

Programm "Wasser- und Eishaushaltmessungen im Stubachtal"
(Massenbilanzmeßreihe vom Stubacher Sonnblickkees)
Bericht für 1990

(mit 1 Kartenbeilage)

Zusammenfassung

Der Massenhaushalt des Stubacher Sonnblickkeeses 1989/90 war mit $-0,9 \text{ Mio. m}^3$ oder $-56,1 \text{ g/cm}^2$ mittlerer spezifischer Massenbilanz wieder deutlich negativ. Der Massenverlust seit 1981/82 betrug damit insgesamt $-8,3 \text{ Mio. m}^3$ d.s. rund 86 % des vorhergegangenen Massenzuwachses seit 1964/65 von $9,8 \text{ Mio. m}^3$. Die Gleichgewichtslinie war 1990 in 2.855 m Höhe. Seit 1981/82 lag sie im Mittel bei 2.834 m, gegenüber der Massenzuwachsperiode 1965-81 war sie heuer um 150 m angehoben. Der Eisrand schmolz um $-4,5 \text{ m}$ zurück. Die Ursachen des neuerlichen Massenabbaues liegen nicht nur an der wieder unterdurchschnittlichen Winterschneedecke, sondern auch am starken Abbau des Altschnees bereits im Mai, wenn dieser auch durch die Unterbrechung von Juni bis Anfang Juli verzögert worden ist. Besonders die warmen Witterungsabschnitte im Juli und auch im August bewirkten ein rasches Ausapern des SSK. Der sehr kalte September mit zahlreichen Schneefällen verhinderte einen noch stärker negativen Haushalt. Die maximale Ausaperung wurde am 1.9.90 erreicht, nur rund ein Drittel der Gletscherfläche blieb altschneebedeckt.

Die Temperaturverhältnisse bei der Station Rudolfshütte (2.304 m) während der Ablationsperiode Juni bis September entsprachen mit einem Mittelwert von $5,7^\circ$ dem Mittel der 80er Jahre. Da der Winter zu warm war, ergibt sich für das hydrologische Jahr 1989/90 ($0,4^\circ$) eine positive Abweichung von $1,4^\circ$. Die Jahressumme des Niederschlages aus dem Mittel von 5 Totalisatoren betrug 1.877 mm, d.s. 93 % des langjährigen Mittels.

Der Zufluß in den Speicher Weißsee im hydrologischen Jahr 1989/90 lag mit $12,6 \text{ Mio. m}^3$ unter dem langjährigen Durchschnitt (83 %). Die mittlere Jahresabflußhöhe war 2.384 mm (langjähriges Mittel: 2.866 mm).

Aus der Wasserhaushaltsgleichung läßt sich eine Jahresniederschlagshöhe im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee für 1989/90 von 2.534 mm abschätzen. Die Gletscherspende betrug in diesem Jahr etwa 8 %.

1. Die Bestimmung der Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses 1989/90

In diesem Jahr wurde zum 27. Mal in ununterbrochener Reihenfolge die Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses (SSK) bestimmt (davon 17 mal mit der direkten glaziologischen Methode und zehnmal über die maximale Ausaperung).

1.1. Witterungsverlauf 1989/90

Vergleicht man den Jahresablauf der glazialmeteorologisch wichtigen Parameter: Temperatur, Niederschlag und Schneehöhe, gewonnen aus den Klimadaten der Station Rudolfshütte, 2.304 m (RH) - die synoptische Station besteht nunmehr seit 10 Jahren -, so ergibt sich für das Haushaltsjahr 1989/90 folgendes Bild:

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

Das hydrologische Winterhalbjahr war insgesamt sehr mild und niederschlagsarm. Die Monate Oktober und November weisen normale thermische Verhältnisse auf ($+0,5^\circ$ bzw. $-0,2^\circ$ gegenüber dem langjährigen Mittel). In den Monaten Dezember bis März hingegen lagen die mittleren Temperaturen zwischen $3,0^\circ$ (Dezember) und $5,4^\circ$ (Februar) über den langjährigen Mittelwerten. Der Februar zählte somit zu den wärmsten in diesem Jahrhundert. Das Sommerhalbjahr zeigte keine extremen Abweichungen von den Normalwerten, der Mai und August waren jedoch zu warm ($+1,5^\circ$ bzw. $+1,1^\circ$ gegenüber dem Mittel des Jahrzehnts 1980-90). Der September hingegen war überdurchschnittlich kalt, der Mittelwert war um $2,1^\circ$ niedriger als der Durchschnitt der Jahre 1980-90.

