

## MASSENHAUSHALTSWERTE VOM STUBACHER SONNBlickKEES FÜR DIE JAHRE 1971/72 BIS 1977/78

Von HEINZ SLUPETZKY, Salzburg

Mit 3 Tabellen

### ZUSAMMENFASSUNG

Ergebnisse von Massenhaushaltsuntersuchungen mit der direkten, glaziologischen Methode am Stubacher Sonnblickkees in den Hohen Tauern werden für die Jahre 1971/72 bis 1977/78 mitgeteilt. Eine Aufstellung von Bilanz- und Flächenwerten, Dauer des Haushaltsjahrs und der Bilanzverteilung für Höhenstufen von 50 m wird durch Berichte über Beobachtung des Gletschers und über Feldarbeiten ergänzt und kommentiert.

MASS BUDGET OF STUBACHER SONNBlickKEES IN THE YEARS 1971/72 THROUGH 1977/78

### SUMMARY

Results of the direct, glaciological determination of the mass budget of Stubacher Sonnblickkees in the Hohe Tauern group are summarized for the years 1971/72 through 1977/78. Tabulation of budget quantities, accumulation and ablation areas and distribution of budget terms for 50 m altitude intervals is supplemented by comments on observations and field work.

Am Stubacher Sonnblickkees in den Hohen Tauern wird seit 1963 mit der direkten glaziologischen Methode unter Verwendung des natürlichen Haushaltsjahres jährlich die Massenbilanz bestimmt. Diese Forschungen werden im Rahmen des Projektes „Kombinierte Studien von Eis-, Wasser- und Wärmehaushalt vergletschter Einzugsgebiete“ während der Internationalen Hydrologischen Dekade (IHD) von 1965 bis 1974 und des Nachfolgeprojektes des Internationalen Hydrologischen Programmes (IHP) von 1975 bis 1980 durchgeführt.

Massenbilanzzahlen vom Sonnblickkees sind in zusammenfassender Form in den Bänden „Fluctuations of Glaciers“ erschienen (Kasser, 1967 und 1973; Müller, 1977) und für die Meßreihe 1963/64–1970/71 wurde eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse im Band X dieser Zeitschrift veröffentlicht (Slupetzky, 1974); darin wurden auch noch zusätzlich Werte vom Haushaltsjahr 1971/72 mitgeteilt.

Inzwischen liegen die Auswertungen und Ergebnisse der Jahre 1972/73 bis 1977/78 vor. Tabelle 1 enthält Massenbilanzwerte für die Jahre 1971/72 bis 1977/78, Tabelle 2 die Flächen und Prozentanteile der Areale mit Altschnee, Firn und Eis der Gletscheroberfläche am Ende des jeweiligen Haushaltsjahres und in Tabelle 3 ist die spezifische Netto-Massenbilanz  $b$  in  $\text{kg/m}^2$  je 50 m-Höhenstufen wiedergegeben. Alle Zahlenwerte vom Stubacher Sonnblickkees schließen das 0,16  $\text{km}^2$  große Filleckkees mit ein. Die Massenbilanz des Filleckkees selbst wird auch getrennt berechnet, die Ergebnisse der Meßreihe 1964 bis 1978 sind in Slupetzky, 1979, publiziert.

Die bei den Massenbilanzbestimmungen am Sonnblickkees angewandten Methoden für die Feldarbeiten, Auswertungen und Berechnungen sind in Slupetzky, 1974, ausführlich dargestellt; dort findet sich auch ein Beispiel der charakteristischen Ausaperung des Hanggletschers (S. 18) und eine Analyse des Haushaltsjahres 1969/70 (S. 27). Eine Übersichtskarte des Arbeitsgebietes mit den lokalen Bezeichnungen für die einzelnen Teile des Gletschers ist in Slupetzky et al., 1971 (S. 154), gegeben.

Tabelle 1: Massenbilanz des Stubacher Sonnblickkeeses für die Meßreihe 1971/72 bis 1977/78.

