

**Programm "Wasser- und Eishaushaltsmessungen im Stubachtal"**  
**(Massenbilanzmeßreihe vom Stubacher Sonnblickkees)**  
**Bericht für 1989**

**Zusammenfassung**

Der Massenhaushalt des Stubacher Sonnblickkeeses 1988/89 war mit  $+ 25,2 \text{ g/cm}^2$  (mittlere spezifische Nettomassenbilanz) gering positiv, wodurch der Massenabbau seit 1982 nur wenig unterbrochen wurde. Von 31 Massenbilanzen zwischen 1959 und 1989 waren 12 negativ und 19 positiv, die kumulative Massenänderung in diesem Zeitraum betrug  $-1,192 \text{ Mio. m}^3$  oder  $-93,5 \text{ g/cm}^2$ ; die mittlere Höhenlage der Gleichgewichtslinie war bei 2.743 m (1988/89: 2.715 m). Vom Massenzuwachs zwischen 1965 und 1981 von  $9,836 \text{ Mio. m}^3$  wurden seit 1982  $-7,33 \text{ Mio. m}^3$  oder rund 76 % wieder abgebaut. Das Sonnblickkees stieß 1988/89 nur mehr 1,1 m vor.

Die gering positive Bilanz ist auf ein kühles Spätfrühjahr und auf den im Vergleich zu den vorhergehenden Jahren gletschergünstigeren Sommer zurückzuführen. Nach einem schneearmen und außergewöhnlich milden Hochwinter war das Spätfrühjahr im Gebirge kühl und schneereich, sodaß am Sonnblickkees im Mai im Vergleich zu den Vorjahren eine relativ mächtige Schneedecke lag (am Unteren Boden in 2.530 m: 5,10 m). Erst im Juli setzte verstärkt die Schneeschmelze ein; die Hauptablationsperiode fiel in den August. Im September war die Witterung kühl, es schneite mehrmals. Das Temperaturmittel der Ablationsperiode Juni bis September betrug  $5,0^\circ$  und war um  $-0,7^\circ$  kälter als im 10-jährigen Mittel.

Mehrere Schneefälle während der Ablationsperiode, besonders im Juli und September, schwächten die Abschmelzung ab, die maximale Ausaperung wurde annähernd schon am 27. 8. 1989 erreicht, endgültig jedoch am 25. 9. 1989. Rund 75% der Gletscherfläche blieben alt-schneebedeckt (1988: 26 %).

Das Jahresmittel der Temperatur an der Rudolfshütte für 1989 von  $0,3^\circ$  wich um  $+1,4^\circ$  vom 10-jährigen Mittel (1980-1989) ab; am Rauriser Sonnblick ist mit  $-4,5^\circ$  Jahresmitteltemperatur ein neuer Rekordwert seit Meßbeginn 1887 verzeichnet worden. Das Jahresmittel für das hydrologische Jahr bei der Rudolfshütte war  $0,0^\circ$ . Die Jahressumme des Niederschlages betrug im Kalenderjahr 1989 2.208 mm (103 % des 10-jähr. Mittels), im hydrologischen Jahr 2.586 mm.

Die Messungen mit 6 Totalisatoren ergaben Niederschlagssummen (im Kalenderjahr 1989) von rund 1.700 mm für Seehöhen von  $\pm 2.000 \text{ m}$  und 2.000 bis 2.350 mm für höhere Lagen (2.300 - 2.500 m). Der Durchschnitt aus allen Totalisatoren war annähernd normal (95% des langjähri-

gen Mittels 1964 - 88). Was die Monatsniederschläge betrifft, so waren der Dezember 1988, der Juni 1989 und der September 1989 überdurchschnittlich feucht, besonders der Mai sowie Jänner, Februar und Oktober 1989 trocken.

Der Zufluß in den Speicher Weißsee war im Hydrologischen Jahr 1988/89 mit 13,4 Mio. m<sup>3</sup> unternormal und betrug rund 90% des langjährigen Mittels (1942/43 - 1985/86). Die Jahresabflußhöhe für das Hydrologische Jahr war 2.545,3 mm (2.826,7 im langjährigen Mittel). Der monatliche Zufluß war im Juni extrem unternormal.

Aus der Wasserhaushaltsgleichung läßt sich eine Jahresniederschlagshöhe im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee (mittlere Gebietshöhe 2.570 m) für 1988/89 von 3.003 mm abschätzen. Der Rückhalt beläuft sich 1988/89 auf +3,6%.

## 1. Die Bestimmung der Massenbilanz 1988/89 des Stubacher Sonnblickkeeses

In diesem Jahr wurde zum 26. Mal in ununterbrochener Reihenfolge die Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses (SSK) bestimmt (davon 17 mal mit der direkten glaziologischen Methode und neunmal über die maximale Ausaperung). Da auch die jährlichen Massenbilanzen zwischen 1958/59 und 1962/63 berechnet wurden, liegt nun eine 31-jährige Meßserie vor.

Nach vier Jahren mit negativer Bilanz endete das Haushaltsjahr 1988/89 mit einem leichten Massenzuwachs; damit wurde die Tendenz des Massenabbaues seit 1982 nur unbedeutend unterbrochen.

### 1.1. Witterungsverlauf 1988/89

Die positive Bilanz ist auf ein kühles Spätfrühjahr und auf den im Vergleich zu den vorhergehenden Jahren "gletschergünstigeren" Sommer zurückzuführen.

Vergleicht man den Jahresablauf der glazialmeteorologisch wichtigen Parameter: Temperatur, Niederschlag und Schneehöhe, gewonnen aus den Klimadaten der Station Rudolfshütte (RH), 2.304 m so ergibt sich für das Haushaltsjahr 1988/89 folgendes Bild:

Temperatur(RH) - (Tab.1 , Abb. 1 u. 2)

Der Oktober 1988 war wesentlich zu warm, weshalb die Schneedecke bis in hohe Lagen wieder abgebaut wurde. Der November war zu kalt, der Dezember durchschnittlich temperiert, der Hochwinter außergewöhnlich mild. Die Temperaturabweichungen vom 10-jährigen Mittel betragen im Jänner, Februar und März zwischen 4,0° und 5,8°. Der Juni war deutlich zu kalt (-1,8°), weshalb die Schneeschmelze in höheren Lagen verzögert wurde. Der Sommer war durchschnittlich temperiert, wobei der etwas zu kühle September(-0,8°) die Ablationsperiode verkürzte. Die Hauptabschmelzperiode dieses Sommers fiel in den Juli und besonders in die Warmwetterperiode zwischen 4. und 25. August.

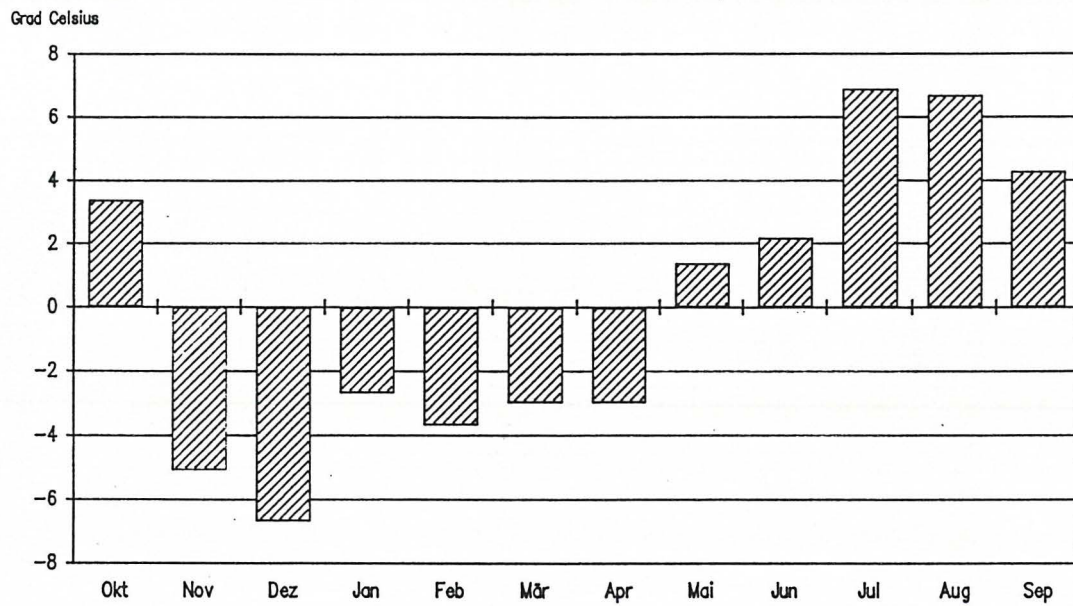


Abb. 1: Monatsmittel der Temperatur 1988/89 an der Station Rudolfshütte (°C)

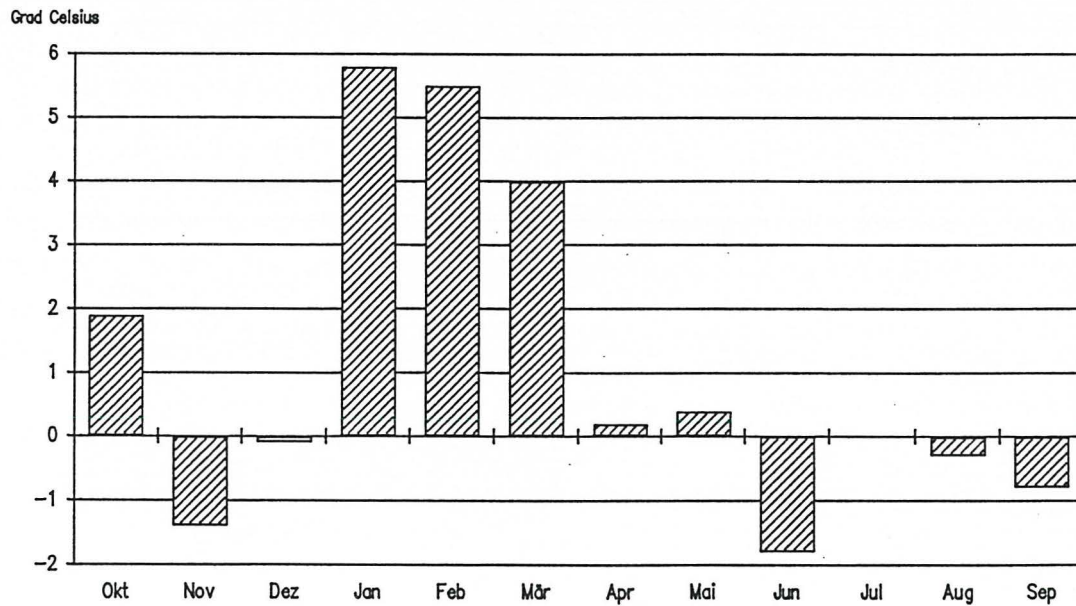


Abb. 2: Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur vom Mittel 1980-89 (°C).