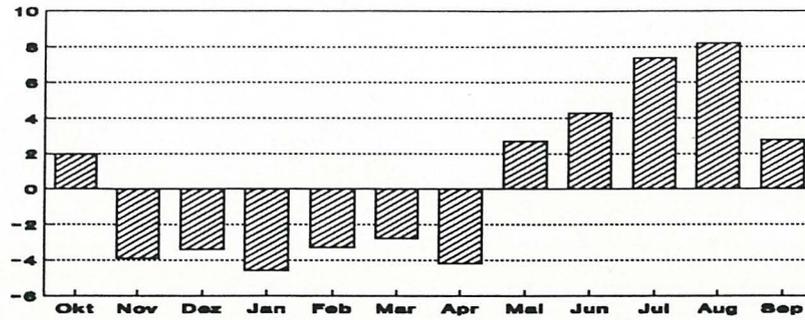


Abb. 1: Monatsmittel der Temperatur 1989/90 an der Station Rudolfshütte (°C)

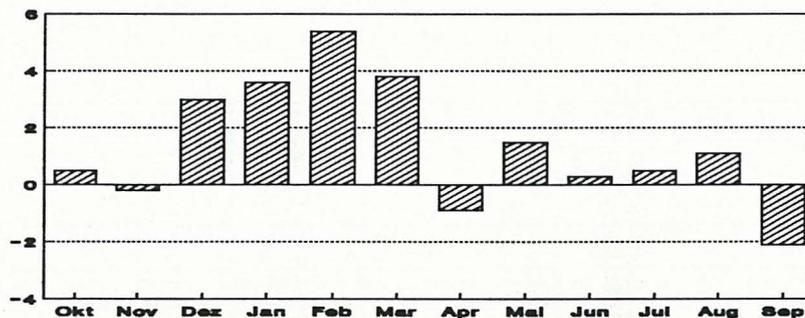


Abb. 2: Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur vom Mittel 1980-90 (°C).

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

Der Hochwinter 1989/90 war besonderes niederschlagsarm. Einem normal feuchten Oktober folgten zwei trockene Monate mit jeweils nur zwei Drittel des normalen Niederschlags. Der Jänner hatte mit 54 mm nur ein Drittel des mittleren Wertes von 151 mm. Ein überdurchschnittlich feuchter Februar (mehr als doppelter Normalniederschlag) glich das Defizit zum größten Teil aus, sodaß die Schneehöhen am 1. März nicht mehr wesentlich von mittleren Werten vergangener Jahre abweichen. Das Sommerhalbjahr war durch die sehr trockenen Monate Mai und August und die wesentlich zu feuchten Monate Juni, Juli und September gekennzeichnet.

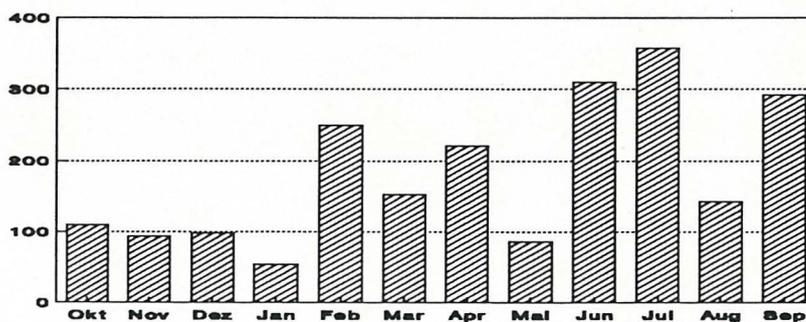


Abb. 3: Monatssummen des Niederschlages 1989/90 an der Station Rudolfshütte (in mm)

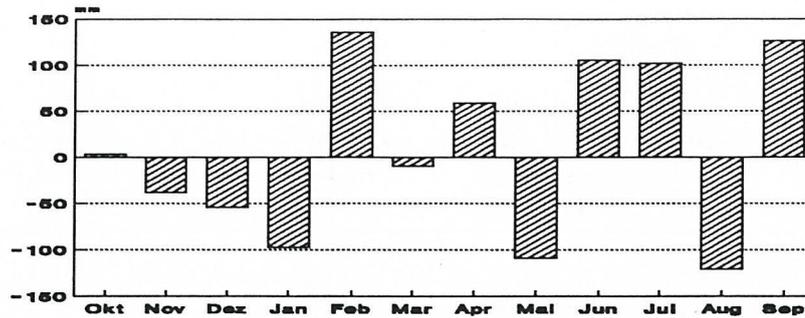


Abb. 4: Abweichungen der Monatssummen des Niederschlags vom Mittel 1964-88 (in mm)

Schneehöhe (Tab. 3, Abb. 5 und 6)

