

**Programm "Wasser- und Eishaushaltmessungen im Stubachtal"**  
**(Massenbilanzmeßreihe vom Stubacher Sonnblickkees)**  
**Ergebnisbericht für 1994**

**Zusammenfassung**

Das Haushaltsjahr 1993/94 - das 31. Meßjahr seit Beginn der Reihe 1963/64 - endete mit einer stark negativen Bilanz von  $-138,5 \text{ g/cm}^2$  mittlerer spezifischer Nettobilanz oder  $-2,08 \text{ Mio. m}^3$  Netto-Massenverlust. Nach der spezifischen Bilanz war es gemeinsam mit 1962/63 der zweitstärkste Verlust, nach der Nettobilanz der fünftgrößte.

Damit setzte sich der Massenabbau seit 1982 fort, der sich kumulativ auf  $-15,4 \text{ Mio. m}^3$  oder  $-9,5 \text{ m}$  spezifische Bilanz beläuft (bei einer Gletscherfläche von  $1,5 \text{ km}^2$ ). Die Bilanz über die gesamte Meßreihe 1964 bis 1994 beträgt  $-7,1 \text{ Mio m}^3$  oder  $-4,9 \text{ m}$ . In den 31 Jahren waren 16 Haushaltsjahre positiv und 15 negativ, seit 1982 endeten von den 13 Haushaltsjahren 11 negativ. Die Gleichgewichtslinie lag am 2.10.1994 am Ende des Haushaltsjahres in 2.950 m Seehöhe, um 96 m oberhalb des Mittels 1982 bis 1994 (2.854 m). Der Längenverlust betrug  $-8,7 \text{ m}$  und war damit der größte seit Beginn der Messungen 1960. Die Ursache für den neuerlich großen Massenverlust ist in dem wieder zu warmen Sommer begründet, zwischen dem 13. Juni und 9. September gab es keine kühlen Witterungsphasen mit Neuschnee bis zur Rudolfshütte herab, die die Ablationsperiode unterbrochen hätten. Das Haushaltsjahr endete am 2.10. 1994.

Das Jahresmittel der Temperatur an der Station Rudolfshütte lag im hydrologischen Jahr 1993/94 bei  $+0,3^\circ\text{C}$  und war um  $1,0^\circ\text{C}$  höher als der Durchschnitt 1980 bis 1994. Der Niederschlag war mit 2.106 mm knapp unter dem Mittelwert 1964 bis 1994 von 2.146 mm. Der Niederschlag 1993/94 aus den sechs Totalisatoren und dem Ombrometer Rudolfshütte war im Mittel 2.053 mm und lag mit 103% nahe dem langjährigen Mittel (1.998 mm).

Das Temperaturmittel in der Hauptablationsperiode Juni bis September betrug  $7,5^\circ\text{C}$  und war damit  $1,5^\circ\text{C}$  über dem Mittel 1980 bis 1994 von  $6,0^\circ\text{C}$ . Insgesamt war der Sommer im Gebirge deutlich zu warm, die positiven Temperaturabweichungen im Sommerhalbjahr gehören zu den größten in diesem Jahrhundert.

Der Zufluß in den Speicher Weißsee betrug im hydrologischen Jahr 1993/94  $16,6 \text{ Mio. m}^3$  und lag damit wenig über dem langjährigen Mittel. Die Jahresabflußhöhe belief sich auf 3.128 mm (das Mittel 1942 bis 1994 beträgt 2.858 mm).

Aus der Wasserhaushaltsgleichung läßt sich eine Jahresniederschlagshöhe im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee für 1993/94 von 2.900 mm  $\pm$  5,8% abschätzen. Die Gletscherspende betrug ca. 18,5 %.

**1. Die Bestimmung der Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses 1993/94**

In diesem Jahr wurde zum 31. mal in ununterbrochener Reihenfolge die Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses (SSK) bestimmt (davon 17 mal mit der direkten glaziologischen Methode und 14 mal über die maximale Ausaperung).

**1.1. Witterungsverlauf 1993/94**

Vergleicht man den Jahresverlauf der glazialmeteorologisch wichtigen Parameter: Temperatur, Niederschlag und Schneehöhe sowie fester Niederschlag, gewonnen aus den Klimadaten der Station Rudolfshütte (2.304 m), so ergibt sich für das Haushaltsjahr 1993/94 folgendes Bild:

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

Das Jahresmittel der Temperatur lag im hydrologischen Jahr 1993/94 bei  $+0,3^\circ$  und war somit um  $1,0^\circ$  höher als der Durchschnitt der Jahre 1980 bis 1994. Sowohl das Winter- ( $-4,0^\circ$ ) wie das Sommerhalbjahr ( $+4,7^\circ$ ) weisen Temperaturen von einem Grad über dem jeweiligen Mittel auf. Nach einem warmen Oktober fällt der kühle November ( $1,8^\circ$  unter dem Mittel) auf. Nach einem durchschnittlich bis etwas zu warmen Hochwinter war der März ( $-1,9^\circ$  Monatsmittel) mit  $+4,0^\circ$  (!) über dem langjährigen Mittelwert extrem warm.

Im Sommer waren der Mai und Juni überdurchschnittlich warm ( $+1,0^\circ$  bzw.  $+1,2^\circ$ ), Juli und August wiesen noch extremere Temperaturen bzw. positive Anomalien auf ( $+2,8^\circ$  bzw.  $+1,9^\circ$ ). Das Jahr 1994 endet mit einem sehr warmen Frühwinter (November und Dezember waren um  $3,1^\circ$  bzw.  $2,0^\circ$  zu warm), sodaß sich für das Kalenderjahr eine große positive Abweichung ergibt ( $+1,3^\circ$ ).

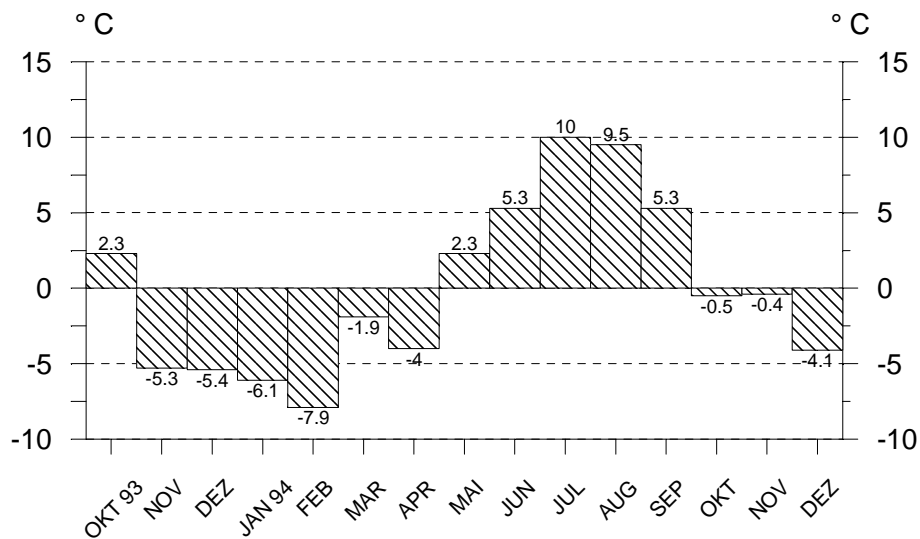


Abb. 1: Monatsmittel der Temperatur 1993/94 an der Station Rudolfshütte (°C)