## Niederschlag (RH) - (Tab. 2, Abb. 3 u. 4)

Der Herbst wies durchschnittliche Monatsniederschläge auf, außergewöhnlich niederschlagsreich war jedoch der Dezember 1988 (371 mm gegenüber 152 mm im 25-jährigen Mittel). Der diesjährige Winter brachte neuerlich unterdurchschnittliche Niederschläge. Juni und Juli waren übernormal feucht, besonders im Juli verursacht durch die starke Gewittertätigkeit. Einem eher niederschlagsreichen September folgte ein trockener Herbst.

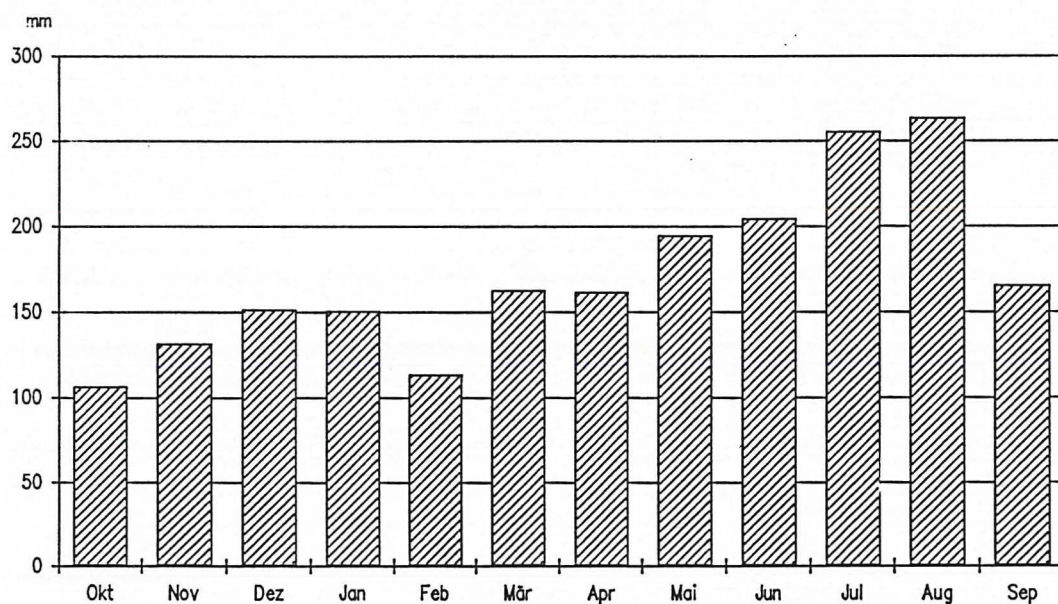


Abb. 3: Monatssummen des Niederschlages 1988/89 an der Station Rudolfshütte (in mm)

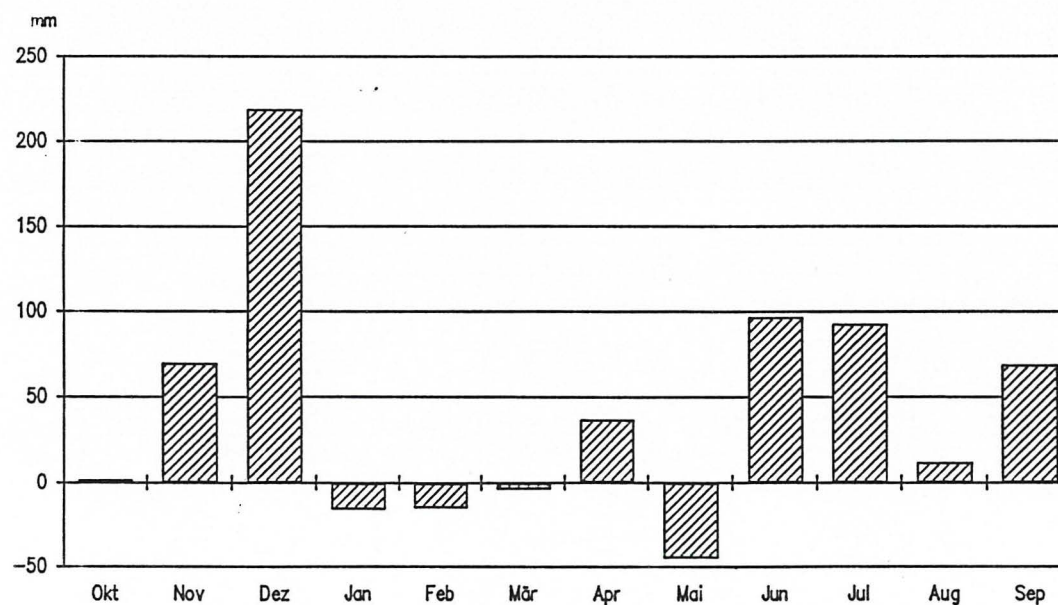


Abb. 4: Abweichungen der Monatssummen des Niederschlages vom Mittel 1964-88 (in mm)

Schneehöhen (Unterer Boden des SSK, 2.530 m) - (Tab.3, Abb. 5 u. 6)

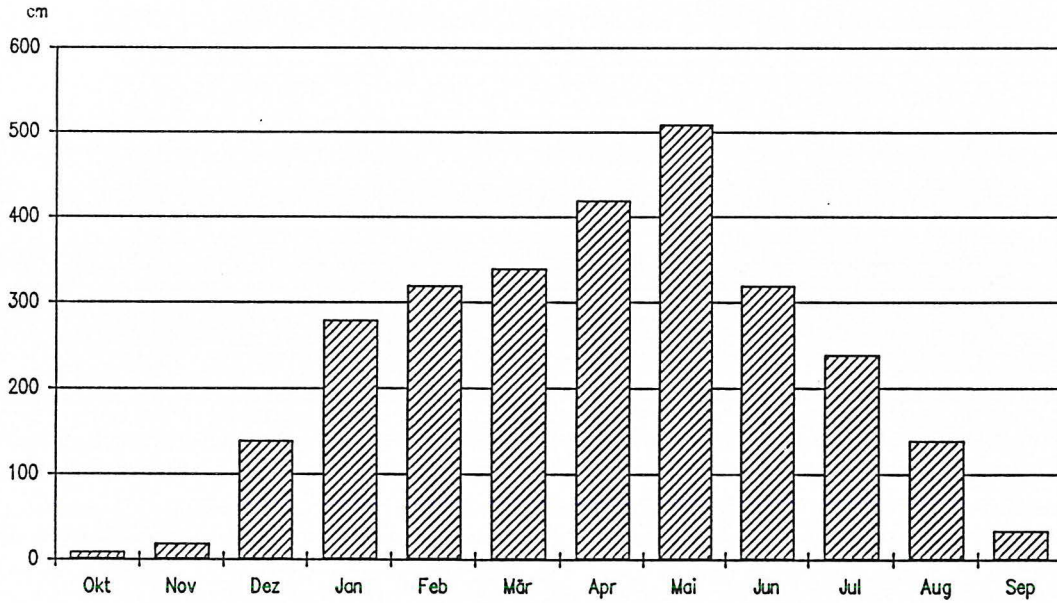


Abb. 5: Schneehöhen am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) im hydrologischen Jahr 1988/89 (gemessen am 1. jeden Monats).

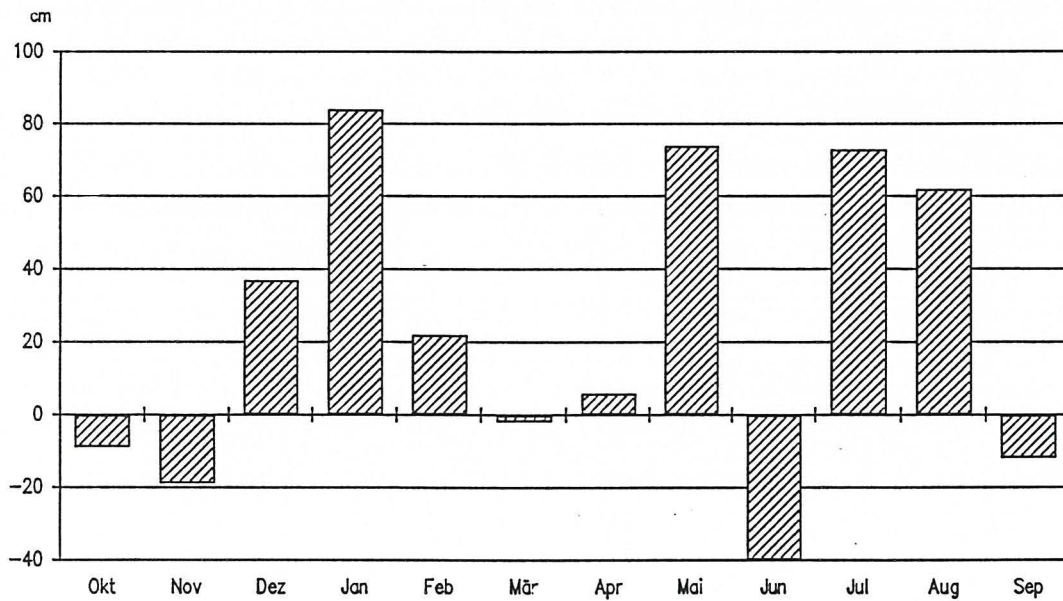


Abb. 6: Abweichungen der Schneehöhen am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) vom Mittel der Jahre 1984/85 - 1988/89.