Der Aufbau der Schneedecke erfolgte im Früh- und Hochwinter langsam. Die Niederschlagsarmut der ersten Wintermonate führte zu stark unterdurchschnittlichen Schneehöhen. Erst im Februar kam es zu ergiebiger Niederschlagstätigkeit (vor allem zwischen dem 10. und 16. des Monats), sodaß die Schneehöhe nur mehr geringfügig hinter dem langjährigen Mittel zurücklag. Im März wurden bei der Rudolfshütte 2,12 m Schnee, am Unteren Boden am 1. April 3,35 m gemessen. Der warme und trockene Mai verursachte bereits sehr früh einen massiven Abbau der Schneedecke bis in hohe Lagen. Das entstandene Defizit konnten auch die feuchten Monate Juni und Juli nicht mehr ausgleichen, sodaß für den Sommer eine unterdurchschnittliche Altschneeauflage zur Verfügung stand. Nach Neuschneefällen in der ersten Juliwoche führte die anhaltend warme Witterung bis in den August hinein zu einem kontinuierlichen Abschmelzen der Altschneedecke. Kaltlufteinbrüche mit einem Absinken der Neuschneegrenze unter 2500 m brachten nur eine kurze Unterbrechung. Eine stabile sommerliche Schönwetterphase im letzten Augustdrittel hatte ein rasches Ausapern des SSK zur Folge. Eine kühle Witterungsphase ab 2. September leitete das Ende der Abschmelzperiode ein, bis 8.9. sank die temporäre Schneegrenze bis 1600 m ab. Im kalten September mit mehreren Schneefällen aperte das Sonnblickkees nicht mehr aus. Im relativ warmen Oktober schmolz die Neuschneedecke bis 19. des Monats nur an exponierten Stellen ab. Die maximale Ausaperung wurde am 1.9. erreicht. Die Ausaperung im Oktober verursachte keine Änderung des Ausaperungsstandes am SSK. Schneefälle ab 20.10. beendeten endgültig jegliche Abschmelzung.

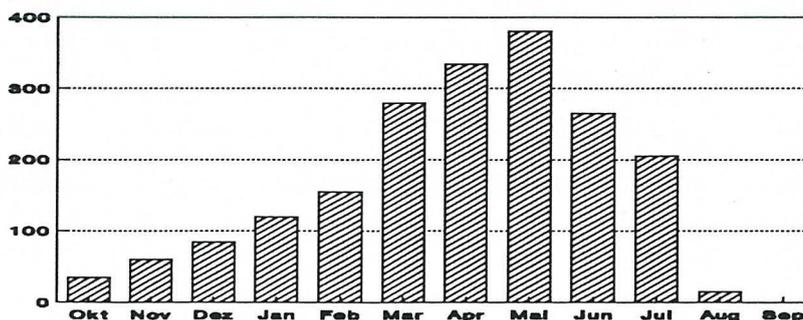


Abb. 5: Schneehöhen am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) im hydrologischen Jahr 1989/90 (gemessen am 1. jeden Monats).

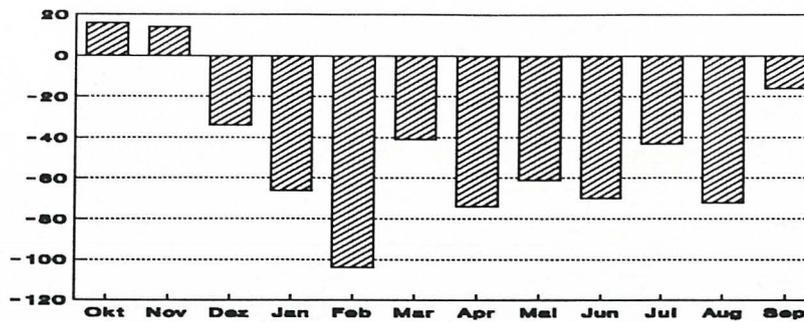


Abb. 6: Abweichungen der Schneehöhen (in cm) am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) vom Mittel der Jahre 1984/85 - 1989/90.

	1989/90	Monatsmittel 1980-1990	Abweichungen 1989/90
Oktober1989	2.0	1.5	+0.5
November	-3.9	-3.7	-0.2
Dezember	-3.4	-6.4	+3.0
Januar1990	-4.6	-8.2	+3.6
Februar	-3.3	-8.7	+5.4
März	-2.8	-6.6	+3.8
April	-4.2	-3.3	+0.9
Mai	2.7	1.2	+1.5
Juni	4.3	4.0	+0.3
Juli	7.4	6.9	+0.5
August	8.2	7.1	+1.1
September	2.8	4.9	-2.1
Oktober	3.2	1.5	+1.7
November	-4.5	-3.7	-0.8
Dezember	-9.1	-6.4	-2.7

Tab. 1: Monatsmittel der Temperatur 1989/90 gemessen an der Station Rudolfshütte, und die Abweichungen vom Mittel der Jahre 1980 bis 1990 (in °C).

	1989/90	Mittelwerte 1964-88	Abweichungen 1989/90
Oktober 1989	110	107	+3
November	94	132	-38
Dezember	98	152	-54
Januar 1990	54	151	-97
Februar	250	114	+136
März	153	163	-10
April	221	162	+59
Mai	86	195	-109

Juni	310	205	+105
Juli	358	256	+102
August	143	264	-121
September	292	166	+126
Oktober	201	107	+94
November	216	132	+84
Dezember	102	152	-50

Tab. 2: Monatsmittel des Niederschlages 1989/90 gemessen an der Station Rudolfshütte, und die Abweichung der Werte vom Mittel der Jahre 1964 - 88 (in mm)

	Schneehöhen 1989/90	Mittelwert 1980-90	Abweichung 1989/90
Oktober 1989	35	19	+16
November	60	46	+14
Dezember	85	119	-34
Januar 1990	120	186	-66
Februar	155	259	-104
März	280	321	-41
April	335	409	-74
Mai	380	441	-61
Juni	265	335	-70
Juli	205	248	-43
August	15	87	-72
September	-	-	-