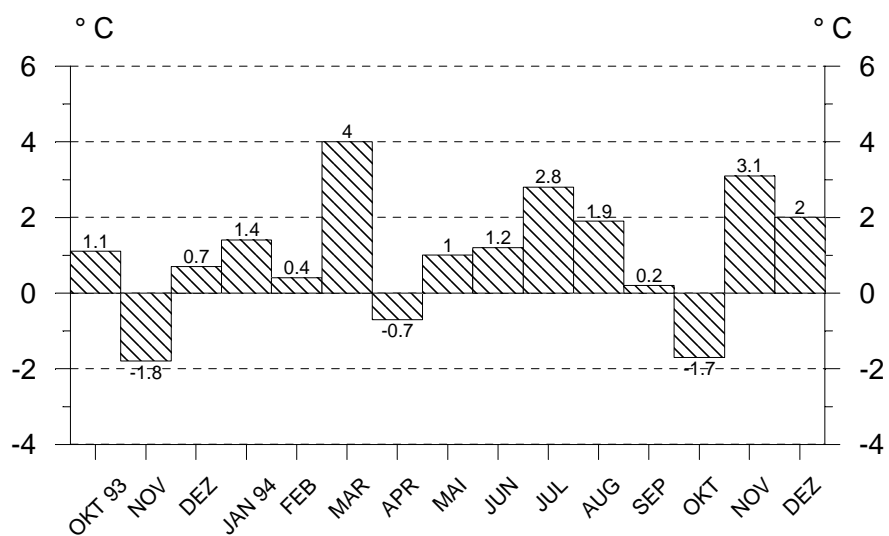


Abb. 2: Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur vom Mittel 1980-94 (°C).

**Niederschlag**(Tab.1, Abb. 3 und 4):

Die Niederschläge im hydrologischen Jahr 1993/94 lagen mit 2.106 mm (gemessen am Ombrometer der Station Rudolfshütte) nur unwesentlich unter dem Durchschnitt der Jahre 1964-1994(2.164 mm).

Der hydrologische Winter 1993/94 war mit einer Niederschlagssumme von 793 mm etwas zu feucht (Mittelwert 851 mm), der Sommer 1994 lag mit 1.313 mm ziemlich genau im langjährigen Mittel (1.295 mm).

Im hydrologischen Winter waren vor allem die Monate November und März, die jeweils nur etwa die Hälfte des zu erwartenden Niederschlages brachten, zu trocken. Der hydrologische Sommer begann etwas zu feucht (+68 mm im April, +50 mm im Mai und +32 mm im Juni). Ein sehr trockener Juli und durchschnittlicher Niederschlag im August und September glichen die Niederschlagsbilanz des Sommers wieder aus.

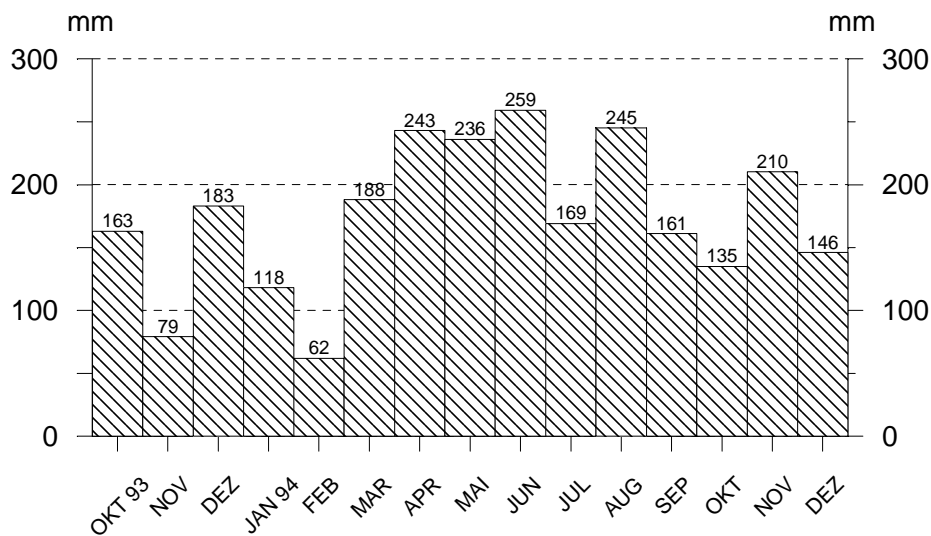


Abb. 3: Monatssummen des Niederschlages 1993/94 an der Station Rudolfshütte (in mm)

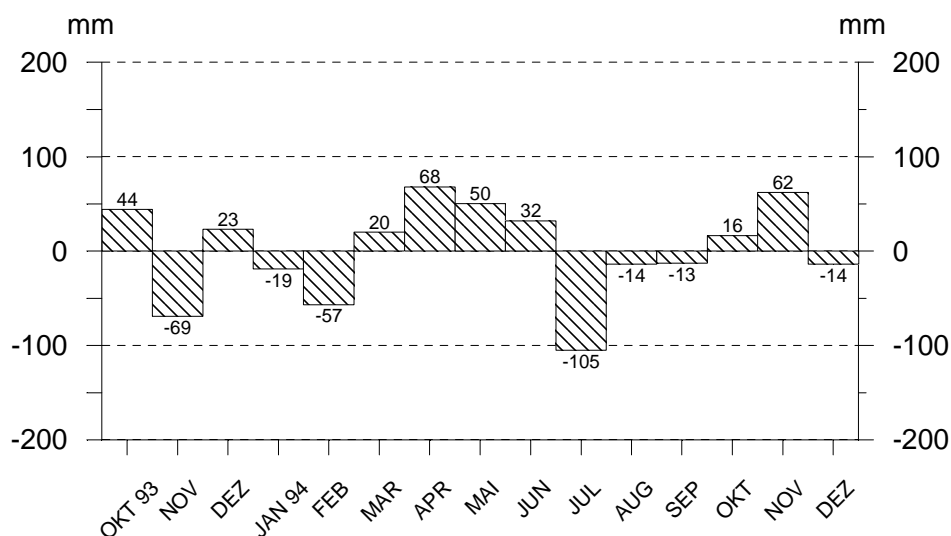


Abb. 4: Abweichungen der Monatssummen des Niederschlags vom Mittel 1964-94 (in mm)

**Schneehöhe** am Unteren Boden des SSK in 2.530 m Seehöhe (Tab. 2, Abb. 5 und 6):

Während der Schneedeckenaufbau im Frühwinter durchschnittlich erfolgte, wurden bereits Anfang Jänner lediglich 2/3 der mittleren Schneemenge gemessen. Nur langsam baute sich bis Mai eine Schneedecke mit 380 cm Mächtigkeit auf, wobei die absoluten Schneehöhen stets um fast einen Meter unter dem Mittelwert der Jahre 1980-1994 lagen. Der Schneedeckenabbau setzt im Laufe des Mai rasch ein und erreichte mit einer Altschneeabschmelzung von über 2 m im Juli einen extrem hohen Wert. Am ersten August lag am Unteren Boden des SSK bereits kein Schnee mehr.

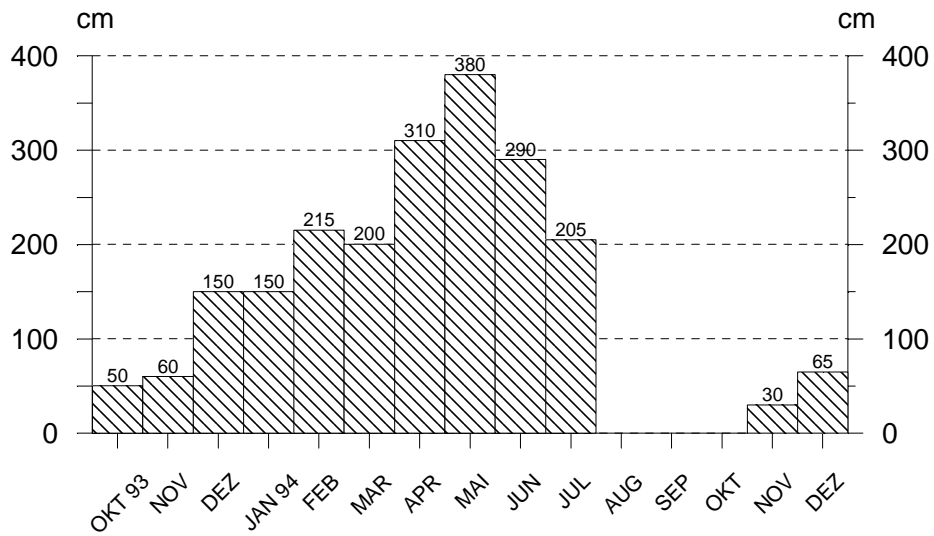


Abb. 5: Schneehöhen am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) im hydrologischen Jahr 1993/94 (gemessen am 1. jeden Monats)