Jahr	$S_c \text{ km}^2$	$B_c 10^9 \text{ kg}$	$S_a \text{ km}^2$	$B_a 10^9 \text{ kg}$	$S \text{ km}^2$	$B 10^9 \text{ kg}$	$\bar{b} \text{ kg/m}^2$	$S_c/S$	$S_c/S_a$	Dauer des natürl. Haushaltsjahres
71/72	1,088	0,561	0,620	-0,342	1,709	+0,219	+128	0,64	1,76	28. 9. 71—10. 9. 72
72/73	0,390	0,128	1,315	-1,356	1,704	-1,228	-721	0,23	0,30	11. 9. 72—21. 9. 73
73/74	1,554	1,171	0,205	-0,158	1,760	+1,014	+576	0,88	7,58	22. 9. 73—20. 9. 74
74/75	1,461	0,970	0,298	-0,272	1,760	+0,698	+397	0,83	4,90	21. 9. 74—4. 10. 75
75/76	1,291	0,503	0,469	-0,364	1,760	+0,140	+79	0,73	2,75	5. 10. 75—31. 8. 76
76/77	1,256	0,623	0,504	-0,363	1,760	+0,261	+148	0,71	2,49	1. 9. 76—8. 9. 77
77/78	1,636	1,580	0,136	-0,104	1,772	+1,476	+833	0,92	12,03	9. 9. 77—31. 8. 78

Tabelle 2: Flächen und Prozentanteile der Areale mit Altschnee, Firn und Eis der Gletscheroberfläche am Ende des Haushaltsjahres für die Meßreihe 1972 bis 1978 vom Stubacher Sonnblickkees

	Maximale Ausaperung am	S		Altschnee fläche S <sub>c</sub>		Firnfläche		Eisfläche		Firn- und Eisfläche S <sub>a</sub>	
		10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	%	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	%	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	%	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	%	10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	%
10. 9. 1972	1708,6	100	1088,3	63,7	275,3	16,1	345,0	20,2	620,3	36,3	
21. 9. 1973	1704,4	100	389,6	22,8	806,2	47,3	508,6	29,9	1314,8	77,2	
20. 9. 1974	1759,7	100	1554,6	88,4	44,5	2,5	160,6	9,1	205,1	11,6	
4. 10. 1975	1759,7	100	1461,3	83,1	79,6	4,5	218,8	12,4	298,4	16,9	
31. 8. 1976	1759,7	100	1291,0	73,3	197,9	11,3	270,7	15,4	468,6	26,6	
8. 9. 1977	1759,7	100	1256,2	71,4	259,7	14,8	243,8	13,8	503,5	28,6	
31. 8. 1978	1771,7	100	1636,1	92,3	15,3	0,9	120,3	6,8	135,6	7,7	

Tabelle 3: Spezifische Massenbilanz b in kg/m<sup>2</sup> je 50 m-Höhenstufen für die Meßreihe 1971/72 bis 1977/78 vom Stubacher Sonnblickkees.

Höhenstufe	1971/72			1972/73			1973/74		
	ΔS 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	bΔS 10 <sup>6</sup> kg	b kg/m <sup>2</sup>	ΔS 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	bΔS 10 <sup>6</sup> kg	b kg/m <sup>2</sup>	ΔS 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	bΔS 10 <sup>6</sup> kg	b kg/m <sup>2</sup>
3050—3000	9,2	2,7	288	10,4	0,1	5	10,8	7,3	680
3000—2950	117,2	59,7	509	123,4	12,0	97	123,2	83,2	675
2950—2900	200,9	128,7	641	200,6	18,8	94	201,2	174,8	869
2900—2850	217,2	47,8	220	217,0	- 57,5	- 265	226,4	149,3	660
2850—2800	238,1	30,5	128	234,2	- 191,0	- 816	241,4	125,6	521
2800—2750	261,4	93,7	358	249,6	- 105,7	- 423	269,4	260,8	968
2750—2700	248,3	19,4	78	259,6	- 201,2	- 775	253,4	123,3	487
2700—2650	99,1	- 67,5	- 681	95,2	- 211,5	- 2221	109,5	- 21,7	- 200
2650—2600	64,4	- 31,7	- 492	64,2	- 96,8	- 1507	64,2	- 1,8	- 28
2600—2550	65,8	- 5,5	- 84	64,2	- 75,3	- 1173	65,9	35,2	534
2550—2500	187,0	- 59,2	- 317	186,0	- 320,0	- 1720	194,2	77,9	401
	1708,6	218,5	128	1704,4	- 1228,1	- 721	1759,7	1013,8	576

