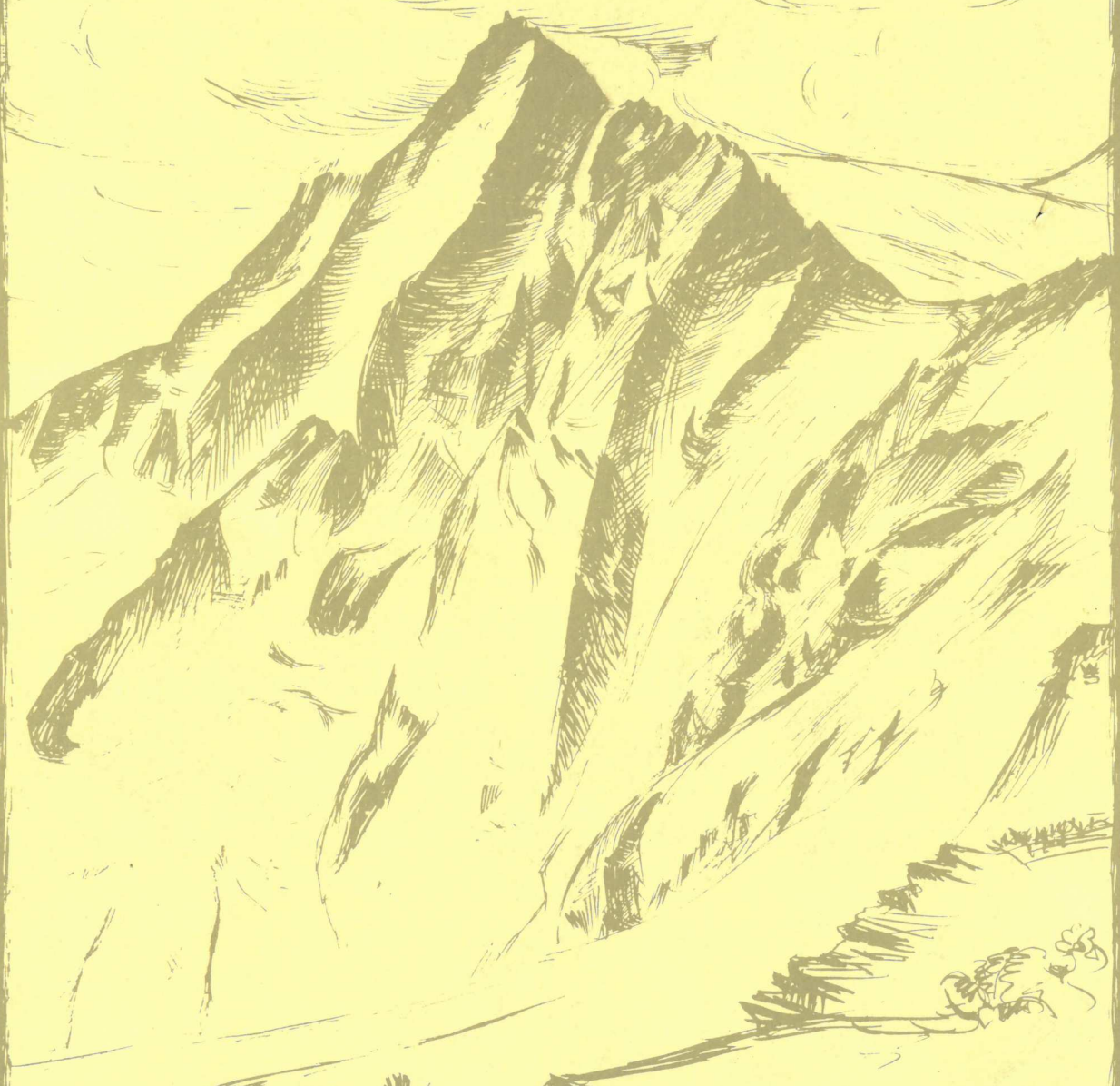


88. - 89. Jahresbericht  
des Sonnblick-Vereines  
für die Jahre 1990 - 1991



---

Eigenverlag des Sonnblick-Vereines  
Wien 1992







**88. - 89. Jahresbericht  
des Sonnblick-Vereines  
für die Jahre 1990 - 1991**

---

**Eigenverlag des Sonnblick-Vereines, Wien 1992**

**Redaktion: R. Böhm**

**Satz, Graphik, Layout: E. Scharm, G. Seifriedsberger**

# **I n h a l t**

<b>Ingeborg AUER, Reinhard BÖHM, Hans MOHNL: Die hochalpinen Klimaschwankungen der letzten 105 Jahre beschrieben durch Zeitreihenanalysen der auf dem Sonnblick gemessenen Klimaelemente . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>Elena NIEPLOVÁ, Pavol PINDJÁK: Fünfzig Jahre meteorologische Beobachtungen auf dem Lomnický štít . . . . .</b>	<b>37</b>
<b>Ingeborg AUER: Ergebnisse der Niederschlagsmessungen am Sonnblick-Observatorium - ein Vergleich verschiedener Meßmethoden . . . . .</b>	<b>49</b>
<b>Wolfgang SCHÖNER: Massenhaushalt Wurtenkees - Haushaltsjahr 1989/90 . . . . .</b>	<b>54</b>
<b>Norbert HAMMER: Der Zustand der Gletscher im Sonnblickgebiet in den Gletscherhaushaltsjahren 1989/90 und 1990/91 . . . . .</b>	<b>68</b>
<b>Vereinsnachrichten und Tätigkeitsbericht 1990 und 1991 . . . . .</b>	<b>75</b>
<b>Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen auf dem Sonnblickgipfel in den Jahren 1990 und 1991 . . . . .</b>	<b>79</b>
<b>Totalisatoren- und Schneepegelmessungen im Sonnblickgebiet in den Jahren 1990 und 1991 . . . . .</b>	<b>80</b>

# Die hochalpinen Klimaschwankungen der letzten 105 Jahre beschrieben durch Zeitreihenanalysen der auf dem Sonnblick gemessenen Klimatelemente.

I. AUER, R. BÖHM, H. MOHNL, Wien

## 1. Einleitung

Die besondere Lage des Sonnblick-Observatoriums in 3100 m Höhe, weit entfernt von lokalen anthropogenen Einflüssen sowie seine mehr als 100jährigen kontinuierlich durchgeführten Messungen prädestinieren es geradezu, Untersuchungen über Klimaschwankungen für diesen Ort anzustellen. Seit Beginn der Beobachtungen im Jahre 1886 wurden diese mit Ausnahme von 3 Tagen lückenlos durchgeführt, und auch die Aufstellung der Instrumente in der Hütte auf der Nordseite des Turmes blieb praktisch unverändert. Auch nach der Installation der teilautomatischen Beobachtungssysteme wurden die traditionellen Meßmethoden weiterhin beibehalten.

## 2. Datenkritik

Zeitreihenanalysen stellen hohe Ansprüche an die Datenqualität, vor allem ist die Homogenität des Datenmaterials eine unabdingbare Voraussetzung dafür.

Die Standorte der Meßinstrumente am Sonnblick sowie deren nächste beeinflussende Umgebung blieben zumeist unverändert. Trotzdem mußten in einigen Fällen Datenlücken geschlossen und Homogenisierungsarbeit geleistet werden.

Zu beachten war auch die Verlegung des Abendtermines der Klimabeobachtungen von 21 auf 19 Uhr im Jahre 1971 sowie die daraus resultierenden veränderten Vorschriften der Mittelwertbildung.

Luftdruck: Infolge der geringen Tagesschwankung dieses meteorologischen Elementes wirkt sich die Umstellung von 21 Uhr auf 19 Uhr im Tagesmittel mit weniger als 0.05 hPa aus. Deshalb konnte in diesem Fall auf eine Homogenisierung verzichtet werden.

Lufttemperatur: Alle Monatsmittel wurden auf 24stündige Mittel umgerechnet, eine Reduktion der Extremwerte war nicht erforderlich.

Sonnenscheindauer: Bis 1932 kam es infolge zeitweiliger Abschattungen des Campbell-Stokes-Autographen zu einer verringerten Einstrahlungsdauer von bis zu 11% in den Monaten Mai, Juni und Juli. Diese Meßwerte konnten aufgrund 4jähriger Vergleichsmessungen zwischen diesem und dem jetzigen ungestörten Standort reduziert werden (vgl. GUTMANN, 1936).

Bewölkung: Regressionsrechnungen zwischen den gleichbleibenden 7 und 14 Uhr Beobachtungsterminen und den Tagesmitteln erlaubten die Beseitigung der Inhomogenität 1970/1971. Unsicherheiten bestehen jedoch weiterhin über die möglicherweise veränderten Beobachtungsvorschriften der hohen Cirrus-Bewölkung um 1900.

**Relative Feuchte und Dampfdruck:** Die ersten 9 Jahre der beiden Meßreihen konnten in dieser Arbeit keine Verwendung finden, da auffallend hohe Monatsmittelwerte zu der Vermutung Anlaß geben, daß der Hygrograph während dieser Zeit nicht ausreichend von den häufig auftretenden Eisansätzen befreit wurde. Ebenso genügten die Daten zwischen 1919 und 1923 nicht den geforderten Qualitätsansprüchen und mußten korrigiert werden. Ausreichend gute Zusammenhänge zwischen den Monatsmitteln des Dampfdruckes und der Lufttemperatur erlaubten die Abschätzung des Dampfdruckes für den fragwürdigen Zeitabschnitt und in weiterer Folge die Berechnung der monatlichen Feuchtemittel. Beide Zeitreihen wurden sodann auf 24stündige Mittel reduziert.

**Niederschlag:** Die Resultate der Messungen anhand des 1890 installierten Ombrometers Nord erwiesen sich zur Darstellung der zeitlichen Änderungen der Niederschlagssummen als unbrauchbar (vgl. AUER, 1992a), erlaubten aber die Verwendung für die Interpretation der Zahl der Tage mit Niederschlag. Änderungen der Niederschlagssummen dürfen für dieses Gebiet nur aus den seit 1927 vorliegenden Totalisatorenmessungen abgeleitet werden.

**Schnee:** Die Schneehöhen werden in einer Entfernung von 300 m in der Fleißcharte (2990 m) gemessen. Angegeben wird dabei der Mittelwert aus 4 Pegeln an den Eckpunkten eines Vierecks von ca. 70 m Seitenlänge. Ergänzt werden mußten fehlende Daten zwischen 1935 und 1948, was auf Grund von Schneemessungen auf der Zugspitze (2962 m) und den Wetterdaten des Sonnblick-Observatoriums möglich war.

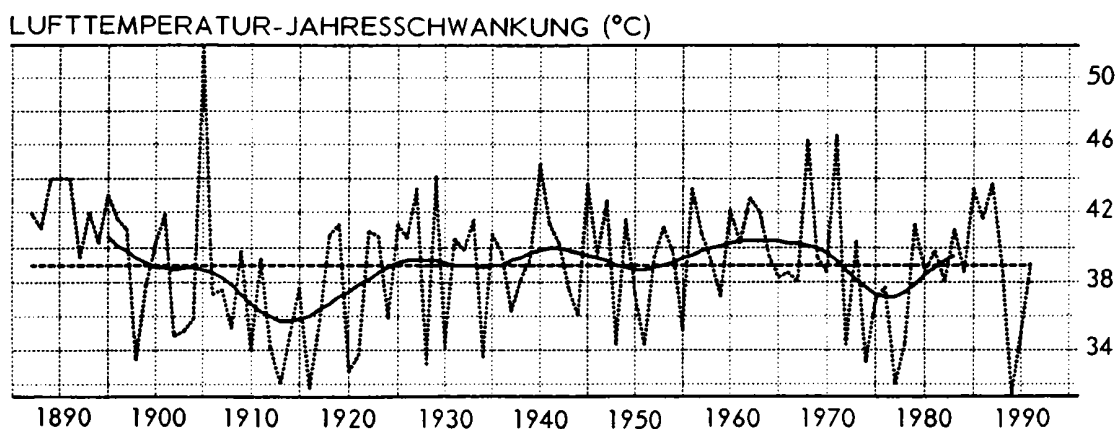
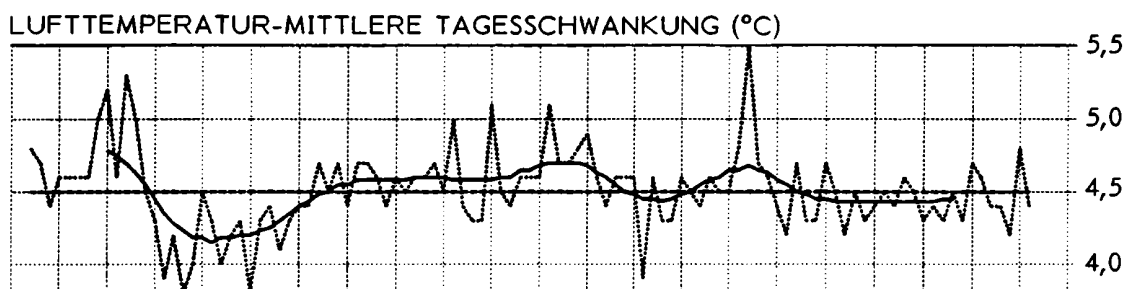
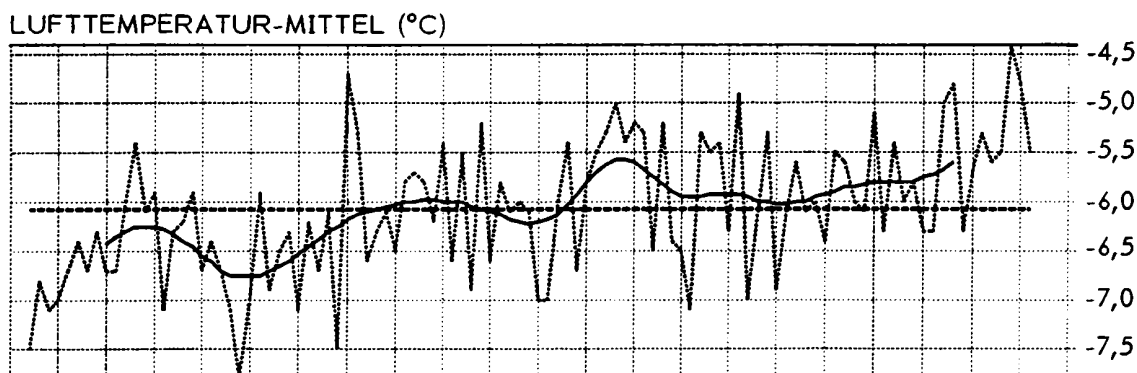
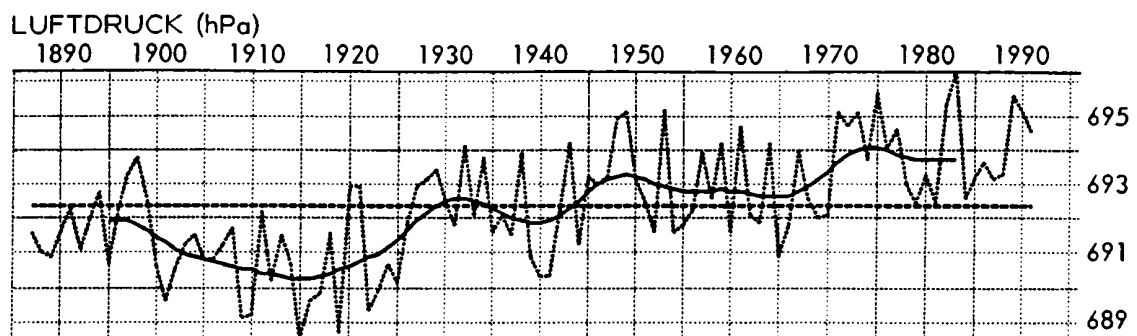
**Wind:** Schon von Beginn an wurden auf dem Sonnblick Windrichtung und -geschwindigkeit mit Meßinstrumenten erfaßt. Wegen des mehrmaligen Gerätewechsels erfüllten jedoch die Windgeschwindigkeitsmessungen die geforderten Homogenitätsansprüche nicht, sodaß im folgenden nur die Windrichtungen bearbeitet werden.

### 3. Ergebnisse

Ziel dieser Arbeit war es, nicht nur den zeitlichen Verlauf der einzelnen klimatischen Elemente zu beschreiben, vielmehr sollten auch ihre gegenseitigen Abhängigkeiten dargestellt werden. Dabei werden nicht nur die Jahreskurven von Luftdruck, Lufttemperatur (Mittel, Extremwerte, Tages- und Jahresamplituden), Sonnenscheindauer, Bewölkung, relativer Feuchte, Dampfdruck, Gewitterhäufigkeit, Zahl der Tage mit Niederschlag, Niederschlagssummen, Anteil des festen Niederschlages, Neuschneesummen, maximalen und minimalen Schneehöhen und den Häufigkeiten der einzelnen Windrichtungen (einzeln oder in Form von meridionalen und zonalen Komponenten) gezeigt, sondern es sollen auch die zeitlichen Änderungen in den einzelnen Jahreszeiten untersucht werden.

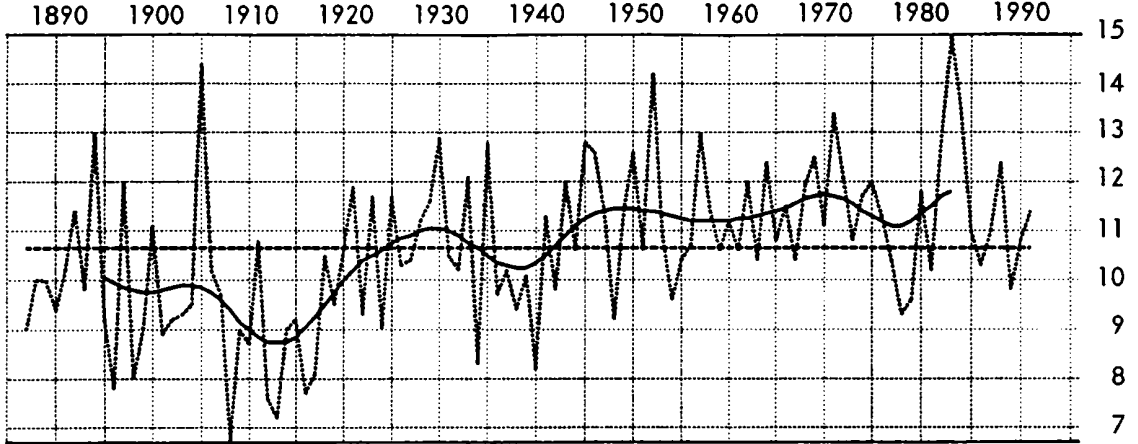
Abbildung 1 enthält 31 jährliche Zeitreihen (Mittel, Summen, Extremwerte oder Häufigkeiten) der oben erwähnten klimatischen Elemente. Gezeigt werden neben den Einzelwerten auch geglättete Kurvenverläufe (Gauß-Tiefpaßfilterung mit einer Filterweite von 20 Jahren) sowie die langjährigen Mittelwerte.

**ABBILDUNG 1: Zeitreihen der Klimaelemente auf dem Sonnblick 1887-1991 - Jahreswerte**  
 ---- Einzelwerte, ~ gefilterte Werte (Gauß-Tiefpaß-Filterung,  $T^* = 20$  Jahre)  
 und --- langjährige Mittel

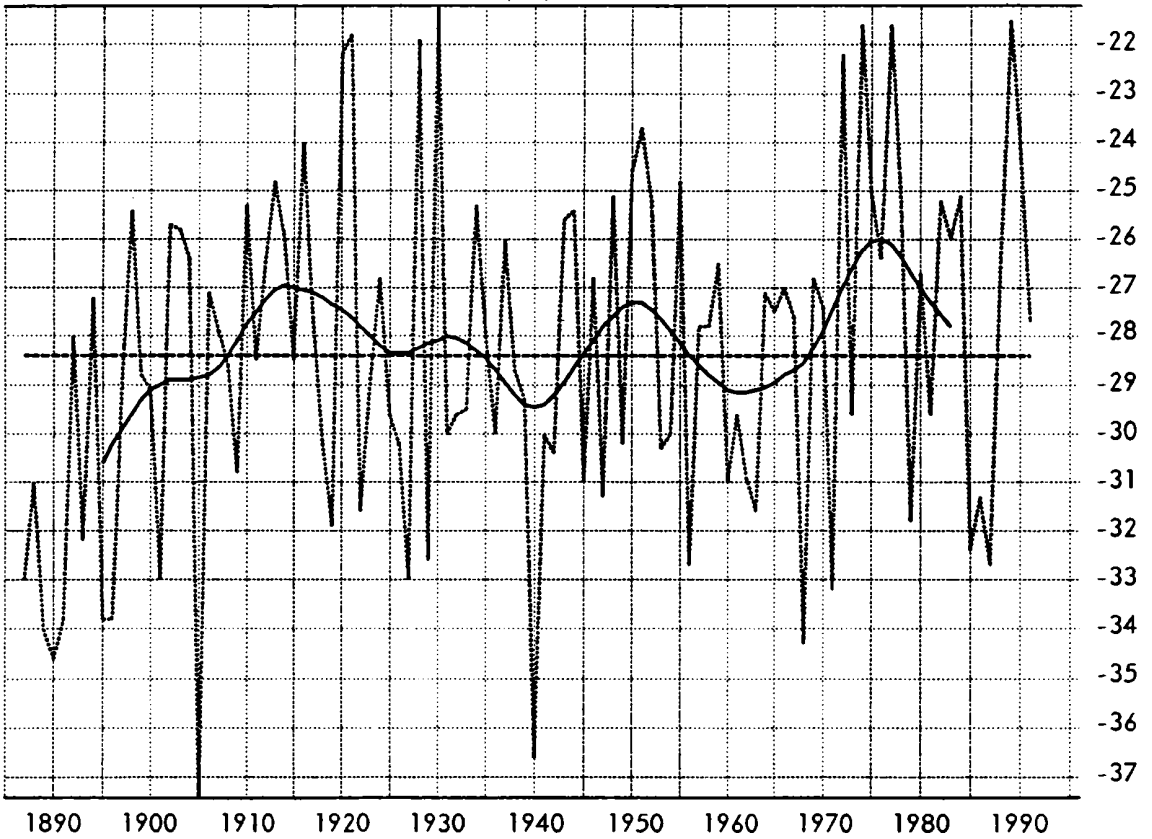


**FORTSETZUNG ABBILDUNG 1: JAHRESWERTE**

**LUFTTEMPERATUR-JAHRESMAXIMA (°C)**



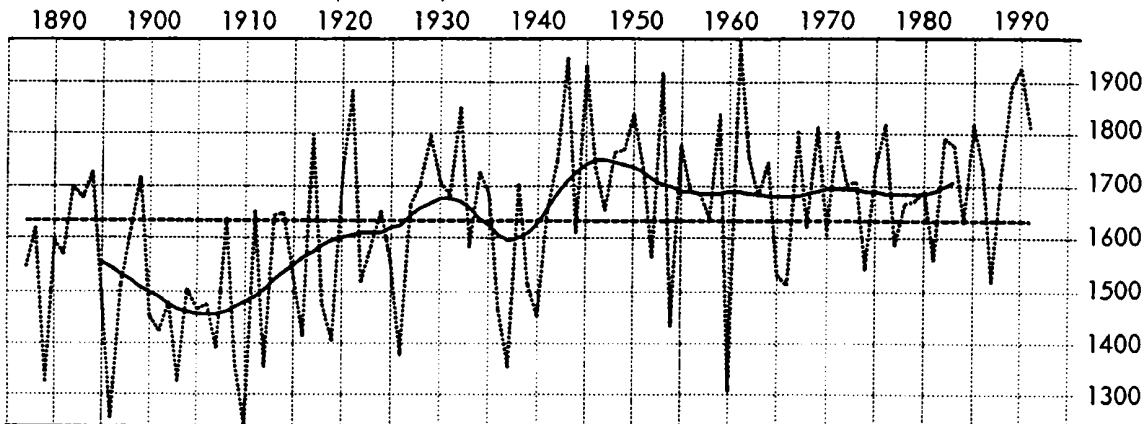
**LUFTTEMPERATUR-JAHRESMINIMA (°C)**



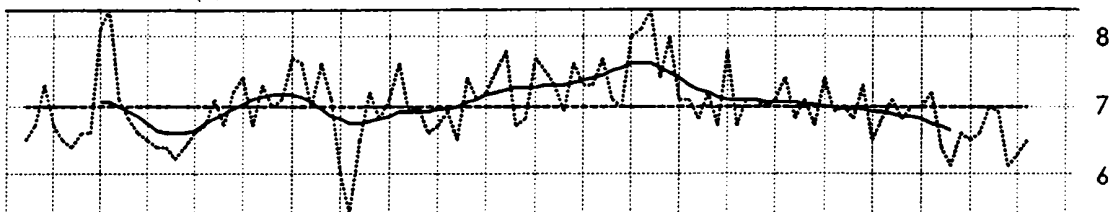


**FORTSETZUNG ABBILDUNG 1: JAHRESWERTE**

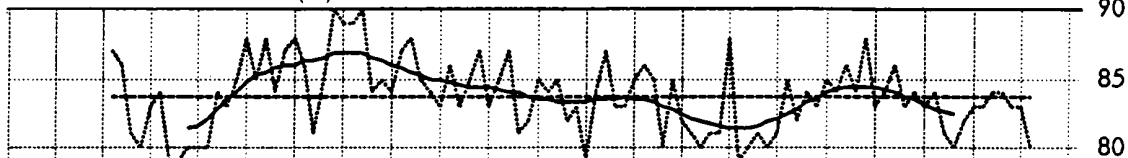
SONNENSCHHEINDAUER (Stunden)



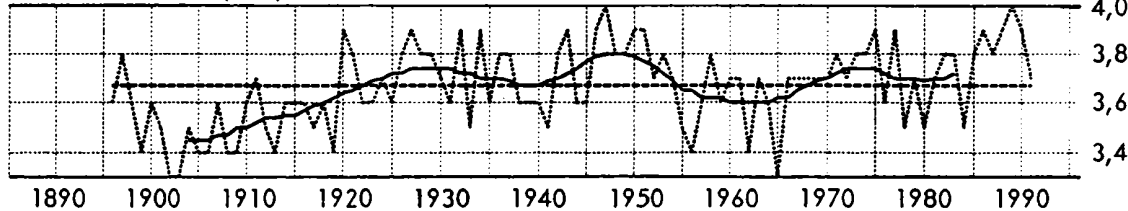
BEWÖLKUNG (1/10 der Himmelsfläche)



RELATIVE FEUCHTE (%)

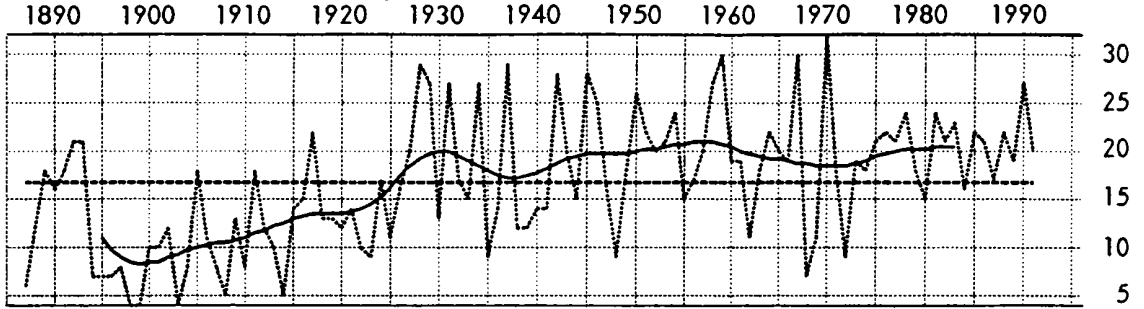


DAMPFDRUCK (hPa)