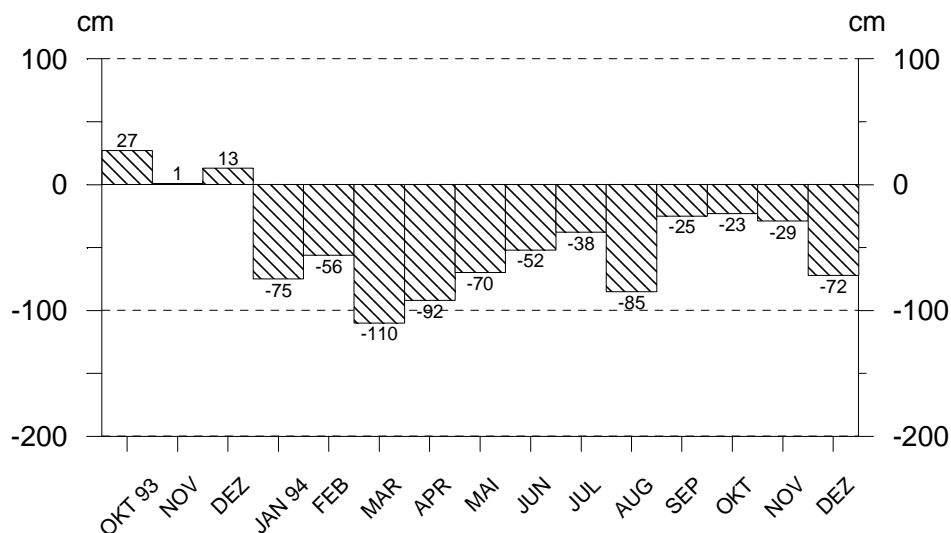


Abb. 6: Abweichungen der Schneehöhen (in cm) am SSK (Unterer Boden, 2.530 m) vom Mittel der Jahre 1980 - 1994.

**Fester Niederschlag** - Schnee etc. und 50% von Schnee und Regen gemischt (Tab. 2, Abb. 7 und 8):

Der hydrologische Sommer wies unterdurchschnittliche Anteile an Festniederschlag auf. Besonders im Mai waren bei überdurchschnittlich hoher Temperatur weniger als 50% des Niederschlages in fester Form (-26,1% gegenüber dem Mittelwert der Jahre 1980 - 1990). Auch die Monate April und Juli hatten mehr als 10% weniger Festniederschlag als die jeweiligen Mittelwerte.

Während der glaziologisch wichtigen Zeit Juni bis September gab es keine markanten Unterbrechungen der Abschmelzung durch kühle Witterungsphasen, zwischen 13. Juni und 9. September verzeichnete die Station Rudolfshütte kein einziges Mal Neuschnee am Boden.

Der überdurchschnittlich hohe Schneeanteil am Niederschlag nach dem 9. September konnte nur mehr einen noch stärkeren Massenverlust verhindern.

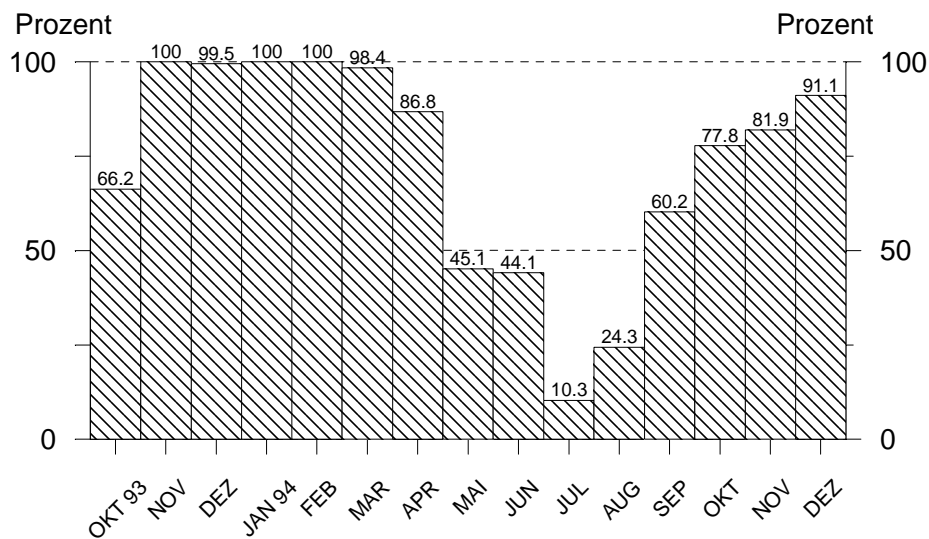


Abb. 7: Anteil des festen Niederschlages 1993/94 an der monatlichen Gesamtniederschlagsmenge

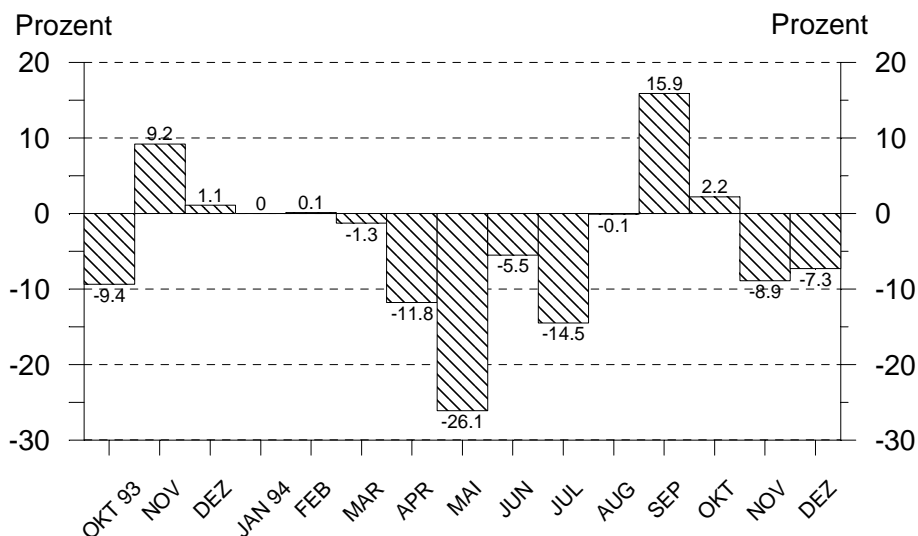


Abb. 8: Abweichung des Anteiles am monatlichen Festniederschlag 1993/94 vom langjährigen Mittel 1980 - 1990

	Temperatur	Mittelwerte	Niederschlag	Mittelwerte
	1993/94	1980-1994	1993/94	1964-94
Oktober 1993	2,3	1,2	163	119
November	-5,3	-3,5	79	148
Dezember	-5,4	-6,1	183	160
Januar 1994	-6,1	-7,5	118	137
Februar	-7,9	-8,3	62	119
März	-1,9	-5,9	188	168
April	-4,0	-3,3	243	175
Mai	2,3	1,3	236	186
Juni	5,3	4,1	259	227
Juli	10,0	7,2	169	274
August	9,5	7,6	245	259
September	5,3	5,1	161	174
Oktober	-0,5	1,2	135	119
November	-0,4	-3,5	210	148
Dezember	-4,1	-6,1	146	160
Hydr. Winter	-4,0	-5,0	793	851
Hydr. Sommer	4,7	3,7	1313	1295
Hydr. Jahr 1993/94	0,3	-0,7	2106	2146
Kalenderjahr 1994	0,6	-0,7	2172	2146