Der Schneedeckenaufbau erfolgte im Herbst und Frühwinter nur langsam, mit den Schneefällen in der ersten Dezemberhälfte setzte die eigentliche Akkumulationsperiode ein. Am Unteren Boden lagen am 1. 1. 89 2,80 m Schnee. Da der Hochwinter niederschlagsarm war, nahm die Schneehöhe bis März nur langsam zu. Erst der April war (durch die von Süden übergreifenden Niederschläge) schneereich. An der RH betrug die max. Schneehöhe am 2. Mai 3,24 m, am Unteren Boden am 1. Mai 5,10 m (zum Vergleich: 1. 5. 88 - 4,5 m, 1. 5. 87 - 4,0 m). Neuschneefälle im Mai und im kühlen, feuchten Juni verzögerten den Abbau der Schneedecke über 2.500 m. Im Juli gab es außer am 3. keine Schneefälle, sodaß die Schneedecke von 2,4 m (1. 7.) auf 1,4 m (1. 8.) abgebaut wurde (zum Vergleich: 1. 8. 88: 0,3 m, 2. 8. 87: 1,6 m). Während der Warmwetterperiode im August schmolz die Schneedecke am Unteren Boden (beim Meßpunkt) vollständig ab. Mehrere Schneefälle im niederschlagsreichen und kühlen September beendeten weitgehend die Abschmelzung, der Ausaperungsstand änderte sich im September kaum mehr.

Bezüglich der Witterung ist aus glazialhydrologischer Sicht festzustellen, daß der Winter 1988/89 zwischen Dezember 88 und Februar 89 überdurchschnittlich warm war, am Sonnblick war es der mildeste Winter seit Meßbeginn 1887. Der Winterniederschlag in den Hohen Tauern war normal bis leicht überdurchschnittlich. Die Ablationsperiode Juni bis September 1989 läßt sich dadurch charakterisieren, daß das Temperaturmittel von  $5,0^{\circ}$  um  $-0,7^{\circ}$  vom 10-jährigen Mittel ( $5,7^{\circ}$ ) abwich und daher gletschergünstig temperiert war, während dagegen die vorhergehenden Sommer mit positiven Abweichungen von  $0,7^{\circ}$  (1988),  $1,1^{\circ}$  (1987) und  $0,6^{\circ}$  (1986) zu warm waren. Der Niederschlag zwischen Juni und September 1989 war mit 889 mm deutlich niedriger als der Durchschnitt (25-jähriges Mittel: 1.162 mm).

Das Jahr 1989 war deutlich zu warm. Am Sonnblick wurde mit  $-4,5^{\circ}\text{C}$  ein neuer Rekordwert seit 1887 erreicht. Das Jahresmittel der Temperatur betrug an der RH  $+0,3^{\circ}$  (Abweichung vom 10-jährigen Mittel 1980-89:  $+1,4^{\circ}$ ); die Jahresmitteltemperatur für das hydrologische Jahr 1988/89 war  $0,0^{\circ}$ . Die Jahresniederschläge bewegten sich in den Hohen Tauern um den langjährigen Durchschnitt, der Jahreswert an der RH war 2.208,2 mm, das sind 103 % des 10-jährigen Mittels 1980-89. Die Jahressumme im hydrologischen Jahr belief sich auf 2.586 mm.

	1988/89	Monatsmittel 1980-89	Abweichungen 1988/89
Oktober 1988	3.4	1.5	+1.9
November	-5.1	-3.7	-1.4
Dezember	-6.7	-6.6	-0.1
Januar 1989	-2.7	-8.5	+5.8
Februar	-3.7	-9.2	+5.5
März	-3.0	-7.0	+4.0
April	-3.0	-3.2	+0.2
Mai	1.4	1.0	+0.4
Juni	2.2	4.0	-1.8
Juli	6.9	6.9	0.0
August	6.7	7.0	-0.3
September	4.3	5.1	-0.8
Oktober	2.0	1.5	+0.5
November	-3.9	-3.7	-0.2
Dezember	-3.4	-6.6	+3.2

Tab. 1: Monatsmittel der Temperatur 1988/89 gemessen an der Station Rudolfshütte und die Abweichungen vom Mittel der Jahre 1980 bis 1989 (in  $^{\circ}\text{C}$ ).

	1964-88	Niederschläge 1989	Abweichung 1989
Oktober 88	109	107	+2
November	202	132	+70
Dezember	371	152	+219
Januar 89	135	151	-16
Februar	99	114	-15
März	159	163	-4
April	199	162	+37
Mai	150	195	-45
Juni	302	205	+97
Juli	349	256	+93
August	276	264	+12
September	235	166	+69
Oktober	110	107	+3
November	94	132	-38
Dezember	98	152	-54

Tab. 2: Niederschlagswerte 1988/89 der Station Rudolfshütte und Abweichungen vom Mittel 1964-1988 (in mm)

	1988/89	Schneehöhen Mittel	Abweichung 1988/89
Oktober 1988	(10)	15	-5
November	20	39	-19
Dezember	140	103	+35
Januar 1989	280	196	+84
Februar	320	298	+22
März	340	342	-2
April	420	414	+6
Mai	510	436	+74
Juni	320	360	-40
Juli	240	167	+73
August	140	78	+62
September	(35)	?	?

Tab. 3: Schneehöhen (in cm) am Sonnblickkees (Unterer Boden) im hydrologischen Jahr 1988/89 und Vergleich mit den mittleren Schneehöhen der Jahre 1984/85 bis 1988/89 (gemessen am 1. des jeweiligen Monats, Werte in Klammer bedeuten Neuschnee; das Mittel für September konnte nicht ermittelt werden)

## 1.2. Berechnung der Massenbilanz

Die Massenbilanz des SSK wird seit 1981 aus dem Flächenverhältnis  $S_c/S$  (Akkumulationsgebiet zu Gesamtgletscherfläche) ermittelt; diese Beziehung wurde aus der 16-jährigen Reihe mit direkten Massenbilanzmessungen gewonnen. 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 den Zeitpunkt der maximalen Ausaperung zu erfassen.



Abb. 7: Das Stubacher Sonnblickkees am 21. 9. 89 (vom Hohen Sand aus aufgenommen)

Die Ausaperung des SSK wurde durch Fotos am 1., 11. 7., 19., 20., 21., 24., 25. (Flugschrägaufnahmen), 26. 8., 21., 23., und 24. 9. und durch eine Kartierung am 20./21. 8. festgehalten. Am 1. 9. erfolgte eine Befliegung von SSK und Ödenwinkelkees.

Schon am 27. 8. wurde annähernd die maximale Ausaperung erreicht, da nachfolgende Schneefälle die Abschmelzung mehrmals unterbrachen (am 31. 8. lagen am Unteren Boden des SSK bis 40 cm, am 8. 9. 50 cm Neuschnee, die Neuschneegrenze lag am 30. 8. in 1750 m). Die Neuschneedecke wurde anschließend nur an exponierten Stellen abgebaut, zwischen 18. und 24. 9. waren lediglich die Eisbuckel und Teile des Unteren Bodens schneefrei. Schneefälle ab 26. 9. beendeten das Haushaltsjahr endgültig und leiteten die Akkumulationsperiode des nachfolgenden Haushaltsjahres ein. (Abb. 7 bis 9).





25.8

Abb. 8: Das Stubacher Sonnblickkees am 24. 9. 1989 am Ende des Haushaltsjahres  
(Maximale Ausaperung am 25. 9. 89)



Abb. 9: Das Weißseekees am 24. 9. 89

Vor allem auf Grundlage der Kartierungen vom 20./21. 8. und der Fotos vom 25. 8. sowie 21. und 24. 9. wurde eine Abgrenzung der Altschnee-, Firn- und Eisflecken durch Eintragung der Altschneelinie und der Firngrenze auf der Grundkarte von 1982 durchgeführt und die Karte der maximalen Ausaperung gezeichnet. Die Veränderungen der Gletschergrenze wurden in Ermangelung einer aktuellen Gletscherkarte so gut wie möglich kartiert (Abb.10).