Tab. 3: Schneehöhen (in cm) am Sonnblickkees (Unterer Boden) im hydrologischen Jahr 1989/90 und Vergleich mit den mittleren Schneehöhen der Jahre 1979/80 bis 1989/90 (gemessen am 1. des jeweiligen Monats; das Mittel für September konnte nicht ermittelt werden)

Bezüglich der Witterung ist aus glazialhydrologischer Sicht festzustellen, daß der Winter 1989/90 zwischen Dezember 89 und März 90 überdurchschnittlich warm war. Gleichzeitig war der Winterniederschlag mit Ausnahme des Februars unterdurchschnittlich, was relativ geringe Gesamtschneehöhen zur Folge hatte. Das Temperaturmittel der Hauptablationsmonate Juni bis September betrug 1990 5,7° und erreichte somit genau den 10-jährigen Durchschnitt. Der Niederschlag zwischen Juni und September 1990 mit 1.103 mm entsprach weitgehend dem 25-jährigen Mittel von 1.162 mm.

Das Jahresmittel der Temperatur 1989/90 betrug +0,4° und war daher gegenüber dem 10-jährigen Mittel (1980 - 90) von -1,0° um 1,4° zu warm. Die Jahresniederschläge waren 1989/90 unterdurchschnittlich (im Mittel aus den 5 Totalisatorwerten 93,1 % des langjährigen Durchschnitts). Die hydrologische Jahressumme des Niederschlages an der Rudolfshütte entsprach mit 2.169 mm dem langjährigen Durchschnitt.

(Laut der amerikanischen Raumfahrtsbehörde NASA - J.Hansen - war das Jahr 1990 global das wärmste seit 140 Jahren, die durchschnittlichen Temperaturen lagen um 0,3° über dem mittleren Temperaturniveau von 1951 - 1980. Dieser Wert übersteigt den des bisher wärmsten Jahres 1988. Sechs der sieben wärmsten Jahre in den letzten 140 Jahre fielen in die 80er Jahre dieses Jahrhunderts.)

1.2. Berechnung der Massenbilanz

Die Massenbilanz des SSK wird seit 1981 aus dem Flächenverhältnis Sc/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.

Die Ausaperung des SSK wurde durch Fotos am 25.6., 26.7., 2., 3., 20., 25., und 29.8., 1.9. (Abb. 8), 29.9. sowie 19.10. und durch Kartierungen am 29./30.6., 3.8. und 28./29.8. erfaßt (Abb. 7).

In einem parallel laufenden Projekt im Rahmen einer Dissertation (Mag. J. Aschenbrenner) wurde die Ausaperung des SSK durch Meßaufnahmen von den Standpunkten Schafbichl, Fürleggpfleiler und Medelz-Nord mehrmals festgehalten. Mit dem Monoplottingverfahren - es ist dies eine Methode der Ein-Bildmessung, bei der die Bildstrahlen eines Bildes mit einem digitalen Höhenmodell zum Schnitt gebracht werden - wurden die Meßbilder vom 30.6., 19.7., 24.7., 3.8. und 28./29.8. ausgewertet. Am 29.8.90 erfolgte ein Meßflug der Fliegerkompanie Langenlebar im Gebiet des Oberen Stubachtales. Mit dem Bildflug am 29.8. und gleichzeitigen terrestrischen Meßaufnahmen am 28./29.8. war es möglich, die aerophotogrammetrische Stereokartierung mit dem terrestrischen Monoplotting zu vergleichen.

Für die Berechnung der Massenbilanz des SSK 1990 stand daher eine neue Karte aus Orthophotos vom Bildflug 29.8.90 mit digital gewonnenen Höhenlinien zur Verfügung (Kartenbeilage: Stubacher Sonnlickkees 1 : 5000) und insbesondere die auf zweifache Weise genau erfaßte maximale Ausaperung des Gletschers (Abb. 9).



Abb. 7: Meßaufnahme, vom Fürleggpfleiler aus, vom 29.8.1990 (Foto: J. Aschenbrenner). Die Aperfikuren sind deutlich sichtbar.



Abb. 8: Das Stubacher Sonnblickkees am 1.9.1990 am Ende des Haushaltsjahres (maximale Ausaperung), (Foto: H.Slupetzky)