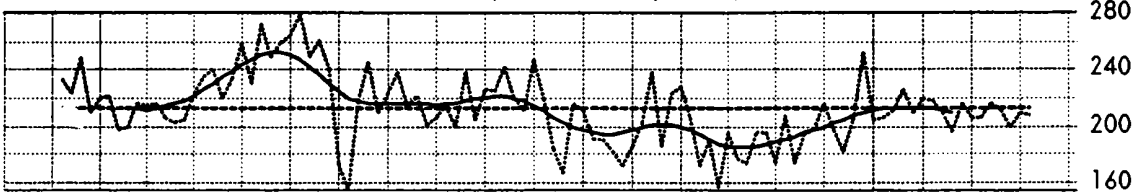


**FORTSETZUNG ABBILDUNG 1: JAHRESWERTE**

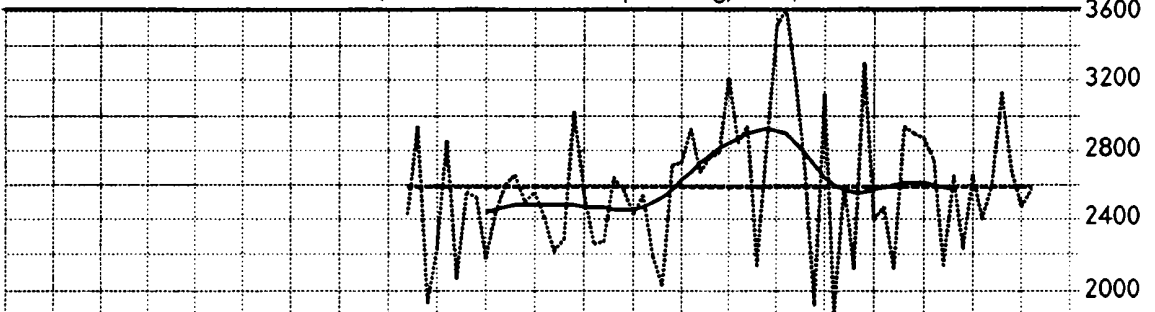
GEWITTERHÄUFIGKEIT (Tage)



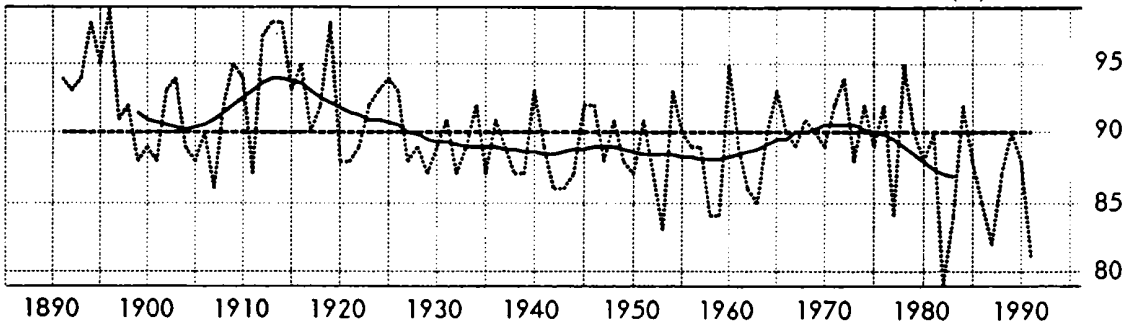
ZAHL DER NIEDERSCHLAGSTAGE (zumindest 0,1 mm)



NIEDERSCHLAGSSUMMEN (Totalisator mit Nipherring, mm)

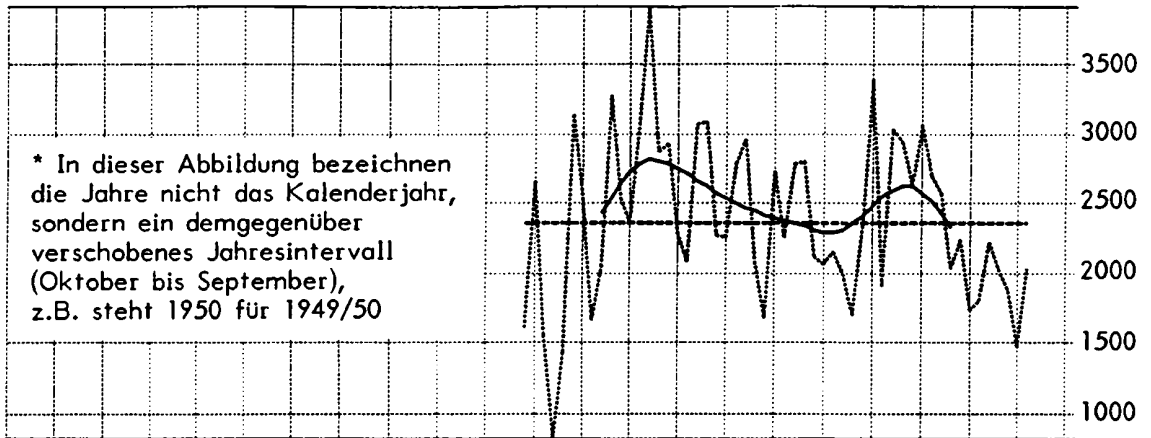
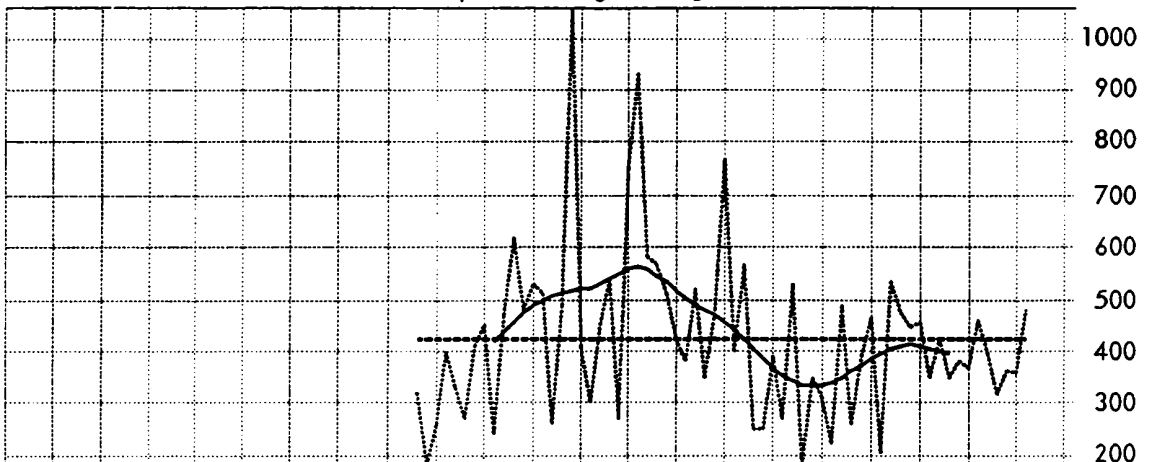
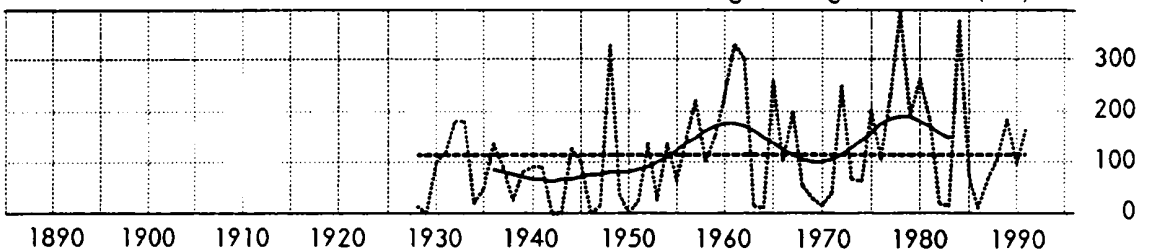


ANTEIL DES FESTEN NIEDERSCHLAGS AM GESAMTNIEDERSCHLAG (%)



**FORTSETZUNG ABBILDUNG 1: JAHRESWERTE****SUMME DER NEUSCHNEEHÖHEN (mm)**

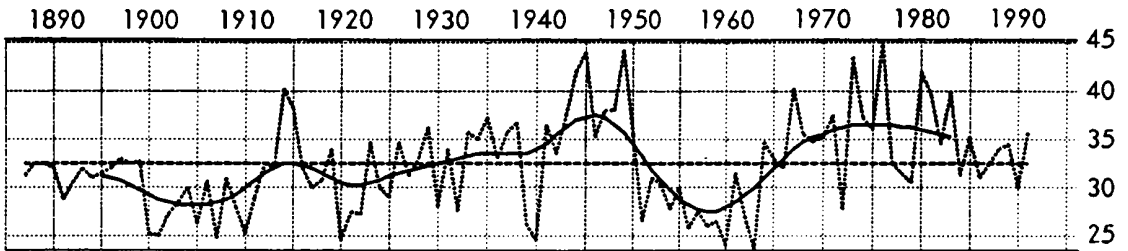
1890 \* 1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 \*

**SCHNEEHÖHEN AM 1. MAI - Höhepunkt des glaziologischen Winters (cm)****SCHNEEHÖHEN AM 1. OKT. - Altschneerest nach dem glaziolog. Sommer (cm)**

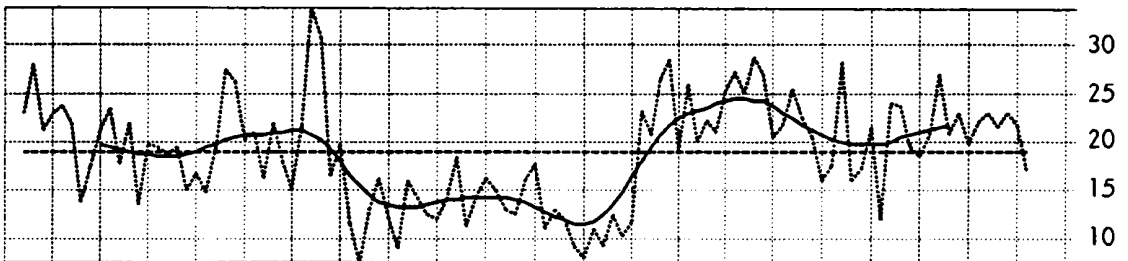
**FORTSETZUNG ABBILDUNG 1: JAHRESWERTE**

WINDRICHTUNGSHÄUFIGKEITEN DER VIER HAUPTKOMponentEN (%)

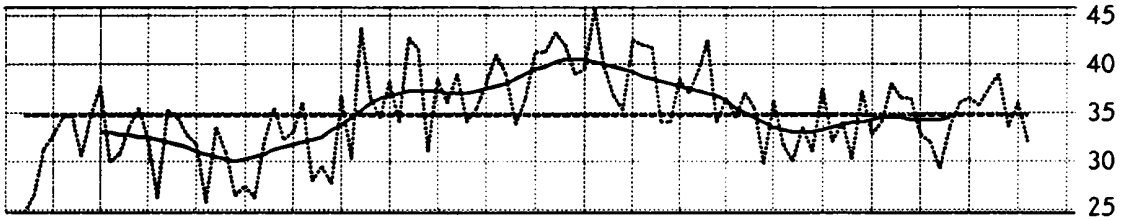
MERIDIONAL NORD



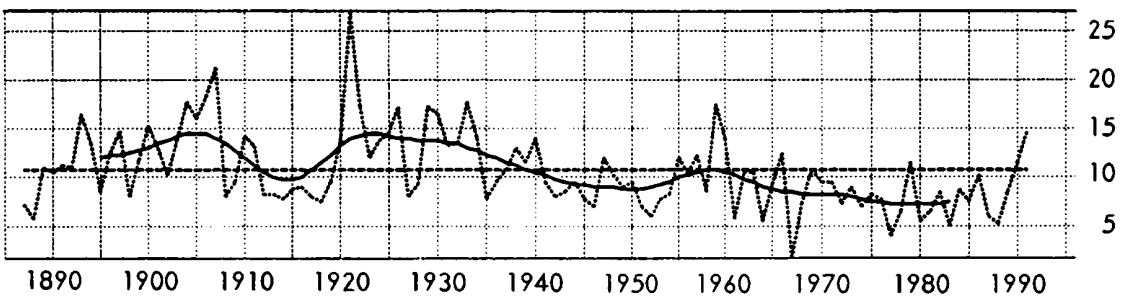
MERIDIONAL SÜD



ZONAL WEST



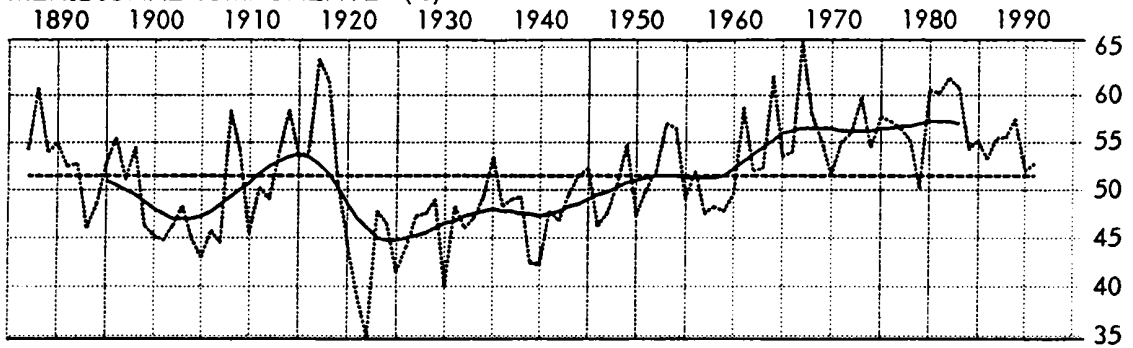
ZONAL OST



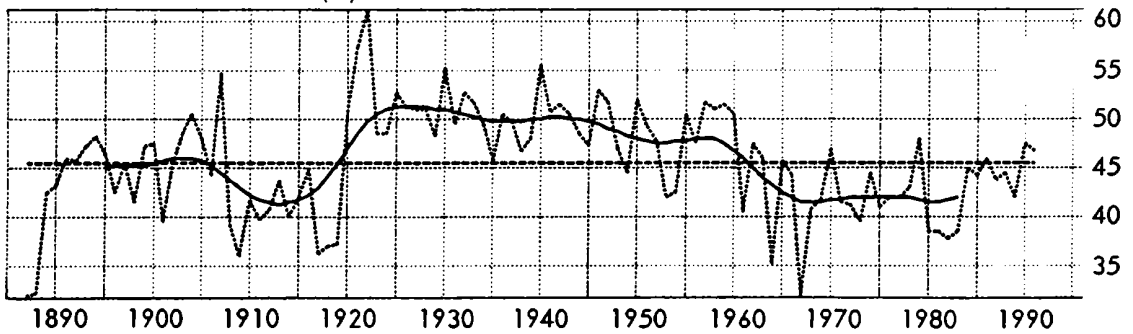


**FORTSETZUNG ABBILDUNG 1: JAHRESWERTE**

MERIDIONALKOMPONENTE (%)

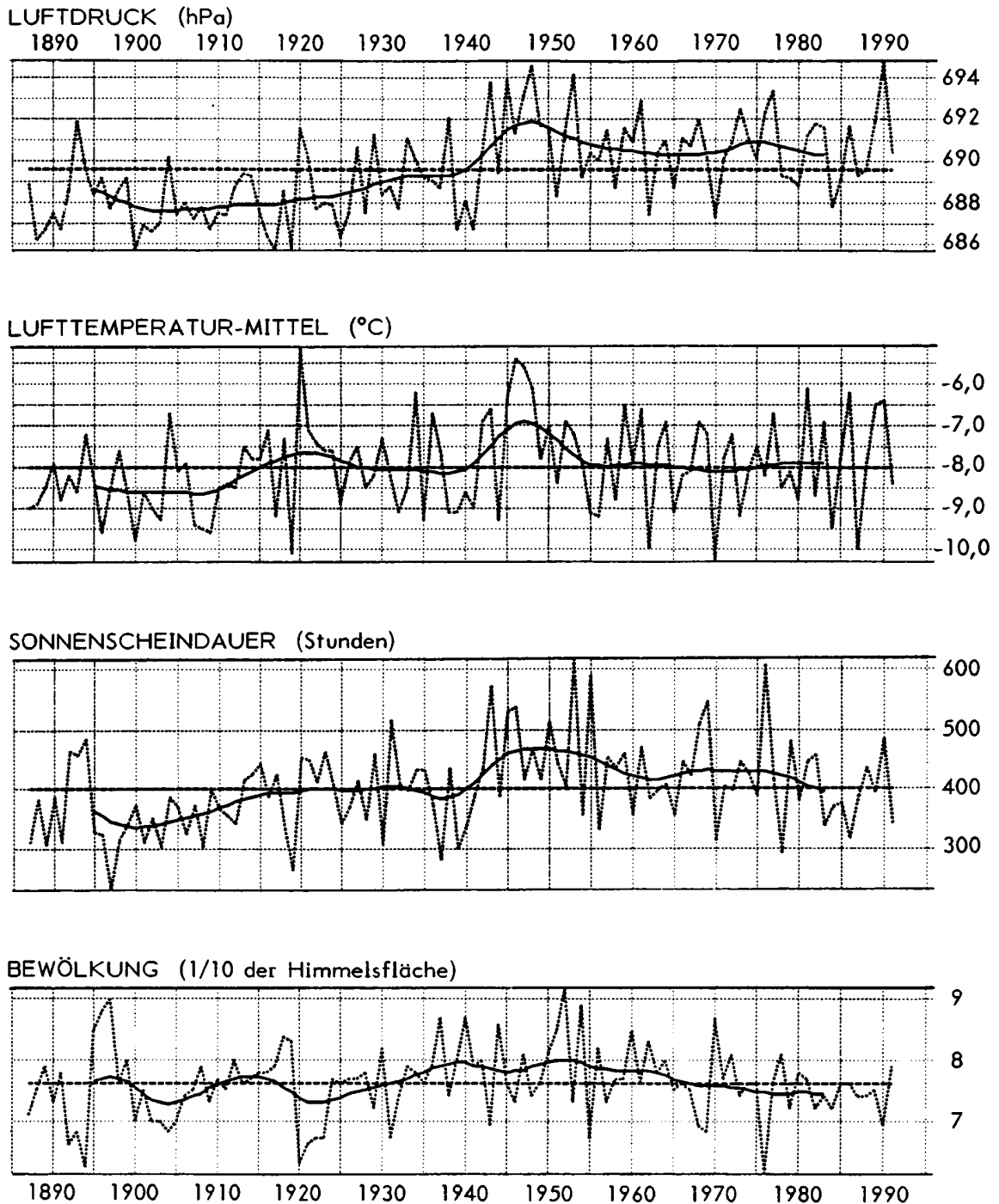


ZONALKOMPONENTE (%)



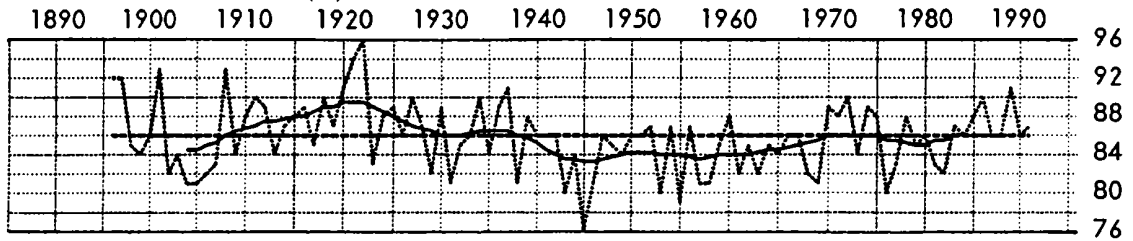
24 dieser Zeitreihen können auch für die Jahreszeiten in den Abbildungen 2 bis 5 - für manche Elemente wie beispielsweise einige Schneeparameter ergibt die jahrezeitliche Darstellung keinen Sinn - gezeigt werden.

**ABBILDUNG 2:** Zeitreihen der Klimaelemente auf dem Sonnblick 1887-1991 - **Frühling**  
 ..... Einzelwerte, ~ gefilterte Werte (Gauß-Tiefpaß-Filterung,  $T^* = 20$  Jahre)  
 und --- langjährige Mittel

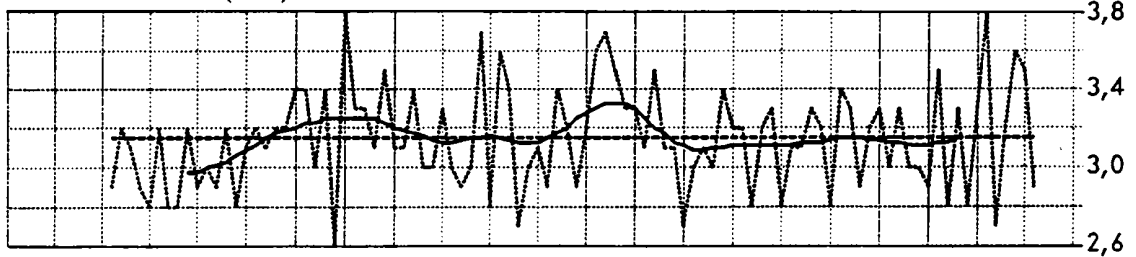


## FORTSETZUNG ABBILDUNG 2: FRÜHLING

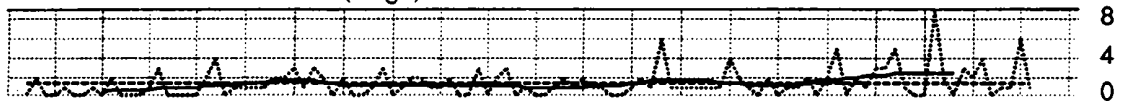
RELATIVE FEUCHTE (%)



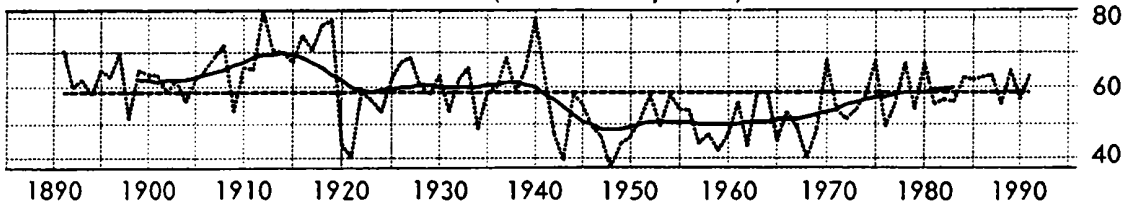
DAMPFDRUCK (hPa)



GEWITTERHÄUFIGKEIT (Tage)

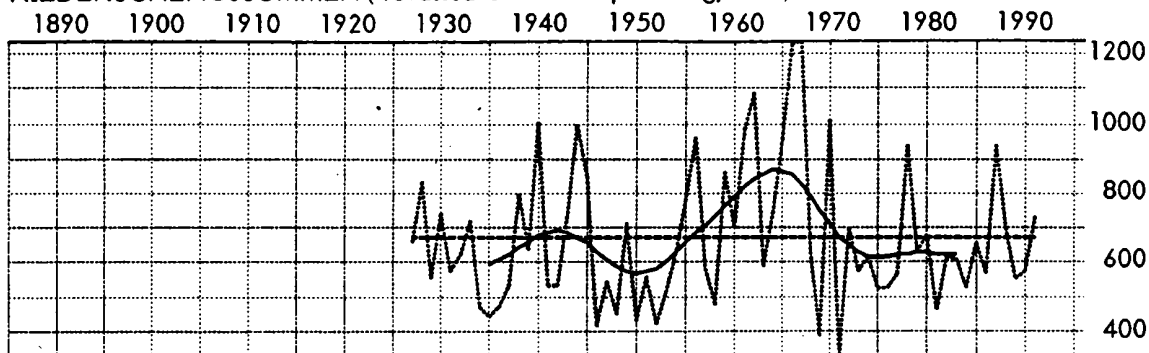


ZAHL DER NIEDERSCHLAGSTAGE (zumindest 0,1 mm)

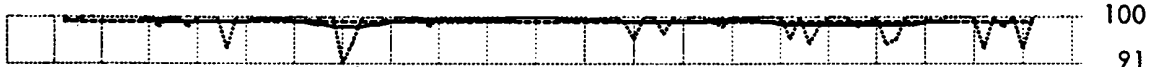


**FORTSETZUNG ABBILDUNG 2: FRÜHLING**

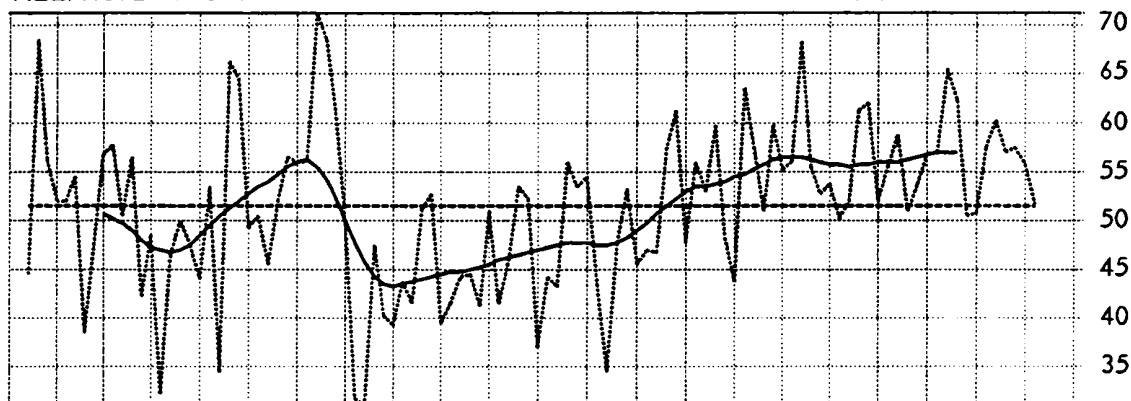
NIEDERSCHLAGSSUMMEN (Totalisator mit Nipherring, mm)



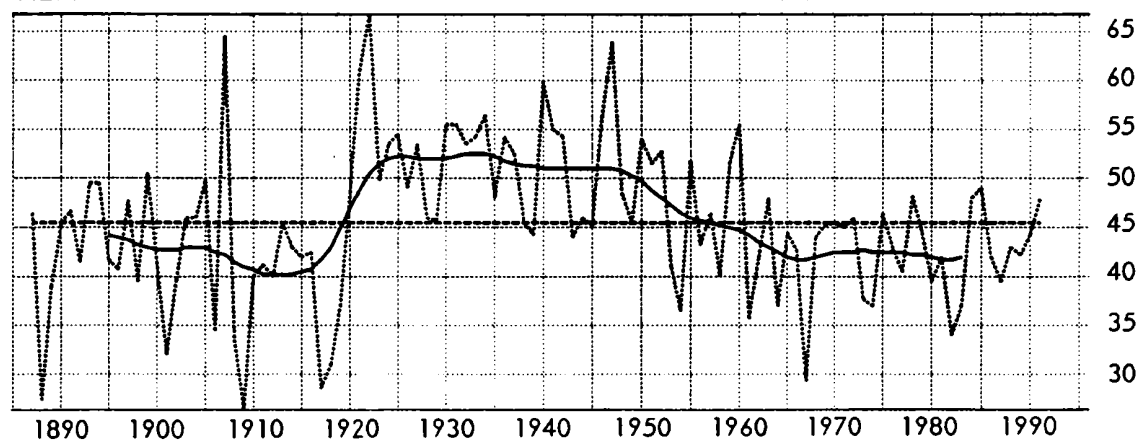
ANTEIL DES FESTEN NIEDERSCHLAGS AM GESAMTNIEDERSCHLAG (%)



RELATIVE HÄUFIGKEIT MERIDIONALER WINDRICHTUNGEN (%)



RELATIVE HÄUFIGKEIT ZONALER WINDRICHTUNGEN (%)