## Stubacher Sonnblickkees

Stand der Ausaperung 25.9.1989

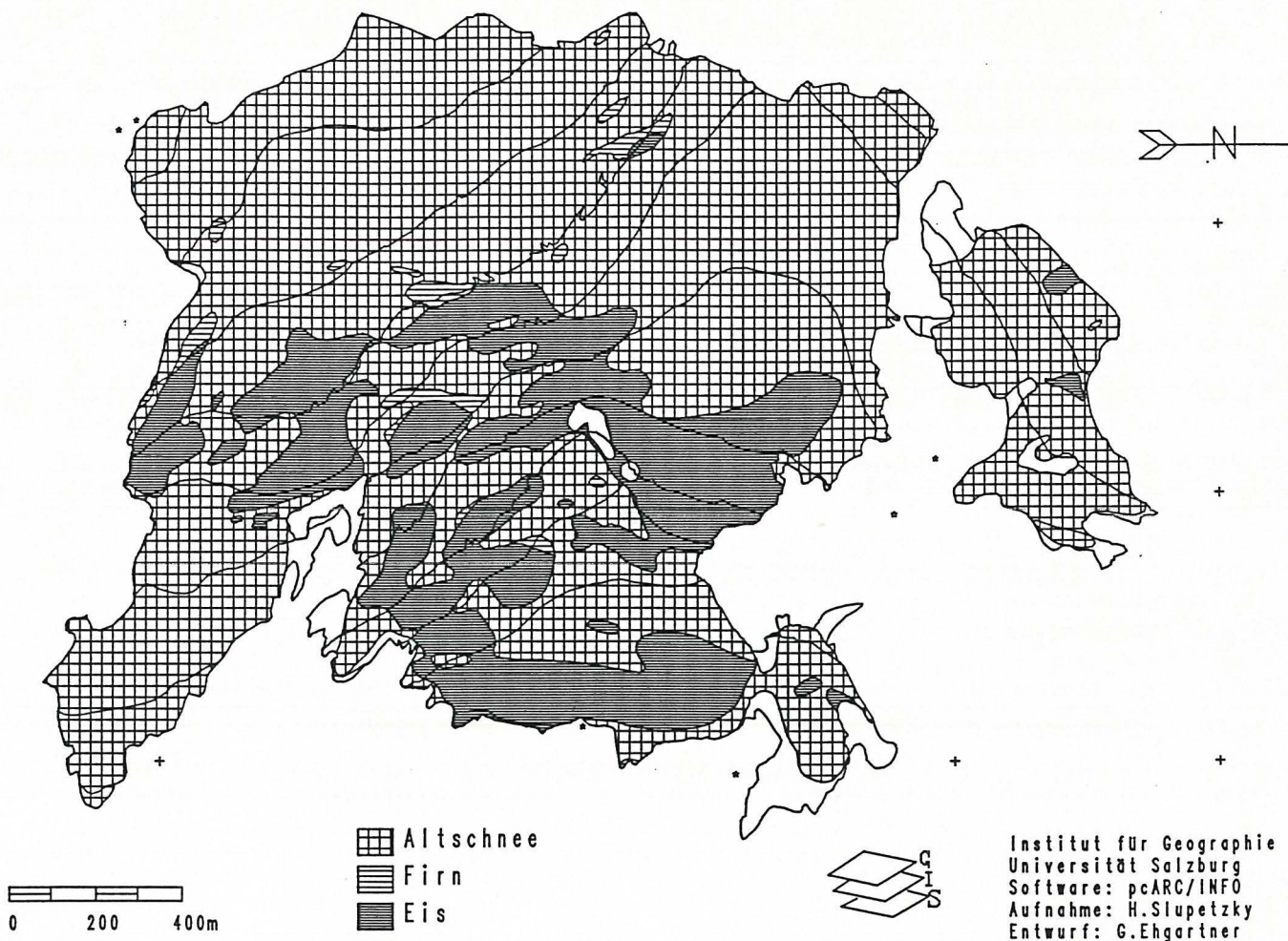


Abb. 10: Karte der maximalen Ausaperung des SSK am 25. 9. 1989

Die Digitalisierung der Karte 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 SSK war weniger stark ausgeapert als in den vier vorhergegangenen Jahren. In Tab. 5 sind die Flächenwerte der maximalen Ausaperung im Vergleich zu anderen Jahren wiedergegeben.

**Filleckkees**

Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn + Eis	Summe
2900-2950	19.801	237	2.507	2.744	22.545
2850-2900	47.325	-	1.759	1.759	49.084
2800-2850	55.743	-	-	-	55.743
2750-2800	2.678	-	-	-	2.678
<b>Gesamt</b>	<b>125.547</b>	<b>237</b>	<b>4.266</b>	<b>4.503</b>	<b>130.050</b>

**Sonnblickkees**

Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn + Eis	Summe
3000-3050	9.505	-	-	-	9.505
2950-3000	114.977	226	-	226	115.203
2900-2950	171.216	4.511	464	4.975	176.191
2850-2900	140.827	7.652	40.199	47.851	188.678
2800-2850	111.878	3.966	56.754	60.720	172.598
2750-2800	224.190	3.993	37.329	41.322	265.512
2700-2750	185.666	-	53.969	53.969	239.635
2650-2700	52.625	628	65.261	65.889	118.514
2600-2650	31.924	918	35.620	36.538	68.462
2550-2600	36.677	873	32.611	33.484	70.161
2500-2550	88.387	-	75.164	75.164	163.551
2450-2500	251	-	2.092	2.092	2.343
<b>Gesamt</b>	<b>1.168.123</b>	<b>22.767</b>	<b>399.463</b>	<b>422.230</b>	<b>1.590.353</b>

**Sonnblickkees und Filleckkees**

Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn + Eis	Summe
3000-3050	9.505	-	-	-	9.505
2950-3000	114.977	226	-	226	115.203
2900-2950	191.017	4.748	2.971	7.719	198.736
2850-2900	188.152	7.652	41.958	49.610	237.762
2800-2850	167.621	3.966	56.754	60.720	228.341
2750-2800	226.868	3.993	37.329	41.322	268.190
2700-2750	185.666	-	53.969	53.969	239.635
2650-2700	52.625	628	65.261	65.889	118.514
2600-2650	31.924	918	35.520	36.538	68.462
2550-2600	36.677	873	32.611	33.484	70.161
2500-2550	88.387	-	75.164	75.164	163.551
2450-2500	251	-	2.092	2.092	2.678
<b>Gesamt</b>	<b>1.293.670</b>	<b>23.004</b>	<b>403.729</b>	<b>426.733</b>	<b>1.720.403</b>

Tab. 4: Altschnee-,Firn- und Eisflächen nach Höhenzonen (Stand der Ausaperung: 25. 9. 1989)

Jahr	Altschnee	Firn	Eis	Firn + Eis
1981	82,3	8,7	9,0	17,7
1982	10,2	65,7	24,1	89,8
1983	32,9	40,6	26,5	67,1
1984	79,5	5,1	15,4	20,5
1985	46,0	26,2	27,8	54,0
1986	7,9	40,4	51,7	92,1
1987	33,4	12,9	53,6	66,5
1988	25,5	22,7	51,8	74,5
1989	75,2	1,3	23,5	24,8

Tab. 5: Flächenanteile der Areale mit Altschnee, Firn und Eis je 50 m - Höhenstufen für das Filleck- und Sonnblickkees am Ende des jeweiligen Haushaltjahres (in %).

Die Massenbilanz des SSK 1988/89 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:

$$b_c = 29,19 \cdot [-\ln(1-S_c/S)]^{1,125}$$

$$b_a = -56,808 \cdot \ln(S_c/S) + 0,925$$

Daraus ergeben sich für das Haushaltjahr 1988/89 folgende Massenbilanzwerte:

Spezifische Nettoakkumulation:	$b_c =$	42,4 g/cm <sup>2</sup>
Spezifische Nettoablation:	$b_a =$	-17,2 g/cm <sup>2</sup>
Mittl. spez. Nettobilanz:	$b =$	25,2 g/cm <sup>2</sup>

Die Massenbilanz des SSK 1988/89 ist durch folgende Haushaltsgrößen beschrieben:

$S_c$ km <sup>2</sup>	$b_c$ g/cm <sup>2</sup>	$B_c$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	$S_a$ km <sup>2</sup>	$b_a$ g/cm <sup>2</sup>	$B_a$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	$S$ km <sup>2</sup>
1,294	42,4	0,730	0,427	-17,2	-0,296	1,721
$B$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	$b$ g/cm <sup>2</sup>	$S_c/S$	$S_c/S_a$	EL		
0,434	25,2	0,75	3,03	2.715 m		