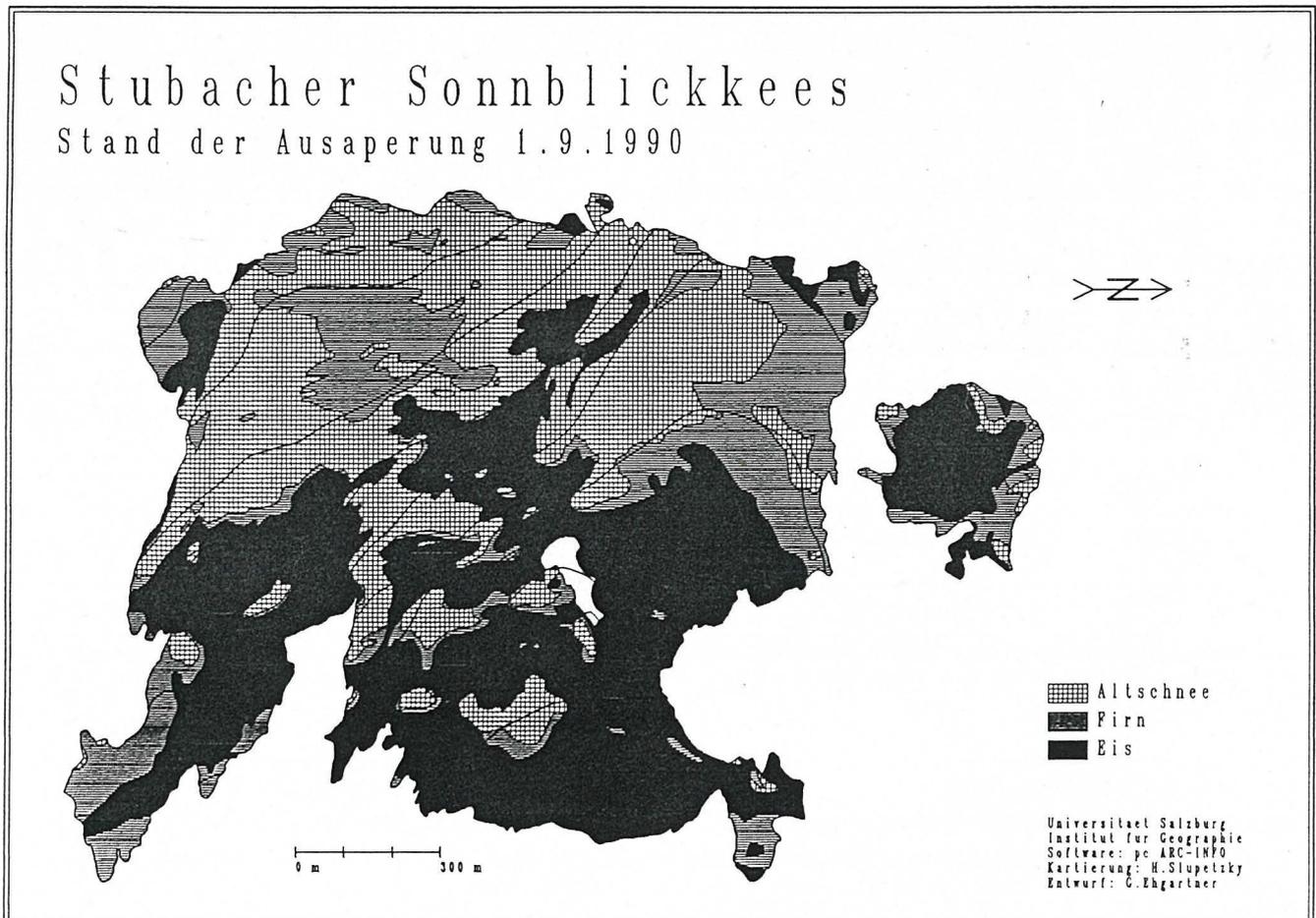


Abb. 9: Karte der maximalen Ausaperung des SSK am 1.9.1990

Filleckkees

Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn + Eis	Summe
2900-2950	5332	8301	5975	14275	19607
2850-2900	2178	7276	28940	36216	38394
2800-2850	1228	6684	25133	31817	33046
2750-2800	0	263	0	263	263
Gesamt	8738	22524	60048	82571	91310

Sonnblickkees

Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn + Eis	Summe
3000-3050	578	7777	0	7777	8355
2950-3000	64851	30363	15228	45590	110442
2900-2950	116112	61574	3960	65533	181646
2850-2900	101459	17242	50462	67704	169162
2800-2850	50050	14737	105577	120314	170364
2750-2800	118018	74000	69650	143650	261668
2700-2750	23401	82346	141874	224220	247621
2650-2700	9634	16780	71846	88626	98261
2600-2650	7001	4740	52715	57455	64456
2550-2600	12194	2314	55329	57643	69837
2500-2550	6682	14538	135332	149870	156552
2450-2500	0	0	69	69	69
Gesamt	509980	326411	702042	1028452	1538433

Sonnblickkees und Filleckkees

Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn + Eis	Summe
3000-3050	578	7777	0	7777	8355
2950-3000	64851	30363	15228	45590	110442
2900-2950	121444	69874	9934	79808	201252
2850-2900	103637	24518	79402	103919	207556
2800-2850	51278	21421	130710	152131	203409
2750-2800	118018	74263	69650	143913	261931
2700-2750	23401	82346	141874	224220	247621
2650-2700	9634	16780	71846	88626	98261
2600-2650	7001	4740	52715	57455	64456
2550-2600	12194	2314	55329	57643	69837
2500-2550	6682	14538	135332	149870	156552
2450-2500	0	0	69	69	69
Gesamt	518718	348935	762090	1111021	1629741

Tab. 4: Altschnee-, Firn- und Eisflächen nach Höhenzonen in m² (Stand der Ausaperung: 1. 9. 1990)

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

Das Sonnblickkees war wesentlich stärker ausgeapert als im vorhergehenden Jahr, ähnlich wie 1983 und 1987 (aber noch deutlich übertroffen von 1986, 1982 und 1988). Nur rund ein Drittel (31,8%) blieben altschneebedeckt, rund zwei Drittel (68,2%) wurden aper.