  

Höhenstufe	1974/75		1975/76		1976/77		1977/78		
	bΔS 10 <sup>6</sup> kg	b kg/m <sup>2</sup>	bΔS 10 <sup>6</sup> kg	b kg/m <sup>2</sup>	bΔS 10 <sup>6</sup> kg	b kg/m <sup>2</sup>	ΔS 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	bΔS 10 <sup>6</sup> kg	b kg/m <sup>2</sup>
3050—3000	2,2	199	- 2,0	- 188	3,4	314	10,8	7,1	653
3000—2950	69,5	564	32,3	262	49,9	405	123,2	122,7	996
2950—2900	158,2	786	86,7	431	99,4	494	201,2	230,1	1144
2900—2850	98,1	475	43,9	194	52,7	233	227,9	210,8	925
2850—2800	78,1	323	30,6	127	42,1	174	251,5	173,1	688
2800—2750	205,9	764	82,1	305	143,9	534	270,0	304,1	1126
2750—2700	109,5	432	38,8	153	70,9	280	253,4	214,8	847
2700—2650	- 75,2	- 687	- 113,7	- 1039	- 85,7	- 783	109,5	11,9	109
2650—2600	- 25,5	- 397	- 63,0	- 981	- 37,7	- 587	64,2	13,0	203
2600—2550	23,3	353	- 18,2	- 277	- 12,4	- 188	65,9	42,5	644
2550—2500	54,3	279	22,4	116	- 66,2	- 341	194,2	145,6	750
	698,4	397	139,9	79	260,5	148	1771,7	1475,6	833

Zu den einzelnen Haushaltsjahren und Bilanzen von 1971/72 bis 1977/78 ist folgendes zu bemerken:

## 1971/72

Das Haushaltsjahr begann am 28. 8. 1971 und endete schon am 10. 9. 1972, es war daher mit 348 Tagen relativ kurz. An 48 Pegeln wurde die Ablation, an 11 Schächten die Akkumulation bestimmt. Das Sonnblickkees wurde am 10. 8. und 10. 9. terrestrisch-photogrammetrisch aufgenommen. Der Granatspitz- und Untere Boden waren am Haushaltsende weitgehend schneefrei, an den Buckeln im Gehänge war Eis exponiert. 20 % Eisfläche und 16 % Firnfläche standen einer Altschneebedeckung von 64 % gegenüber. Die spezifische Nettobilanz war mit  $128 \text{ kg/m}^2$  gering positiv.