Tab. 1: Monatsmittel der Temperatur (in °C) und Monatsniederschlagssummen (in mm) 1993/94 gemessen an der Station Rudolfshütte, und die Mittelwerte der Jahre 1980 (bzw. 1964) bis 1994

	Schneehöhen	Mittelwert	Anteil	Mittelwert
	1993/94	1980-94	1993/94	1980 - 1990
Oktober 1993	50	23	66,2	75,6
November	60	59	100,0	90,8
Dezember	150	137	99,5	98,4
Januar 1994	150	225	100,0	100,0
Februar	215	271	100,0	99,9
März	200	310	98,4	99,7
April	310	402	86,8	98,6
Mai	380	450	45,1	71,2
Juni	290	342	44,1	49,6
Juli	205	243	10,3	25,8
August	-	85	24,3	24,4
September	-	25	60,2	44,3
Oktober	-	23	77,8	75,6
November	30	59	81,9	90,8
Dezember	65	137	91,1	98,4

Tab. 2: Schneehöhen (in cm) am Sonnblickkees (Unterer Boden 2.530 m) im hydrologischen Jahr 1993/94 und der Vergleich mit den mittleren Schneehöhen in den Jahren 1980 - 1994 (gemessen am 1. des jeweiligen Monats) und Anteil des festen Niederschlages am Gesamtniederschlag in % verglichen mit den Mittelwerten der Jahre 1980 bis 1990.

## Überblick über die klimatischen Verhältnisse 1993/94 an der Station Rudolfshütte:

Das Winterhalbjahr (-4,0 °C) war um 1,0 °C zu warm, der Niederschlag mit 793 mm um 58 mm unter dem Durchschnitt. Der Sommer war mit 4,7 °C ebenfalls 1,0 °C zu warm (1980 bis 1994 +3,7 °C). Das Sommerhalbjahr war durchschnittlich feucht, die Summe betrug 1.313 mm (Mittelwert 1964 bis 1994 1.295 mm). Das Jahresmittel der Temperatur lag in hydrologischen Jahr 1993/94 bei +0,3 °C und war damit um 1,0 °C höher als der Durchschnitt 1980 bis 1994. Der Niederschlag (am Ombrometer Rudolfshütte) lag mit 2.106 mm etwa im Mittel der Jahre 1964 bis 1994 von 2.146 mm. Das Temperaturmittel in der Hauptablationsperiode Juni bis September betrug 1994 7,5 °C und war damit +1,5 °C über dem Mittel 1980 bis 1994 von 6,0 °C. Insgesamt betrachtet ist der Sommer als extrem warm zu bezeichnen, ein Julimittel von +10,0 °C in 2.300 m Seehöhe ist als außergewöhnlich zu bezeichnen. Das Jahresmittel der Temperatur (1961-1990) war am Salzburg-Flughafen um 2,7 ° zu warm, in Wien war es das wärmste Jahr seit Beginn der Messreihe 1775.

### 1.2. Berechnung der Massenbilanz 1993/94

#### 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 bzw. Gleichgewichtslinie am Ende des Haushaltsjahres entspricht). Es ist daher notwendig, ab etwa 20. August bis Mitte Oktober, 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 der maximalen Ausaperung liegender Stand dokumentiert werden, um damit die Akkumulations- und Ablationsflächen auswerten zu können. Die Ausaperungsstände wurden am 27.7. (R.Kneissl), 31.8., 7.9., 13.9. (F.Deisenberger) und 2.10. (Abb. 9) fotografisch festgehalten. Am 22.8.1994 wurde wieder versucht, den Ausaperungsstand vom Panoramabild Kitzsteinhorn vom Fernsehbildschirm zu kartieren. Am 4.8.1994 wurde im Rahmen eines Bildfluges das Sonnblickkees luftphotogrammetrisch durch die Fa. FMM, Salzburg, aufgenommen. Mit den Fotos und Kartierungen wurde unter Zuhilfenahme früherer ähnlicher Ausaperungsstände die Ausaperung für den 2. Oktober 1994 bestimmt und die Karte der maximalen Ausaperung gezeichnet (Abb. 10).



Abb. 9: Das Stubacher Sonnblickkees vom Fürleggpfleiler gegen die Granatspitze am 2.10.1994 (Foto: H. Slupetzky)



Stubacher Sonnblickkees  
Stand der Ausaperung 02.10.1994

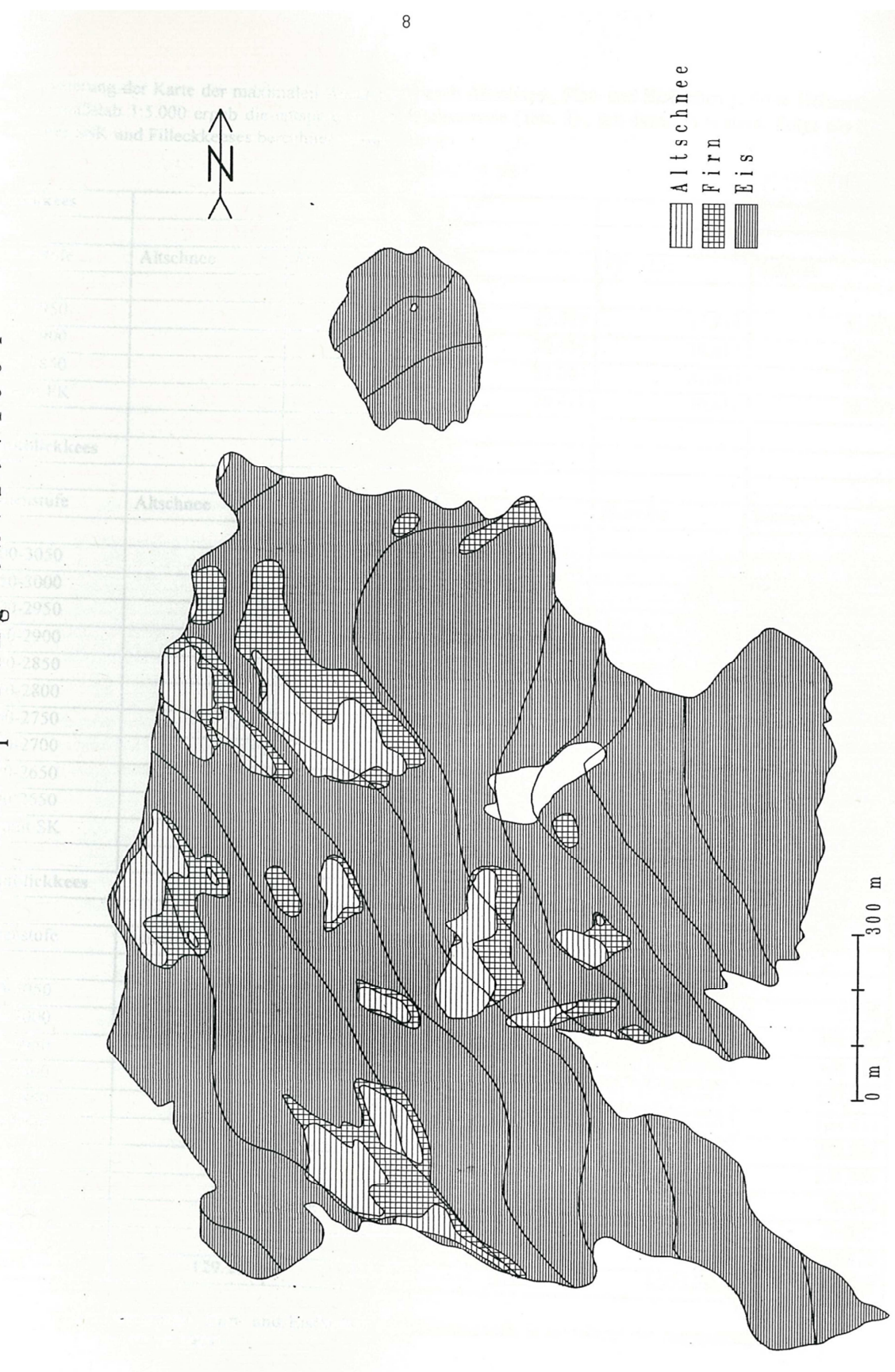


Abb. 10: Karte der maximalen Ausaperung des Stubacher Sonnblickkeeses am 2.10.1994.



