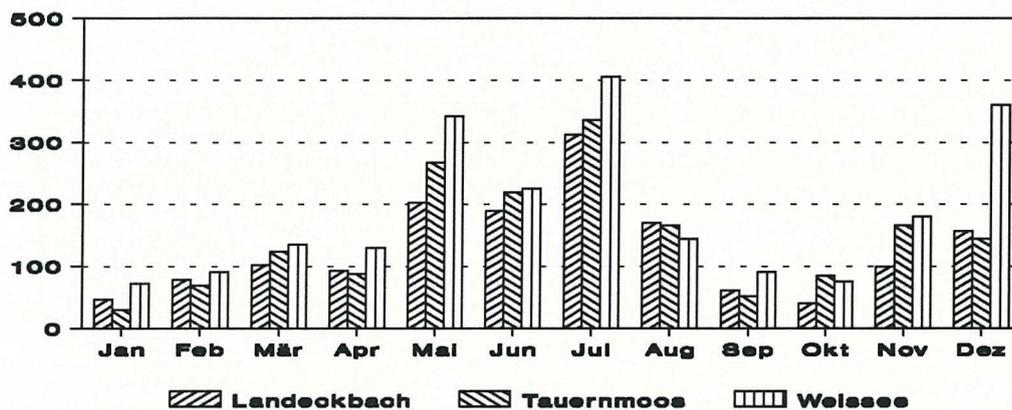


Abb. 12: Monatliche Schwankungen des Niederschlages 1991 bei den Totalisatoren Tauernmoossee, Weißsee und Landeckbach (in mm)

	WS 2.270m	KT 2.390m	SB 2.510m	TM 2.040m	LB 2.040m	BS 2.040m	RH 2.304m
Oktober 1990	140	71	134	116	217	172	201
November	292	199	262	202	80	242	216
Dezember	48	84	60	51	147	56	102
Januar 1991	72	30	89	30	46	26	76
Februar	90	60	74	69	78	33	78
März	135	132	104	123	102	148	104
April	129	111	118	87	92	48	137
Mai	342	366	374	267	202	281	294
Juni	225	258	277	219	189	215	310
Juli	405	330	388	336	312	303	445
August	144	180	240	165	169	203	293
September	90	105	74	51	61	37	146
Oktober	75	87	78	84	40	118	100
November	180	189	181	165	99	152	203
Dezember	360	303	296	144	156	163	385
Hydrol. Jahr 1990/91	2112	1926	2194	1716	1695	1764	2402

Jahr 1991	2247	2151	2293	1740	1548	1727	2571
hydr.Winter	777	576	723	591	670	677	777
hydr.Sommer	1135	1350	1471	1125	1025	1087	1625

Tab. 6: Niederschlagswerte aus Totalisatormessungen im Einzugsgebiet der Speicher Weißsee und Tauernmoossee im Hydrologischen Jahr 1990/91 und im Kalenderjahr 1991 (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)

Neben dem Julimaximum waren der Mai und der Dezember sehr niederschlagsreich, fast durchwegs unternormale Niederschläge traten vom Dezember 1990 bis April 1991 auf.

	1964-91	1991	%
Tot.Weißsee (2.270m)	2.633	2.247	85,3
Tot.Kalser Törl (2.390 m)	2.315	2.151	92,9
Tot.Sonnblickkees (2.510 m)	2.108	2.293	108,7
Tot.Tauernmoos (2.040 m)	1.837	1.740	94,7
Tot.Landeckbach (2.040 m)	1.672	1.548	94,6
Tot.Beileitung Süd (2.040 m)	1.697	1.727	101,7
Ombr.Rudolfshütte (2.304 m)	2.153	2.571	119,4
"Mittel der 6 Totalisatoren"	2.043	1.951	95,5

Tab. 7: Jahressummen des Niederschlages (in mm) und Abweichungen .

3. Der Abfluß 1990/91 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):

	1990/91	1942-91	Abweichung
Oktober 1990	1535	652	882
November	230	175	55
Dezember 1990	150	103	47
Januar 1991	180	108	72
Februar	100	78	22
März	132	75	57
April	105	128	-13
Mai	100	842	-742
Juni	3163	2842	321
Juli	5000	4315	685
August	4440	3761	679
September	2681	2050	631
Oktober	522	652	-130
November	180	175	5
Dezember	210	103	107
Hydr.Jahr 90/91	17816	15129	+2687
Kalenderjahr 91	16813	15129	+1684

Tab. 8: Monatlicher Abfluß 1990/91 und Abweichungen vom Mittel der Jahre 1942-1991 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee (Werte in 1.000 m³).