## 1972/73

Das Haushaltsjahr dauerte 366 Tage und endete am 21. 9. 1973. Das Sonnblickkees aperte erstmals seit 1964 wieder stark aus, nur mehr am Obersten Boden zwischen ca. 2900 und 3000 m blieb annähernd eine zusammenhängende Altschneedecke übrig, sonst waren nur mehr einige Altschneeflecken in den Mulden vorhanden. Auch der gesamte Eisrand an der Gletscherstirn war erstmals wieder frei von Altschnee- und Firnflecken. Der Gletscher erreichte in diesem Jahr das Minimum seiner Länge. Die acht Rücklagen der vorhergehenden Jahre 1964/65 bis 1971/72 und die des laufenden Haushaltsjahres waren aufgrund des unterschiedlichen, mit dem Alter zunehmenden Verschmutzungsgrades modellhaft wie Jahresringe abzuzählen; unterhalb der Firngrenze kam ein Saum von Aufeis zum Vorschein. Die Fläche mit Firnbedeckung mit rund 47 % überwog gegenüber der Blankeisfläche von 30 %. Im Jahr 1963/64 mit ähnlich starker Ausaperung war es nahezu umgekehrt: Die Eisfläche betrug 48,5 % und die Firnfläche 31 %, da im vorhergehenden Jahr 1962/63 mit extremer Ausaperung die Firnlagen früherer Jahre großflächig weggeschmolzen waren, sodaß 1964 nach dem Abbau der Altschneedecke sofort blankes Eis zum Vorschein kam. Die spezifische Nettobilanz für 1972/73 mit  $-721 \text{ kg/m}^2$  war weniger stark negativ als 1963/64 mit  $-932 \text{ kg/m}^2$ .

Der Ausaperungsstand wurde durch eine vollständige terrestrisch-photogrammetrische Aufnahme des Gletschers am 19. 8. und zwischen 7. und 15. 9. dokumentiert, ergänzt durch Flugschrägaufnahmen am 18. 8. und 12. 9. durch Hans Senger. Eine photogrammetrische Auswertung für eine neue Karte des Stubacher Sonnblickkeeses im Maßstab 1:5000 durch L. Mauerhagen und W. Schröter, Institut für Photogrammetrie der Universität in Bonn, ist in Arbeit. — Die Abschmelzung von Eis und Firn wurde an 44 Pegeln gemessen (das sind 34 Pegel pro  $\text{km}^2$  des Ablationsgebietes). 41 davon wurden für die Geschwindigkeitsmessungen Ende August/Anfang September (unter der Leitung von R. Puruckherr, Fachbereich für Vermessungswesen der Fachhochschule Bochum, Außenstelle Recklinghausen, der seit 1973 mit Studenten jährlich an den Gletscherforschungen teilnimmt) geodätisch vermessen.

## 1973/74

Das Bilanzjahr dauerte vom 22. 9. 1973 bis 20. 9. 1974. Der Gletscher aperte nur wenig aus, die Untere Kante, der kleine Eisbruch, die Obere Kante und der Filleckeisbruch sowie einige Buckeln im Gehänge wurden schneefrei. 12 % nahmen Firn- und Eisflächen, 88 % Altschneeflächen ein. Die Ausaperungsstände wurden durch photogrammetrische Aufnahmen am 2. 9. und Flugschrägaufnahmen am 19. 8. (von H. Senger) sowie am 18. 9. festgehalten. Wegen der geringen Ausaperung reduzierte sich das Ablationspegelnetz von 44 im vorhergehenden Jahr auf nur 10. Das Haushaltsjahr endete mit einer positiven Bilanz von  $576 \text{ kg/m}^2$  und war damit

der viertgrößte jährliche Massengewinn innerhalb der 15jährigen Meßreihe. Die Berechnung der Massenbilanz ist in diesem Jahr weniger genau als in anderen Jahren, da die Rücklage aus Witterungsgründen nur an 5 Schächten und 6 Pegeln, ergänzt durch 40 Sondierungen am Filleckkees, gemessen werden konnte.

#### 1974/75

Das Haushaltsjahr 1974/75 stimmte annähernd mit dem hydrologischen überein (21. 9. 1974—4. 10. 1975). Für die Haushaltsanalyse standen die Meßergebnisse von 17 Schneeschächten, ergänzt durch Schneehöhenmessungen in Spalten, und von 23 Ablationspegeln zur Verfügung. Das Sonnblickkees aperte nur wenig mehr aus als im Vorjahr (83 % Altschnee-, 17 % Firn- und Eisfläche). Auch in diesem Jahr wurden photogrammetrische Aufnahmen (am 6. und 9. 9.) und Flugschrägaufnahmen (am 19. 9. und 3. 10.) durchgeführt. Als erstmals beobachtete Besonderheit ist zu erwähnen, daß in diesem Jahr am Unteren und Granatspitzboden flache Lawinenkegel vorhanden waren. Offenbar kommt es aufgrund der in den vergangenen Jahren erfolgten Versteilung des Gehänges mehr und mehr zur Selbstausslösung von Schneebrettern und Lawinen. Teile des Gehänges haben dann am Ende des Haushaltsjahres weniger Rücklage, größere Teile des Unteren Bodens dagegen mehr als früher. Die spezifische Massenbilanz im Haushaltsjahr 1974/75 betrug  $397 \text{ kg/m}^2$ .