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. 3) , mit denen in weiterer Folge die Massenbilanz des SSK und Filleckkeeses berechnet wurde.

<b>Filleckkees</b>					
Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
2900-2950	-	-	19.919	19.919	19.919
2850-2900	-	-	28.614	28.614	28.614
2800-2850	-	-	21.884	21.884	21.884
Gesamt FK	-	-	70.417	70.417	70.417
<b>Sonnblickkees</b>					
Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
3000-3050	-	-	8.336	8.336	8.336
2950-3000	12.174	5.637	91.258	96.894	109.069
2900-2950	30.913	29.959	117.365	147.323	178.236
2850-2900	17.492	13.192	134.681	147.873	165.365
2800-2850	26.860	7.175	125.705	132.879	159.739
2750-2800	34.485	49.913	167.871	217.784	252.269
2700-2750	3.134	12.254	216.193	228.447	231.581
2650-2700	4.157	2.818	83.675	86.492	90.649
2600-2650	-	2.078	57.209	59.287	59.287
2500-2550	-	-	179.570	179.570	179.570
Gesamt SK	129.215	123.025	1.181.861	1.304.886	1.434.101
<b>Sonnblickkees</b>					
Höhenstufe	Altschnee	Firn	Eis	Firn+Eis	Summe
3000-3050	-	-	8.336	8.336	8.336
2950-3000	12.174	5.637	91.258	96.894	109.069
2900-2950	30.913	29.959	137.283	167.242	198.155
2850-2900	17.492	13.192	163.295	176.487	193.980
2800-2850	26.860	7.175	147.589	154.763	181.623
2750-2800	34.485	49.913	167.871	217.784	252.269
2700-2750	3.134	12.254	216.193	228.447	231.581
2650-2700	4.157	2.818	83.675	86.492	90.649
2600-2650	-	2.078	57.209	59.287	59.287
2500-2550	-	-	179.570	179.570	179.570
<b>Gesamt</b>	<b>129.215</b>	<b>123.025</b>	<b>1.252.277</b>	<b>1.375.302</b>	<b>1.504.517</b>

Tab. 3: Altschnee-, Firn- und Eisflächen nach Höhenzonen in m<sup>2</sup> (Stand der Ausaperung: 02.10.1994)

### 1.2.2. Ermittlung der Kenngrößen der Massenbilanz

Die Massenbilanz des SSK 1993/94 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 1993/94 folgende Massenbilanzwerte:

Spezifische Nettoakkumulation:	$b_c =$	+1,9 g/cm <sup>2</sup>
Spezifische Nettoablation:	$b_a =$	-140,4 g/cm <sup>2</sup>
<b>Mittl. spez. Nettobilanz:</b>	<b>b =</b>	<b>-138,5 g/cm<sup>2</sup></b>

Die Massenbilanz des SSK 1993/94 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>
0,129	1,9	0,029	1,375	-140,4	-2,112	1,504
$B$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	$b$ g/cm <sup>2</sup>	$S_c/S$	$S_c/S_a$	GW	natürliches Haushaltjahr	
-2,083	-138,5	0,086	0,096	2950	26.09.93 - 2.10.94	

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

Das SSK hatte mit einer mittleren spezifischen Massenbilanz von -138,5 g/cm<sup>2</sup> wiederum einen stark negativen Haushalt. Die Begründung für den neuerlichen Massenverlust liegt vor allem in der zwölfwöchigen Schönwetterperiode im Sommer, besonders der Juli war um fast 3° zu warm. Einige Schneefälle im September verhinderten einen noch stärkeren Massenabbau. Weiters dürfte auch der Wüstenstaub vom 15. bis 17. 4. 1994 zum Schneedeckenabbau beigetragen haben.

### 1.3. Ergebnisse der Längen- und Bewegungsmessungen

Das Gletscherende des SSK wurde am 23.9.1994 von 14 Meßmarken aus nachgemessen (Längenmessungen im Rahmen des OeAV-Meßprogrammes). Für 1993/94 ergab sich ein mittlerer Änderungsbetrag von + 8,7 m, es ist der größte Rückgangswert seit 1960. Am 27.8. wurden der Eisrand und die Meßmarken erstmals mit dem GPS-Verfahren eingemessen (durch J.Strobl). Am 30.8. und 1.9. wurden der Eisrand und der Keessee geodätische vermessen.

Neben den Ablationsmessungen erfolgt alljährlich eine Ermittlung der Eisbewegungsbeträge an zehn Pegeln (am 28. 8. erfolgten die Vermessungen, am 1.9. Wiederholungsmessungen und die Pegelnachbohrungen).

Pegelnummer	Zeitraum	Ablation	Höhenänderung	Vertikalbewegung	Fließweg
611 (=601)	29.08.93 - 28.08.94	4,75	-3,31	+1,44	11,72
616 (=606)	29.08.93 - 1.09.94	3,45	-4,74	-1,29	2,73

Die Ergebnisse der Pegelmessungen am Stubacher Sonnblickkees anhand zweier ausgewählter Pegel.

## 2. Niederschlagswerte 1993/94 bzw. 1994 in den Einzugsgebieten der Speicher Weißsee und Tauernmoossee

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

Die Ergebnisse der monatlichen Niederschlagsmessungen (bzw. die Abweichungen vom langjährigen Mittel über +/- 100 mm) mit Hilfe des Totalisatornetzes sind in Tabelle 4 die Jahresniederschläge in Tabelle 5 zusammengestellt (für den Ombrometer RH: Tab. 1).

Die Schwankungen des Monatsniederschlags bei den Totalisatoren Weißsee und Tauernmoossee (Alpennordseite) und Landeckbach (Alpensüdseite) zeigt Abb. 11, die Abweichungen des Mittelwertes aus den Totalisatoren Weißsee, Kalser Tauern und Sonnblickkees) Abb. 12.

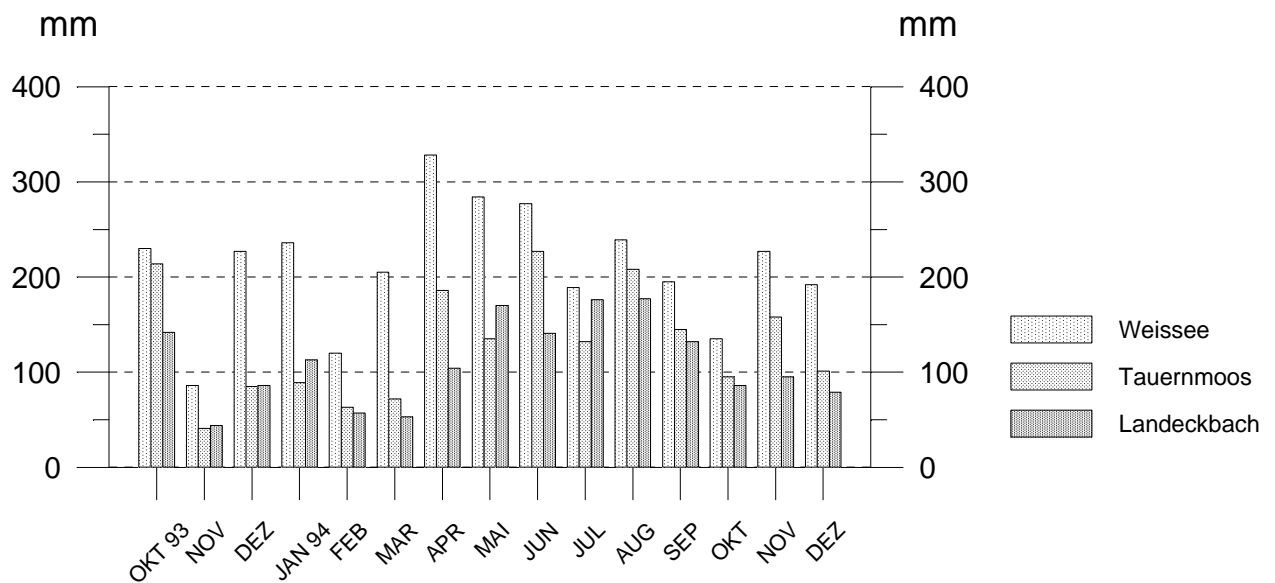


Abb. 11: Monatsniederschlag 1994 bei den Totalisatoren Tauernmoossee, Weißsee und Landeckbach (in mm)