Beim Speicher Weißsee wurde relativ früh, am 20.8.1991, der Vollstau erreicht. Der Zufluß im Hydrologischen Jahr 1990/91 war mit 17,8 Mio. m³ übernormal und betrug 118 % des langjährigen Mittels (1942-1991) von 15,1 Mio. m³; der geringste Zufluß zwischen 1942 und 1991 war 1971/72 mit 10,724 Mio. m³. Der Zufluß im Kalenderjahr 1991 betrug 16,8 Mio. m³.

In Abb. 13 sind die monatlichen Abflußhöhen, in Abb. 14 die Abweichungen im hydrologischen Jahr 1990/91 vom langjährigen Mittel 1942-91 dargestellt. Der kühle Mai verzögerte den Abbau der winterlichen Schneedecke, weshalb der Zufluß in den Speicher Weißsee stark unternormal war. Die Zuflüsse waren während der Ablationsperiode Juni bis September überdurchschnittlich, im Juni und besonders im Juli waren die hohen Niederschläge die Ursache, im August und September vor allem die starke Ablation.

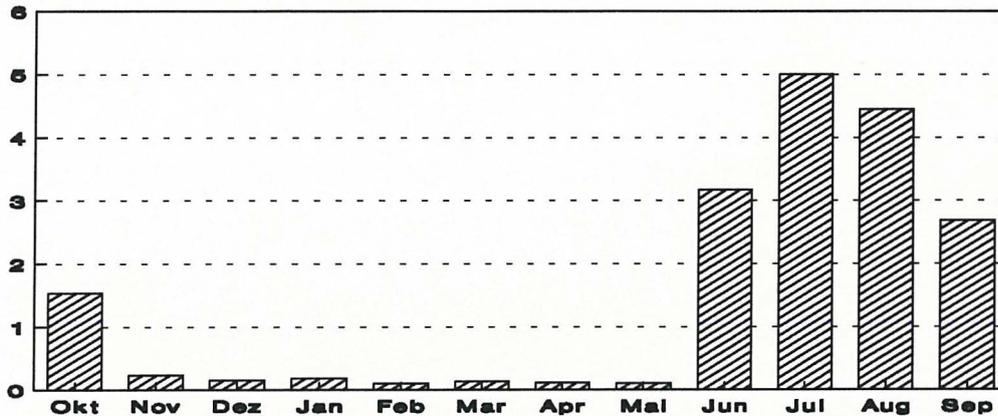


Abb. 13: Monatliche Abflußhöhen im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee 1990/91 (in 1000 m³)

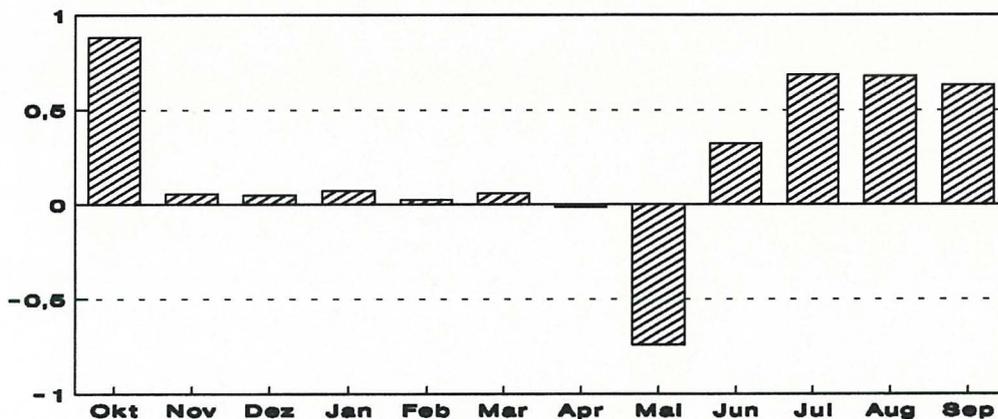


Abb. 14: Abweichungen der monatlichen Abflußhöhen 1990/91 vom Mittel 1942/43 - 1990/91 (in 1000 m³)

4. Berechnung der Größenordnung der hydrologischen Bilanz 1990/91 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 29,6% (1,572 km²) ausmacht.