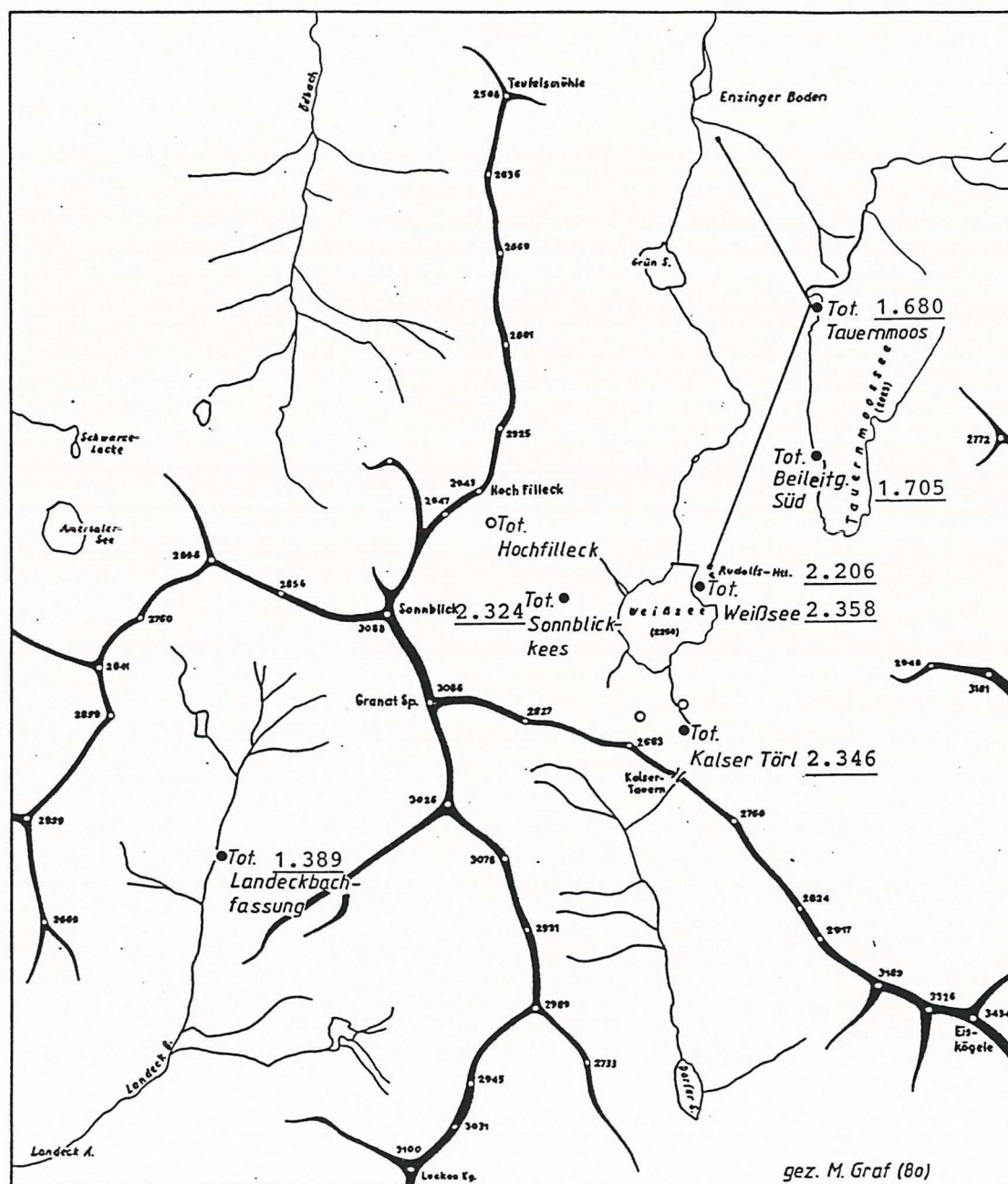
( $S_c$  = Akkumulationsfläche,  $S_a$  = Ablationsfläche,  $S$  = Gletscherfläche,  $B$  = Nettobilanz,  $b$  = mittlere spezifische Nettomassenumsatz,  $S_c/S_a$  = Flächenverhältnis Akkumulationsgebiet zu Gesamtgletscherfläche,  $S_c/S$  = Flächenverhältnis Akkumulationsgebiet zu Ablationsgebiet, EL = Gleichgewichtslinie = Equilibrium Line)

Das natürliche Haushaltjahr dauerte vom 6. 10. 1988 bis 25. 9. 1989. Das SSK hatte mit einer mittl. spez. Nettomassenumsatz von 25,2 cm einen leicht positiven Haushalt.

## 2. Ergebnisse der Niederschlagsmessungen 1988/89 bzw. 1989 in den Einzugsgebieten der Speicher Weißsee und Tauernmoossee

### 2.1. Ergebnisse der Niederschlagsmessungen 1988/89

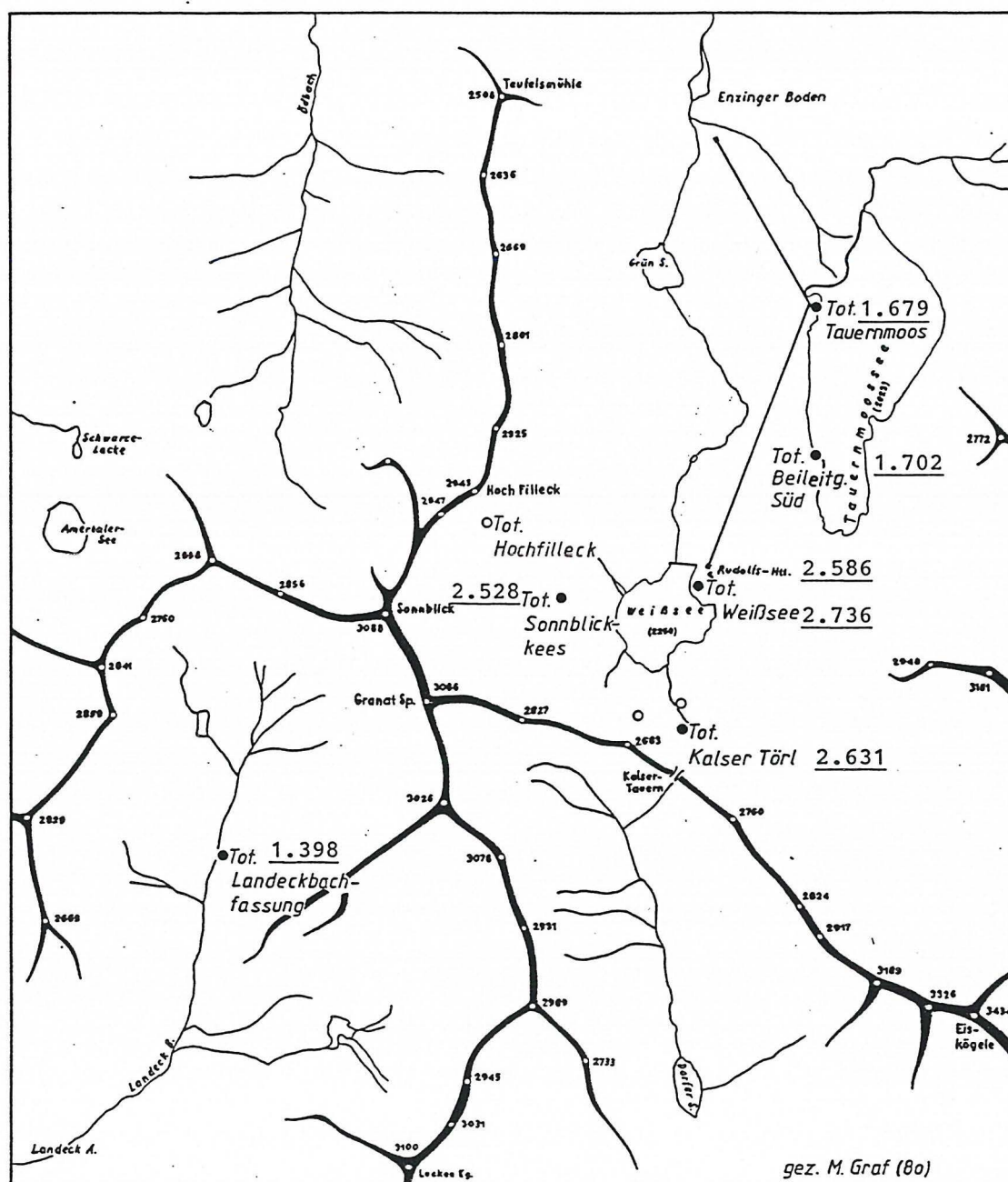
Auch in diesem Jahr wurden die meisten Ablesungen am 1. jeden Monats durchgeführt, sodaß nur in wenigen Fällen eine Reduktion auf Monatswerte mit Hilfe der Station RH erfolgen mußte.



Totalisatorennetz

Abb. 11: Jahressummen des Niederschlages im Kalenderjahr 1988 (in mm)

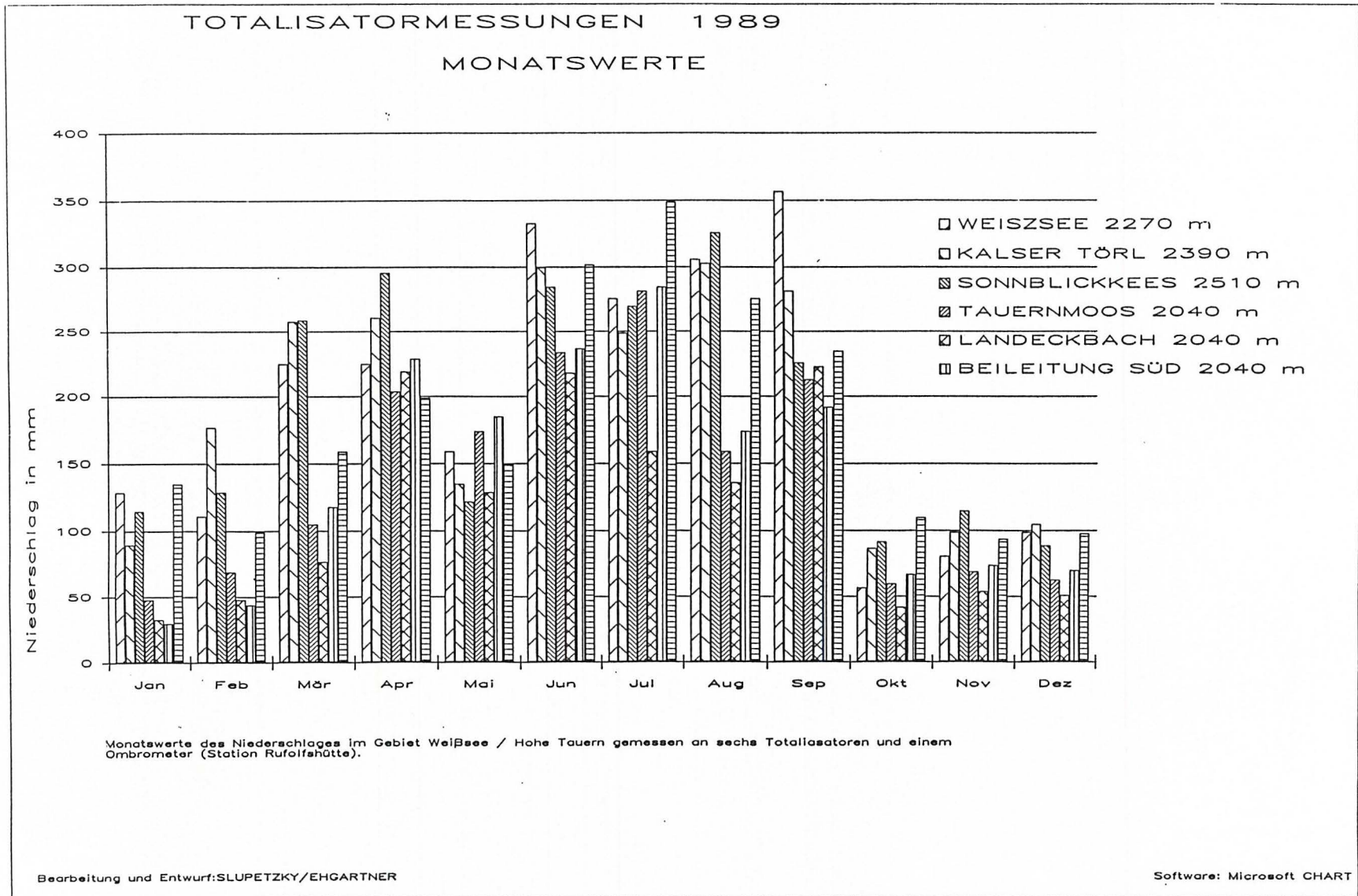
Die Ergebnisse der monatlichen Niederschlagsmessungen mit Hilfe des Totalisatornetzes sind in Tab. 6 zusammengestellt. Wie die räumliche Verteilung der Jahresniederschläge (Abb. 11) zeigt, ist erwartungsgemäß der Niederschlag südlich des Alpenhauptkammes geringer als im Norden. Weiters nimmt der Niederschlag (Kalenderjahr) von rund 1.700 mm bei den Totalisatoren in Seehöhen um 2.000 m auf 2.200 bis 2.350 mm in Höhen zwischen 2.300 und 2.500 Meter zu. Im hydrologischen Jahr ergibt sich qualitativ ein ähnliches Bild (Abb. 12), die absolute Zunahme des Niederschlages mit der Höhe ist jedoch größer.