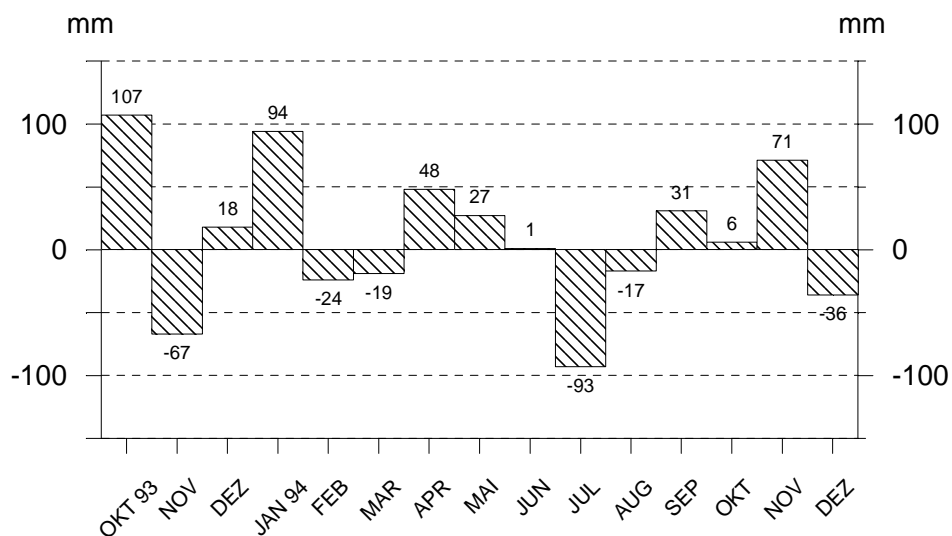


Abb. 12: Abweichungen des Mittelwertes der Totalisatoren Weissee, Kalser Tauern und Sonnblickkees vom langjährigen Durchschnitt in mm (1964 bis 1994).

	WS	KT	SK	TM	LB	BS	RH
	2.270m	2.390m	2.510m	2.040m	2.040m	2.040m	2.304m
Oktober 1993	230	243(+107)	255(+130)	214	142	263(+127)	163
November	86	95	100	41	44	48	79
Dezember	227	177	140	85	86	98	183
Januar 1994	236	288(+118)	220	89	113	61	118
Februar	120	95	74	63	57	44	62
März	205	126	130	72	53	56	188
April	328	252	170	186	104	170	243
Mai	284	236	248	135	170	126	236
Juni	277	274	222	227	141	274	259
Juli	189	192	200	132	176	137	169(-105)
August	239	243	281	208	177	218	245
September	195	258	222	145	132	163	161
Oktober	135	154	141	95	86	115	135
November	227	239	229	158	95	203	210
Dezember	192	86	104	101	79	118	146
Kalenderjahr 1994	2627	2443	2241	1611	1383	1685	2172
hydr. Jahr 1993/94	2616	2479	2262	1597	1395	1658	2106
hydr. Sommer 94	1512	1455	1343	1033	900	1088	1313
hydr. Winter 93/94	1104	1024	919	564	495	570	793

Tab. 4: Niederschlagswerte aus Totalisatormessungen im Einzugsgebiet der Speicher Weißsee und Tauernmoossee im Hydrologischen Jahr 1993/94 und im Kalenderjahr 1994 (in mm) - Abweichungen über +/-100 mm in Klammern. (RH = Ombrometer Rudolfshütte, WS = Totalisator Weißsee, KT = Tot. Kalser Törl, SK = Tot. Sonnblickkees, TM = Tot. Tauernmoos, LB = Tot. Landeckbach, BS = Tot. Beileitung Süd)

	1994	1964-94	Abweichungen	%
Tot. Weißsee (2.270m)	2620	2627	-7	100
Tot. Kalser Törl (2.390 m)	2326	2443	-117	95
Tot. Sonnblickkees (2.510 m)	2121	2241	-120	95
Tot. Tauernmoos (2.040 m)	1823	1611	+213	113
Tot. Landeckbach (2.040 m)	1652	1383	+269	119
Tot. Beileitung Süd (2.040 m)	1695	1685	+10	100
Omb. Rudolfshütte (2.304 m)	2136	2172	-36	98
"Mittel der 6 Totalisatoren" 1994	2053	1998	+55	103

Tab. 5: Jahressummen des Niederschlages im Kalenderjahr 1994 (in mm), Abweichungen vom Mittel 1964 bis 1994 und relativ zum Mittelwert (Prozent).

Die Jahressumme der Niederschläge an den Totalisatoren (einschließlich des Ombrometers Rudolfshütte) schwankte i.A. um den Mittelwert, nur die Totalisatoren Tauernmoos und Landeckbach (Alpensüdseite) zeigten etwas überdurchschnittliche Werte

Das Monatsmaximum trat im hydrologischen Jahr durchwegs nicht im Juli auf, vielmehr zum Teil im August, zum Teil aber auch schon im April. Bei den Meßstellen war sowohl der Oktober 1993 als auch der Jänner 1994 niederschlagsreich mit hohen positiven Abweichungen. Das Frühjahr mit übernormalen Niederschlägen war feucht. Neben dem niederschlagsarmen November 1993 war besonders der Monat Juli 1994 zu trocken, vor allem verzeichnete die Station Rudolphshütte eine negative Abweichung von 105 mm.

Das Mittel der sechs Totalisatoren ergab mit 2.040 mm einen Wert nahe dem Durchschnitt, wobei jedoch die tiefergelegenen Totalisatoren gering übernormale Jahressummen zeigten und die höhergelegenen gering unternormale Werte.

### 3. Der Abfluß 1993/94 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):

	1993/94	1942-94	% vom Mittel		1993/94	1942-94	% vom Mittel
Oktober 1993	1011	657	156	Juli	4169	4297	97
November	141	174	82	August	6565	3727	96
Dezember	122	106	117	September	2360	2018	117
Januar 1994	276	115	240	Oktober	460	657	70
Februar	98	80	123	November	193	174	111
März	160	78	205	Dezember	158	106	149
April	126	128	98				
Mai	1156	883	131	Hyd. Jahr 1993/94	16581	15145	109
Juni	3397	2882	118	Kalenderjahr 1994	16118	15145	106

Tab. 8: Monatlicher Abfluß 1993/94 und Abweichungen vom Mittel der Jahre 1942-1994 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee (Werte in 1.000 m³).