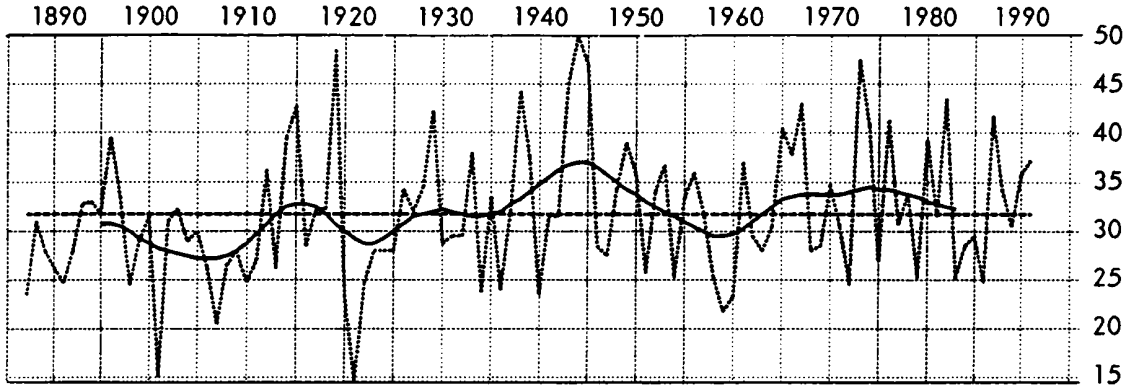




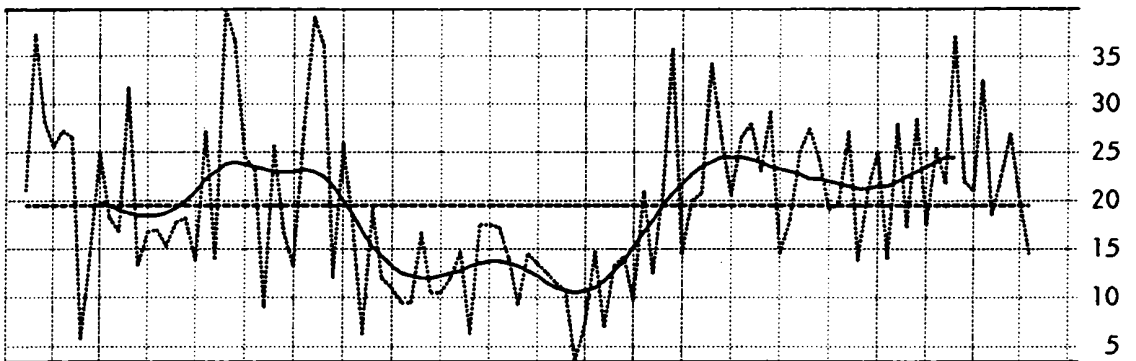
**FORTSETZUNG ABBILDUNG 2: FRÜHLING**

WINDRICHTUNGSHÄUFIGKEITEN DER VIER HAUPTKOMponentEN (%)

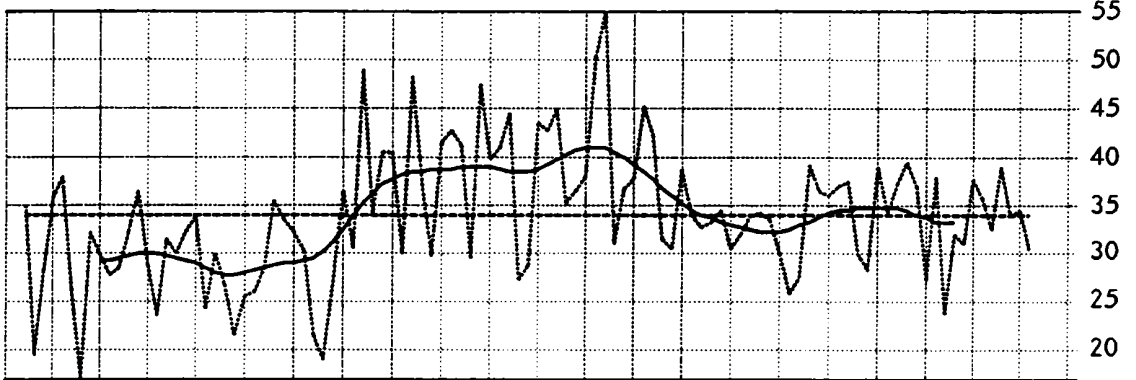
MERIDIONAL NORD



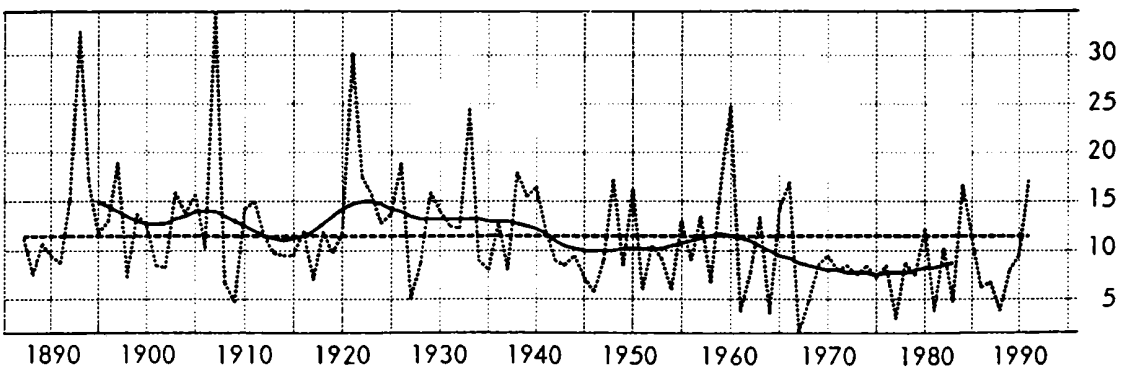
MERIDIONAL SÜD



ZONAL WEST

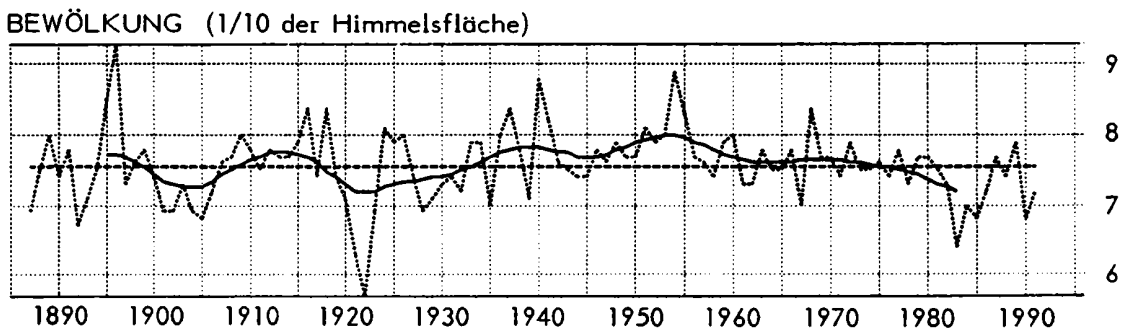
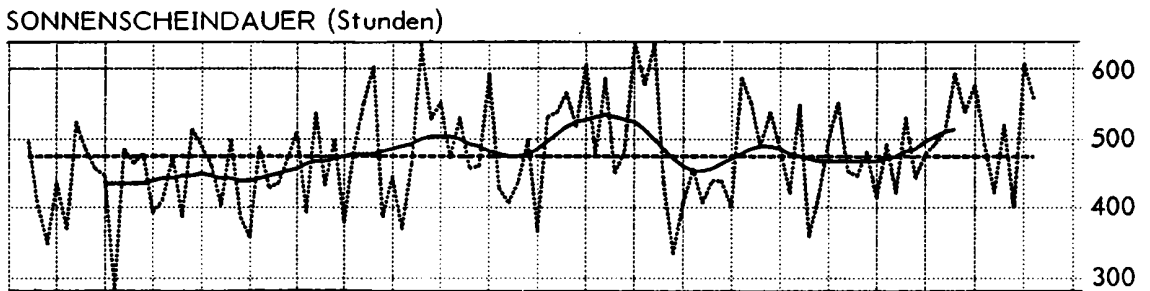
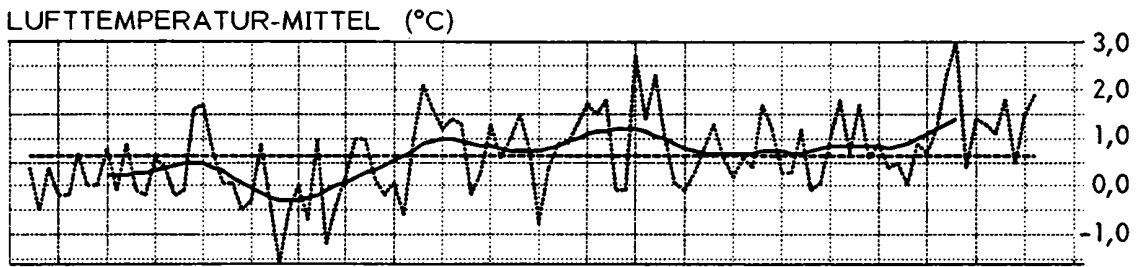
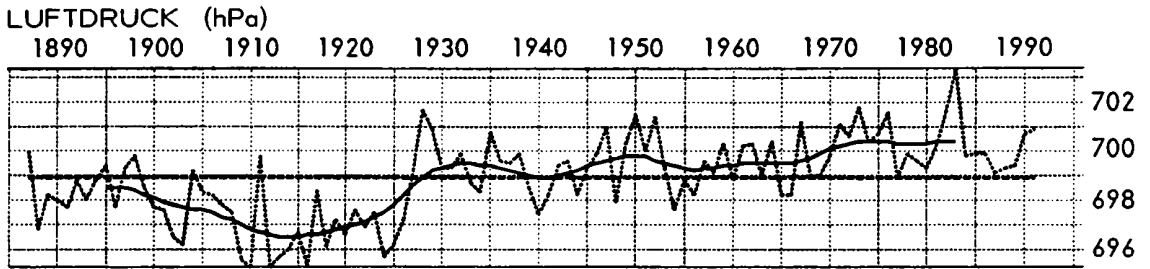


ZONAL OST



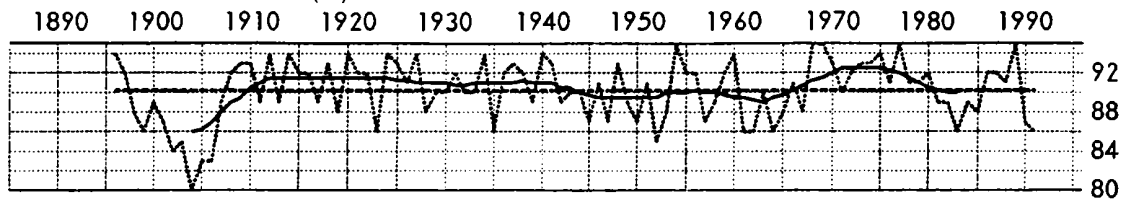
**ABBILDUNG 3: Zeitreihen und Klimaelemente auf dem Sonnblick 1887-1991 - Sommer**

----- Einzelwerte, ~ gefilterte Werte (Gauß-Tiefpaß-Filterung,  $T^* = 20$  Jahre)  
 und --- langjährige Mittel

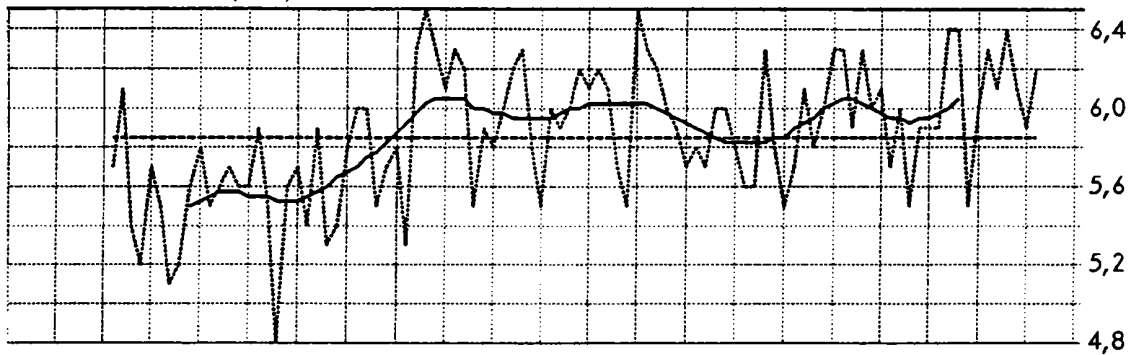


**FORTSETZUNG ABBILDUNG 3: SOMMER**

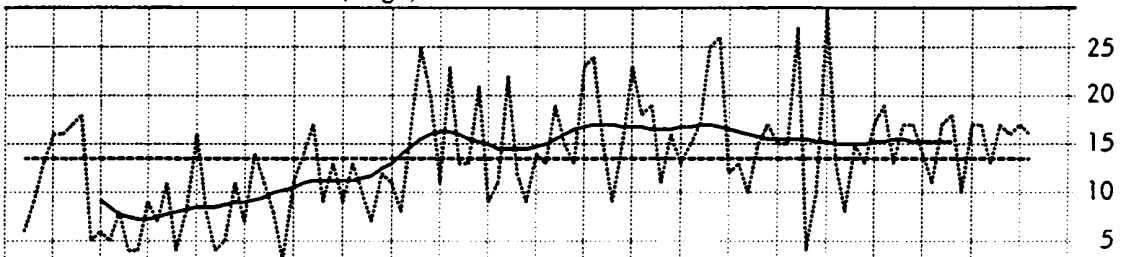
RELATIVE FEUCHTE (%)



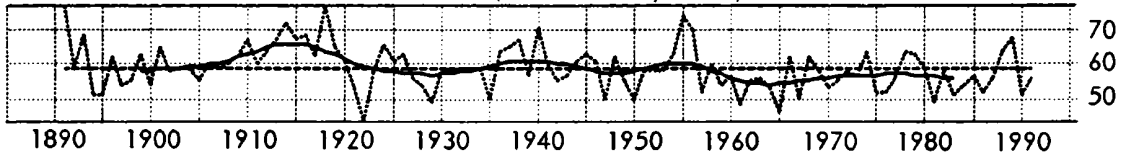
DAMPFDRUCK (hPa)



GEWITTERHÄUFIGKEIT (Tage)

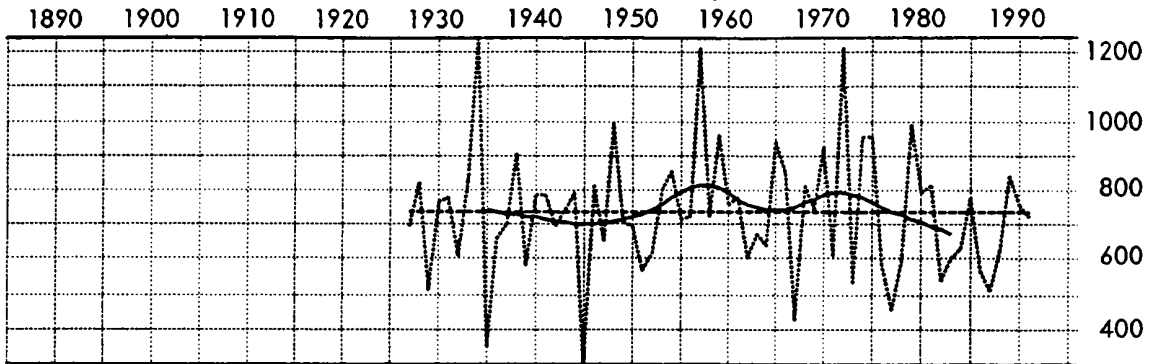


ZAHL DER NIEDERSCHLAGSTAGE (zumindest 0,1 mm)

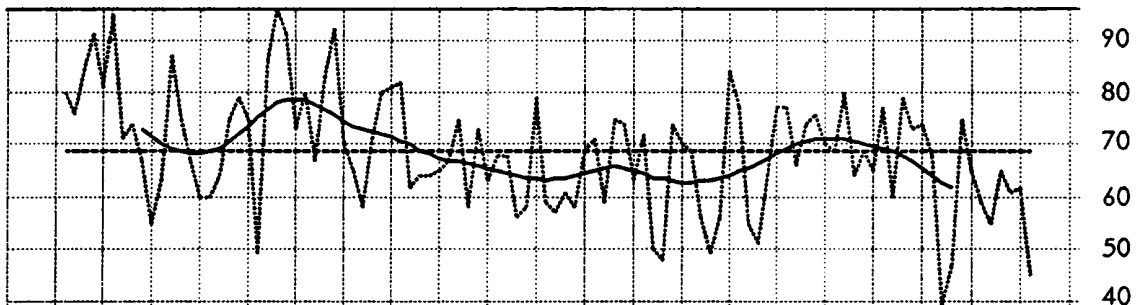


## FORTSETZUNG ABBILDUNG 3: SOMMER

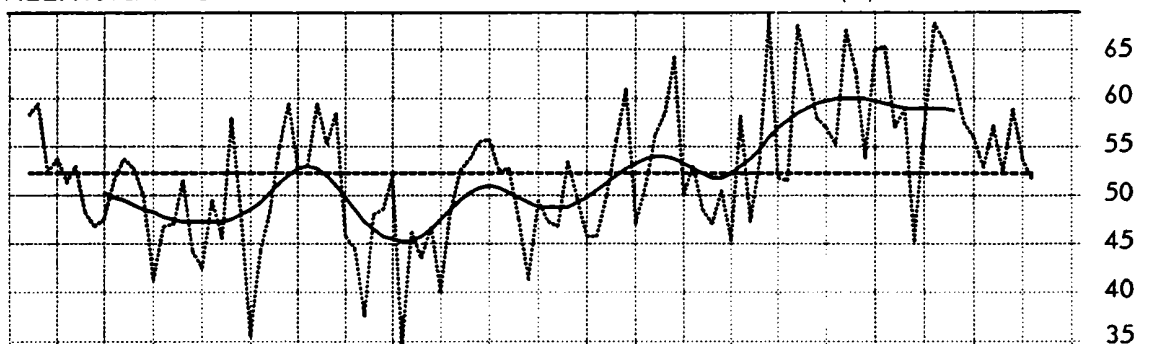
NIEDERSCHLAGSSUMMEN (Totalisator mit Nipherring, mm)



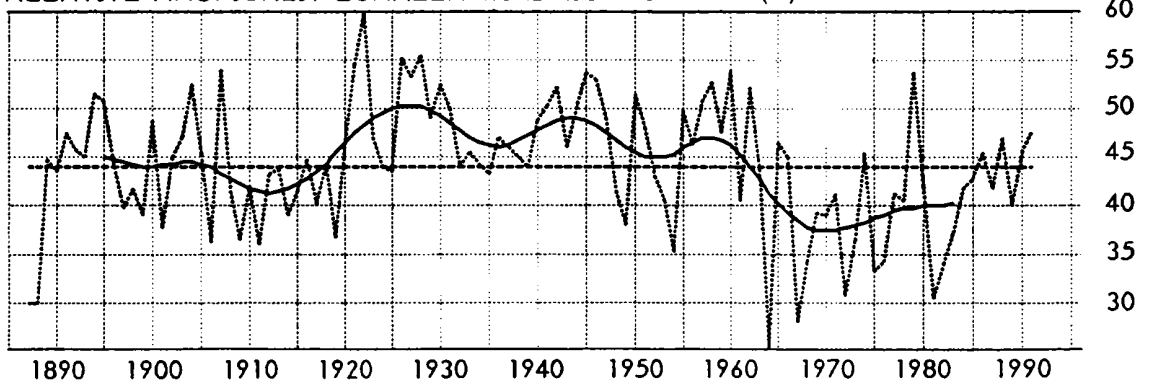
ANTEIL DES FESTEN NIEDERSCHLAGS AM GESAMTNIEDERSCHLAG (%)



RELATIVE HÄUFIGKEIT MERIDIONALER WINDRICHTUNGEN (%)



RELATIVE HÄUFIGKEIT ZONALER WINDRICHTUNGEN (%)

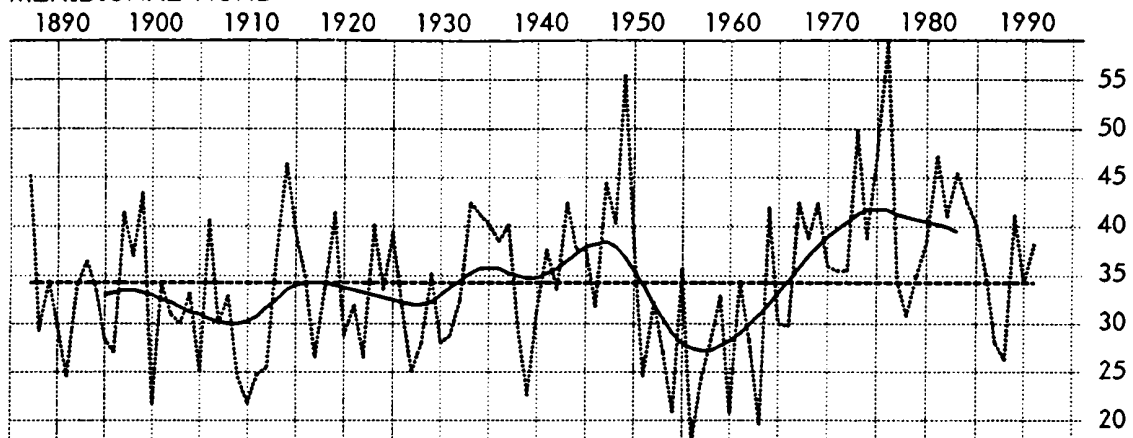




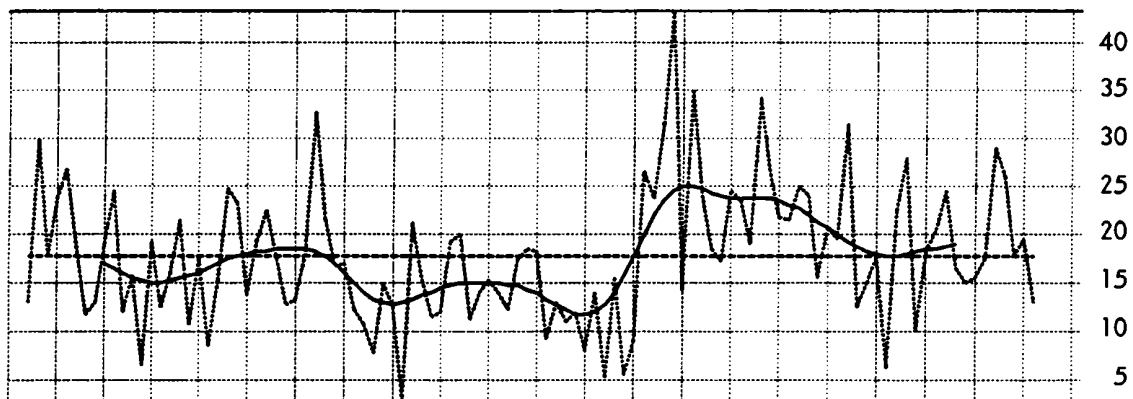
**FORTSETZUNG ABBILDUNG 3: SOMMER**

WINDRICHTUNGSHÄUFIGKEITEN DER VIER HAUPTKOMPONENTEN (%)

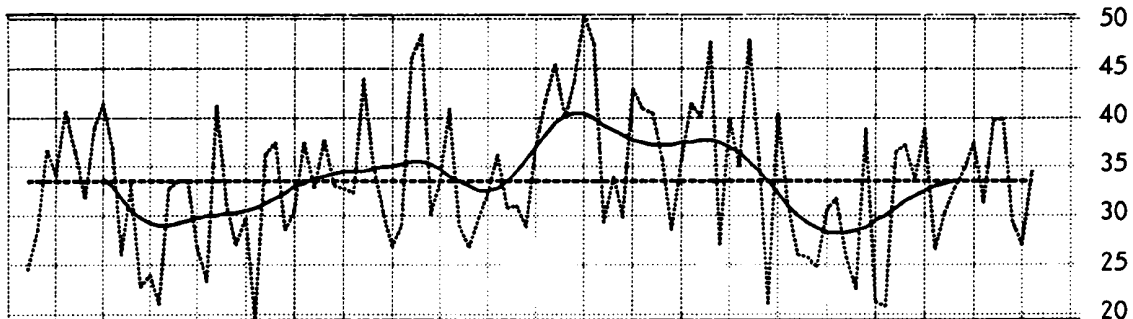
MERIDIONAL NORD



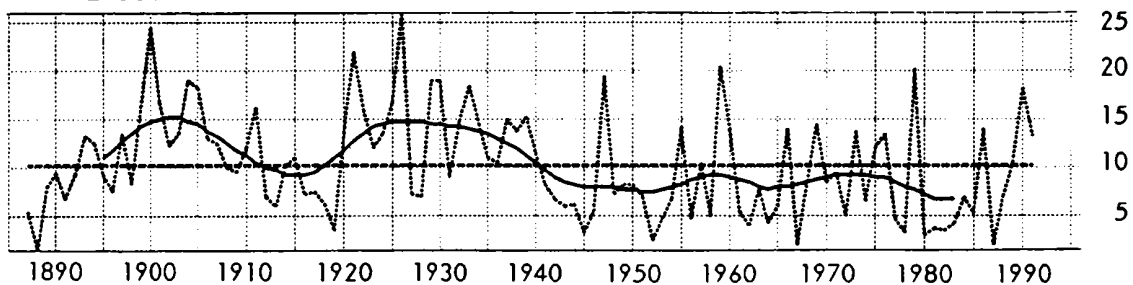
MERIDIONAL SÜD



ZONAL WEST



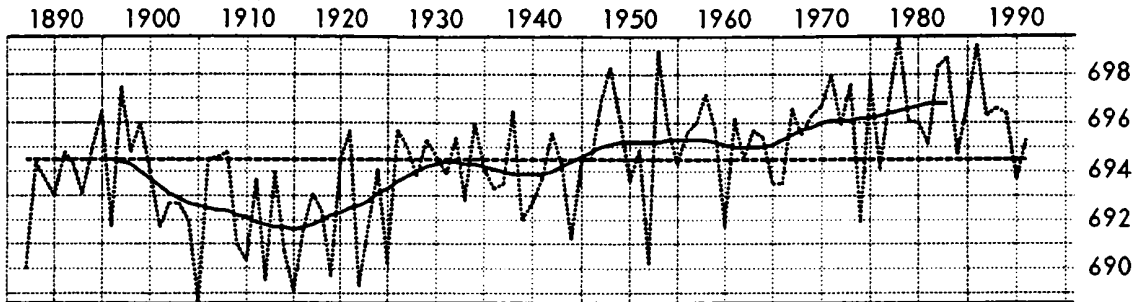
ZONAL OST



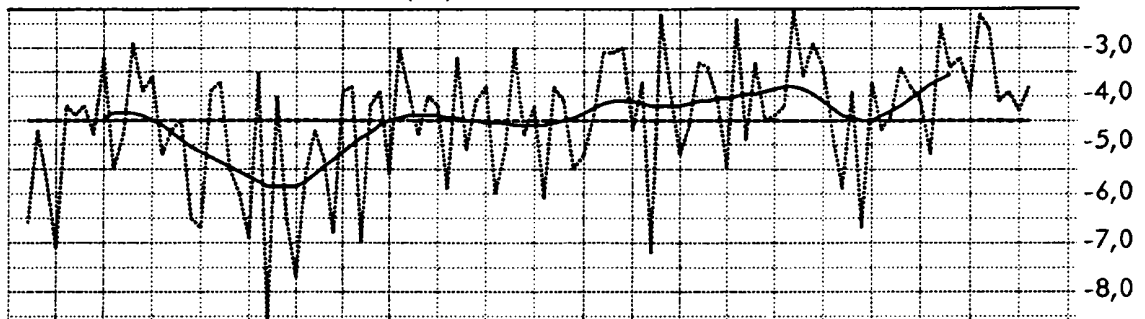
**ABBILDUNG 4: Zeitreihen und Klimaelemente auf dem Sonnblick 1887-1991 - Herbst**

----- Einzelwerte, ~ gefilterte Werte (Gauß-Tiefpaß-Filterung,  $T^* = 20$  Jahre)  
 und --- langjährige Mittel

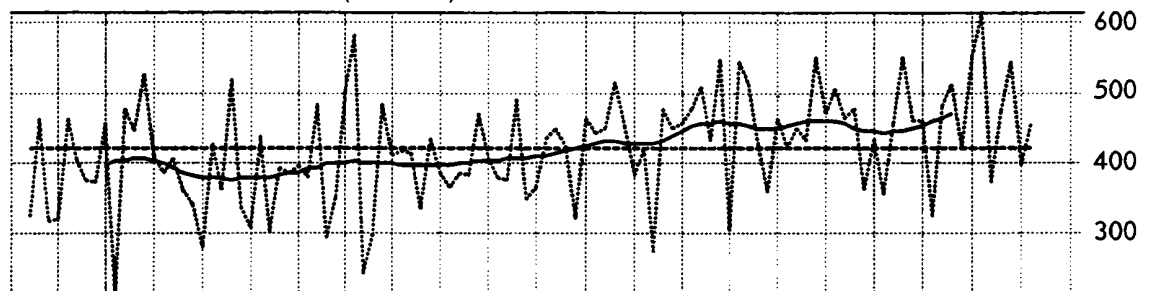
LUFTDRUCK (hPa)