Totalisatornetz

Abb. 12: Jahressummen des Niederschlages im Hydrologischen Jahr 1988/89 (im mm)

Abb. 13: Monatliche Schwankungen des Niederschlages 1989



Die Monatsniederschläge schwankten teilweise stark (Abb. 13). Die Minima der Niederschläge fallen in die Monate Januar, Februar und Oktober bis Dezember, die Maxima sind auf die Monate Juni bis September verteilt. Auffällig ist der niederschlagsarme Mai.

	Omr. RH	Tot. WS	Tot. KT	Tot. SK	Tot. TM	Tot. LB	Tot. BS
Oktober 88	109	90	87	74	75	66	75
November	202	150	138	126	45	36	58
Dezember	371	375	351	300	99	54	75
Januar 89	135	129	90	115	48	33	30
Februar	99	111	177	129	69	48	44
März	159	225	258	259	105	77	118
April	199	225	261	296	204	219	229
Mai	150	159	135	122	174	129	185
Juni	302	333	300	285	234	218	237
Juli	349	276	249	270	282	159	285
August	276	306	303	326	159	136	174
September	235	357	282	226	213	223	192
Oktober	110	57	87	92	60	42	67
November	94	81	99	115	69	54	74
Dezember	98	99	105	89	63	51	70
	Omr. RH	Tot. WS	Tot. KT	Tot. SK	Tot. TM	Tot. LB	Tot. BS
Hydrol. Jahr 88/89	2586	2736	2631	2528	1679	1398	1702
Jahr 1989	2206	2358	2346	2324	1680	1389	1705
Hydrol. Winter- halbjahr 88/89	1075	1080	1101	1003	413	314	400
Hydrol. Sommer- halbjahr 1989	1511	1656	1530	1525	1266	1084	1302

Tab. 6: Niederschlagswerte aus Totalisatormessungen im Einzugsgebiet der Speicher Weißsee und Tauernmoossee im Hydrologischen Jahr 1988/89 und im Kalenderjahr 1989 (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

## 2.2. Vergleich der Niederschläge 1989 mit der langjährigen Meßreihe 1964-88

Die Ergebnisse der langjährigen Niederschlagsmessungen liegen in publizierter Form vor: SLUPETZKY, H. und G. EHGARTNER: Der Niederschlag aus Totalisatormessungen 1963-1988 in der Granatspitz- und westl. Glocknergruppe (Stubachtal, Hohe Tauern) in: Salzburger Geographische Materialien, Heft 14, Salzburg 1990, 49 S.

In Tab. 7 sind die langjährigen Mittelwerte des Jahresniederschlages wiedergegeben. Die Niederschläge sind am Tauernhauptkamm hoch, das 25-jährige Jahresmittel beträgt beim Totalisator Weißsee fast 2.700 mm.



	1964-88	1989	%
Tot.Weißsee (2.270m)	2.699	2.358	87,4
Tot.Kalser Törl (2.390 m)	2.355	2.346	99,6
Tot.Sonnblickkees (2.510 m)	2.106	2.324	110,4
Tot.Tauernmoos (2.040 m)	1.866	1.680	90,0
Tot.Landeckbach (2.040 m)	1.725	1.389	80,5
Tot.Beileitung Süd (2.040 m)	1.686	1.705	101,1

Tab. 7: Vergleich der Jahresniederschlagssummen 1989 mit dem 25-jährigen Mittel 1964-88 (in mm).

Die Jahressummen der Niederschläge 1989 wichen unterschiedlich vom langjährigen Mittel ab, der Durchschnitt aller sechs Totalisatoren jedoch nur um -5,1%. Bei der Station RH betrug die Summe des Niederschlages im hydrologischen Jahr 1988/89 2.586,0 mm, im Vergleich zum langjährigen Mittel von 2.172 mm um 414 mm (19,1%) mehr. Im bisher gemessenen extremsten Trockenjahr betrug die Jahressumme 1.655 mm (1962/63), im extrem feuchtesten Jahr 3.075,4 mm (1964/65). In Tab. 8 sind die Monatsniederschlagswerte und die Jahressummen von 1989 sowie die Abweichungen vom langjährigen Mittel dargestellt. Die größten positiven Abweichungen kamen bei mehreren Totalisatoren im Dezember 1988 sowie Juni und September 1989 vor, stark unternormale Monatsniederschläge verzeichneten besonders der Mai, sowie Januar, Februar und Oktober bis Dezember 1989.

	Omr.	Tot.	Tot.	Tot.	Tot.	Tot.	Tot.
	RH	WS	KT	SK	TM	LB	BS
Januar	151	196	158	138	97	132	116
Februar	114	142	127	101	79	67	67
März	163	218	160	147	130	117	125
April	162	256	201	150	165	125	110
Mai	195	279	243	204	199	169	158
Juni	205	280	238	239	206	205	207
Juli	256	306	278	280	243	241	208
August	264	292	276	279	246	212	219
September	166	205	199	183	172	142	159
Oktober	107	147	132	116	113	104	119
November	132	182	159	127	116	107	102
Dezember	152	186	174	131	92	90	106
Hydr.Jahre	2172	2686	2337	2097	1866	1732	1715
Jahre 64-88	2241	2699	2355	2106	1866	1725	1686
hydr.Winter	852	1069	899	757	632	628	650
hydr.Sommer	1320	1617	1438	1340	1234	1104	1065

Tab. 8: Mittelwerte des Niederschlages aus Totalisatormessungen im Einzugsgebiet der Speicher Weißsee und Tauernmoossee in den Hydrologischen Jahren der Meßserie 1963/64 - 1987/88 und Kalenderjahren der Meßreihe 1964 - 1988 (in mm).

	RH	WS	KT	SK	TM	LB	BS
Oktober 88	109 (2)	90 (-57)	87 (-45)	74 (-42)	75 (-38)	66 (-38)	75 (-44)
November	202 (70)	150 (-32)	138 (-21)	126 (-1)	45 (-71)	36 (-71)	58 (-44)
Dezember	371 (219)	375 (189)	351 (177)	300 (169)	99 (-7)	54 (-36)	75 (-31)
Januar 89	135 (-16)	129 (-67)	90 (-68)	115 (-23)	48 (-49)	33 (-99)	30 (-86)
Februar	99 (-15)	111 (-117)	177 (-50)	129 (28)	69 (-10)	48 (-19)	44 (-23)
März	159 (-4)	225 (7)	258 (98)	259 (112)	105 (-25)	77 (-40)	118 (-7)
April	199 (37)	225 (-31)	261 (60)	296 (146)	204 (39)	219 (94)	229 (119)
Mai	150 (-45)	159 (-120)	135 (-108)	122 (-82)	174 (-25)	129 (-40)	185 (27)
Juni	302 (97)	333 (53)	300 (62)	285 (46)	234 (28)	218 (13)	237 (30)
Juli	349 (93)	276 (-30)	249 (-29)	270 (-10)	282 (39)	159 (-82)	285 (77)
August	276 (12)	306 (14)	303 (27)	326 (-47)	159 (-87)	136 (-76)	174 (-45)
September	235 (69)	357 (152)	282 (83)	226 (43)	213 (41)	223 (81)	192 (33)
Oktober	110 (3)	57 (-90)	87 (-45)	92 (-24)	60 (-53)	42 (-62)	67 (-52)
November	94 (-38)	81 (-101)	99 (-60)	115 (-12)	69 (-47)	54 (-53)	74 (-28)
Dezember	98 (-54)	99 (-87)	105 (-69)	89 (-42)	63 (-29)	51 (-39)	70 (-36)
Hydr. Jahr 88/89	2586 (414)	2736 (50)	2631 (294)	2528 (431)	1679 (-187)	1398 (-334)	1702 (-13)
Jahr 1989	2206 (-35)	2358 (-341)	2346 (-9)	2324 (218)	1680 (-186)	1389 (-336)	1705 (19)
Hydrol. Winter- halbjahr 88/89	1075 (223)	1080 (11)	1101 (202)	1003 (246)	413 (-219)	314 (-314)	400 (-250)
Hydrol. Sommer- halbjahr 1989	1511 (191)	1656 (39)	1530 (92)	1525 (185)	1266 (32)	1084 (-20)	1302 (237)

Tab. 9: Niederschlagswerte aus Totalisatormessungen im Einzugsgebiet der Speicher Weißsee und Tauernmoossee im Hydrologischen Jahr 1988/89 und im Kalenderjahr 1989 (in mm). Die Werte in Klammer beziffern die Abweichungen von den entsprechenden Mittelwerten aus der Meßreihe 1964 - 1988 (bei der Rudolfshütte 13-jährige, nicht durchgehende Meßreihe).