Die Massenbilanz des SSK 1989/90 wurde wie seit 1980/81 mit Hilfe von Regressions- und Korrelationsanalysen zwischen einzelnen Massenbilanzgrößen und den Flächenverhältnissen (maximale Ausaperung) ermittelt (Vergleiche H. Slupetzky, Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glaz.Geol., Band 25, H.1, 1989, S. 69-89).

Die Massenbilanz des SSK 1989/90 ist durch folgende Haushaltsgrößen beschrieben:

S_c km ²	b_c g/cm ²	B_c 10 ⁶ m ³	S_a km ²	b_a g/cm ²	B_a 10 ⁶ m ³	S km ²
0,518	+9,9	0.161	1,111	-66,0	-1,075	1,629
B 10 ⁶ m ³	b g/cm ²	S_c/S	S_c/S_a	EL		natürl.HJ
-0,914	-56,1	0,32	0,47	2855		26.9.89-1.9.90

(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 = Flächenverhältnis Akkumulationsgebiet zu Ablationsgebiet, EL = Gleichgewichtslinie = Equilibrium Line, HJ = Haushaltsjahr)

Das SSK hatte mit einer mittl. spez. Nettomassenbilanz von -56,1 g/cm² wieder einen deutlich negativen Haushalt.

2. Ergebnisse der Niederschlagsmessungen 1989/90 bzw. 1990 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. 5 zusammengestellt (Abb. 10). Die Jahressummen des Niederschlages (Kalenderjahr) sind südlich des Alpenhauptkammes geringer (1.552 mm) als im Norden (1.731 - 2.386 mm). Weiters nimmt der Niederschlag von rund 1.700 mm bei den Totalisatoren in Seehöhen um 2.000 m auf 2.190 bis rund 2.400 mm in Höhen zwischen 2.300 und 2.500 Meter zu. Im hydrologischen Jahr ergibt sich ein relativ ähnliches Bild.

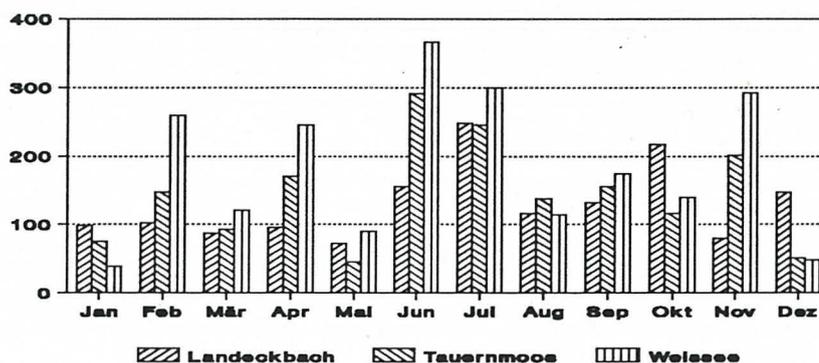


Abb. 10: Monatliche Schwankungen des Niederschlages 1990 bei den Totalisatoren Tauernmoossee, Weißsee und Landeckbach (in mm)

	WS 2.270m	KT 2.390m	SB 2.510m	TM 2.040m	LB 2.040m	BS 2.040m	RH 2.304m
Oktober 1989	57	87	92	60	42	67	110
November	81	99	115	69	54	74	94
Dezember	99	105	89	63	51	70	98
Januar 1990	39	40	37	75	99	41	54
Februar	260	245	221	147	102	99	250
März	121	140	104	93	87	93	153
April	246	240	185	171	96	148	221
Mai	90	90	92	45	72	111	86
Juni	366	350	292	291	156	240	310
Juli	300	340	377	246	248	252	358
August	114	87	129	138	116	122	143
September	174	108	259	156	132	185	292
Oktober	140	71	134	116	217	172	201
November	292	199	262	202	80	242	216
Dezember	48	84	60	51	147	56	102
Hydrol.Jahr							
1989/90	1947	-	1992	1554	1255	1502	2169
Jahr 1990	2190	-	2152	1731	1552	1761	2386
hydr.Winter	657	-	658	507	435	444	759
hydr.Sommer	1290	-	1334	1047	820	1058	1410

Tab. 5: Niederschlagswerte aus Totalisatormessungen im Einzugsgebiet der Speicher Weißsee und Tauernmoossee im Hydrologischen Jahr 1989/90 und im Kalenderjahr 1990 (in mm). Der Totalisator Kalser Törl wurde in der Nacht vom 14. auf den 15. Februar von einer Lawine zerstört, weshalb bis Juli keine Werte vorhanden sind. (RH = Ombrometer Rudolfshütte, WS = Totalisator Weißsee, KT = Tot. Kalser Törl, SK = Tot. Sonnblickkees, TM = Tot. Tauernmoos, LB = Tot. Landeckbach, BS = Tot. Beileitung Süd)

Die Monatsniederschläge schwankten zum Teil stark, Monatsminima kamen im Jänner, Mai und Dezember vor, Maxima im Juli, Juni und zum Teil November (siehe Tab. 5 und Abb. 10). Besonders Mai und August waren zu trocken, Februar und September zu feucht, auch der Juni und Juli zeigen positive Abweichungen (vgl. auch Abb. 4). In Tab. 6 sind die langjährigen Mittelwerte des Jahresniederschlages wiedergegeben.