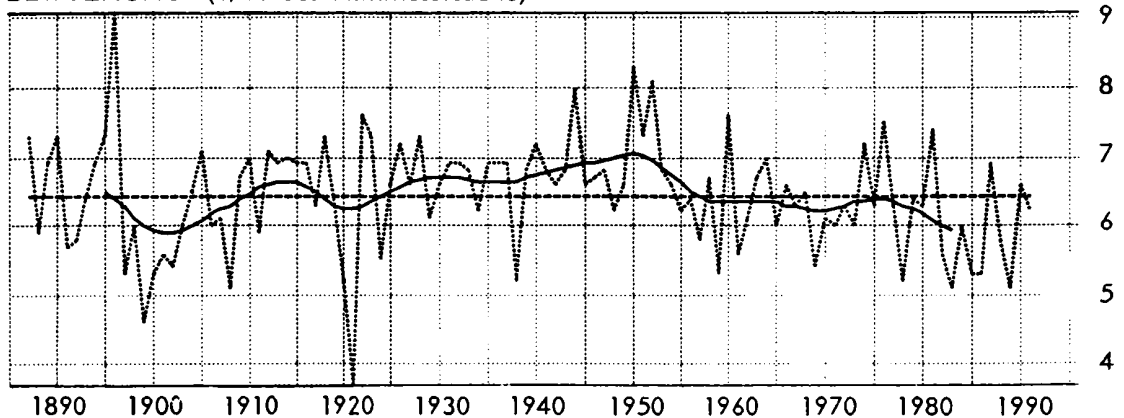
LUFTTEMPERATUR-MITTEL (°C)



SONNENSCHENDAUER (Stunden)

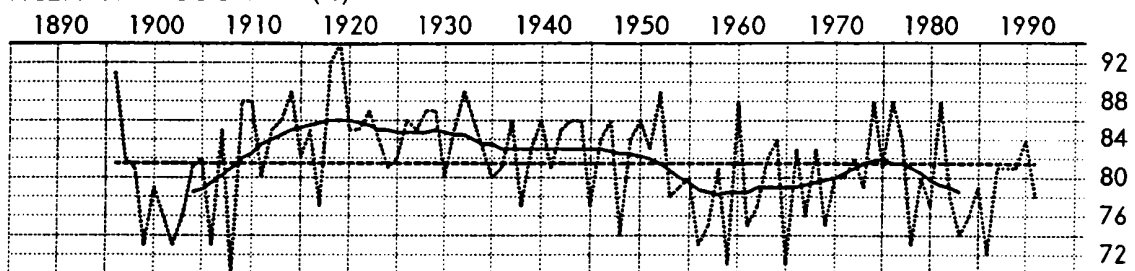


BEWÖLKUNG (1/10 der Himmelsfläche)

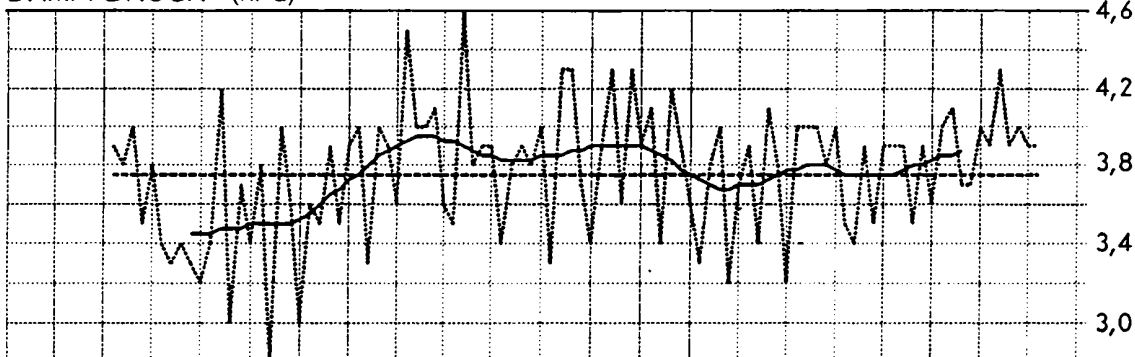


## FORTSETZUNG ABBILDUNG 4: HERBST

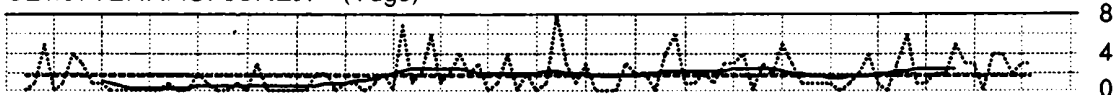
RELATIVE FEUCHTE (%)



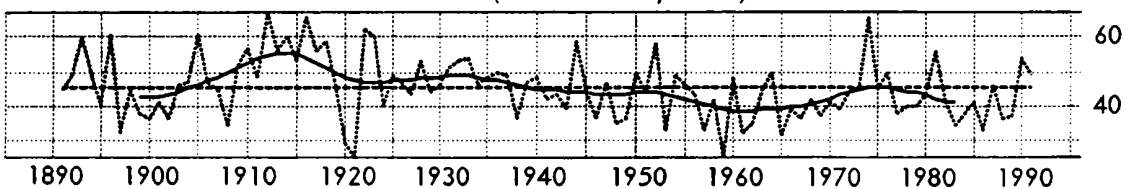
DAMPFDROCK (hPa)



GEWITTERHÄUFIGKEIT (Tage)

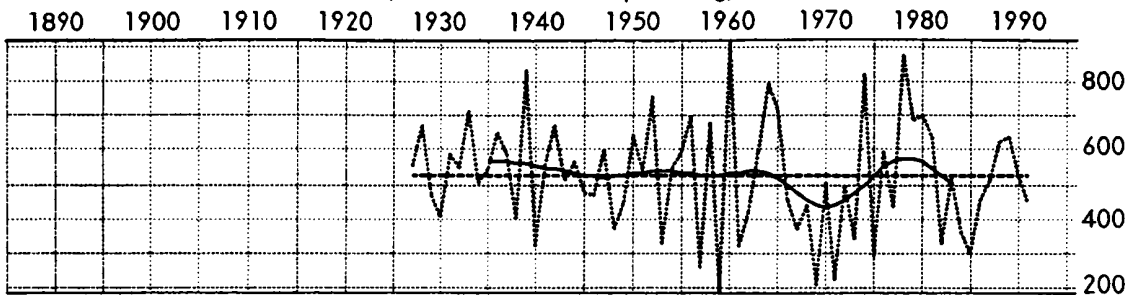


ZAHL DER NIEDERSCHLAGSTAGE (zumindest 0,1 mm)

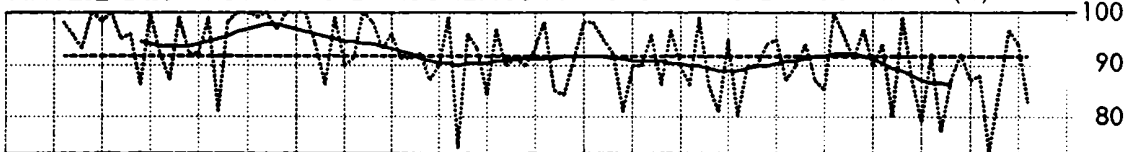


## FORTSETZUNG ABBILDUNG 4: HERBST

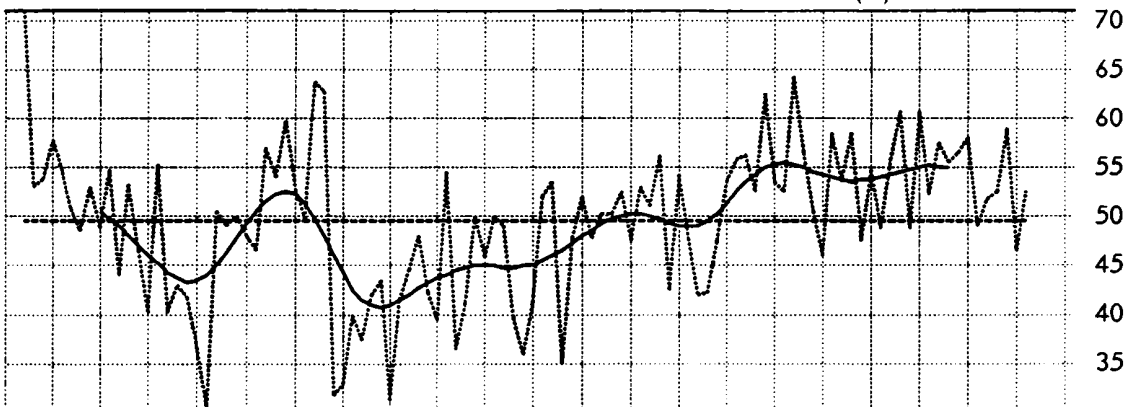
NIEDERSCHLAGSSUMMEN (Totalisator mit Nipherring, mm)



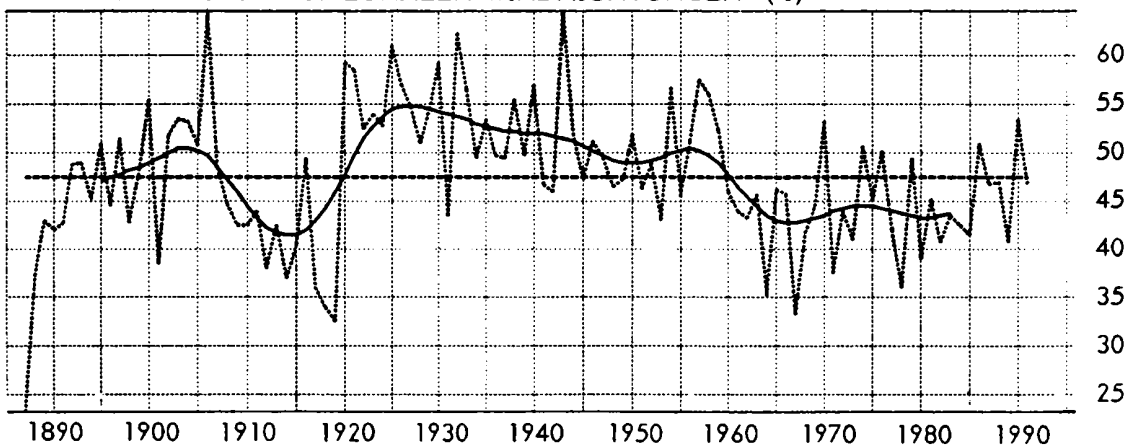
ANTEIL DES FESTEN NIEDERSCHLAGS AM GESAMTNIEDERSCHLAG (%)



RELATIVE HÄUFIGKEIT MERIDIONALER WINDRICHTUNGEN (%)



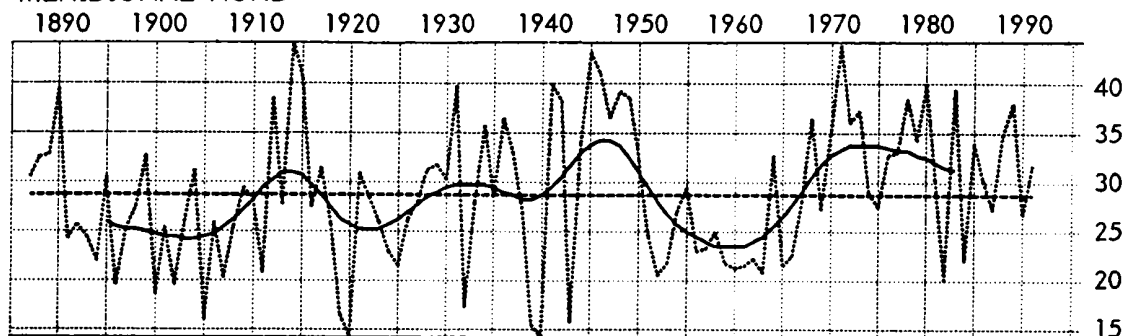
RELATIVE HÄUFIGKEIT ZONALER WINDRICHTUNGEN (%)



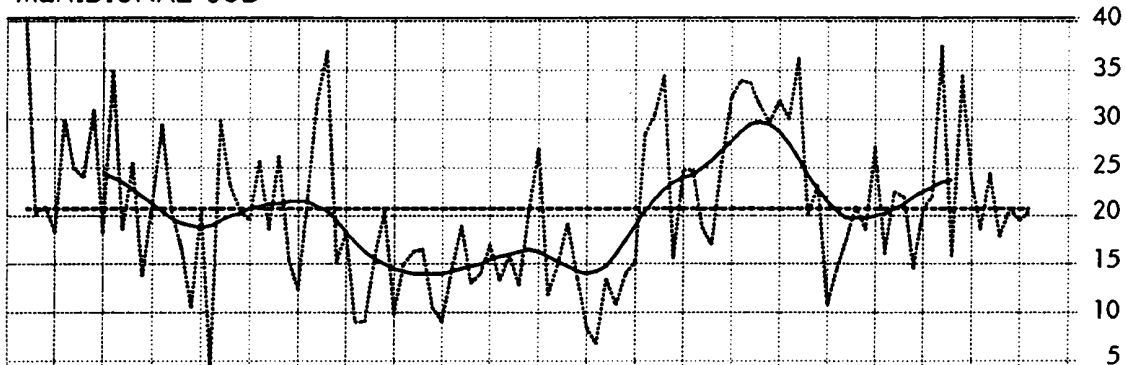
## FORTSETZUNG ABBILDUNG 4: HERBST

WINDRICHTUNGSHÄUFIGKEITEN DER VIER HAUPTKOMponentEN (%)

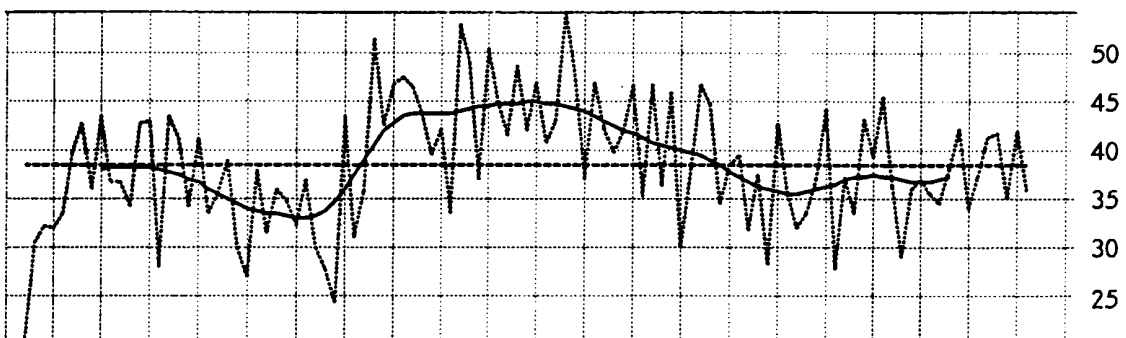
MERIDIONAL NORD



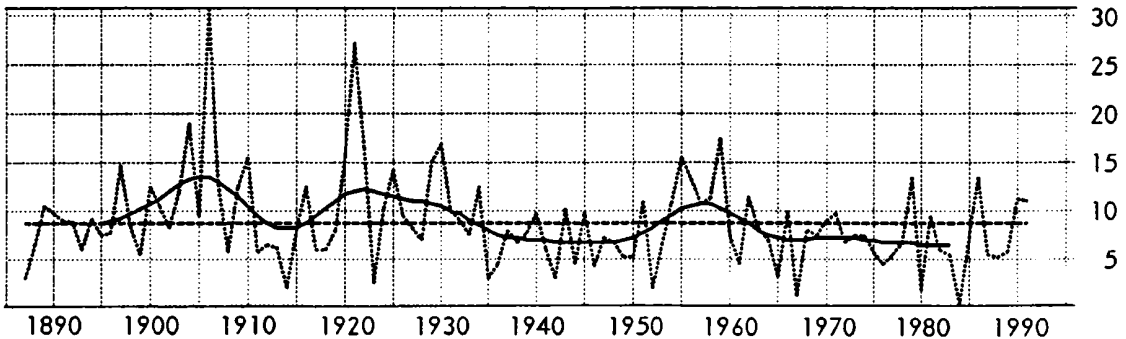
MERIDIONAL SÜD



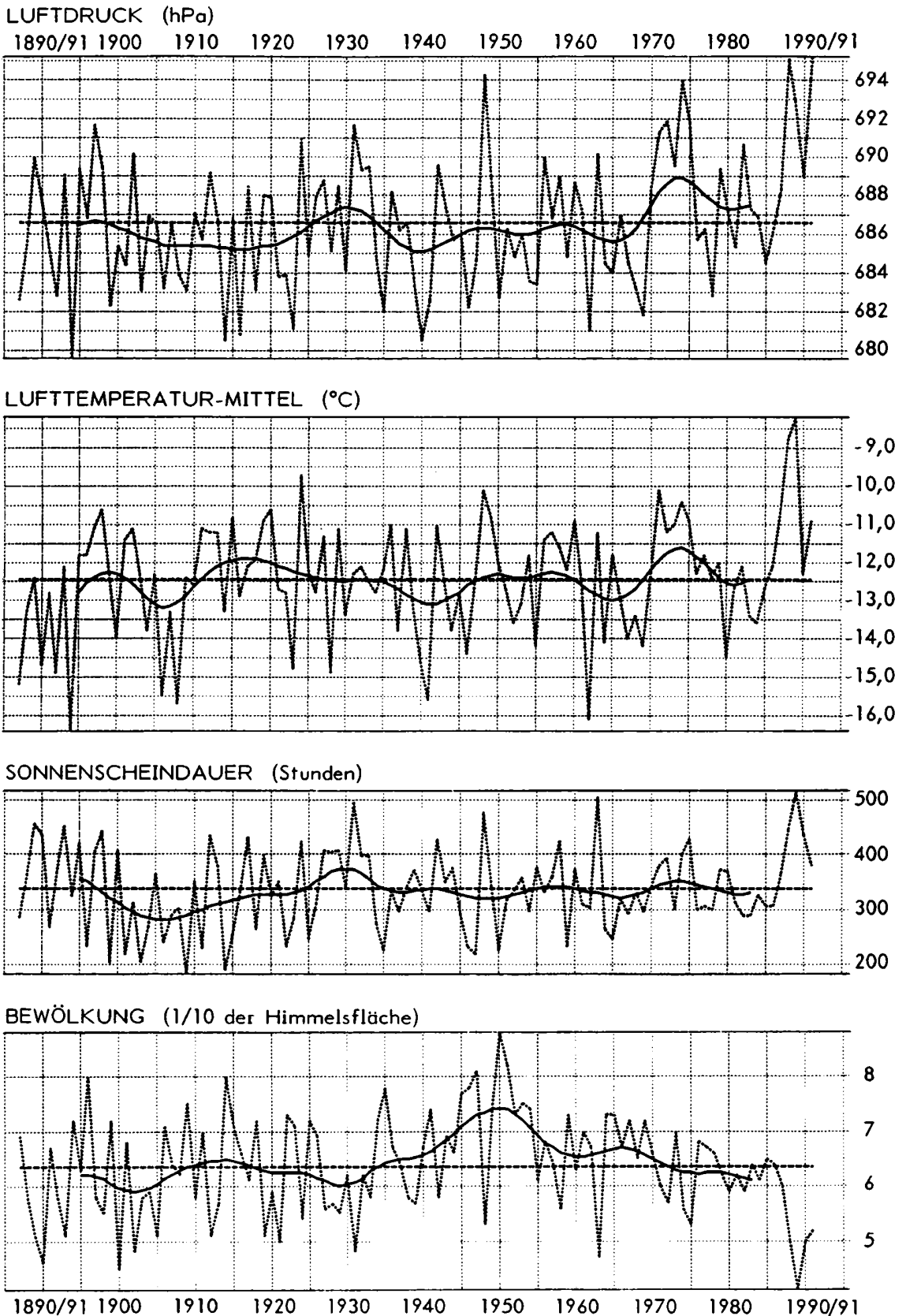
ZONAL WEST



ZONAL OST

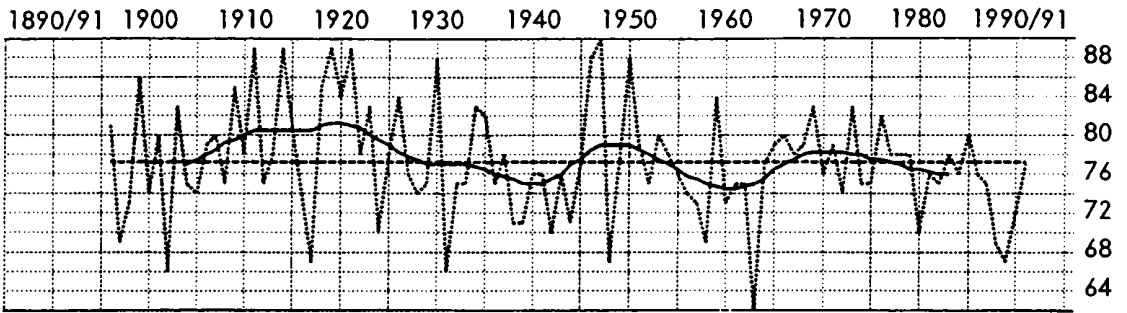


**ABBILDUNG 5: Zeitreihen und Klimaelemente auf dem Sonnblick 1887-1991 - Winter**  
 ..... Einzelwerte, ~ gefilterte Werte (Gauß-Tiefpaß-Filterung,  $T^* = 20$  Jahre)  
 und --- langjährige Mittel

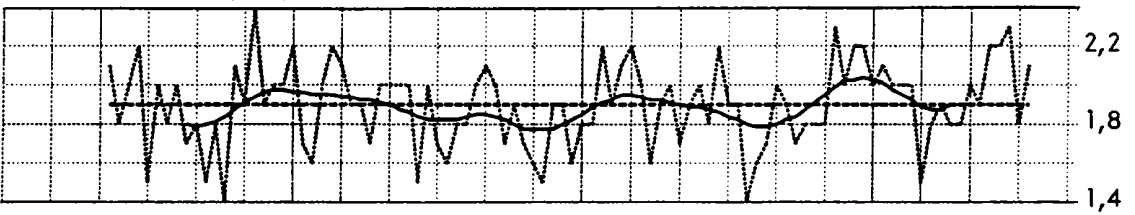


**FORTSETZUNG ABBILDUNG 5: WINTER**

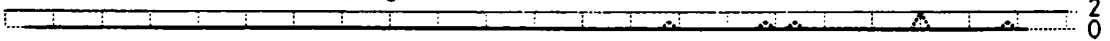
RELATIVE FEUCHTE (%)



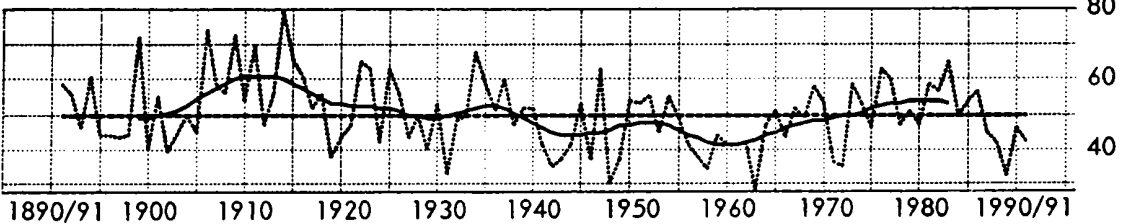
DAMPFDRUCK (hPa)



GEWITTERHÄUFIGKEIT (Tage)



ZAHL DER NIEDERSCHLAGSTAGE (zumindest 0,1 mm)

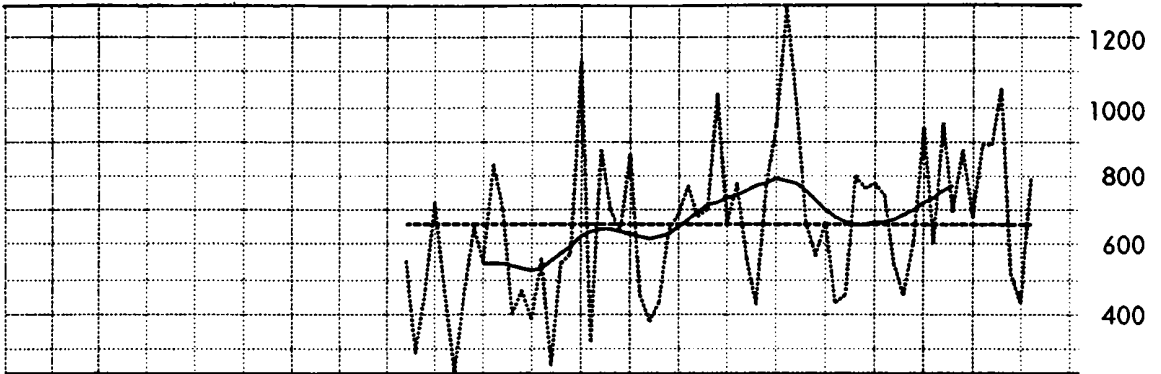




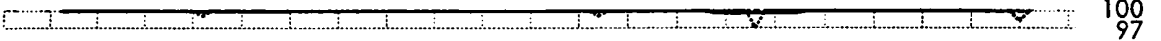
## FORTSETZUNG ABBILDUNG 5: WINTER

NIEDERSCHLAGSSUMMEN (Totalisator mit Nipherring, mm)

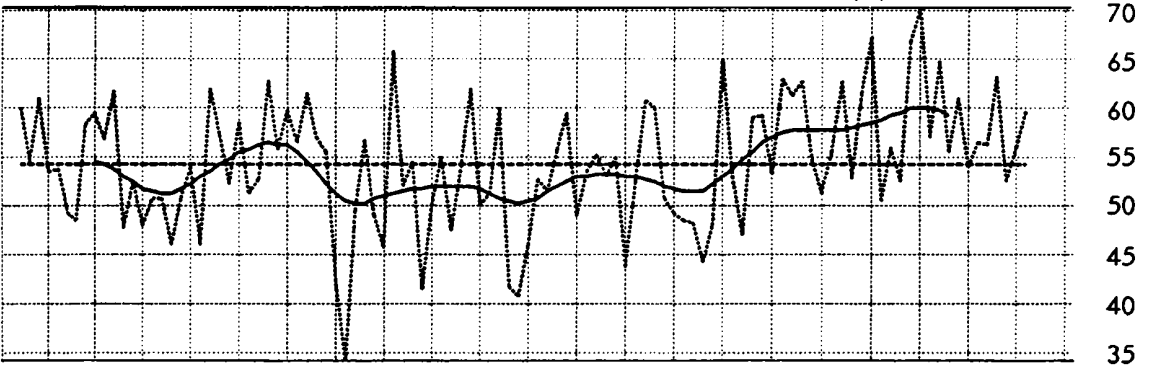
1890/91 1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990/91



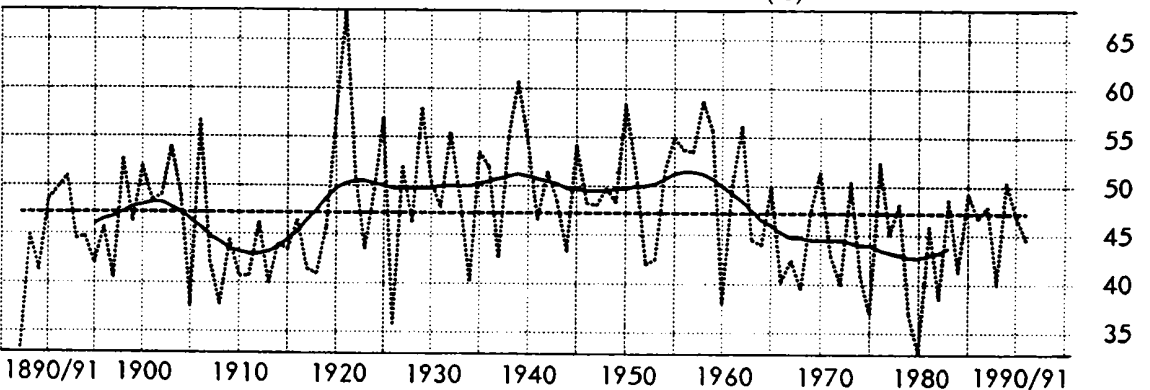
ANTEIL DES FESTEN NIEDERSCHLAGS AM GESAMTNIEDERSCHLAG (%)