### 3. Der Abfluß 1988/89 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. 10):

	1988/89	1942-88	Abweichung
Oktober 1988	863	637	226
November	210	167	43
Dezember 1988	140	99	41
Januar 1989	108	105	3
Februar	90	105	-15
März	130	72	58
April	95	131	-36
Mai	583	856	-273
Juni	1632	2863	-1231
Juli	4725	4305	420
August	3304	3787	-483
September 1989	1529	2067	-583

Tab. 10: Monatlicher Abfluß 1988/89 und Abweichungen vom Mittel der Jahre 1942-1988 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee (Werte in 1.000 m<sup>3</sup>).

Beim Speicher Weißsee wurde relativ früh, am 8.9.1989, der Vollstau erreicht.

Der Zufluß im Hydrologischen Jahr 88/89 war mit 13,40 Mio. m<sup>3</sup> unternormal und betrug 89,5% des langjährigen Mittels von 14,98 Mio m<sup>3</sup> (1942-1986); der geringste Zufluß zwischen 1942 und 1989 war 1971/72 mit 10,724 Mio. m<sup>3</sup>. Der Zufluß im Kalenderjahr 1989 betrug 13,42 Mio. m<sup>3</sup>.

Nachstehend ein Vergleich der Extremwerte im hydrologischen bzw. Kalenderjahr (Tab. 11)

21.691	1951/52	21.239	1952
20.886	1986/87	21.247	1987
19.346	1981/82	18.909	1975
10.724	1971/72	10.331	1972
11.209	1968/69	10.696	1969
11.526	1977/78	11.123	1948
11.806	1983/84	11.557	1978
12.198	1947/48	11.745	1984
13.490	1988/89	13.420	1989

Tab. 11: Vergleich des Zuflusses 1988/89 bzw. 1989 in den Speicher Weißsee mit extremen Jahressummen.

In Abb. 14 sind die monatlichen Abflußhöhen, in Abb. 15 die Abweichungen im hydrolog. Jahr 1988/89 vom Mittel 1942-1988 dargestellt. Im Monat Juni war der Zufluß extrem unternormal, die Ursache liegt nicht an den Niederschlägen, im Gegenteil, diese waren überdurchschnittlich, sondern an den Neuschneefällen und dem damit verzögerten Abschmelzen. Der warme, niederschlagsreiche Juli und der in diesem Monat abschmelzende Neuschnee aus dem September sowie der Abbau der Altschneedecke führten zu leicht übernormalen Zuflüssen. Die negativen Abweichungen im August sind auf die nur durchschnittlichen Niederschläge sowie auf den geringer gewordenen Anteil an der Altschnee-Schmelze zurückzuführen, jene im September auf den wegen der kühlen Witterung reduzierten Abfluß und auf die häufigen Neuschneefälle.

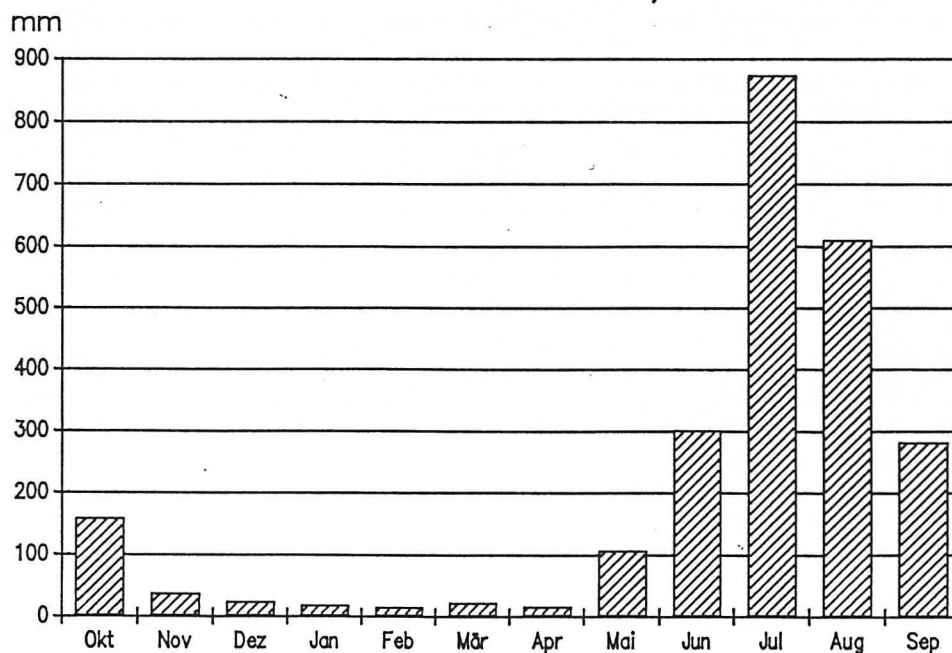


Abb. 14: Monatl. Abflußhöhen im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee 1988/89 (in mm)

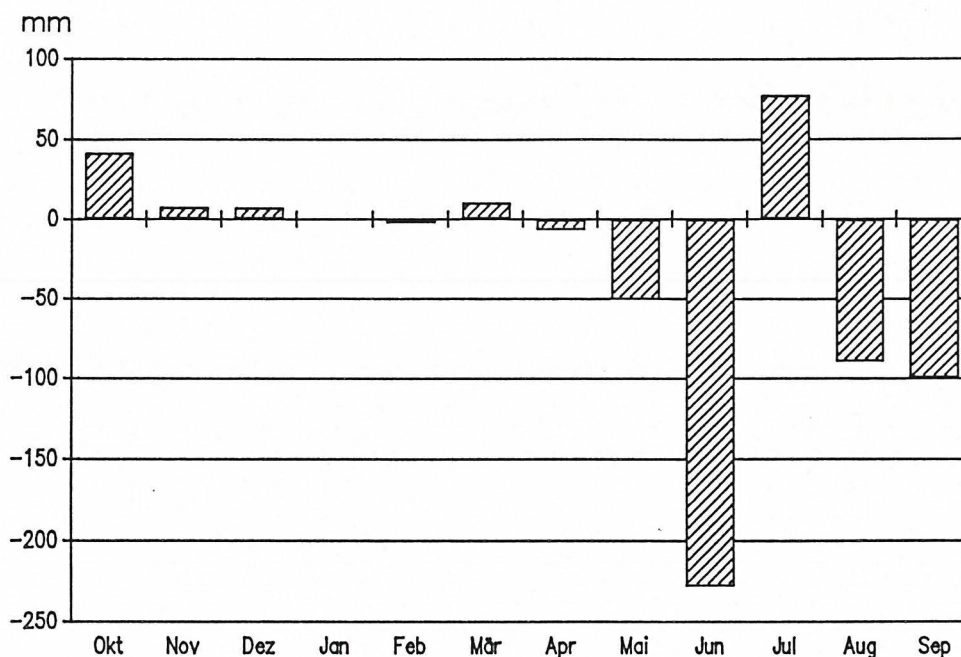


Abb. 15: Abweichungen der Abflußhöhen 1988/89 vom Mittel 1942/43 - 1988/89 (in mm)

#### 4. Berechnung der Größenordnung der hydrologischen Bilanz 1988/89 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee

Der Gebietsniederschlag ist mit Niederschlagsmessungen (mit Totalisatoren) nur unsicher zu bestimmen, da im Hochgebirge große Meßprobleme auftreten, die in erste Linie auf die Windinflüsse und den hohen Anteil an Schneeniederschlag zurückzuführen sind. Es wurde daher versucht, aus der Wasserhaushaltsgleichung  $N = A + V + (R - B)$  den Gebietsniederschlag zu berechnen.

Das (natürliche) Einzugsgebiet des Speichers Weißsee hat  $5,3 \text{ km}^2$  (die ÖBB verwenden bei ihren Berechnungen  $5,4 \text{ km}^2$ ), die mittlere Gebietshöhe beträgt  $2.570 \text{ m}$ , das Einzugsgebiet ist zu  $36,2 \%$  vergletschert, wobei das Sonnblickkees  $32,5 \%$  ( $1,721 \text{ km}^2$ ) ausmacht.