	1964-88	1990	%
Tot.Weißsee (2.270m)	2.699	2.190	81,4
Tot.Kalser Törl (2.390 m)	2.355	-	-
Tot.Sonnblickkees (2.510 m)	2.106	2.152	91,4
Tot.Tauernmoos (2.040 m)	1.866	1.731	82,2
Tot.Landeckbach (2.040 m)	1.725	1.552	90,0
Tot.Beileitung Süd (2.040 m)	1.686	1.761	104,4
Omb.rudolfshütte (2.304 m)	2.241	2.386	106,4
"Mittel der 5 Totalisatoren"	2.116	1.877	93,1

Tab. 6: Jahressummen des Niederschlages (in mm) und Abweichungen .

3. Der Abfluß 1989/90 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. 7):

	1989/90	1942-88	Abweichung
Oktober 1989	604	637	-33
November	460	167	293
Dezember 1989	160	99	61
Januar 1990	180	105	75
Februar	105	105	0
März	127	72	55
April	58	131	-73
Mai	1204	856	348
Juni	2632	2863	-231
Juli	3706	4305	-599
August	2289	3787	-1498
September	1115	2067	-952
Oktober	1535	637	
November	230	167	63
Dezember	150	99	51
Hydr.Jahr 89/90	12640	15194	-2554
Kalenderjahr 90	13330	-	-

Tab. 7: Monatlicher Abfluß 1989/90 und Abweichungen vom Mittel der Jahre 1942-1988 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee (Werte in 1.000 m³).

Beim Speicher Weißsee wurde relativ früh, am 8.9.1990, der Vollstau erreicht. Der Zufluß im Hydrologischen Jahr 89/90 war mit 12,64 Mio. m³ unternormal und betrug 83,2 % des langjährigen Mittels (1942-1988) von 15,2 Mio. m³; der geringste Zufluß zwischen 1942 und 1990 war 1971/72 mit 10,724 Mio. m³. Der Zufluß im Kalenderjahr 1990 betrug 13,33 Mio. m³.

In Abb. 11 sind die monatlichen Abflußhöhen, in Abb. 12 die Abweichungen im hydrologischen Jahr 1989/90 vom langjährigen Mittel 1942-88 dargestellt. Der Zufluß im August war stark unternormal. Die Ursache lag in den unterdurchschnittlichen Niederschlägen und weil der Abbau der Altschneedecke größtenteils schon in den Monaten vorher erfolgt war. Auch der September war wegen der anhaltend kalten Witterung abflußarm. Die Abflußhöhe im Mai war relativ hoch, weil in dieser Zeit als Folge der überdurchschnittlichen Temperaturen die Altschneedecke stark abgebaut wurde.

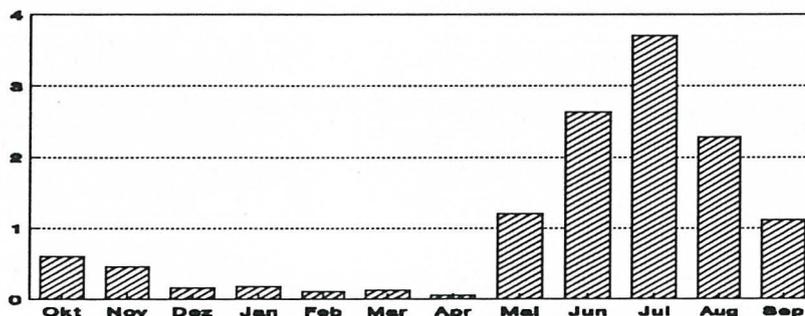


Abb. 11: Monatl. Abflußhöhen im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee 1989/90 (in 1000 m³)

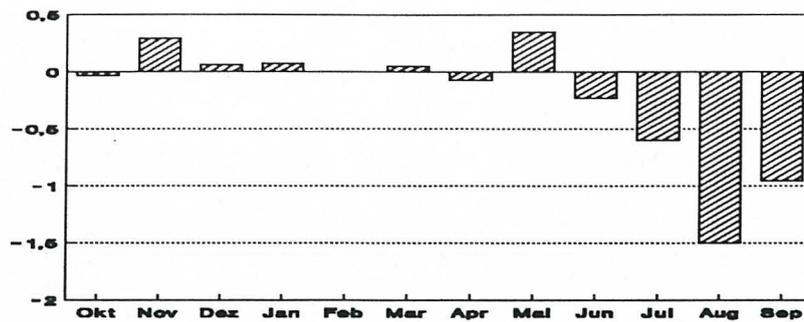


Abb. 12: Abweichungen der monatlichen Abflußhöhen 1989/90 vom Mittel 1942/43 - 1987/88 (in 1000 m³)

4. Berechnung der Größenordnung der hydrologischen Bilanz 1989/90 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 30,2 % (1,629 km²) ausmacht.