RELATIVE HÄUFIGKEIT MERIDIONALER WINDRICHTUNGEN (%)



RELATIVE HÄUFIGKEIT ZONALER WINDRICHTUNGEN (%)

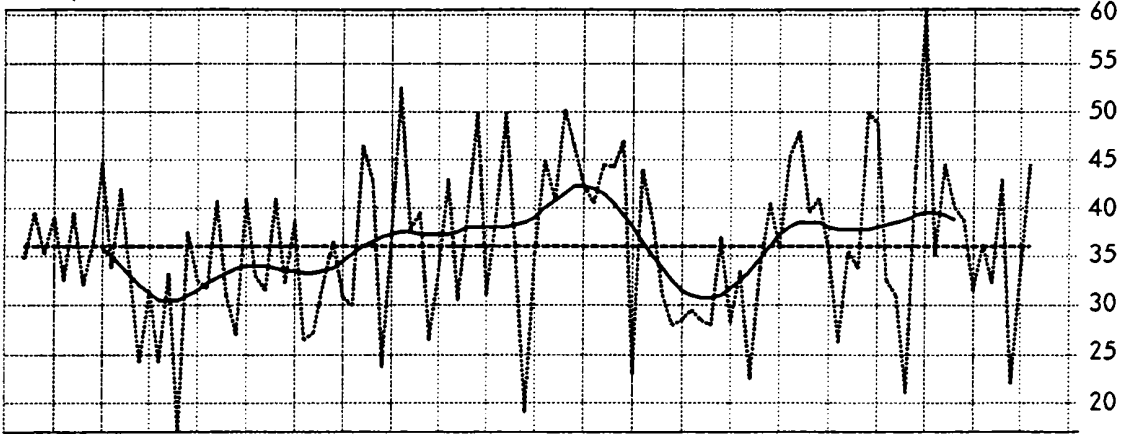


**FORTSETZUNG ABBILDUNG 5: WINTER**

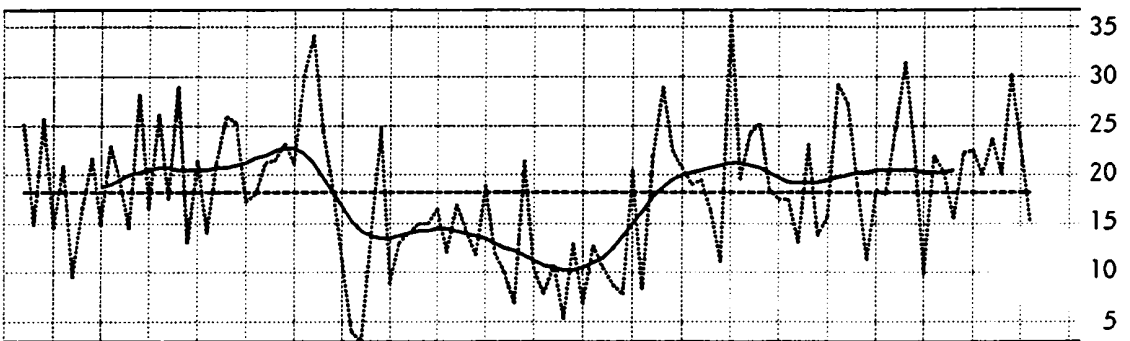
WINDRICHTUNGSHÄUFIGKEITEN DER VIER HAUPTKOMponentEN (%)

MERIDIONAL NORD

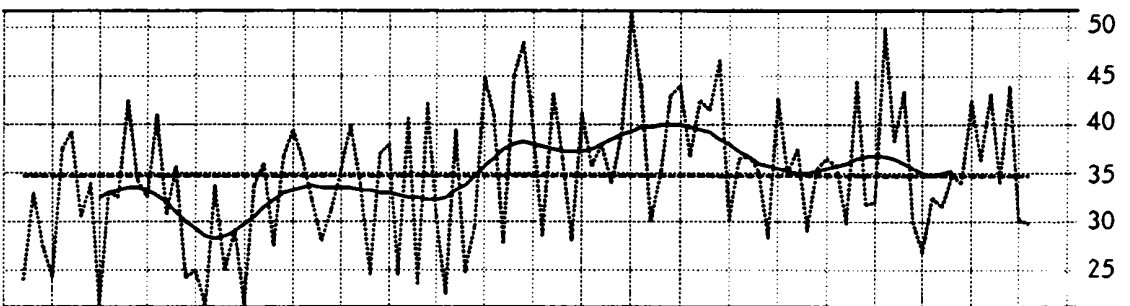
1890/91 1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990/91



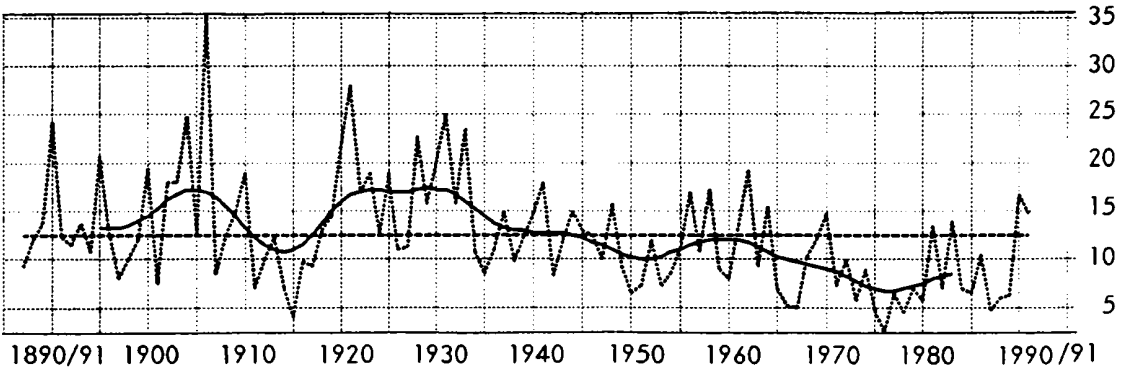
MERIDIONAL SÜD



ZONAL WEST



ZONAL OST



### 3.1 Lufttemperatur

Der zeitliche Verlauf der jährlichen Temperaturkurve zeigt niedrige Werte am Beginn der Beobachtungsreihe, ab 1910 ist ein Anstieg bis zu einem Maximum um 1950 zu erkennen. Es folgt ein leichter Rückgang, der aber bereits ab 1968 durch einen neuerlichen Anstieg bis zu den derzeitigen Verhältnissen beendet ist. Dabei ist zu bemerken, daß der Temperaturtrend am Hohen Sonnblick trotz seines geringen durchschnittlichen Jahresmittels von  $-6.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  keinerlei signifikante Unterschiede zu den Temperaturtendenzen im übrigen Österreich zeigt (vgl. BÖHM, 1992). Die Differenz zwischen den Hauptextremen der gefilterten Kurve beträgt  $1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Einzeljahre schwanken zwischen  $-7.8\text{ }^{\circ}\text{C}$  und  $-4.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Bei der Betrachtung der Jahreszeiten fällt auf, daß diese keine einheitlichen Charakteristiken aufweisen. So zeigt sich der vorhin beschriebene Temperaturanstieg bis 1950 nur im Frühling, Sommer und Herbst, die Wintertemperaturen hingegen weisen keinen ausgeprägten Säkulartrend auf. Der Temperaturanstieg der letzten 20 Jahre hingegen kommt durch Sommer, Herbst und Winter zustande. Am unterschiedlichsten entwickelten sich die Winter- und Sommertemperaturen in der Periode 1910 bis 1920, als die kältesten Sommer- und Herbsttemperaturen gleichzeitig mit der zweitmildesten Winterdekade der gesamten Zeitreihe zusammenfielen. In dieser Phase "ozeanischen Klimas" auf dem Sonnblick waren sowohl die mittlere Tagesschwankung als auch die absolute jährliche Schwankungsweite stark reduziert (Kurven 3 und 4 aus Abb. 1), es wurden die geringsten Werte der Sonnenscheindauer, die maximalen jährlichen Niederschlagstage und der niedrigste Luftdruck beobachtet. Die Kombination dieser atypischen Klimabedingungen führte in der zweiten Dekade des 20. Jahrhunderts zu einem im gesamten Alpengebiet beobachtbaren Gletschervorstoß mit seinem Maximum um 1920. Während der zweiten, schwächeren Gletschervorstoßperiode des 20. Jahrhunderts in den Siebzigerjahren (Höhepunkt um 1980) finden sich in den Sonnblickreihen wieder extrem milde Winter, kühle Herbste aber nun normale Sommer, ein weniger markantes Niederschlagsmaximum, niedrige winterliche Schneeakkumulation (= Schneehöhe 1. Mai), aber relativ hohe "Firnreste" (= Schneehöhe am 1. Oktober) am Ende der glaziologischen Ablationsperiode. Beide besprochenen Vorstoßperioden hinterließen ihre Spuren überall in den Alpen - die deutlich sichtbaren "1920er-Moränen" und die vor einigen Jahren vor den nun neuerlich stark zurückgehenden Gletscherzungen verbliebenen "1980er-Moränen". Im Sonnblickgebiet findet man die am stärksten ausgeprägte 1920er-Moräne im Vorland des Goldbergkeeses in der Nähe des Knappenhauses, 1980er-Moränen kamen in den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts vor dem Krumml-, Weißenbach- und Schlapperebenkees zum Vorschein.

Eine sehr ähnliche Entwicklung wie bei den Jahresmitteln der Lufttemperatur findet sich bei den Jahresmaxima (Kurve 5), weniger jedoch bei den Jahresminima, die - bei wesentlich höherer Kurzzeitvariabilität - zwar auch mit niedrigen Werten beginnen, aber im 20. Jahrhundert keinen durchgehenden Trend zu höheren Temperaturen besitzen, eher ein Schwanken um einen relativ konstanten Mittelwert.

### 3.2 Zusammenhänge zwischen Luftdruck-, Sonnenscheindauer- und Temperaturschwankungen.

Sehr enge Zusammenhänge existieren - sowohl bei den Jahres- als auch bei den Jahreszeitenkurven - zwischen Luftdruck, Temperatur und Sonnenscheindauer. Alle drei Elemente zeigen einen sehr ähnlichen Verlauf der gefilterten Kurven, also der Langzeitentwicklung, und sie sind auch bezüglich ihrer Kurzzeitvariabilität eng miteinander verknüpft. Das Maß dafür sind die hohen Korrelationskoeffizienten, die den Tabellen 1 und 2 zu entnehmen sind. Wenn man nun den Luftdruck als Ausdruck der großräumigen Zirkulation als prägenden Faktor regionaler Klimaänderungen postuliert, kann der gleichzeitig erfolgende Anstieg der Sonnenscheindauer und damit der Einstrahlung nach dem Minimum der 2. Dekade des 20. Jahrhunderts wiederum als Erklärung für die parallel dazu ansteigenden Lufttemperaturen verwendet werden. Auch der nach 1950 beobachtbare Temperaturrückgang bis Ende der 60er Jahre als auch die neuerliche Erwärmung in den Achtzigerjahren kann aus den analog verlaufenden Entwicklungen von Luftdruck und Einstrahlung erklärt werden.

**TABELLE 1:** Korrelationsmatrix (Korrelationskoeffizienten in %) für verschiedene Klimaelemente auf dem Sonnblick - Jahreswerte; Reihe 1939-1991, nur Korrelationen von  $\geq 10,31$  angegeben

PPM	TTM	TAMP	TASW	TMA	TMI	SOD	BEW	RFM	VPM	GWH	RRH	RRS	PFN	SNH	SH1	SH2	WRM	WRZ	WRMN	WRMS	WRZW	WRZE	
100	81				35	62	-60		52		-35						52	-48	37		-43	PPM	
	100				35	57	-45		74		-39		-32										TTM
		100						-33															TAMP
			100		-93																		TASW
				100																			TMA
					100																		TMI
						100	-48	-54			-45	-35								32			SOD
							100	50					33	46			-40	43				52	BEW
								100	36		38	37											RFM
									100			-38						-45					VPM
										100													GWH
											100												RRH
												100	30										RRS
													100										PFN
														100	43	47							SNH
															100								SH1
																100							SH2
																	100	-96	44	45	-76	-63	WRM
																		100	-40	-45	81	62	WRZ
																			100	-60		-39	WRMN
																				100	-45		WRMS
																					100		WRZW
																						100	WRZE

PPM: Luftdruckmittel; TTM: Lufttemperaturmittel; TAMP: Mittlere Tagesamplitude der Lufttemperatur; TASW: Absolute Schwankungsweite der Lufttemperatur; TMA: Lufttemperaturmaximum; TMI: Lufttemperaturminimum; SOD: Absolute Sonnenscheindauer; BEW: Bewölkungsmittel; RFM: Mittel der relativen Feuchte; VPM: Dampfdruckmittel; GWH: Gewitterhäufigkeit; RRH: Zahl der Niederschlagstage; RRS: Niederschlagssumme; PFN: Prozentanteil des festen Niederschlages; SNH: Summe der Neuschneehöhen; SH1: Schneehöhe 1. Mai; SH2: Schneehöhe 1. Oktober; WRM: Windkomponente meridional; WRZ: Windkomponente zonal; WRMN: meridional Nord; WRMS: meridional Süd; WRZW: zonal West; WRZE: zonal Ost.



Die beschriebene Gleichartigkeit der Änderungen dieser drei Klimaelemente existiert nicht nur in den Jahres- sondern auch in allen Jahreszeitenkurven. Das läßt die einfache Modellvorstellung als sehr plausibel erscheinen, daß die viel diskutierte Erwärmung des Klimas im 20. Jahrhundert zumindest in den Alpen, für die der Sonnblick eine gute "Backgroundstation" darstellt, hauptsächlich durch den Luftdruckanstieg (als Ausdruck einer geänderten großräumigen Zirkulation) verursacht wird. Das dadurch verursachte Anwachsen der Einstrahlung ist so eng an die analog auftretende Erwärmung gekoppelt, daß eine Änderung der Ausstrahlung (über den CO<sub>2</sub>-Effekt) als Erklärung in diesem Fall zumindest nicht die alleinige Ursache sein kann.

### 3.3 Schwankungen weiterer Klimaelemente

In Untersuchungen über Klimaschwankungen wird das Klima sehr oft allein mit der Lufttemperatur, weniger häufig zusätzlich dem Niederschlag gleichgesetzt. Nur sehr wenig ist bekannt über Änderungen anderer Klimaelemente, obwohl manche von ihnen sowohl von theoretischem Interesse sind als auch hohen praktischen Anwendungswert besitzen, wie beispielsweise der hydrologische Komplex unter Einschluß von Feuchte, Bewölkung, Niederschlag und Schnee. Der Grund für dieses Forschungsdefizit liegt zweifellos in dem Notstand an homogenen Reihen. Der hier vorgestellte Sonnblick-Datensatz ermöglicht zumindest für diese eine qualitativ gute Station eine Annäherung an das Problem der Klimaschwankungen auf multifaktorieller Basis. Es können gegenseitige Abhängigkeiten und Vernetzungen aufgezeigt werden, die, wie bereits beim Beispiel Luftdruck - Sonnenschein - Temperatur gezeigt, Einblick in die Wirkungsweise des Klimasystems erlauben. Einschränkend muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß die räumliche Repräsentanz der Punktmessungen einer Station je nach Klimaelement sehr unterschiedlich ist. Sie reicht von mehreren hundert Kilometern bei Temperaturmitteln (vgl. SCHÖNWIESE et al. 1990) bis zu einigen hundert Metern bei Schneeparametern (vgl. BÖHM und MOHNL, 1987). Für die räumliche Repräsentanz von Niederschlagsdaten liegt eine Untersuchung von AUER, 1992b vor, während über eine große Zahl von anderen Klimaelementen diesbezüglich noch wenig bekannt ist.

**Bewölkung:** Der Bedeckungsgrad sollte ein der Sonnenscheindauer reziprokes Verhalten zeigen, die einen das Klimasystem wesentlich prägenden Faktor darstellt. Die erwartete Beziehung zwischen Sonnenschein und Bewölkung zeigt sich in den Sonnblick-Reihen jedoch eher bezüglich der Kurzzeitvariabilität der einzelnen Jahre (Jahreszeiten), die mit Hilfe der Korrelationsanalyse meßbar ist. Sie sind auf dem Sonnblick mit  $r = -0.48$  (für die Jahreswerte) bzw.  $-0.62$  bis  $-0.89$  (für die Jahreszeitenwerte) deutlich negativ korreliert. Die niedrigfrequenten Langzeitschwankungen der gefilterten Zeitreihen der Bewölkung hingegen zeigen nicht das zu erwartende, der Sonnenscheinkurve entgegengesetzte Bild. Die Bewölkung - als von Beobachtern geschätztes, nicht gemessenes Klimaelement - scheint bezüglich Langzeithomogenität die am wenigsten gesicherte aller hier dargestellten Zeitreihen zu liefern.

**Feuchte:** Einen höheren Grad von Glaubwürdigkeit besitzen die Feuchtereihen. Markant ist vor allem die Analogie der absoluten Feuchte - hier dargestellt durch den Dampfdruck - zur Temperaturreihe, sowohl was die hochfrequente (Korrelation zwischen +0.57 und +0.89) als auch die niederfrequente Variabilität betrifft. Das ist ein wichtiger Hinweis für Klimaszenarien einer wärmeren Atmosphäre, die offensichtlich mehr Feuchte enthalten würde, wie beispielsweise aus der Erwärmung und gleichzeitigen Erhöhung der absoluten Feuchte der letzten 100 Jahre auf dem Sonnblick ersichtlich ist.

Die relative Feuchte wiederum ist nicht so eng an die Temperaturentwicklung gebunden. Die zu erwartenden negativen Korrelationen sind mit -0.36 bis -0.49 bei den Jahreszeiten und weniger als -0.3 bei den Jahresmitteln relativ gering, und auch die niederfrequenten Variationen der gefilterten Kurven zeigen gegenüber der Temperatur keine sehr enge Bindung. Nur sehr langfristig betrachtet ist über die gesamte Zeitreihendauer eine leichte Abnahme der relativen Feuchte bemerkbar, die Feinstruktur der gefilterten Kurven entspricht jedoch nicht sehr gut derjenigen der Temperatur.

**Gewitterhäufigkeit:** Sie zeigt einen säkularen Aufwärtstrend von weniger als 15 jährlichen Gewittertagen zu Beginn des 20. Jahrhunderts auf derzeit durchschnittlich 20 Tage. Die gefilterte Kurve verläuft, wie von den Wirkungsmechanismen her zu erwarten, sehr ähnlich denjenigen von Temperatur, Sonnenschein und absoluter Feuchte, und auch die (später diskutierte) Zunahme der Meridionalität in der Windrichtungsverteilung paßt zu den Modellvorstellungen über Gewitterentstehung. Interessant ist die Tatsache, daß während der letzten Jahrzehnte eine gewisse Verlagerung der Gewittertätigkeit vom Sommer zu den Jahreszeiten Frühling und Herbst und sogar Winter stattgefunden hat, während die Sommergewitter, die immer noch die eindeutige Mehrheit darstellen, derzeit leicht rückläufige Tendenz haben.

**Niederschlag:** Zurück bis 1891 kann für das Sonnblickobservatorium eine geschlossene Zeitreihe für die Niederschlagshäufigkeit (Zahl der Niederschlagstage) angegeben werden. Sie paßt wieder gut zum Verhalten der Luftdruck- und Sonnenscheinkurven. Niedriger Druck und wenig Sonnenschein zu Beginn der Sonnblickreihen sind begleitet von hoher Niederschlagshäufigkeit und die Erwärmung, der Druckanstieg und die höhere Sonneneinstrahlung im 20. Jahrhundert bewirken eine Abnahme der Zahl der Niederschlagstage.

Die kürzeren Reihen der Niederschlagssummen (vgl. Kap. Datenkritik dieser Arbeit bzw. AUER, 1991 und AUER, 1992c) hingegen gehen nicht parallel zu den Niederschlagshäufigkeiten. Wir finden beispielsweise hohe Niederschlagsmengen in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts, einer Zeit mit niedrigen Niederschlagshäufigkeiten. Das erscheint auf dem ersten Blick paradox, bei genauerer Überlegung wird dieser scheinbare Widerspruch aber verständlich, wenn man in Rechnung stellt, daß die überwältigende Mehrheit der Niederschlagstage solche von geringer Niederschlagsmenge sind, der größte Teil der Jahresniederschlagsmenge an verhältnismäßig wenigen Tagen fällt. Ein ähnlicher Kurvenverlauf der Zeitreihen von Niederschlagshäufigkeit und -menge muß somit nicht

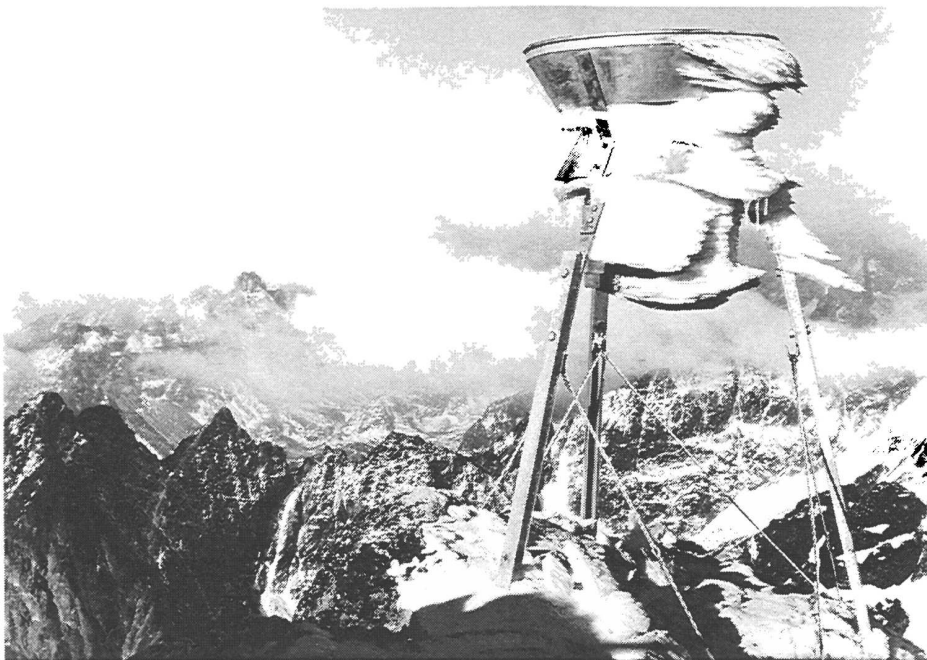




**ABBILDUNG 6:** Historische Aufnahme des meteorologischen Observatoriums auf dem Lomnický štít von 1960



**ABBILDUNG 7:** Blick auf Lomnický štít von Skalnaté Pleso - Überhöhung von 880 m



**ABBILDUNG 8:** Totalisator auf dem Lomnický štít

gegeben sein. Dies verdeutlicht gut eine der Schwierigkeiten, die bei theoretischen Überlegungen bis hin zu komplizierten Modellrechnungen auftreten, wenn Aussagen über Klimaschwankungen bezüglich des Klimaelements Niederschlag gemacht werden sollen.

**Anteil des festen Niederschlags:** In hochalpinen Regionen fallen große Mengen des Gesamtniederschlags in Form von Schnee. Auf dem Sonnblick beträgt der Anteil des festen Niederschlags am Gesamtniederschlag im langjährigen Mittel 90% (99% im Frühjahr, 68% im Sommer, 92% im Herbst, 100% im Winter), aber auch diese Prozentanteile unterliegen Schwankungen. Das diesbezügliche Bild der Zeitreihen ist sehr klar: der Prozentanteil des festen Niederschlags hat auf die Klimaänderung der letzten 100 Jahre so reagiert, wie zu erwarten war, invers zur Lufttemperatur. Die Form der gefilterten Kurve entspricht sehr genau derjenigen der Sommertemperaturmittel, da die Änderungen im Frühling und Herbst infolge der Nähe zur 100% Marke nur wenig, die Winterverhältnisse überhaupt nichts zur langfristigen Änderung beitragen können. In sehr langfristigem Sinn kann auf dem Sonnblick von einem Rückgang des Anteils des festen Niederschlags von maximalen 93% in der zweiten Dekade des 20. Jahrhunderts (vergleiche die erwähnten Gletschervorstöße) auf derzeit 83% gesprochen werden.

**Schneehöhen:** Sie gehören, speziell im Hochgebirge, zu den Klimaelementen mit sehr geringer örtlicher Repräsentanz. Wie BÖHM u. MOHNL, 1987 unter Benutzung des dichten Sonnblick- Schneepegelnetzes zeigen konnten, geht die Korrelation von monatlichen Schneehöhen bereits in einer Horizontalentfernung von 1 km auf unter 0.75 zurück und unterschreitet in einer Distanz von 6 km die  $r = 0.5$ -Marke. Deshalb besitzen vor allem die Einzelwerte der Zeitreihen der Schneehöhen sicher nur lokale Bedeutung. Die gefilterten Kurven sollten höhere Aussagekraft für größere Gebiete haben, da eine Glättung im Zeitverlauf sicher auch eine Erhöhung der örtlichen Repräsentanz mit sich bringt.

**Neuschneesummen:** Bei den Reihen der Neuschneesummen fallen die sehr hohen Werte im Hochgebirge auf: 24 m Neuschnee fällt im langjährigen Mittel pro Jahr in der Fleißcharte in der Nähe des Sonnblickgipfels. Dabei treten sehr hohe Schwankungen von minimal 8 m pro Jahr bis maximal 40 m pro Jahr auf. Der geglättete Zeitverlauf korrespondiert gut mit der Schneehöhenkurve des Meßtermins 1. Mai, der etwa dem Schneehöhenmaximum in dieser Höhenlage entspricht, ist aber in schlechter Übereinstimmung mit der Niederschlagsmengenkurve. Dies führt deutlich vor Augen, daß, hauptsächlich verursacht durch die windinduzierte Schneedrift, im Gebirge ein oft markanter Unterschied zwischen dem fallenden und dem abgelagerten Niederschlag besteht (vergleiche HOINKES, 1957). Ein gutes Beispiel für den wesentlich bedeutenderen Einfluß der Sommerwitterung auf das Gletscherverhalten und die relativ geringe Bedeutung der Winterwitterung gibt der Vergleich der Schneehöhenkurven des 1. Mai und des 1. Oktober, die gut die jährlichen Maxima und Minima der Schneeakkumulation in der Dreitausenderregion repräsentieren. Infolge der Lage des Sonnblicks oberhalb der klimatischen Schneegrenze erreicht das durchschnittliche Minimum nach der Abschmelzperiode nicht den Wert Null. Das langjährige Mittel der Schneehöhe am

1. Oktober beträgt 1 m. Dieser Überschuß speist die beiden auf der Fleißcharte entspringenden Gletscher. Dieser Firnrest nach der sommerlichen Ablationsperiode zeigt in seinem Zeitverlauf keinerlei Ähnlichkeit mit dem Verlauf des Schneehöhenmaximums. Die höchsten Winterschneehöhen wurden auf dem Sonnblick zwischen 1940 und 1955 registriert, während in dieser Zeit die Firnreste ihr Minimum erreichten, und die Gletscher sich in vollem Rückzug befanden. Nach 1955 stieg der nach dem Sommer im Nährgebiet der Gletscher verbleibende Schnee an, was zu der bereits erwähnten Vorstoßperiode mit dem Höhepunkt um 1980 führte, während genau in dieser Zeitspanne die Winterschneedecke nur minimale Mächtigkeit aufwies.

### 3.4 Änderungen der Windrichtungsverteilung - Eine Möglichkeit zur Beschreibung von großräumigen Zirkulationsänderungen?