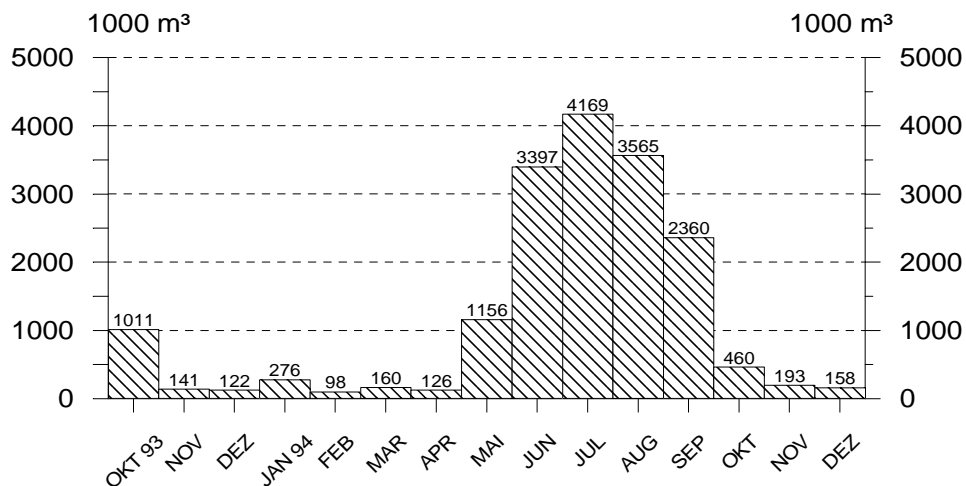


Abb. 13: Monatliche Abflußhöhen im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee 1993/94 (in 1000 m³)

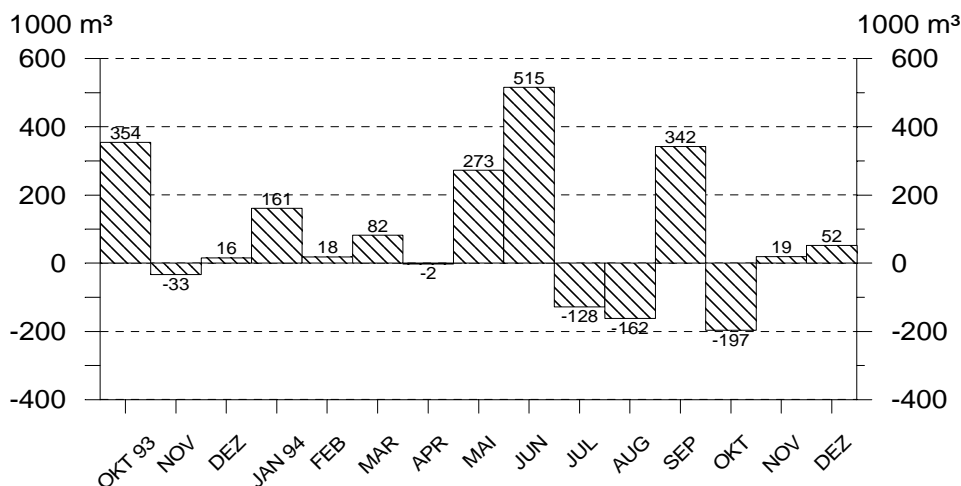


Abb. 14: Abweichungen der monatlichen Abflußhöhe vom langjährigen Mittelwert 1942/43 bis 1993/94 (in 1000 m³)

Der Speicher Weißsee erreichte am 21. 8., also wieder früh, den Vollstau. Der Zufluß im hydrologischen Jahr 1993/94 lag mit 16,6 Mio. m³ etwas über dem langjährigen Mittel 1942 bis 1994 von 15,1 Mio. m³. Das Minimum des Zuflusses lag im Zeitraum 1942 bis 1994 bei 10,7 Mio. m³ (1971/72). Die Jahres-Abflußhöhe betrug 3.128 mm (Mittel 1942 - 94 2.858 mm).

In Abb. 13 sind die monatlichen Abflußhöhen, in Abb. 14 die Abweichungen im Hydrologischen Jahr 1993/94 vom langjährigen Mittel dargestellt. Im Spätfrühjahr traten im Mai und Juni durch den raschen Schneedeckenabbau stark übernormale Abflüsse auf, umgekehrt waren im Juli und August die Zuflüsse unternormal, wobei die Begründung im Juli in den zu geringen Niederschlägen lag, im August an den rasch geringer werdenden Altschneeflecken. Überdies sind die Firnrücklagen durch die vergangenen warmen Sommer so stark reduziert worden, daß auch von hier immer weniger Abfluß kommt.

#### 4. Berechnung der Größenordnung der hydrologischen Bilanz 1993/94 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 28% (1.504 km²) ausmacht.

Nachstehend die einzelnen Parameter der Wasserhaushaltsgleichung  $N = A + V + (R - B)$  mit den berechneten und geschätzten Beträgen für 1993/94 und der Fehlerschätzung (Tabelle 9).

	spezifisch (in mm)	absolut (in m³)	geschätzter Fehler
Niederschlag	2900	15370000	+/- 5,8%
Abfluss	3128	16581000	+/- 5%
Verdunstung	350	1855000	+/- 25%
Bilanz SSK	-393	-2083000	+/- 5%
Bilanz Weißseekees	-30	-160200	+/- 30%
Firnflecken	-154	-820000	+/- 30%

Tab. 9: Abschätzung der hydrologischen Bilanz im Einzugsgebiet Weißsee

Die Niederschlagshöhe für das 5,3 km² große Einzugsgebiet des Speichers Weißsee beträgt 2.900 mm +/- 5,8 %. Die Gletscherspende war 577 mm oder 3,063 Mio. m³, das sind etwa 18,4 %.

Berechnet man aus den Niederschlagssummen der Totalisatoren Weißsee, Kalser Törl und Sonnblickkees sowie dem Ombrometer Rudolfshütte den „mittleren Jahres-Gebietsniederschlag“ im Einzugsgebiet Weißsee, erhält man für 1993/94 2.053 mm. Gegenüber der Niederschlagshöhe (abgeschätzt aus der Wasserhaushaltsgleichung) von 2.900 mm ist dies um -847 mm zu wenig. Das bedeutet, daß die Totalisatoren im Mittel um 29 % zu wenig anzeigten (im Vorjahr: 23 %).

#### **5. Überblick über die Massenbilanz - Meßreihe vom Stubacher Sonnblickkees 1964-1994 (Abb. 15,16 und 17)**

Von den seit 1964 jährlich bestimmten 31 Massenbilanzen waren 16 positiv und 15 negativ. Von 1964 bis 1994 betrug die kumulative Massenbilanz -7,1 Mio. m<sup>3</sup> oder -4,9 m spezifische Bilanz. Der Massenzuwachs von 1965 bis 1981 betrug 9,836 Mio. m<sup>3</sup> (Spez. Bilanz: 5,5 m); seit 1982 wurden -15,4 Mio. m<sup>3</sup> (Spez. Bilanz: -9,5 m) abgebaut. Der Massenverlust seit 1959 betrug kumulativ -9,2 Mio. m<sup>3</sup> oder -6,3 m spez. Bilanz. Nachdem der Eisrand von Beginn der Messungen 1960 bis 1964 19 m zurückgeschmolzen war, stieß das SSK bis 1981 17,3 m vor. Seit 1981 verlor der Gletscher insgesamt 33,0 m an Länge.