#### 1975/76

Da das natürliche Haushaltsjahr schon am 31. 8. 1976 beendet war dauerte es nur 330 Tage; es war das kürzeste bisher beobachtete. An 19 Pegeln wurde die Ablation gemessen, an 20 Schächten die Akkumulation. (Die Feldarbeiten wurden in diesem Jahr von Mag. G. Bauer durchgeführt.) Auch in diesem Winter ging vom ganzen Gehänge ein Schneebrett nieder und führte am Unteren Boden zu höheren Akkumulationsbeträgen als normal, während das Gehänge relativ stärker ausaperte. Der Haushaltsgradient zwischen 2525 m und 2575 m war dadurch erstmals negativ. Wegen des schon frühzeitigen Endes des Bilanzjahres konnte die maximale Ausaperung in den höher gelegenen Teilen des Sonnblickkeeses und am Filleckkees nur unsicher bestimmt werden. Deshalb wurden zusätzlich im September 1977 21 Schneeschächte bis einschließlich der Rücklage 75/76 gegraben. Für die Analyse der Nettoakkumulation standen daher die Ergebnisse aus 41 Schachtgrabungen zur Verfügung, das ergibt die hohe Dichte von 32 Meßwerten pro  $\text{km}^2$  des Akkumulationsgebietes. Das diesjährige Ablationsgebiet nahm rund 27 % (15,4 % Eis, 11,3 % Firn) der Gletscherfläche ein, das Akkumulationsgebiet rund 73 %. Das Haushaltsjahr 1975/76 ergab einen leicht positiven Haushalt von  $79 \text{ kg/m}^2$ . Das diesjährige Flächenverhältnis  $Sc/S$  von 0,73 ist verglichen zu anderen gering positiven Bilanzen des Sonnblickkeeses als hoch anzusehen. Dies ist hauptsächlich auf die abgegangenen Lawinen zurückzuführen, die die Ausaperung des Unteren Bodens verhinderten; das Verhältnis  $Sc/S$  wäre sonst beträchtlich unter 0,7 gewesen.

#### 1976/77

Das Haushaltsjahr begann schon am 1. 9. 1976 und endete relativ früh am 8. 9. 1977. Diesmal war aber nicht am ganzen Gletscher das Jahr gleichzeitig beendet, am Filleckkees war es erst am 28. 10. 1977 zu Ende. Auch im Filleck-Eisbruch und im orographisch linken Teil des Unteren Bodens fand zwischen 8. 9. und 28. 10. noch, wenn auch relativ wenig, Ablation statt. Photogrammetrische Aufnahmen von der Standlinie Filleck am 7. 9. und Flugaufnahmen am 8. 9. (von H. Senger) erleichterten

die Kartierung der Altschneelinie und Firngrenze bzw. der maximalen Ausaperung. Weiters standen 44 Meßpunkte (23 für die Ablation, 21 für die Akkumulation) für die Haushaltsanalyse zur Verfügung. Sie ergab einen positiven Haushalt von 148 kg pro m<sup>2</sup> bei einer Flächenkombination von 71 % Altschnee-, 15 % Firn- und 14 % Eisfläche.