Die Lage des Observatoriums auf einem exponierten Gipfel des Alpenhauptkammes prädestiniert es vor allem als Standort für Windmessung. Windrichtung und -geschwindigkeit wurden auch von Beginn an auf der Spitze des Observatoriumsturms gemessen. Trotz der günstigen Lage erwies sich die Zeitreihe der Windgeschwindigkeiten an zumindest 2 Stellen als inhomogen. Die Windrichtungen scheinen verwendbar zu sein, wenn auch Unsicherheiten durch den Neubau vor einigen Jahren aufgetaucht sind. Über die Existenz einer diesbezüglichen Inhomogenität kann erst in einigen Jahren entschieden werden. Die Windrichtungen sind in dieser Arbeit dargestellt durch die Zeitreihen der 4 Hauptkomponenten (zonal West, zonal Ost, meridional Nord, meridional Süd) sowie - noch höher aggregiert - durch die Zusammenfassung zu einer Zonal- und einer Meridional Komponente. Die Komponenten konnten nur durch skalare Addition der entsprechenden Richtungshäufigkeiten gebildet werden, da zu einer vektoriiellen Addition homogene Geschwindigkeitsdaten fehlten. Veränderungen in der Struktur der Windrichtungsverteilung sollten gewisse Effekte bei anderen Elementen nach sich ziehen, die etwa sensitiv auf Kontinentalität reagieren. Daß derartige Veränderungen der Windrosen in den Sonnblickdaten auftreten, kann den entsprechenden Zeitreihen der Abbildungen 1 bis 5 entnommen werden. Nach einer 30 jährigen Zeitspanne nicht systematischer Schwankungen gab es eine relativ stetige Entwicklung: Beginnend bei durchschnittlich 45% Meridionalität und 52% Zonalität in den Zwanzigerjahren erfolgte eine Zunahme der Meridional Komponente auf aktuell ca 57% gegenüber 42% der zonalen Richtungskomponente. Innerhalb der meridionalen Strömungen hat die Südkomponente stärker zugenommen als die nördliche. Südliche Winde erreichten ihr Maximum um 1960, während nördliche Strömungen in den 40er und 70er Jahren dominierten. Die erwähnte Abnahme zonaler Strömungskomponenten seit etwa 1920 verlief sehr stetig für die östlichen Winde, während Westwinde um 1940 ein Maximum erreichten und seither abnehmen.

Es fallen keine saisonalen Besonderheiten auf, die beschriebenen Charakteristiken der jährlichen Zeitreihen treten auch in den einzelnen Jahreszeiten auf (vgl. Abbildungen 2 bis 5).

Ein Vergleich der Schwankungen der Windrichtungshäufigkeiten mit den anderen Klimaelementen ist insgesamt widersprüchlich. Die für viele Einzelheiten typische "ozeanische" Klimaphase in der zweiten Dekade des 20. Jahrhunderts fällt nicht zusammen mit Häufigkeitsmaxima von Luftströmungen vom Atlantik oder Mittelmeer. Das Haupttemperaturmaximum fand etwa 10 Jahre vor dem Hauptmaximum der Südwinde statt. Andererseits besteht ein guter Zusammenhang zwischen hohen Niederschlagssummen in den Sechzigerjahren mit dem Maximum der Windrichtungen vom Mittelmeer. Auch die Zunahme der Meridionalität seit den Zwanzigerjahren paßt gut zu dem parallel dazu stattfindenden Luftdruckanstieg.

Insgesamt beurteilt bringt die Analyse der Schwankungen der Windrichtungshäufigkeiten nicht die erwartete Erklärungsmöglichkeit für die Schwankungen der anderen Klimaelemente. Offensichtlich repräsentiert der Sonnblick, trotz seiner anscheinend so günstigen Lage auf dem Alpenhauptkamm, doch nicht die ungestörten Strömungsverhältnisse der freien Atmosphäre im kontinentalen Scale. Es wäre günstig gewesen, die Sonnblick-Windregistrierung als eine Art Tracersignal für die großräumigen Strömungsverhältnisse verwenden zu können und so für diese eine lange Zeitreihe zu gewinnen - dieser Weg scheint aber nicht gangbar zu sein. Sowohl die lokale Orographie als auch das Strömungshindernis der Alpen als Ganzes beeinflussen offenbar die Windrosen des Sonnblicks doch zu stark.

#### 4. Ausblick

Die in dieser Arbeit verwendete multifaktorielle Beschreibung der Klimaschwankungen am Beispiel der Sonnblick-Zeitreihen hat einige neue Aspekte für die Klimaänderungsdiskussion aufgezeigt. Die gleichzeitige Behandlung von Zeitreihen mehrerer Klimaelemente ermöglicht einen gewissen Einblick in die Wirkungsmechanismen innerhalb des vernetzten Klimasystems. Natürlich können derartige Zeitreihenanalysen einer Station nicht globale Modellrechnungen ersetzen, aber sie tragen sicher zu einem besseren Verständnis bei und beinhalten gewisse Verifikationsmöglichkeiten von Modellrechnungsergebnissen. Unsere Intention war es, diese Möglichkeiten anhand des Beispiels einer Station aufzuzeigen. Möglicherweise können derartige multifaktorielle Klimareihen auch für andere qualitativ gute Stationen in anderen Regionen erarbeitet werden, was sicherlich interessante neue Möglichkeiten zum besseren Verständnis der vielen noch offenen Fragen innerhalb des Problemkreises der Klimaschwankungen eröffnen würde.

#### Literatur

- AUER, I., 1991: An Investigation of Precipitation Trends Based on a Rain-Gauge and Totalizer Network in the Sonnblick-Region (950-3100 m asl.). Proc. of the International Conference: "Mountainous Meteorology, Climatology of the Lower Layers of Troposphere, Stara Lesna, Aug. 26-30 1991, S. 43-48, Slov. Hydromet. Inst., Bratislava.
- AUER, I., 1992a: Precipitation Measurements in a High Alpine Region of Austria - Intercomparison of Different Measuring Systems. WMO-TD-Nr. 462, S. 252-255, Geneva.

- AUER, I., 1992b: Die Niederschlagsverhältnisse seit 1927 im Sonnblickgebiet nach Totalisatorenmessungen ergänzt durch Meßergebnisse von Talstationen nördlich und südlich des Alpenhauptkammes. 86.-87. Jb. d. SBV f. d. J. 1988-1989, S. 3-31, Wien.
- AUER, I., 1992c: Homogenization of Precipitation Series and Fluctuations of Precipitation Totals in Austria Since Mid-19th Century. Proc. of 73 rd. Annual Meeting of AMS, Boston.
- AUER, I., R. BÖHM and H. MOHNL, 1993: Climatic Change on Sonnblick - A Multi Elemental Approach to Describe Climatic Change Using a Centennial Data Set. Proc. of 73 rd. Annual Meeting of AMS, Boston.
- BÖHM, R., 1984: Monographie der Gletscher der Goldberggruppe in den Hohen Tauern. Teil I: Das Wurtenkees. Entwicklung des Gletschers seit 1850. 79.-81. Jb. d. SBV f. d. J. 1981-1983, S. 3-75, Wien.
- BÖHM, R., 1992: Lufttemperaturschwankungen in Österreich seit 1775. Österr. Beiträge z. Met. u. Geophys., Bd. 5, 96 S. Wien.
- BÖHM, R. and H. MOHNL, 1987: Statistische Analysen der Schneehöhen im Gebiet des Hohen Sonnblicks. Zeitschr. f. Gletscherk. u. Glazialgeol., Bd. 23, H. 1, S. 47-63, Innsbruck.
- BÖHM, R. and J. STROBL, 1987: Monographie der Gletscher der Goldberggruppe in den Hohen Tauern. Teil II: Goldberggletscher und Kleines Fleißkees. 82.-83. Jb. d. SBV f. d. J. 1984-1985, S. 3-44, Wien.
- FICKER, H., 1920: Beziehungen zwischen Änderungen des Luftdruckes und der Temperatur in den unteren Schichten der Troposphäre. Sitz. Ber. d. Akad. d. Wiss., Jg. 129, S. 763-810, Wien.
- GUTMANN, J., 1936: Die Aufstellung des Sonnenscheinautographen auf dem Sonnblick. 44. Jb. d. SBV f. d. J. 1935, S. 60-67, Wien.
- HOINKES, H., 1957: Über die Schneeumlagerung durch den Wind. 51.-53. Jb. d. SBV f. d. J. 1953-1955, S. 27-32, Wien.
- MOHNL, H., 1991: Fluctuations of Snow Parameters in the Mountainous Region of Austria Within the Last 90 Years. Mitteilungsbl. d. Hydrograph. Dienstes in Österr., Nr. 65/66, S. 264-268, Wien.
- PATZELT, G., 1985: The Period of Glacier Advances in the Alps 1965-1980. Z. f. Gletscherkunde u. Glazialgeol., Bd. 21, S. 403-407, Innsbruck.
- SCHÖNWIESE, C. D., J. MALCHER and C. HARTMANN, 1990: Globale Statistik langer Temperatur- und Niederschlagsreihen. 2. Aufl., Ber. Inst. Met. u. Geophys. Univ. Frankfurt/Main, Nr. 65.

#### **Anschrift der Verfasser:**

**Dr. Ingeborg Auer, Dr. Reinhard Böhm, Dr. Hans Mohnl**

**Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik**

**A-1190 Wien, Hohe Warte 38**

# Fünfzig Jahre meteorologische Beobachtungen auf dem Lomnický štít

Elena NIEPLOVÁ, Pavol PINDJÁK, Bratislava

## 1. Einleitung

Im Jahre 1990 sind fünfzig Jahre seit dem Beginn der regelmäßigen Beobachtungen auf dem Lomnický štít (Lomnitzer Spitze) vergangen. Im folgenden soll ein kurzer Überblick über Lage, Geschichte und klimatische Bedingungen dieses Gipfelobservatoriums gegeben werden.

## 2. Lage des Observatoriums

Lomnický štít (2632 m) liegt am Ostrand des Hauptkammes der Hohen Tatra. Der Hauptkamm der Hohen Tatra ist bogenähnlich nach Süden gewölbt und seine Länge beträgt 26,5 km. Seine mittlere Höhe beträgt 2279 m, die mittlere Höhe der Gipfel 2357 m und die der Bergsättel 2179 m. Die Hohe Tatra ist ein Hochgebirge von kleiner horizontaler Ausdehnung, ihre Abhänge steigen jedoch steil von den umliegenden Talkesseln an, bei einer relativen Überhöhung von mehr als 2000 m.

Die meteorologische Station hat die Merkmale einer Gipfelstation, die Gipfelausdehnung ist dabei klein. Das Gebäude der Seilbahnbergstation ist in den Gipfel einer steilen Spitze eingebaut; das ganze Gebäude ist auf der nordöstlichen Seite 18 m hoch. Der runde Eisenbetonraum des Observatoriums befindet sich auf dem Dach des Gebäudes, wo auch einige meteorologische Geräte aufgestellt sind.

## 3. Geschichte der meteorologischen Beobachtungen

Ununterbrochene und regelmäßige meteorologische Beobachtungen in diesem Gebiet nahmen ihren Anfang in den 60er und 70er Jahren des 19. Jahrhunderts. Die ältesten ganzjährigen Wetteraufzeichnungen stammen aus Liptovský Hrádok (1881), Štrbské Pleso (1902) und Starý Smokovec (1905). Die Versuche, ein meteorologisches Observatorium auf dem Hochgebirgsgipfel zu gründen, waren jedoch nicht erfolgreich. Der anwachsende Erholungsreiseverkehr und die Bergtouristik in den 30er Jahren dieses Jahrhunderts gaben Anlaß zur Errichtung der Schwebeseilbahn Tatranská Lomnica-Skalnaté Pleso-Lomnický štít. Auf Verlangen namhafter Meteorologen und Geographen - Dr. F. Vitásek, Dr. A. Gregor und Dr. R. Schneider - wurden in die Aufbaupläne des Stationsgebäudes auch die Räume für das meteorologische Observatorium eingebunden, und der Bau wurde den Bedürfnissen der meteorologischen Beobachtungen angepaßt. Mit dem Bau wurde im Jahre 1936 begonnen; im Laufe des Sommers 1940 war das Gebäude fertiggestellt, und nach der Installation der meteorologischen Geräte wurde mit der regelmäßigen Beobachtungstätigkeit im Observatorium begonnen. Diese wurde nur im Zeitabschnitt von 21. Jänner 1945 bis 31. Dezember 1946 durch Kriegsereignisse unterbrochen.

Seit dem Beginn der Beobachtungen sind August-Psychrometer-Thermometer, Extremthermometer, Thermograph, Hygrograph und Hygrometer in einer hölzernen Jalousiehütte aufgestellt, die sich auf der Nordseite der Beobachtungsrotunde auf dem Dach des Gebäudes befindet. Die Thermometer sind in einer Höhe von 120 cm über dem Dach aufgestellt. Ursprünglich war die Hütte vor dem Fenster des Observatoriums installiert. Es wurde angenommen, daß diese Maßnahme es ermöglicht im Fall von extrem ungünstigem Wetter die Werte direkt im Raum des Observatoriums abzulesen. Diese Lösung bewährte sich jedoch nicht, da zur Zeit der Stürme bei raschen Luftdruckveränderungen warme Luft aus dem Innenraum des Observatoriums in die Hütte angesaugt wurde.

Ursprünglich waren am Observatorium folgende Geräte installiert: universeller Fuess-Anemograph in der Ausführung für Bergstationen mit der Windstoßskala bis 80 m/s, Dines-Anemograph zur Registrierung der Momentangeschwindigkeit des Windes, Fuess-Luftdruckmesser, Tycos-Mikrobarograph der Firma Short and Mason, Michelson-Martens-Aktinometer, Aktinograph nach Robitzsch, Campbell-Stokes-Heliograph. Zur Niederschlagsmessung dienen bis heute zwei Regenmesser mit der Auffangfläche von 500 cm<sup>2</sup>, der eine ohne Windschutz, der andere mit Schutz vom Typ Nipher. Die Stationsausstattung wurde später um einen Totalisator mit der Auffangfläche von 250 cm<sup>2</sup>, ein Kipp-Zonen-Solarimeter und einen geheizten SIAP-Berganemograph ergänzt.

Anfang der 60er Jahre entstanden auf dem Lomnický štít zwei wissenschaftliche Einrichtungen der Slowakischen Akademie der Wissenschaften. Im astronomischen Institut wurden die physikalischen Eigenschaften der hohen Schichten der Atmosphäre untersucht, gegenwärtig wird die Sonnenkorona und Protuberanz außer der totalen Sonnenfinsternis mit Koronograph beobachtet. Im Institut für experimentelle Physik wurden die Eigenschaften der kosmischen Strahlung untersucht und beobachtet.

#### 4. Klimatologische Charakteristik

Die Hohe Tatra modifiziert auf kleiner Fläche das Klima des Gesamtgebietes beträchtlich. Das stark gegliederte Glazialrelief mit den beträchtlichen Relativhöhen bildet eigenartige klimatische Bedingungen. Der mächtige Gebirgskamm formt ein bedeutendes Hindernis für die Luftströmung und schützt die Tallagen an den Südhängen vor den Kaltlufteinbrüchen aus Norden.

Der Charakter des Gebirgsklimas in der Hohen Tatra wird von den komplizierten und schwankenden Zirkulationsverhältnissen Mitteleuropas bestimmt. Im Winter ist das Wetter vom Wechsel verschiedener zyklonaler und antizyklonaler Situationen beeinflusst - aus West und Nordwest ins Binnenland einströmende Zyklone, über Ungarn auf das Gebiet der Slowakei eindringende Zyklone aus dem Mittelmeerraum, Antizyklone, die für längere Zeit über dem Gebiet der Ostkarpaten stabilisiert sind. Die Sommerzirkulation ist geschwächt, das Wetter ist von der zyklonalen Tätigkeit über dem Nordteil des Kontinents und auch von der verstärkten Konvektion in den Berggebieten charakterisiert.

Das meteorologische Observatorium auf dem Lomnický štít ist die höchstgelegene Beobachtungsstelle im Raum der CSFR. Deshalb kommt es vor, daß die meteorologischen



Elemente, die durch die Seehöhenveränderung beeinflusst werden, hier Extremwerte für das gesamte Staatsgebiet darstellen. Die klimatologischen Parameter und ihr Jahresgang sind hier auch von der Seehöhe stark modifiziert.

Die grundlegenden statistischen Parameter der Lufttemperatur auf dem Lomnický štít für die 30jährige Periode 1961-1990 sind in Tabelle 1 und 2 angegeben.

**TABELLE 1: Statistische Parameter der Lufttemperatur auf dem Lomnický štít für die Periode 1961-1990**

Mittlere Monats- und Jahreslufttemperatur in °C, Terminmittel,  $t = (t_7 + t_{14} + 2t_{21})/4$

	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
$t_7$	-11,5	-11,8	-9,8	-6,1	-1,2	1,6	3,1	3,4	0,8	-2,0	-6,8	-10,0	-4,1
$t_{14}$	-10,6	-10,4	-8,1	-4,3	0,4	3,3	4,9	5,1	2,3	-0,9	-6,0	-9,4	-2,8
$t_{21}$	-11,3	-11,6	-9,5	-6,2	-1,6	1,2	2,8	3,1	0,8	-2,0	-6,7	-9,9	-4,2
$t$	-11,2	-11,3	-9,3	-5,7	-1,0	1,8	3,4	3,6	1,2	-1,8	-6,6	-9,8	-3,8

Extrema der Tagesmittel der Lufttemperatur (in °C)

	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
Max.	2,2	2,2	3,9	5,3	9,2	11,8	12,8	13,0	10,5	8,3	5,3	1,5	13,0
Min.	-29,8	-28,4	-30,9	-17,2	-13,6	-11,0	-5,2	-6,3	-11,2	-16,9	-21,7	-24,9	-30,9
Standardabweichung	5,67	5,39	5,22	4,53	4,02	4,23	3,94	3,98	4,38	4,72	5,22	5,24	7,29

Interdiurne Veränderlichkeit (in °C)

	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
Mittel	3,0	2,6	2,6	2,1	1,7	1,7	1,9	1,8	2,1	2,5	2,7	2,9	2,3
Maximum	13,1	10,0	14,5	9,4	7,6	8,6	8,8	8,1	12,4	11,3	11,7	12,2	14,5

Abkühlung

	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
Mittel	-2,8	-2,7	-2,4	-2,2	-1,9	-1,9	-2,0	-2,1	-2,2	-2,5	-2,9	-3,0	-2,4
Maximum	-15,6	-12,4	-13,2	-12,9	-9,8	-12,2	-9,7	-9,2	-10,6	-11,1	-15,3	-15,7	-15,7

Häufigkeiten der Tagesmitteltemperaturen

	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
$\geq 0$	4	8	20	71	397	593	745	761	584	374	80	13	3650
$\geq 5$				2	38	211	330	348	165	43	1		1138
$\geq 10$						9	26	39	4				78

**TABELLE 2: Extreme Lufttemperaturen auf dem Lomnický štít für die Periode 1961-1990 (in °C)**

<b>Absolutes Maximum</b>													
4,7	4,2	6,3	9,3	13,7	17,3	17,3	16,6	13,4	11,6	7,0	5,2	17,3	
<b>Tag/Jahr</b>													
15.1975	21.1990	18.1990	23.1962	23.1986	30.1963	01.1987	17.1974	18.1961	23.1989	01.1968	17.1989	01.07.1987	
<b>Absolutes Minimum</b>													
-31,6	-29,9	-31,4	-19,0	-16,6	-12,4	-8,0	-8,4	-12,2	-18,6	-23,2	-30,4	-31,6	
<b>Tag/Jahr</b>													
13.1968	18.1985	03.1987	15.1988	14.1980	02.1977	16.1977	25.1980	28.1972	31.1973	26.1989	27.1976	13.01.1968	

	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
<b>Mittleres Tagesmaximum</b>	-8,6	-8,6	-6,4	-2,8	1,9	4,9	6,6	6,8	3,9	0,9	-4,0	-7,2	-1,0
<b>Mittleres Tagesminimum</b>	-13,8	-13,8	-11,9	-8,3	-3,5	-0,7	0,8	1,2	-1,2	-4,1	-9,1	-12,5	-6,4
<b>Mittleres Monatsmaximum</b>	-1,2	-1,8	1,0	3,8	7,6	12,1	13,7	13,7	10,5	8,0	3,3	0,2	15,1
<b>Mittleres Monatminimum</b>	-23,3	-22,4	-20,9	-16,6	-10,9	-7,4	-5,3	-5,2	-8,6	-12,9	-18,0	-22,2	-26,6

**Zahl der Tage mit charakteristischen Extremtemperaturen**

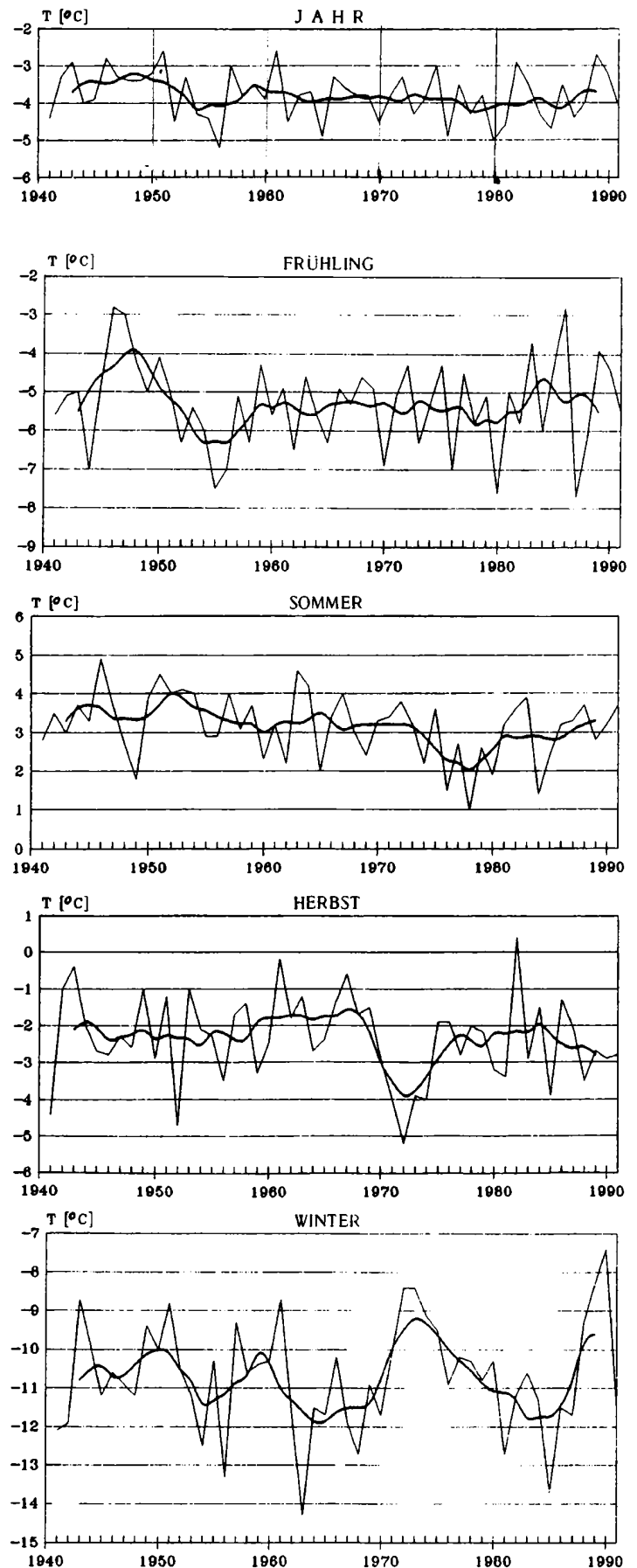
	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
<b>Frosttage</b>													
- Mittel	31,0	28,2	30,9	29,3	25,1	15,7	12,7	11,5	16,8	23,4	29,0	30,9	284,4
- Maximum	31	29	31	30	31	25	24	26	27	31	30	31	315
- Minimum	31	27	29	25	13	2	2	4	2	9	25	29	252
<b>Eistage</b>													
- Mittel	30,3	27,4	28,9	23,0	9,0	3,8	1,9	1,6	5,6	12,7	24,2	29,5	197,8
- Maximum	31	29	31	30	20	10	5	9	17	31	30	31	227
- Minimum	27	19	22	14	2					3	16	24	171
<b>Strenge Frosttage</b>													
- Mittel	22,5	21,0	19,1	10,0	2,1	0,2			0,6	4,8	12,2	20,2	112,6
- Maximum	31	28	29	20	10	3			4	16	23	28	141
- Minimum	14	10	10	1							1	10	84

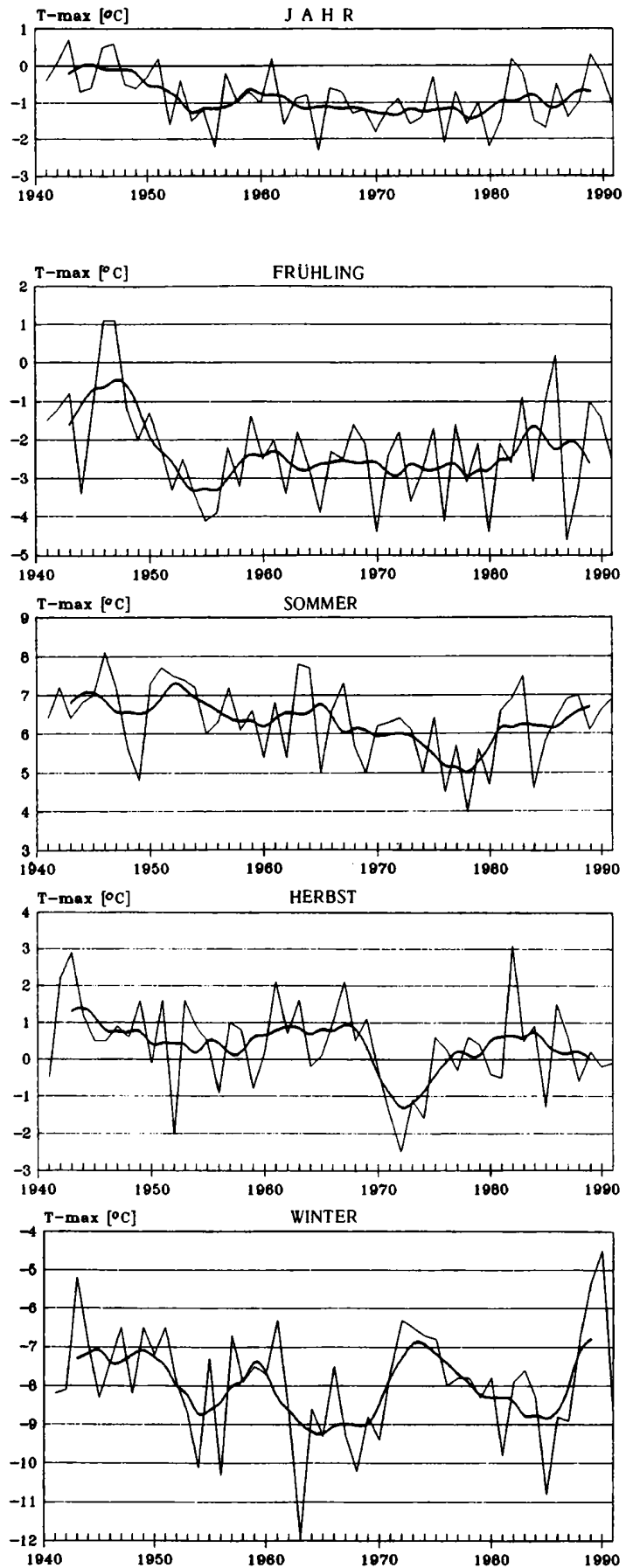
Das Jahresmittel der Lufttemperatur von -3,8 °C ist ein Tiefstmittel für das ganze Gebiet der CSFR. Der Jahrgang der Lufttemperatur entspricht dem Gebirgsklima - der wärmste Monat ist der August mit einem Monatsmittel der Temperatur von 3,6 °C, der kälteste Monat der Februar mit einem Mittel von -11,3 °C. Ein Merkmal des Gebirgsklimas ist auch die Tatsache, daß sich in der Periode der intensiven Konvektionsströme die tägliche Erwärmung nicht erhöht und die Lufttemperatur um 21 Uhr niedriger ist als um 7 Uhr.