Nachstehend die einzelnen Parameter der Haushaltsgleichung mit den Beträgen für 1988/89 und der Fehlerschätzung:

##### ABFLUSS (A):

im hydrologischen Jahr 88/89:  $13.490.000 \text{ m}^3 \pm 4\%$

Fläche des Einzugsgebietes Weißsee:  $5,3 \text{ km}^2$

Jahresabflußhöhe:  $2.545,3 \text{ mm}$

##### VERDUNSTUNG (V): (größenordnungsmäßige Annahme)

mittl. Verdunstung:  $350 \pm 100 \text{ mm}$

Jahresverdunstungsmenge:  $1.855.000 \text{ m}^3$

**MASSENILANZ DES STUBACHER SONNBLICKKEESES ( $B_{SSK}$ ):**

Haushaltseude: 25.9.89

Fläche: 1,721 km<sup>2</sup>Bilanz( $B_{SSK}$ ): 434.000 m<sup>3</sup>

mittl. spez. Nettobilanz: b = 252 mm ± 100mm

**MASSENILANZ DES WEISSEEKEESES ( $B_{WSK}$ ): (Schätzung)**Fläche: 114.400 m<sup>2</sup>Bilanz ( $B_{WSK}$ ): 17.160 m<sup>3</sup>

mittl. spez. Nettobilanz: b = (150 ± 150 m)

**MASSENILANZ DER ALTSCHNEEFELDER ( $B_{FL}$ ): (Schätzung)**Fläche: 600.000 ± 200.000 m<sup>2</sup>Bilanz( $B_{FL}$ ): 120.000 m<sup>3</sup>

mittl. spez. Nettobilanz: b = 200 ± 100 mm

Wasserhaushaltsgleichung für das natürliche Einzugsgebiet des Speichers Weißsee:

$$N = A + V + (B_{SSK} + B_{WSK} + B_{FL})$$

$$N = 13.490.000 + 1.855.000 + (434.000 + 17.160 + 120.000)$$

$$N = 13.490.000 + 1.855.000 + 571.160$$

$$N = 15.916.160 \text{ m}^3$$

Niederschlagshöhe = 3.003,0 mm

Berechnung der "Gletscherspende":

$$A + V + (R - B) = N$$

$$2.545,3 + 350 + 107,7 = 3.003,0 \text{ mm}$$

Der Rückhalt betrug 107,7 mm oder 0,571 Mio. m<sup>3</sup>, d.s. + 3,6%.

Berechnet man aus den Niederschlagssummen der Totalisatoren Weißsee, Kaiser Tauern und Sonnblickkees den "mittleren Jahres-Gebietsniederschlag" im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee, erhält man für 1988/89 2.632 mm. Die aus der Wasserhaushaltsgleichung berechnete Niederschlagshöhe beträgt 3.003 mm. Dies würde bedeuten, daß die Totalisatoren im Mittel im Jahr um -12,4% 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 1964-1989**

Von den seit 1964 jährlich bestimmten 26 Massenbilanzen waren 16 positiv und 10 negativ (Abb. 16). Von 1964 bis 1989 betrug die kumulative Massenbilanz 0,997 Mio. m<sup>3</sup> (Abb. 18) bzw. die spezifische Bilanz + 41,4 g/cm<sup>2</sup>. Der Massenzuwachs von 1965 bis 1981 von 9,836 Mio. m<sup>3</sup> (Spez. Bilanz: 552,2 g/cm<sup>2</sup>) wurde in den 80er-Jahren seit 1982 um -7,333 Mio. m<sup>3</sup> (Spez. Bilanz: - 417,6 g/cm<sup>2</sup>) abgebaut, d.h. um rund 76 %.

Durch Extrapolation der Meßwerte bis 1959 liegt eine 31-jährige Meßserie (1959 bis 1989) vor (Abb. 16 und 17). 12 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/cm<sup>2</sup> (- 2,493 Mio. m<sup>3</sup>) Verlust und 1964/65 mit

197,6 g/cm<sup>2</sup> (3,5 Mio. m<sup>3</sup>) Zuwachs. Die kumulative Massenänderung während der gesamten Meßserie 1959-89 betrug -1,192 Mio. m<sup>3</sup> bzw. -93,5 g/cm<sup>2</sup>.

Die Gleichgewichtslinie lag in diesem Haushaltsjahr (1988/89) in 2.715 m.

Die mittlere Höhenlage der Gleichgewichtslinie für die Periode 1965 bis 1981 war 2.681 m, für die Periode 1959 bis 1989 (31 Jahre) 2.743 m. Im Zeitraum 1982 bis 1989 - in der jüngsten Periode des Massenverlustes - errechnet sich eine mittlere Höhenlage der Gleichgewichtslinie von 2.831 m, d.h. 1989 lag diese 116 m tiefer.

Die Ergebnisse der 30-jährigen Meßreihe sind veröffentlicht: "Die Massenbilanzmeßreihe vom Stubacher Sonnblickkees 1958/59 bis 1987/88", Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, Band 25, Heft 1, (1989).

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. 1988/89 stieß das SSK 1,1 m vor.

Der Nachschub und die Fließgeschwindigkeit sind gegenüber den 70er-Jahren geringer geworden, sodaß in naher Zukunft mit einer Rückzugsphase zu rechnen ist.

## JÄHRLICHE MASSENBILANZ 1959 BIS 1989

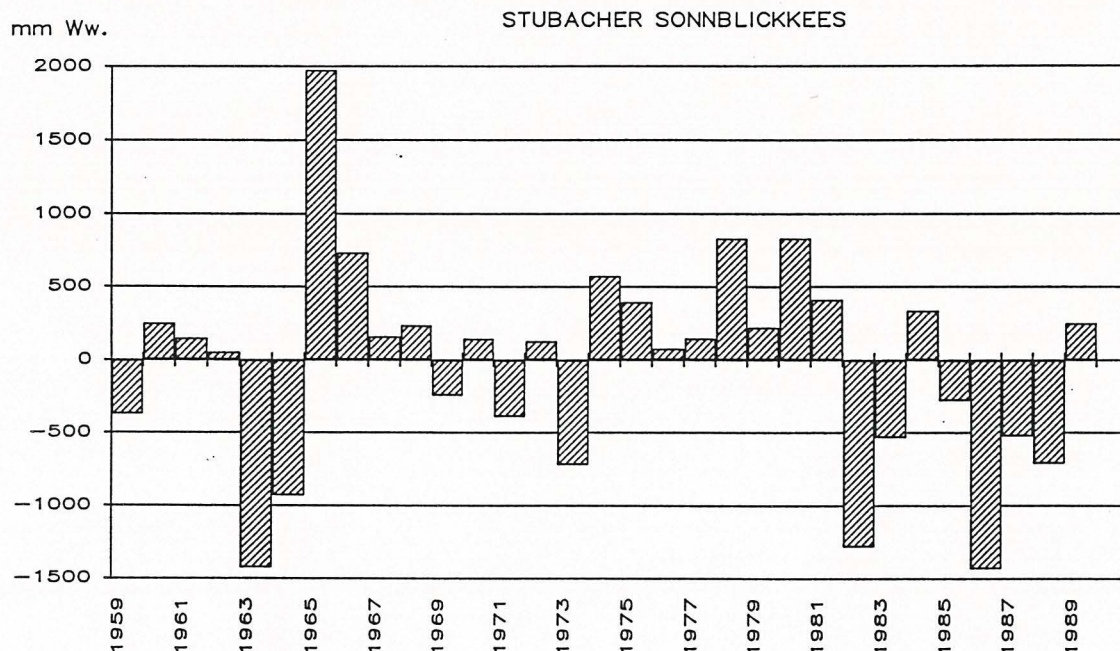


Abb. 16: Schwankungen der jährlichen mittleren spezifischen Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses 1959 - 1989 (in mm Wasserwert).

## KUMULATIVE MASSENBILANZ 1959 BIS 1989

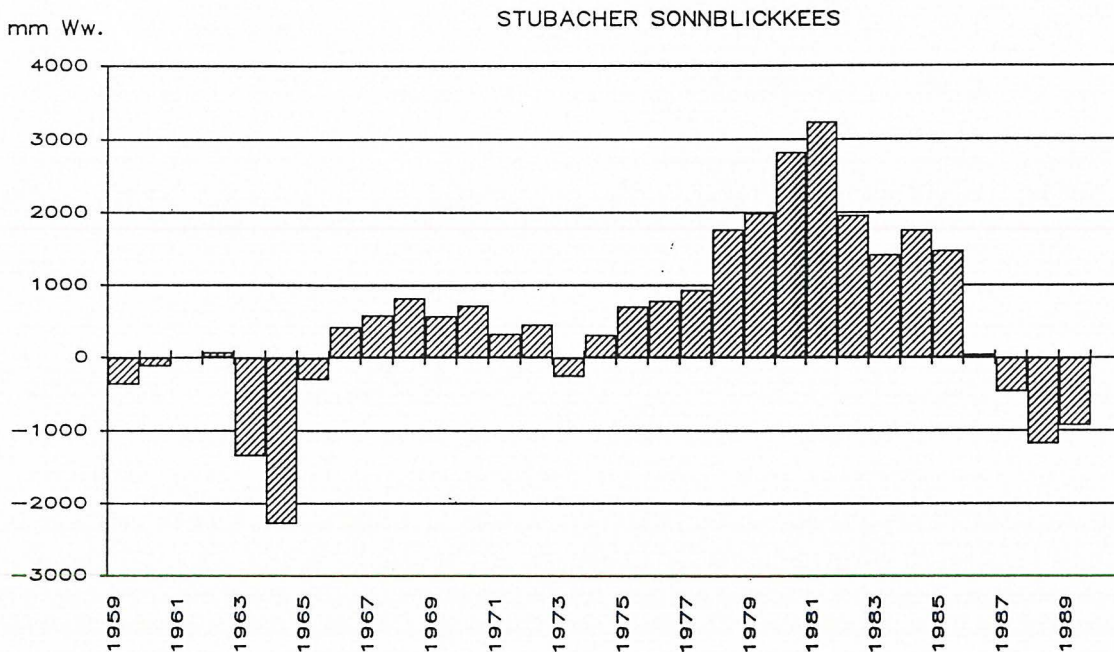


Abb. 17: Kumulative Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses zwischen 1959 und 1989 (in mm Wasserwert).

## 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) stellte dankenswerter Weise wieder das Sportheim Weißsee zur Verfügung, weiters wurde die Hochgebirgsforschungsstelle Rudolfshütte der Universität Salzburg als Stützpunkt genutzt. Herr F. Lackner, Institut für Geographie in Salzburg, besorgte freundlicherweise die Reinschrift dieses Beitrages bzw. Berichtes. 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