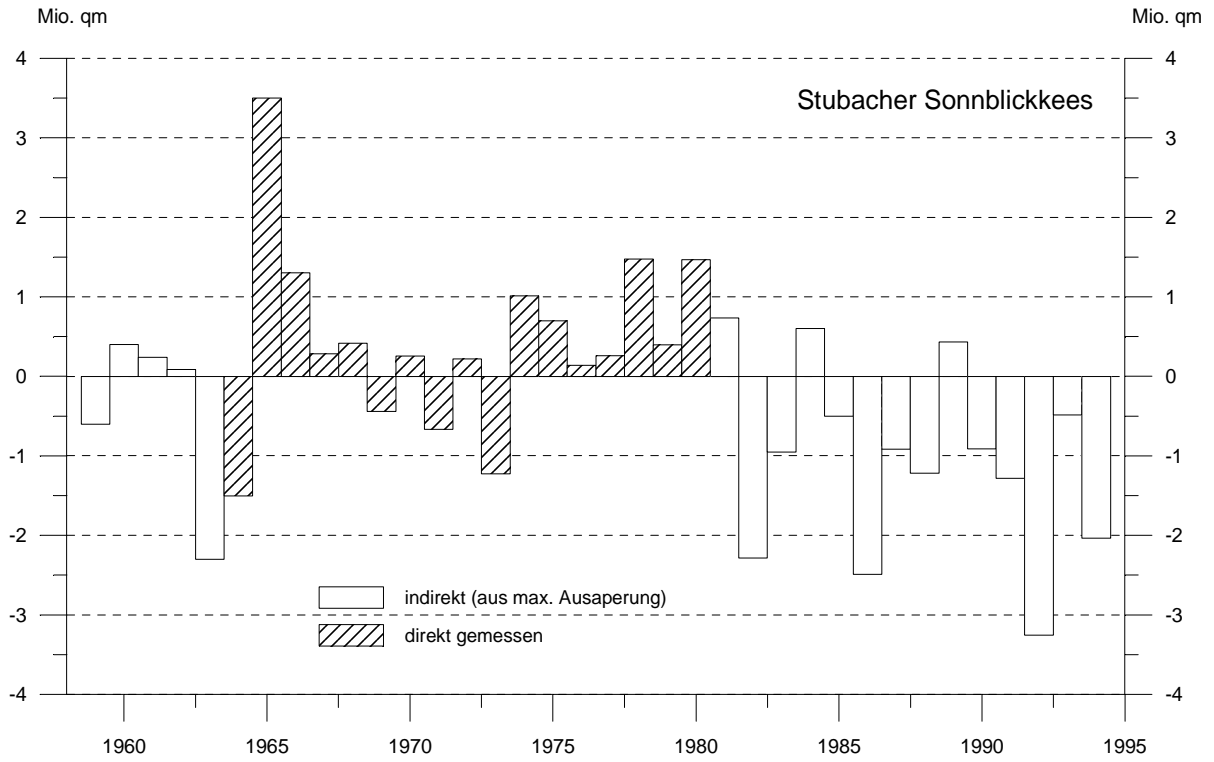


Abb. 15: Jährliche Massenbilanz der Haushaltsjahre 1959/60 bis 1993/94

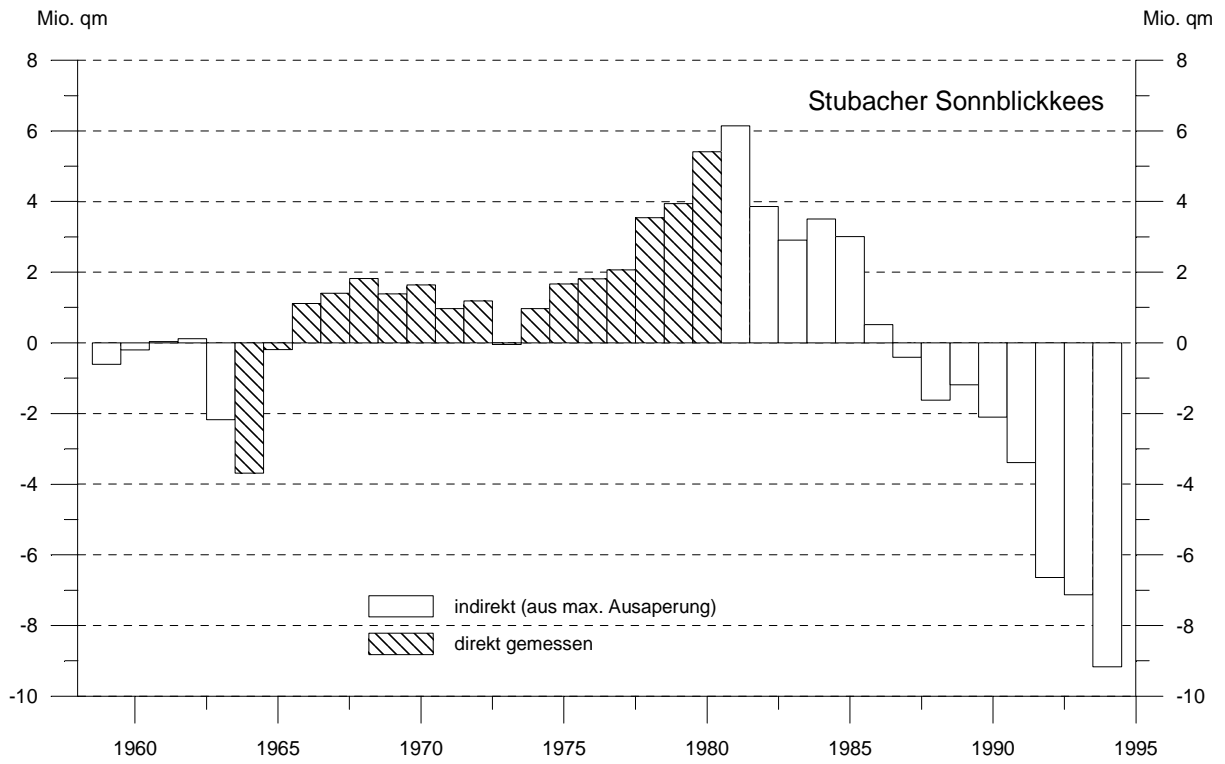


Abb. 16 : Jährliche Massenbilanz der Haushaltsjahre 1959/60 bis 1993/94 (kumulativ)

Abb. 17: Kumulative Längenänderungen des Stubacher Sonnblickkeeses 1960 bis 1994 (OeAV  
Gletschermessprogramm, Werte in Metern)

Die Wasser- und Eishaushaltsmessungen am Stubacher Sonnblickkees bzw. im Einzugsgebiet der Speicher im Stubachtal werden im Auftrag des Hydrographischen Zentralbüros beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft über den Hydrographischen Dienst in Salzburg durchgeführt.

Die Betreuung des Totalisator-Meßnetzes erfolgt durch R. Winter, Uttendorf. - Die Abflußdaten stellten die ÖBB zur Verfügung. - Die geodätischen Vermessungen wurden von Studenten der Fachhochschule Bochum, Fachbereich Vermessungswesen, unter der Leitung von Prof. R. Puruckherr und H. Slupetzky, durchgeführt. - Die Wetterdaten stammen von der Station Rudolfshütte bzw. von der Wetterdienststelle Salzburg, die Station wurde vor allem von M. Soriat, A. Theuermann, J. Aigner und M. Maislinger betreut. - Verschiedene freiwillige Mitarbeiter halfen bei den Feldarbeiten (z. B.: P. Geissler bei den Pegelbohrungen).

Der Eisenbahner-Sportverein ermöglichte die Unterbringung in der Erich Steinböck Hütte am Weißsee. - Als Stützpunkt wurde auch die Hochgebirgsforschungsstelle Rudolfshütte der Universität Salzburg benutzt. Herr H. Gregoritsch gewährte Ermäßigungen bei der Verpflegung im Alpinzentrum Rudolfshütte, stellte bei Bedarf die Infrastruktur des Alpinzentrums zur Verfügung und trug in besonderer Weise zum positiven Arbeitsklima bei den diesjährigen Forschungsarbeiten bei. - Die Gletscherbahnen Weißsee gewährten mehrere Freikarten. - N. und B. Slupetzky unterstützten die Feldarbeiten in logistischer Hinsicht.

G. Ehartner digitalisierte die Karte der maximalen Ausaperung und stellte die Computergraphiken her, er führte auch die vielfältigen Bearbeitungen und Berechnungen der Daten und die Herstellung der Graphiken durch und arbeitete am Textentwurf mit.

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

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