#### 1977/78

Es war das fünfte positive Haushaltsjahr in einer Reihe und mit 833 kg/m<sup>2</sup> das mit dem zweitgrößten Massenzuwachs innerhalb von 15 Jahren. Dazu trug auch der frühe Beginn der Akkumulationsperiode, nämlich am 9. 9. 1977, und das sehr frühe Ende der Ablationsperiode am 31. 8. 1978 bei. Der Gletscher aperte kaum aus, 92 % der Gesamtfläche blieben altschneebedeckt und waren damit Akkumulationsgebiet. An 19 Pegeln wurde die Nettoablation und an 9 Schneeschächten die Nettoakkumulation gemessen. Da nur in der orographisch linken Hälfte des Sonnblickkeeses die Rücklage gemessen werden konnte, mußten für den rechten Teil die Kartierung der Ausaperung bzw. die Altschneelinie als Null-Linie der Akkumulation und die Erfahrungen aus den stark positiven Haushaltsjahren 1973/74 und 1965/66 und dem extrem positiven Jahr 1964/65 herangezogen werden; die Nettoakkumulation war weniger genau bestimmbar wie in den meisten anderen Jahren. Eine eher vorsichtige Extrapolation der gemessenen Akkumulationswerte auf die nicht erfaßten Teile des Gletschers läßt eine eher noch stärker positive Bilanz von 900 bis 950 kg/m<sup>2</sup> als möglich erscheinen. Flache Lawinenkegel am Unteren Boden waren wieder Hinweise für Lawinenabgänge im Winter, die Nettoakkumulation war deshalb in der unteren Höhenstufe des Gletschers höher als im Durchschnitt; daraus resultierte auch ein negativer Bilanzgradient zwischen 2525 m und 2575 m.

Von den 15 Massenbilanzen der Meßreihe 1963/64 bis 1977/78 vom Stubacher Sonnblickkees waren 11 positiv und nur 4 negativ. Die spezifische Bilanz für die Meßreihe betrug im Mittel 208 kg/m<sup>2</sup>. Das IHD-Mittel ist 260 kg/m<sup>2</sup>. Von 1964 bis 1978 hat das Stubacher Sonnblickkees 5,728 · 10<sup>9</sup> kg an Masse zugenommen, während der IHD 4,659 · 10<sup>9</sup> kg. Von 1965 bis 1978 war der Massengewinn 7,234 · 10<sup>9</sup> kg. Das Sonnblickkees rückte von 1964 bis 1978 um 5,6 m vor, von 1973, dem Minimalstand, bis 1978 um 8,0 m.

#### LITERATUR

- Kasser, P., 1967: Fluctuations of Glaciers 1959—1965. Vol. I. IAHS(ICSU)-UNESCO, Paris.
- Kasser, P., 1973: Fluctuations of Glaciers 1965—1970. Vol. II. IAHS(ICSU)-UNESCO, Paris.
- Müller, F., 1977: Fluctuations of Glaciers 1970—1975. Vol. III. IAHS(ICSU)-UNESCO, Paris.
- Slupetzky, H., W. Slupetzky und E. Kopecky, 1971: Neue Gletscherkarten vom Stubacher Sonnblickkees (Hohe Tauern). Z. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 7, 1—2: 153—166.
- Slupetzky, H., 1974: Untersuchungen zur Massenbilanz eines Hanggletschers. Ergebnisse und Schlußfolgerungen aus der Meßreihe 1963/64—1970/71 vom Stubacher Sonnblickkees (Hohe Tauern). Z. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie 10: 11—69.
- Slupetzky, H., 1979: Die Massenbilanz des Filleckkeeses (Hohe Tauern) von 1964 bis 1978. — Ein Beitrag zur Charakterisierung des Massenbilanz- und Umsatzverhaltens

von sehr kleinen Gletschern. Festschrift Peter Kasser. Mitt. d. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie d. ETH Zürich Nr. 41: 281–299.

Manuskript erhalten am 25. 5. 1979.

---

Anschrift des Verfassers: Univ.-Doz. Dr. Heinz Slupetzky  
Institut für Geographie  
der Universität Salzburg  
Akademiestraße 20  
A-5020 Salzburg