Die mittlere Temperaturamplitude ist über das ganze Jahr klein, was auch die Mittelwerte der Tagesmaxima und -minima bestätigen (der kleinste Wert von  $5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  im Oktober, der größte Wert von  $5,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  im Juli). Das absolute Maximum der Lufttemperatur in der Geschichte der Station,  $19,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , wurde am 20. August 1943 registriert. Das Vorkommen dieser Höchsttemperatur ist mit dem mächtigem Absinken in der Antizyklone über der Tatra verbunden. Die tiefste Lufttemperatur,  $-31,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , wurde bei einer nördlichen zyklonalen Situation am 13. Jänner 1968 gemessen.

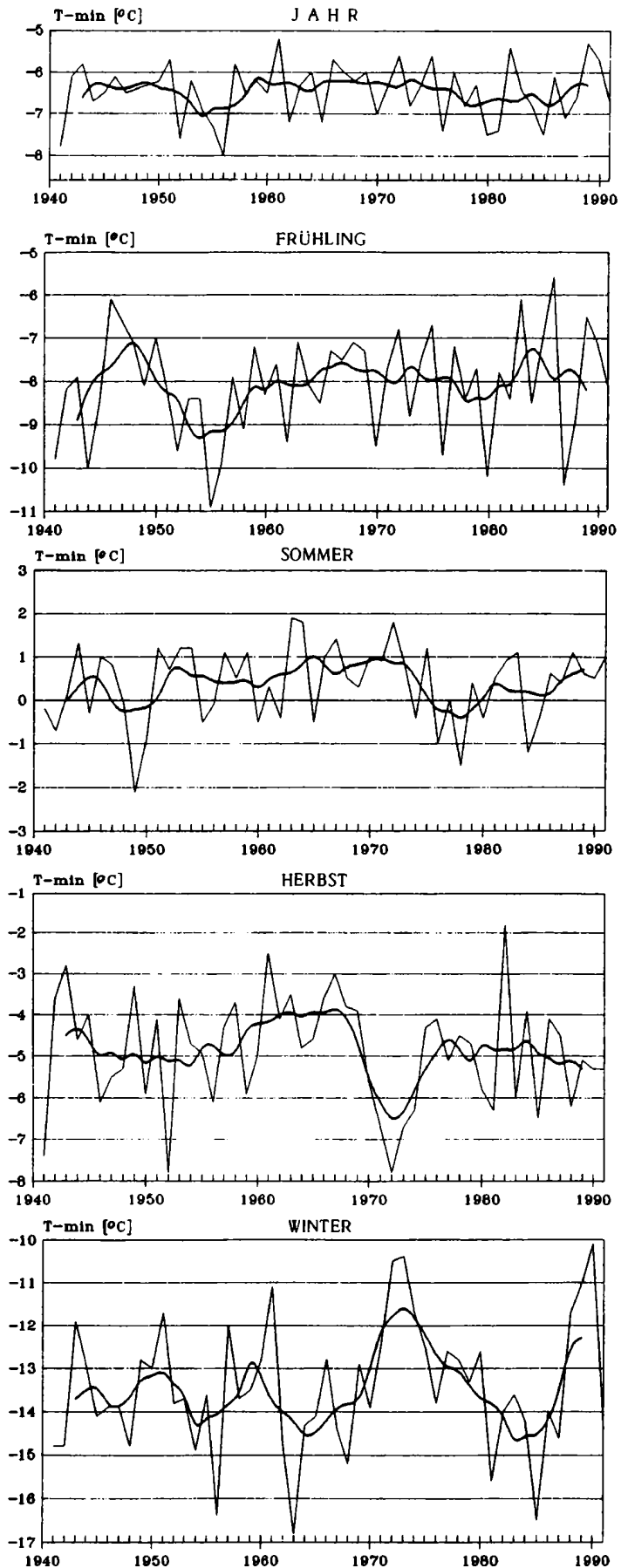
In den Abbildungen 1, 2 und 3 ist der Zeitverlauf der Jahres- und Jahreszeitenmitteltemperatur und der Extremtemperaturen veranschaulicht.

**ABBILDUNG 1:**  
Zeitreihen des Jahres- und Jahreszeitenmittels der Lufttemperatur von Lomnický štít (2635 m)  
— Einzelwerte  
— 5jähriges gleit. Mittel





**ABBILDUNG 2:**  
 Zeitreihen des Jahres- und  
 Jahreszeitenmittels der Extrem-  
 temperatur von Lomnický štít  
 (2635 m) - Tagesmaximum  
 — Einzelwerte  
 — 5jähriges gleit. Mittel



**ABBILDUNG 3:**  
 Zeitreihen des Jahres- und  
 Jahreszeitenmittels der  
 Extremtemperatur von Lomnický  
 štít (2635 m) - Tagesminimum  
 — Einzelwerte  
 — 5jähriges gleit. Mittel

Die Niederschlagsmessung in den Gebirgslagen ist mit großen Schwierigkeiten verbunden. Systematische Meßfehler infolge des aerodynamischen Windeinflusses, vor allem auf Niederschlag in fester Form, können in den windigen Kammgebieten 40% übersteigen.

Die Grunddaten über die Niederschlagsmengen und die Schneedecke in der Periode 1961-1990 sind in Tabelle 3 angegeben.

**TABELLE 3: Statistische Parameter der Niederschlagssummen auf dem Lomnický štít für die Periode 1961-1990**

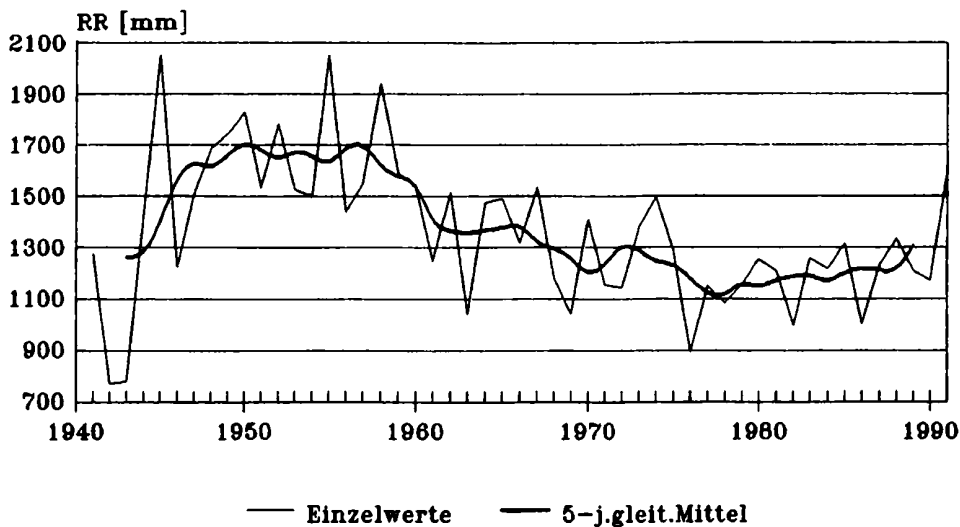
	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
<b>Monats- und Jahressummen des Niederschlages in mm</b>													
Mittel	94	91	93	98	100	138	131	129	86	76	97	105	1239
Maximum	191	181	195	166	190	256	252	249	174	242	225	202	1532
Jahr	1967	1962	1967	1978	1984	1973	1980	1977	1990	1974	1962	1974	1967
Minimum	31	8	21	42	44	55	59	40	19	9	36	16	893
Jahr	1978	1976	1974	1961	1977	1976	1979	1973	1969	1977	1978	1972	1976
<b>Relative mittlere Veränderlichkeit der Monats- und Jahressummen des Niederschlages in % des gegebenen Monatsmittels</b>													
	38	40	34	27	31	26	29	30	32	42	34	42	10
<b>Tagessumme des Niederschlages in mm</b>													
Maximum	49	32	40	40	53	89	74	50	53	43	48	47	89
Tag/Jahr	4.61	3.67	2.65	6.90	23.84	30.73	3.67	1.86	23.84	20.74	14.88	29.86	30.6.73
<b>Häufigkeiten der Tage mit Niederschlag</b>													
≥ 0,0mm	557	516	614	602	617	635	577	538	447	416	501	589	6609
≥ 0,1mm	532	495	580	578	589	589	546	508	420	382	487	566	6272
≥ 1,0mm	419	395	453	454	459	485	438	421	328	304	401	473	5030
≥ 5,0mm	199	191	192	208	208	251	229	242	176	166	209	219	2490
≥10,0mm	82	95	83	85	93	137	133	130	90	68	96	98	1190
≥25,0mm	9	6	8	6	7	26	29	31	11	12	9	8	162
<b>Höhe der Schneedecke in cm</b>													
Mittel	100	121	125	124	85	32	9	7	12	19	34	70	81
Mittleres Maximum	131	147	151	152	120	37	10	7	16	27	61	100	181
Absolutes Maximum	287	260	262	266	219	146	61	32	65	136	140	230	287
Tag/Jahr	24.83	1.83	28.83	16.83	13.65	1.87	8.84	31.81	24.64	30.74	7.74	31.74	24.1.83
<b>Zahl der Tage mit Schneedecke</b>													
Mittel	31	28	31	30	25	13	6	3	10	17	28	31	250
Maximum	31	29	31	30	31	30	15	12	28	31	30	31	298
Minimum	28	28	30	18	11					2	15	29	215

Auf dem Lomnický štít wird der Niederschlag mit einem Regenschirm ohne Windschutz und mit einem mit Schutz vom Typ Nipher gemessen. Nach PETROVIC (1962) sind die gemessenen Summen beim geschützten Regenschirm um 11% höher als beim ungeschützten.

Die mittlere Jahressumme der Niederschlagsmengen, gemessen im angeführten 30jährigen Zeitraum, beträgt 1239 mm. Im Jahresgang wird das Niederschlagsminimum (76 mm) im Oktober, das Maximum (130 mm) im Juni beobachtet. Nach den Werten der absoluten Extrema ist die Niederschlagsschwankung groß. In einem außerordentlich trockenen Jahr fällt auf die Gipfel der Tatra nur ungefähr 800 mm Niederschlag (absolutes Minimum während der ganzen Beobachtungszeit waren 771 mm im Jahr 1942), in einem niederschlagsreichen kann die Summe von 2000 mm überschritten werden (absolutes Maximum während der ganzen Beobachtungszeit waren 2052 mm im Jahr 1955). Die geringste Niederschlagsschwankung wird im Juni (26% der mittleren Monatssumme), die größte im Oktober (42% der mittleren Monatssumme) beobachtet.

Für eine Gebirgslage ist charakteristisch, daß die maximale Tagessumme des Niederschlages in keinem Monat höher als das entsprechende Monatsmittel ist.

In Abbildung 4 ist der Zeitverlauf der Jahres- und Jahreszeitensummen des Niederschlages seit dem Beginn der Beobachtungen zusammengestellt.



**ABBILDUNG 4:** Zeitreihen der Jahressummen des Niederschlages der Station Lomnický štít (2635 m)

Tage mit Schneedecke kommen auf dem Lomnický štít das ganze Jahr über vor, andererseits können in allen Wintermonaten auch Tage ohne Schneedecke vorkommen. Die Messung der Schneedeckenhöhe auf dem Lomnický štít ist hinsichtlich der stark windigen Lage, der Steilheit der Abhänge und der kleinen Gipffläche sehr kompliziert. Die maximale Höhe der Schneedecke wird von März bis April erreicht, das absolute Maximum von 323 cm wurde im Februar 1948 gemessen.



Die Sonnenscheindauer auf den Hochgebirgsspitzen hat ihren eigenen Jahresgang (siehe Tabelle 4). Lomnický štít hat eine freie Lage und die effektiv mögliche Sonnenscheindauer ist sogar länger als die astronomisch mögliche bei waagrechttem Horizont.

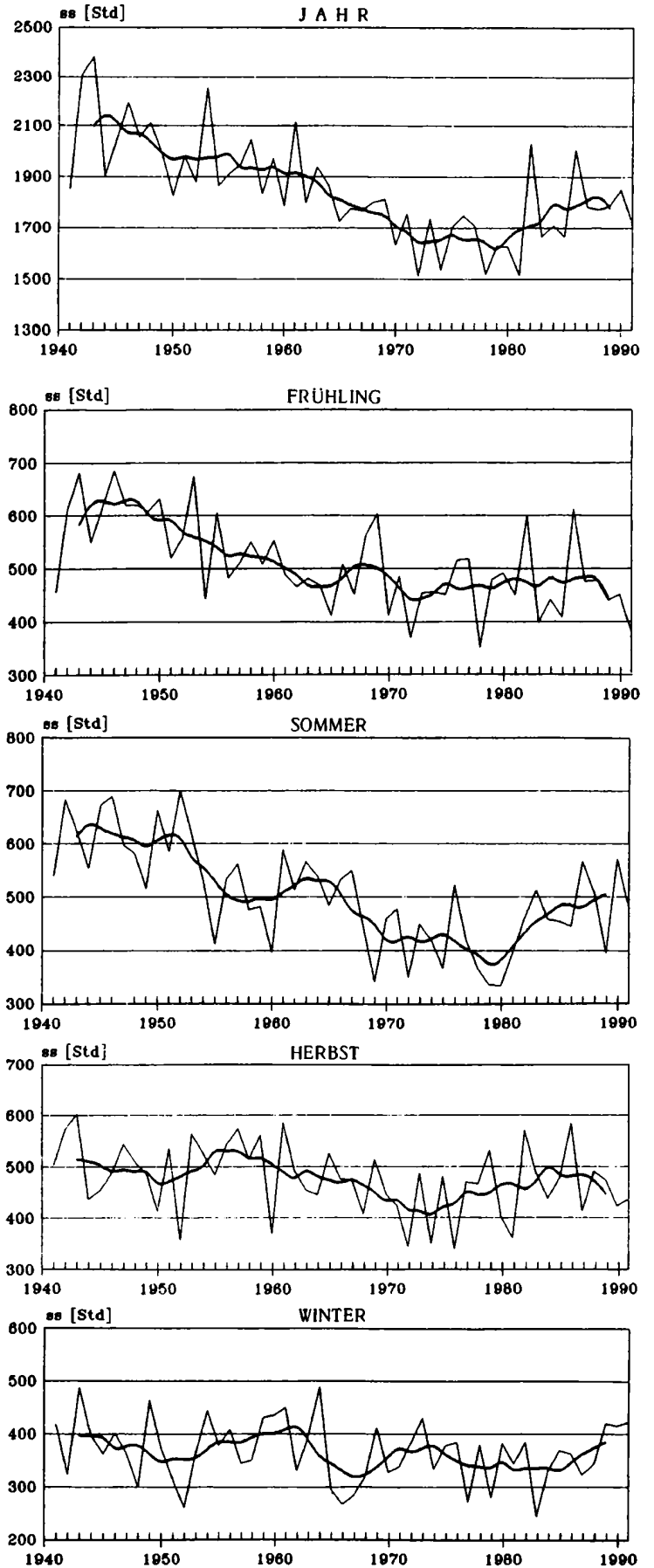
**TABELLE 4:** Statistische Parameter der Sonnenscheindauer auf dem Lomnický štít für die Periode 1961-1990

	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
<b>Sonnenscheindauer in Stunden</b>													
Tagesmittel	4	5	5	5	5	5	5	5	6	6	4	3	5
Monatsmittel	120	130	166	154	153	141	156	164	171	175	115	105	1749
Maximale Monatssumme	190	211	218	222	236	218	240	226	262	241	192	186	2113
Jahr	1989	1976	1984	1969	1986	1976	1987	1990	1982	1965	1978	1972	1961
Minimale Monatssumme	58	79	115	102	68	69	89	104	96	65	53	62	1512
Jahr	1983	1973	1983	1972	1978	1969	1980	1978	1972	1974	1981	1988	1972
<b>Mittlere Zahl der Tage in Monat und Jahr</b>													
ohne Sonne	7,6	7,0	4,8	5,5	4,7	4,7	4,0	3,9	4,2	5,1	8,0	8,8	68,4
mit Sonne $\geq$ 5 Stunden	13,5	13,5	16,2	13,6	13,4	12,4	13,8	14,3	16,1	17,6	12,0	11,6	168,0
heitere Tage		6,4	5,5	4,5	2,7	1,1	0,8	1,2	2,1	4,6	8,0	4,5	6,0
trübe Tage	11,0	11,3	13,6	15,3	16,1	16,4	16,3	14,2	11,6	10,2	11,7	11,9	159,6

Im Jahresmittel scheint die Sonne täglich etwa 5 Stunden, mit dem Maximum im Herbst und dem Minimum im Winter. Die mittlere Jahressumme der Sonnenscheindauer in der Periode 1961-1990 beträgt ungefähr 1750 Stunden. Die längste relative Sonnenscheindauer hat der Oktober, bis 55% der effektiv möglichen Sonnenscheindauer, die kürzeste relative Sonnenscheindauer hat der Juni mit nur 35% der effektiv möglichen.

Die Charakteristik der Sonnenscheindauer ist noch durch die Zahl der Tage mit mehr als 5 Stunden dauerndem Sonnenschein ergänzt.

In Abbildung 5 ist der Zeitverlauf der Jahres- und Jahreszeitensummen der Sonnenscheindauer seit Beginn der Beobachtungen dargestellt.



**ABBILDUNG 5:**  
 Zeitreihen der Jahres- und  
 Jahreszeitensummen der  
 Sonnenscheindauer von  
 Lomnický štít  
 — Einzelwerte  
 — 5jähriges gleit. Mittel

Ein interessanter Aspekt ist die Zahl der heiteren und trüben Tage, die den Jahrgang der Bewölkung charakterisieren. Die Zahl der heiteren Tage auf dem Lomnický štít beträgt 48 mit dem Maximum im Oktober, die Zahl der trüben Tage 160 mit dem Maximum von Mai bis Juli.

Das Hochgebirgsobservatorium auf dem Lomnický štít hat sein 50jähriges Jubiläum mit dem rekonstruierten Interieur begrüßt; in der Gegenwart steht es aber noch vor wichtigen Veränderungen, die mit der Teilautomatisierung der Messungen und Datenübertragung verbunden sind.

#### Literatur

PETROVIC, Š.: Dvadsát rokov meteorologického observatória na Lomnickom štíte. Praha, HMÚ 1962.

PETROVIC, Š.: Klimatická charakteristika Lomnického štítu na základe dvadsatrocnych meteorologických pozorovaní. Meteorologické Zprávy, 16, 1963, c. 5, S. 129-136.

PETROVIC, Š.: Teplotné pomery na Lomnickom štíte podľa 40-rocných pozorovaní. Meteorologické Zprávy, 27, 1974, c. 4, S. 97-107.

HMÚ: Rocenka poveternostnych pozorovaní na Lomnickom štíte z rokov 1940-1991, Bratislava.

#### **Anschrift der Verfasser:**

Elena Nieplová, Pavol Pindják

Slovensky hydrometeorologicky ústav

Jeséniova 17

833 15 Bratislava

# Ergebnisse der Niederschlagsmessungen am Sonnblick-Observatorium - ein Vergleich verschiedener Meßmethoden

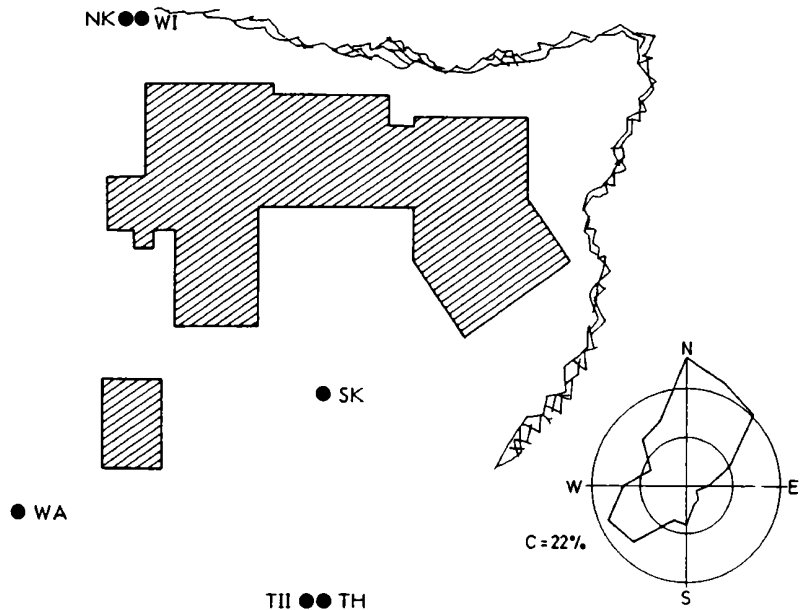
I. AUER, Wien

## 1. Einleitung

Im Rahmen einer Untersuchung, die für die im Mai 1992 in Wien stattgefundene WMO-Tagung TECO-92 durchgeführt wurde, wurden die Meßergebnisse diverser am Sonnblick-Gipfel installierter Niederschlagsmeßgeräte gegenüber gestellt (AUER, 1992). Die wichtigsten Erkenntnisse sollen nun auch dem Leserkreis des Jahrbuchs des Sonnblick-Vereines in gekürzter Form dargeboten werden.

Abbildung 1 zeigt die Aufstellung der verglichenen Meßgeräte sowie die bei Niederschlag vorherrschende Windrichtungsverteilung (Windrose nach STEINHAUSER, 1938).

**ABBILDUNG 1:**  
Lageskizze der Niederschlagsmeßgeräte um das Sonnblick-Observatorium



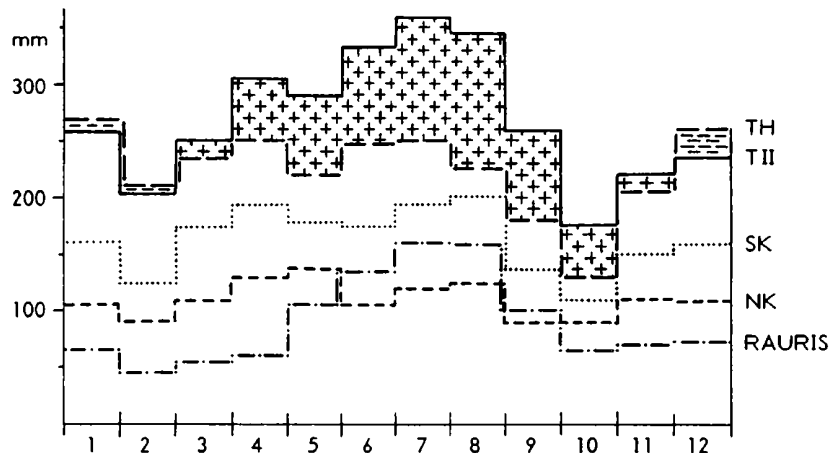
## 2. Vergleich von Niederschlagssummen für die Periode 1960-1989

Verglichen wurden: NK: Ombrometer Nord, 500 cm<sup>2</sup>, ohne Windschutz  
 SK: Ombrometer Süd, 500 cm<sup>2</sup>, ohne Windschutz  
 TH: Totalisator mit horizontaler Auffangfläche, mit Windschutzring  
 T II: Totalisator mit hangparalleler Auffangfläche, ohne Windschutz

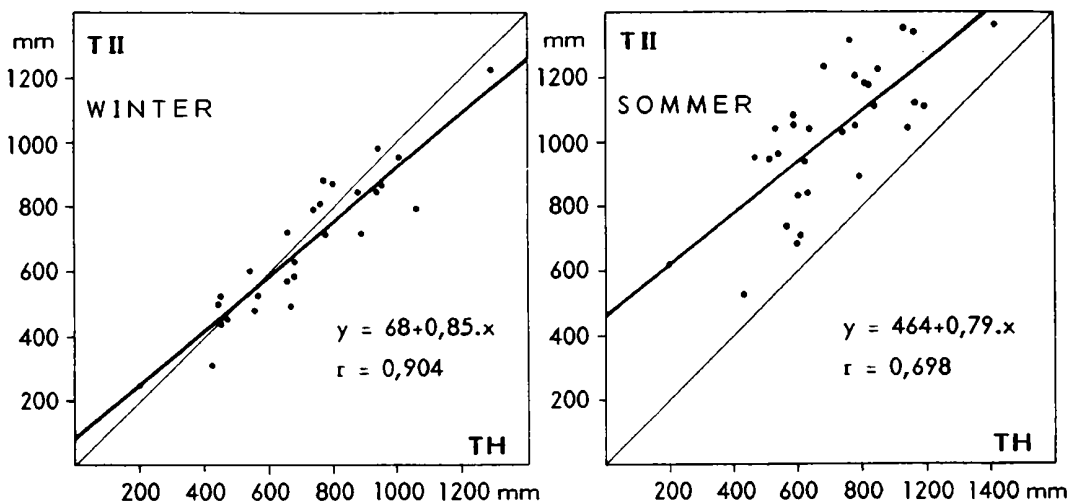
Infolge der bei Niederschlag auftretenden Windrichtungsverteilung am Sonnblick empfängt der Südkübel jährlich 25% mehr Niederschlag als der Nordkübel. Da die Unzulänglichkeit der Niederschlagsmessung im Hochgebirge mit herkömmlichen Ombrometern eine allgemein bekannte Tatsache ist, werden am Sonnblickgipfel seit vielen Jahren auch

zwei Totalisatoren, einer mit horizontaler Auffangfläche (seit 1934) und einer mit hangparalleler Auffangfläche (seit 1959), betrieben. Auch diese direkt nebeneinander aufgestellten Niederschlagssammler zeigen größere Unterschiede, wobei die Menge des hangparallelen Totalisators jene des mit horizontaler Auffangfläche um 23% übertrifft. Bemerkenswert ist der stark unterschiedliche Jahresgang, den die beiden Meßgeräte zeigen (Abbildung 2).

**ABBILDUNG 2:**  
Jahresgang der  
Niederschlagssummen auf  
dem Sonnblick und an der  
Talstation Rauris  
(1960-1989)

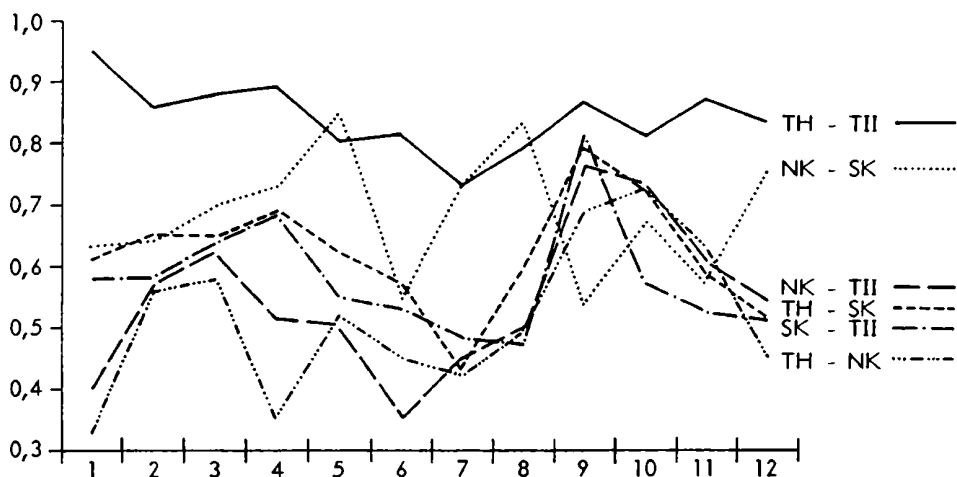


Als klein sind die Unterschiede in den Wintermonaten zu bezeichnen, wobei der Totalisator mit horizontaler Auffangfläche geringfügig mehr Niederschlag empfängt. Hingegen weisen die Sommermonate viel größere Unterschiede auf - von März bis Oktober übertrifft der Niederschlagseintrag des hangparallelen Totalisators jenen des mit horizontaler Auffangfläche. Daraus ergibt sich für den hangparallel aufgestellten Totalisator ein Jahresgang, ähnlich wie er bei den Talstationen zu finden ist (AUER, 1992), wogegen der Totalisator horizontal prozentuale Niederschlagsanteile an der Jahressumme sowohl für den Sommer als auch für den Winter von 27% aufweist. Der unterschiedliche Jahresgang des Niederschlages bei den beiden Meßgeräten führt auch zu unterschiedlichen Regressionsbeziehungen für die Winter- und die Sommermonate, dargestellt in Abbildung 3.