Nachstehend die einzelnen **Parameter der Wasserhaushaltsgleichung** $N = A + V + (R - B)$ mit den Beträgen für 1990/91 und der Fehlerschätzung:

Abfluss	17.816.000 m ³	+/- 4 %
Verdunstung	1.855.000 m ³	+/- 25 %
Bilanz Sonnblickkees	-1.286.000 m ³	+/- 5 %
Bilanz Weißseekees	-130.000 m ³	+/- 30 %
Schneeflecken	40.000 m ³	+/- 50 %
Firnflecken	-270.000 m ³	+/- 50 %

Die Niederschlagshöhe für das 5,3 km² große Einzugsgebiet des Speichers Weißsee beträgt 3.400 mm +/- 5,3 %. Die Gletscherspende betrug 310 mm oder 1,646 Mio. m³, d.s. 9,1 %.

Berechnet man aus den Niederschlagssummen der Totalisatoren Weißsee, Kalser Tauern und Sonnblickkees sowie Ombrometer Rudolfshütte den "mittleren Jahres-Gebietsniederschlag" im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee, erhält man für 1990/91 2.158 mm. Die aus der Wasserhaushaltsgleichung berechnete Niederschlagshöhe beträgt 3.400 mm. Dies würde bedeuten, daß die Totalisatoren im Mittel im Jahr um 36,5% zu wenig anzeigten.

5. Überblick über die Massenbilanz - Meßreihe vom Stubacher Sonnblickkees 1964-1991

Von den seit 1964 jährlich bestimmten 28 Massenbilanzen waren 16 positiv und 12 negativ. Von 1964 bis 1991 betrug die kumulative Massenbilanz -1,203 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 -9,533 Mio. m³ (Spez. Bilanz: -555,5 g/cm²) abgebaut, d.h. um rund 97 %. , das bedeutet das innerhalb von 10 Jahren jene Masse verloren ging, die von 1965-81 in 17 Jahren aufgebaut worden war. Der Gletscher hat sein geringstes Volumen seit Mitte des vorigen Jahrhunderts erreicht und liegt nun schon unter dem bisherigen Minimum von 1964.

Durch Extrapolation der Meßwerte bis 1959 liegt eine 33-jährige Meßserie (1959 bis 1991) vor. 14 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 1985/86 mit -143,2 g/cm² (- 2,493 Mio. m³) Verlust und 1964/65 mit 197,6 g/cm² (3,5 Mio. m³) Zuwachs. Die kumulative Massenänderung während der gesamten Meßserie 1959-91 betrug -3,392 Mio. m³ bzw. -231,4 g/cm². Die mittlere Höhenlage der Gleichgewichtslinie für die Periode 1965 bis 1981 war 2.681 m, für die Periode 1959 bis 1991 (33 Jahre) 2.750 m. Im Zeitraum 1982 bis 1991 - in der jüngsten Periode des Massenverlustes - errechnet sich eine mittlere Höhenlage der Gleichgewichtslinie von 2.839 m. Die Gleichgewichtslinie lag in diesem Haushaltsjahr (1990/91) in 2.885 m, d.h. sie lag 46 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 m stieß die Stirn bis 1981 um 19,1 m vor; der maximale Vorstoß vom Herbst 1973 bis Juli 1982 - wobei eine Vorstoßmoräne aufgeschoben wurde - belief sich auf rund 25 m. 1990/91 schmolz das SSK -2,1 Meter zurück (31-jähriges Mittel: - 0,6m/Jahr). Seit dem Maximalvorstoß Anfang der 80er Jahre wurde das SSK von 1981/82 bis 1990/91 um 16,8 m kürzer.

6. Dank

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

Mein Dank gilt auch den Mitarbeitern bei den Feldarbeiten, die während der geodätischen Vermessungen von B. und N. Slupetzky sowie G. Ehgartner geleitet wurden. 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. 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 Feldarbeiten, Auswertungen und 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