Nachstehend die einzelnen Parameter der Wasserhaushaltsgleichung $N = A + V + (R - B)$ mit den Beträgen für 1989/90 und der Fehlerschätzung:

Abfluss	2385	12640000 m ³	+/- 4 %
Verdunstung	350	1855000 m ³	+/- 25 %
Bilanz Sonnblickkees	-772	-914000 m ³	+/- 5 %
Bilanz Weißseekees	-73	-68400 m ³	+/- 30 %
Schneeflecken	15	80000 m ³	+/- 30 %
Firnflecken	-46	-160000 m ³	+/- 30 %

Die Niederschlagshöhe für das 5,3 km² große Einzugsgebiet des Speichers Weißsee beträgt 2534 mm +/- 6,5 %. Die Gletscherspende betrug -200 mm oder -1,0624 Mio. m³, d.s. 7,9 %.

Berechnet man aus den Niederschlagssummen der Totalisatoren Weißsee- und Sonnblickkees sowie Ombrometer Rudolfshütte (vom Tot. Kalser Tauern liegt in diesem Jahr kein Wert vor) den "mittleren Jahres-Gebietsniederschlag" im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee, erhält man für 1989/90 2.036 mm. Die aus der Wasserhaushaltsgleichung berechnete Niederschlagshöhe beträgt 2.534 mm. Dies würde bedeuten, daß die Totalisatoren im Mittel im Jahr um 19,7% zu wenig anzeigten. Da bei den einzelnen Parametern bei der Berechnung der Wasserbilanz die Massenbilanz der Schneeflecken am unsichersten abschätzbar ist, würde bei Annahme einer größeren Rücklage in Form von Schneeflecken das Niederschlagsmeßdefizit in den Totalisatoren noch höher sein.

5. Überblick über die Massenbilanz - Meßreihe vom Stubacher Sonnblickkees 1964-1990

Von den seit 1964 jährlich bestimmten 27 Massenbilanzen waren 16 positiv und 11 negativ. Von 1964 bis 1990 betrug die kumulative Massenbilanz 0,083 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 -8,247 Mio. m³ (Spez. Bilanz: -473,6 g/cm²) abgebaut, d.h. um rund 86 %.

Durch Extrapolation der Meßwerte bis 1959 liegt eine 32-jährige Meßserie (1959 bis 1990) vor. 13 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 1959-90 betrug -2,106 Mio. m³ bzw. -149,5 g/cm².

Die mittlere Höhenlage der Gleichgewichtslinie für die Periode 1965 bis 1981 war 2.681 m, für die Periode 1959 bis 1990 (32 Jahre) 2.746 m. Im Zeitraum 1982 bis 1990 - in der jüngsten Periode des Massenverlustes - errechnet sich eine mittlere Höhenlage der Gleichgewichtslinie von 2.834 m. Die Gleichgewichtslinie lag in diesem Haushaltsjahr (1989/90) in 2855 m, d.h. sie lag 21 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. 1989/90 schmolz das SSK - 4,5 Meter zurück (30-jähriges Mittel: - 0,55m/Jahr). Seit dem Maximalvorstoß Anfang der 80er Jahre wurde das SSK von 1981/82 bis 1989/90 um -14,7 m kürzer.

Am SSK wurden am 26.8.90 zehn Pegel und ein Querprofil vermessen. Beim Pegel 576 (1989) bzw. 586 (1990) - Ursprungsnummer von 1983: 4 - betrug die Abschmelzung vom 1.9.1989 bis 26.8.1990 457 cm, die Höhenänderung in diesem Zeitraum war +233 cm. Daraus ergibt sich eine Emergenzbewegung von 224 cm. Sie betrug am selben Punkt 1964 bis 1966 170 cm /Jahr. Durch die Emergenzbewegung wurde an der Gletscherstirn 1989/90 größenordnungsmäßig nur die Hälfte der Abschmelzung kompensiert. Da auch die jährliche Fließbewegung abgenommen hat, ist in den nächsten Jahren mit einem weiteren Rückzug zu rechnen.

Die starke Ablation am Unteren Boden des SSK in den 80er Jahren hat zu einer Vergrößerung des Eisrandsees orographisch links geführt, der "Kees-See" wurde am 30.8. geodätisch eingemessen.

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 und bei den Auswertungen, sowie besonders Prof. Dr. Ing. Rolf Puruckherr, Fachhochschule Bochum, für die Leitung der geodätischen Vermessungen, und vor allem Herrn R. Winter, Enzingerboden, für die verlässliche Betreuung des Totalisatornetzes. 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. Herrn Mag. J. Aschenbrenner verdanke ich die Erstellung der neuen Kartengrundlagen des SSK, die eine wichtige Voraussetzung für die weiteren glazialhydrologischen Messungen sind. 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