**ABBILDUNG 3:** Lineare Regressionsanalyse von Niederschlagssummen der zwei Totalisatoren auf dem Sonnblick (1961-1989)

Abbildung 4 zeigt die teilweise sehr geringen Korrelationskoeffizienten der vier Niederschlagsmeßgeräte untereinander. Daher scheint es auch nicht verwunderlich, daß die zeitlichen Niederschlagsänderungen bei den einzelnen Meßgeräten nicht konform verlaufen. So ergaben lineare Regressionsanalysen, gerechnet über übergreifende Subintervalle von 21 Jahren, für die beiden Meßgeräte mit ausreichender Datenlänge, Ombrometer Nord und Totalisator horizontal, signifikante Unterschiede (Irrtumswahrscheinlichkeit  $\leq 5\%$ ) um die Jahre 1940 und 1953. Vergleichende Berechnungen mit Hilfe eines Gebietsmittels Hohe Tauern (7 Ombrometer und 5 Totalisatoren) zeigten wiederum signifikante Unterschiede zwischen Ombrometer Nord und diesem Mittel um 1940 und 1953, während der horizontale Totalisator keinerlei signifikante Unterschiede zum Gebietsmittel Hohe Tauern aufzeigte; das heißt nur der Totalisator horizontal darf für Aussagen über zeitliche Niederschlagsänderungen am Sonnblick herangezogen werden.



**ABBILDUNG 4:** Korrelationskoeffizienten der monatlichen Niederschlagssumme der vier verschiedenen Meßgeräte auf dem Sonnblick

### 3. Vergleiche von automatischen Niederschlagsmeßsystemen und den herkömmlichen Ombrometern

Seit 1987 sind am Sonnblick-Observatorium mehrere automatische Niederschlagsmeßeinrichtungen im Einsatz, zwei davon wurden mit den Ombrometern verglichen.

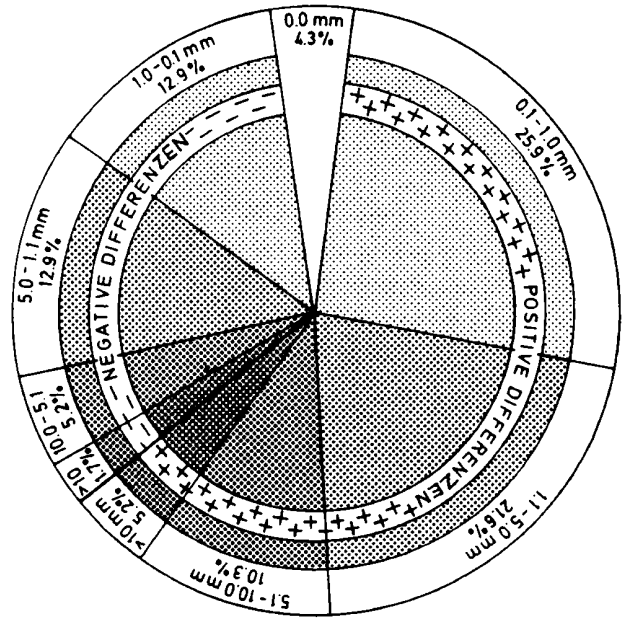
A) Vergleich: WA: Niederschlagswaage: ohne Windschutz  
 SK: Ombrometer Süd: 500 cm<sup>2</sup>, ohne Windschutz  
 Vergleichszeitraum: IX-XI 1991

Verglichen wurden 12stündige Niederschlagssummen, die kleinsten vergleichbaren Zeiteinheiten. Innerhalb des dreimonatigen Zeitraumes empfing der Gebirgsregmesser Süd 381 mm, wogegen das automatische System 712 mm - einen Mehrbetrag von 331 mm - registrierte. 33mal meldete die Niederschlagswaage Ereignisse bis zu 21 mm, wobei zu gleicher Zeit die Beobachter niederschlagsfreies Wetter meldeten. Dies ergab einerseits einen Mehrbetrag von 88 mm, andererseits ergab sich ein Fehlbetrag von 64 mm bei 11

Niederschlagsereignissen, bei denen das automatische Meßsystem den Wert 0 aufzeichnete. Ein detaillierteres Bild gibt Abbildung 5a. Nur 4% aller Niederschlagsereignisse lieferten exakt denselben Meßbetrag, wird ein Fehler von  $\pm 1$  mm toleriert, so tritt eine Verbesserung bis zu 43% auf.

#### ABBILDUNG 5a:

Relative Häufigkeitsverteilung der Differenzen von zwölfstündigen Niederschlagssummen zwischen der Niederschlagswaage und der Handmessung Ombrometer Süd



B) Vergleich: WI: Niederschlagswippe, Windschutzring  
 NK: Ombrometer Nord: 500 cm<sup>2</sup>, ohne Windschutz  
 Vergleichszeitraum: IX-XI 1991

Im Vergleichszeitraum empfing das Ombrometer Nord 281 mm, die Wippe registrierte nur 197 mm, ein Defizit von 84 mm. Bis zu 10 mm hohe 12stündige Niederschlagssummen meldete die Wippe an 25 Halbtagen, die laut Beobachtern jedoch niederschlagsfrei verliefen. Dies ergab einen Mehrbetrag von 66 mm, jedoch gingen 135 mm bei 39 Niederschlagsereignissen verloren, wo die Niederschlagswippe den Wert 0 anzeigte. Abbildung 5b gibt mit einer Häufigkeitsauszählung der 12stündigen Niederschlagsdifferenzen ein genaues Bild. Genau denselben Meßwert zeigten beide bei 5% aller Niederschlagsereignisse, innerhalb einer Abweichung von  $\pm 1$  mm liegen 40% aller Niederschlagsereignisse.

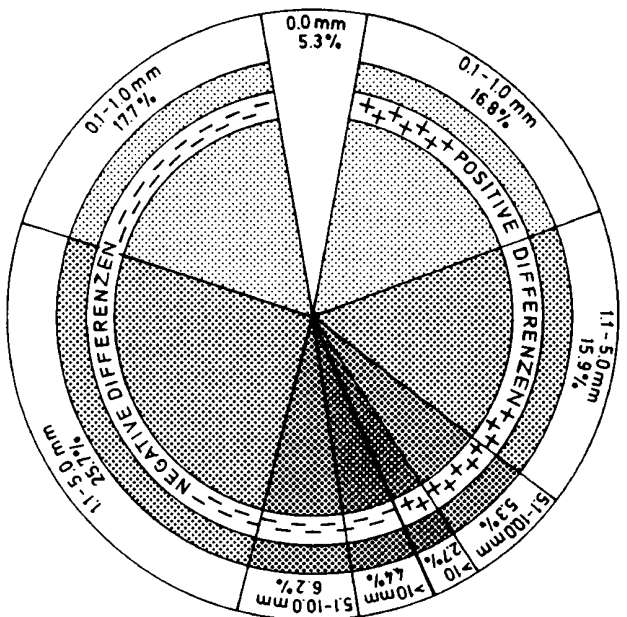


ABBILDUNG 5b: Relative Häufigkeitsverteilung der Differenzen von zwölfstündigen Niederschlagssummen zwischen der Niederschlagswippe und der Handmessung Ombrometer Nord

## 4. Zusammenfassung

Nach wie vor ist die Niederschlagsmessung am Sonnblick nicht befriedigend gelöst. Zwar scheinen die Meßergebnisse des hangparallelen Totalisators der Realität am ehesten zu entsprechen, die zeitliche Niederschlagsauflösung ist damit aber praktisch nicht gegeben. Auch die Korrektur der mit Ombrometern gemessenen Niederschlagstagesummen mit den Totalisatoren-Monatssummen ist auf Grund der geringen Korrelationen zwischen den Meßgeräten nicht zu empfehlen. Vergleiche zwischen den automatischen Meßgeräten und den herkömmlichen Ombrometern lieferten auch nur zu 4 bzw. 5% übereinstimmende Meßergebnisse, und auch bei Akzeptanz eines Meßfehlers von  $\pm 1$  mm innerhalb von 12 Stunden herrscht nur etwa 40%ige Übereinstimmung. Dabei handelt es sich bei den automatischen Systemen in der überwiegenden Zahl von Fällen nicht um quantitative Meßfehler, sondern es treten unakzeptabel häufig die Fälle auf, daß Niederschläge gemeldet werden, die nicht stattfinden, bzw. bei Niederschlag der Sensor nichts meldet.

### Literatur

- AUER, I.: Precipitation Measurements in a High Alpine Region of Austria - Intercomparison of Different Measuring Systems. TECO-92, Vienna, Austria, Instruments and Observing Methods, WMO-Rep. No. 49, pp. 251-255, 1992.
- AUER, I.: Die Niederschlagsverhältnisse seit 1927 im Sonnblickgebiet nach Totalisatorenmessungen ergänzt durch Meßergebnisse von Talstationen nördlich und südlich des Alpenhauptkammes. 86.-87. Jb. d. SV., 1988-1989, 1-21, Wien 1992.
- STEINHAUSER, F.: Die Meteorologie des Sonnblicks, I. Teil. Beiträge zur Hochgebirgsmeteorologie nach Ergebnissen 50jähriger Beobachtungen des Sonnblickobservatorium, 3106 m, Komm. Verl. Julius Springer, Wien 1938.

### **Anschrift der Verfasserin:**

Dr. Ingeborg Auer

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

A-1190 Wien, Hohe Warte 38



## Massenhaushalt Wurtenkees - Haushaltsjahr 1989/90

W. SCHÖNER, Wien

### 1. Zusammenfassung

Die folgende Arbeit beschreibt die Meßergebnisse des achten untersuchten Massenhaushaltsjahres auf dem Schareckteil des Wurtenkees' im Sonnblickgebiet. Einer durchschnittlichen Wintermassenbilanz von  $116,8 \text{ g/cm}^2$  stand eine durchschnittlich negative Sommermassenbilanz von  $-192,8 \text{ g/cm}^2$  gegenüber, die zu einer Jahresbilanz von  $-76,0 \text{ g/cm}^2$  führte. Der Massenverlust des Gletschers im Haushaltsjahr 1989/90 betrug  $1,0351 \text{ Mio. t}$ . Somit weist das Wurtenkees in den acht untersuchten Haushaltsjahren auch weiterhin nur ein positives Haushaltsjahr (1983/84) auf.

### 2. Einleitung

Dieser Bericht beschreibt die Messungen und Ergebnisse des Massenhaushaltes des Wurtenkees' für das Haushaltsjahr 1989/90 mittels direkter glaziologischer Methode. Die Messungen werden jährlich seit dem Haushaltsjahr 1982/83 durchgeführt. Das Wurtenkees weist auf Grund seiner ungünstigen Exposition fast jedes Jahr einen sehr großen relativen Massenverlust auf und kann daher mangels genügender Nettoakkumulation als "sterbender Gletscher" bezeichnet werden. Seit dem Haushaltsjahr 1986/87 besteht der Schareckteil des Wurtenkees' aus zwei völlig getrennten Gletscherteilen, die jeweils eine eigene Dynamik mit eigenem Akkumulations- und Ablationsgebiet besitzen.

Alle bisherigen Massenhaushaltsuntersuchungen auf dem Wurtenkees sind in der Zeitschrift "Wetter und Leben", bzw. seit dem Haushaltsjahr 1988/89 im "Jahresbericht des Sonnblickvereines" veröffentlicht worden.

### 3. Witterungsverlauf im Haushaltsjahr 1989/90

Für die Beschreibung des Witterungsverlaufes in der Gipfelregion des Wurtenkees' steht das Sonnblick-Observatorium (3106 m) zur Verfügung. Bedingt durch die nach Süden hin offene Lage des Gletschers sind für seine tiefer gelegenen Gebiete vor allem in Hinblick auf die Temperaturverhältnisse noch am ehesten die Beobachtungen der Gipfelstation Villacher Alpe (2139 m) heranzuziehen, obwohl diese ca. 70 km gegen Südosten entfernt und zu tief gelegen ist. Die Tabelle 1 gibt monataweise den Witterungsverlauf und die Abweichung für die beiden erwähnten Stationen wieder.

**TABELLE 1: Witterungsverlauf im Haushaltsjahr 1989/90 auf dem Sonnblick (3106 m)**

	OKT	NOV	DEZ	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	WI	SO
<b>Lufttemperatur (°C)</b>	-3,2	-8,4	-7,9	-8,8	-8,0	-7,9	-8,4	-2,6	-0,2	2,1	2,3	-2,5	-7,5	-0,2
<b>Abweichung vom Normalwert (°C)</b>	0,6	-0,5	3,2	4,1	5,1	3,4	0,1	1,5	0,4	0,8	0,9	-1,9	2,3	0,3
<b>Zahl der Frosttage</b>	26	30	31	31	28	31	30	31	24	17	11	28	207	111
<b>Zahl der Eistage</b>	18	29	31	31	24	29	30	12	7	2	4	16	192	41
<b>Sonnenscheindauer (h)</b>	212,0	175,9	178,2	172,8	165,2	197,7	98,7	186,5	130,8	250,3	226,3	139,6	1200,5	933,5
<b>Abweichung vom Normalwert (%)</b>	19,3	57,9	58,0	55,8	44,5	38,2	-26,6	26,8	-9,2	48,3	35,8	-16,3	32,7	17,6
<b>Globalstrahlung (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	99	66	53	53	83	134	147	182	168	209	167	112	635	838
<b>Niederschlag (mm)</b>	836	737	695	322	1479	924	1555	486	1865	2131	687	1210	6548	6379
<b>Abweichung vom Normalwert (%)</b>	-24,9	-43,5	-44,1	-73,7	39,9	-27,9	-10,1	-68,1	28,2	42,8	-55,8	10,4	-26,9	-10,4
<b>Niederschlagstage (&gt;0,1 mm)</b>	12	11	9	8	15	14	24	19	24	14	13	18	93	88
<b>Schneefalltage</b>	12	11	9	8	15	14	24	14	10	6	4	15	93	49

**Witterungsverlauf im Haushaltsjahr 1989/90 auf der Villacher Alpe (2139 m)**

	OKT	NOV	DEZ	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	WI	SO
<b>Lufttemperatur (°C)</b>	3,3	-2,8	-3,3	-3,0	-2,0	-1,1	-2,9	4,1	6,0	8,7	9,1	4,3	-1,7	6,4
<b>Abweichung vom Normalwert (°C)</b>	1,6	0,0	2,2	4,4	5,3	4,2	-0,5	2,0	0,1	0,7	1,2	-1,2	2,4	0,5
<b>Zahl der Frosttage</b>	13	27	30	30	19	22	30	6	5	3	0	8	171	22
<b>Zahl der Eistage</b>	3	14	17	21	12	9	21	0	0	0	0	0	97	0
<b>Sonnenscheindauer (h)</b>	247,6	191,0	140,7	194,0	177,4	205,6	134,9	238,3	162,1	288,4	286,2	154,3	1291,2	1129,3
<b>Abweichung vom Normalwert (%)</b>	39,3	29,9	11,5	-47,9	-36,9	36,2	-12,8	29,7	-11,9	32,7	38,3	-17,6	42,7	15,3
<b>Globalstrahlung (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	102	62	43	56	77	122	137	175	152	193	170	104	599	794
<b>Niederschlag (mm)</b>	108	1035	511	589	343	497	930	337	1658	1679	950	1357	4013	5981
<b>Abweichung vom Normalwert (%)</b>	-90,3	-29,0	-54,0	-47,0	-66,4	-55,1	-35,2	-69,9	10,6	0,8	-35,5	6,7	-52,0	-14,9
<b>Niederschlagstage (&gt;0,1 mm)</b>	3	8	10	6	10	10	16	12	21	13	10	17	63	73
<b>Schneefalltage</b>	2	6	5	6	9	9	16	1	1	1	0	2	53	5

## Winter

Das Haushaltsjahr begann mit einem durchschnittlich warmen aber sehr niederschlagsarmen Oktober und November (bezogen auf den Normalwert der Periode 1951 - 1980). Ab Dezember 89 begann eine sehr milde Winterperiode, die bis zum März anhielt. Dabei lag im Februar 90 die Temperatur auf dem Sonnblick und der Villacher Alpe um 5 °C über dem Normalwert. Außerdem war diese Periode sehr sonnenscheinreich und durch geringe Niederschlagsmengen geprägt. Das Niederschlagsdefizit konnte in dieser Periode nur im Februar etwas ausgeglichen werden. Der April war zwar durchschnittlich warm, aber das Ende des Winterhaushaltsjahres war ebenfalls niederschlagsarm.

Im Bereich des Gletschers wurden vom Hochalpineinstellung der Kelag drei Totalisatoren und 14 Schneepegel betreut. Auf Grund von Personalwechsel konnte im Jänner und Februar 1990 das Schneepegelnetz nicht betreut werden. Zusammen mit den Werten der beiden Stationen des Hydrographischen Dienstes in Kleindorf und Innerfragant sind die Monatswerte in Tabelle 2 enthalten.

**TABELLE 2: Niederschlagsmonatssummen im Wurtenkeesgebiet (mm) im Haushaltsjahr 1989/90; Winter**

Meßstelle	Seehöhe (m)	X	XI	XII	I	II	III	IV	Summe Winter
Kleindorf	735	7	71	31	4	45	56	38	252
Innerfragant	1195	7	89	52	6	100	66	77	395
Wurtenkees T1	2420	30	60	15	50	60	30	60*	305*
Wurtenkees T3	2511	240	35	40	35	80	220	300	950
Wurtenkees T4	2791	136	104	35	65	80	125	120	665

**Niederschlagsmonatssummen im Wurtenkeesgebiet (mm) im Haushaltsjahr 1989/90; Sommer**

Meßstelle	Seehöhe (m)	V	VI	VII	VIII	IX	Summe Sommer	Summe Jahr
Kleindorf	735	58	103	130	58	80	429	681
Innerfragant	1195	76	162	122	74	70	504	899
Wurtenkees T1	2420	90*	130*	130*	85*	70*	505*	810*
Wurtenkees T3	2511	260	310	310	200	255	1335	2285
Wurtenkees T4	2791	110	135	165	145	155	710	1375

\* = korrigiert (Totalisator schadhaft)

## Schneehöhen im Wurtenkeesgebiet (Werte in cm) im Haushaltsjahr 1989/90; Winter

Meßstelle	Seehöhe (m)	1.10.	1.11.	1.12.	1. 1.	1. 2.	1. 3.	1. 4.	1. 5.
		Firnrest							
Kleindorf	735	--	--	--	3	--	--	--	--
Innerfragant	1195	--	--	--	12	--	21	20	--
Wurtenkees PE 3	2562	0	40	85	110	?	?	210	220
Wurtenkees PE 5	2638	0	60	110	155	?	?	280	275
Wurtenkees PE 7	2655	0	60	115	150	?	?	290	320
Wurtenkees PE 9	2594	0	35	75	100	?	?	185	290
Wurtenkees PE11	2686	0	160	195	230	?	?	350	360
Wurtenkees PE15	2735	0	55	90	115	?	?	200	225
Wurtenkees PE17	2802	0	45	115	130	?	?	205	250
Wurtenkees PE19	2835	0	45	110	120*	?	?	210	215
Wurtenkees PE21	2896	0	70	95	120	?	?	230	230
Wurtenkees PE23	2954	0	110	150	165	?	?	280	295
Wurtenkees PE25	2941	0	70	95*	120*	?	?	235	250
Wurtenkees PE27	3025	40	90	105	135	?	?	265	285
Wurtenkees PE29	3028	165	210	245	270	?	?	410	430
Wurtenkees PE31	3076	0	85	105	135	?	?	250	265
Unteres Mittel (PE3,5,7,9,11)		0	71	116	149	?	?	263	293
Oberes Mittel (PE15,17,19,21,23,25,27,29,31)		23	87	127	153	?	?	254	272

\* = ergänzter Wert, ? = kein Wert vorhanden

## Schneehöhen im Wurtenkeesgebiet (Werte in cm) im Haushaltsjahr 1989/90; Sommer

Meßstelle	Seehöhe (m)	1. 5.	1. 6.	1. 7.	1. 8.	1. 9.	Firnrest 1.10.
Kleindorf	735	--	--	--	--	--	--
Innerfragant	1195	--	--	--	--	--	--
Wurtenkees PE 3	2562	220	185	105	0	0	0
Wurtenkees PE 5	2638	275	240	165	25	0	0
Wurtenkees PE 7	2655	320	290	210	60	0	0
Wurtenkees PE 9	2594	290	145	65	0	0	0
Wurtenkees PE11	2686	360	335	275	120	0	0
Wurtenkees PE15	2735	225	215	145	10	0	0
Wurtenkees PE17	2802	250	225	150	25	0	0
Wurtenkees PE19	2835	215	190	120	0	0	0
Wurtenkees PE21	2896	230	220	180	45	0	0
Wurtenkees PE23	2954	295	285	230	90	0	0
Wurtenkees PE25	2941	250	240	195	60	0	0
Wurtenkees PE27	3025	285	280	250	140	15	0
Wurtenkees PE29	3028	430	410	365	245	115	85
Wurtenkees PE31	3076	265	270	230	115	0	0
Unteres Mittel		311	253	179	51	0	0
Oberes Mittel		278	265	215	90	16	11

Der Schneedeckenaufbau begann ab dem 8. Oktober. Die sehr niederschlagsarme Winterperiode führte am Ende des Winterhalbjahres zu wesentlich geringeren Schneehöhen im Bereich des ganzen Gletschers, verglichen mit den bisher untersuchten Haushaltsjahren. Die Schneehöhen lagen am Ende des Winters bei allen Pegeln mit Ausnahme der lawinenbeeinflussten Schneepegel (PE 7 und Lawinenprofil) unter 3 m. Die höhergelegenen Gletscherteile wiesen auch in diesem Jahr wieder geringere Niederschlagsmengen auf als die tiefer gelegenen. Der Totalisator T4 in 2791 m registrierte um 30% weniger Niederschlag als der in 2511 m gelegene Totalisator T3. Der Totalisator T1 dürfte im Zeitraum April bis Juni schadhafte gewesen sein und wurde daher korrigiert. Die vom Totalisator T3 gemessene Niederschlagsmenge für das Winterhalbjahr 1989/90 war um 445 mm, beim Totalisator T4 um 340 mm geringer als im Vorjahr.

## Sommer

Das Sommerhalbjahr begann mit einem zu warmen und sehr niederschlagsarmen Mai. Auch die Monate Juni, Juli und August waren geringfügig wärmer als der jeweilige Normalwert. Im Juni und Anfang Juli gab es ergiebige Schneefälle, die aber in der darauffolgenden strahlungsreichen und niederschlagsarmen Periode von Mitte Juli bis Anfang September rasch abgebaut wurden. Der September war zu kühl und wies einige Neuschneefälle auf, sodaß es nur mehr zu einer geringfügigen Eisablation kam. Insgesamt war der Sommer bei durchschnittlicher Temperatur sonnenscheinreich und zu trocken verglichen mit den Normalwerten 1951 - 1980.

Die Ausaperung im Zungenbereich des Wurtenkees' begann trotz der geringen Winterschneemenge ungefähr in der zweiten Hälfte des Juli. Dies war eine Folge der Schneefälle im Juni und Anfang Juli. Der Totalisator T3 wies im Sommerhalbjahr 65 mm, der Totalisator T4 345 mm weniger Niederschlag als im Vorjahr auf.

## 4. Die Messungen vom 5. bis 9.5.1990 - Winterbilanz

Die Feldmessungen für die Winterbilanz 1989/90 konnten wieder Anfang Mai durchgeführt werden. An 18 Profilen wurden die Dichte und der Schneetemperaturverlauf gemessen und teilweise auch die Stratigraphie der Schneedecke bestimmt (Tab. 3 und 4 ). Die Lage und Höhe der Profilstandpunkte wurde von der Kelag geodätisch eingemessen bzw. mit Bussole und Kompaß bestimmt und ist aus der Karte der Winterbilanz zu ersehen. Zusätzlich zu den Messungen in den Schneeschächten wurde der Gletscher mit einem dichten Schneetiefensondierungsnetz (95 Punkte) abgedeckt, um die graphische Interpolation der Isolinien der spezifischen Winterbilanz zu verbessern. Die Tiefenwerte und interpolierten Bilanzwerte der Sondierung sind in Tabelle 5 dargestellt. In einigen Profilen auf der Gletscherzunge war bereits ein leichter Einfluß durch Schmelzwasserabfluß festzustellen. Daher ist im Zungenbereich mit einem leichten Fehler bei der gemessenen spezifischen Winterbilanz zu rechnen.

**TABELLE 3: Wurtenkees-Schareckteil; Winterbilanzmengen 5.-9.5.1990 (Schneesächte)**

Profil Nr.	Bezeichnung	Koordinaten M31			h (cm)	bw (g/cm <sup>2</sup> )	g (g/cm <sup>3</sup> )	Vorjahres- horizont
		X	Y	Z				
1	ENDE*	210.790	-25.280	2510	218	96,1	0,44	Eis
2	PE 3	210.836	-25.132	2562	222	84,8	0,38	Eis
3	PE 5	210.939	-24.827	2638	265	119,9	0,45	Eis
4	PE 7	211.188	-24.849	2655	324	154,5	0,48	Firn
5	PE 9	210.927	-25.071	2594	182	73,1	0,40	Eis
6	AUS*	210.880	-24.940	2625	265	123,2	0,47	Eis
7	WOLF*	211.060	-25.150	2580	161	62,8	0,39	Eis
8	HITZE*	211.120	-25.000	2630	260	109,9	0,42	Eis
9	LAWI*	211.060	-24.530	2605	410	168,3	0,41	Firn
10	PE13	210.815	-24.631	2676	235	89,2	0,38	Eis
11	PE15*	210.550	-24.480	2735	235	101,2	0,43	Eis
12	PE17	210.500	-24.259	2802	264	110,9	0,42	Eis
13	PE19	210.697	-24.209	2835	205	84,9	0,41	Eis
14	RATRAC*	210.540	-23.980	2875	226	97,2	0,45	Eis
15	PE21	210.796	-24.066	2896	220	92,4	0,42	Eis
16	PE25	210.867	-23.971	2941	245	98,0	0,40	Eis
17	PE31	211.165	-23.763	3076	264	110,9	0,42	Firn
18	Chemie*	211.310	-23.830	3070	225	76,5	0,34	Firn

\* = Lagebestimmung durch Sondiergenetz

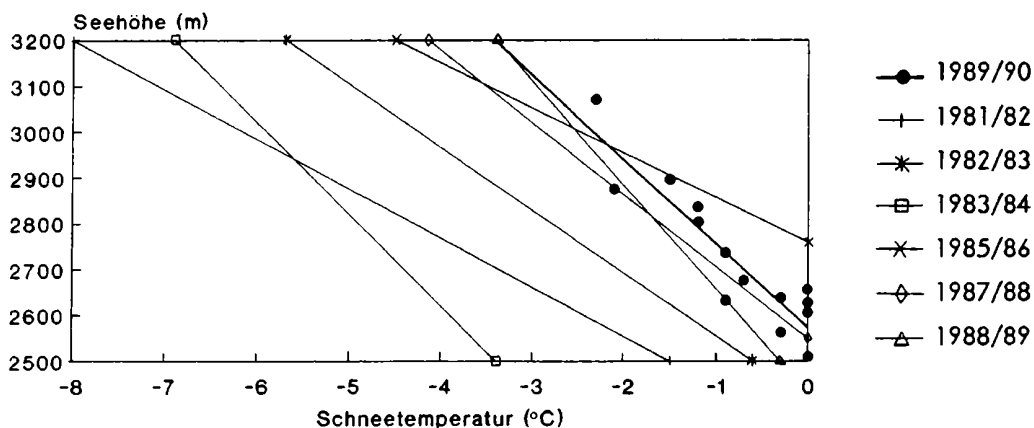
**TABELLE 4: Wurtenkees-Schareckteil; Winterbilanzmessungen 5.-9.5.1990 Schneetemperatur**

Profil Nr.	Seehöhe (m)													Mittel 50-200	
		10	20	30	40	50	100	150	200	250	300	350	400		
1	2510	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0						0,0
2	2562	0,0	0,0	--	0,0	0,0	-0,2	-0,4	-0,5						-0,3
3	2638	0,0	--	0,0	--	0,0	-0,1	-0,2	-0,9	-0,3					-0,3
4	2655	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				0,0
5	2594	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,6	-1,2							
6	2625	0,0	--	0,0	--	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					0,0
7	2580	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
8	2630	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,5	-0,7	-2,3	-1,7					-0,9
9	2605	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5	-1,8	-2,0		0,0
10	2676	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,8	-1,0	-0,8						-0,7
11	2735	-0,0	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-1,2	-2,0						-0,9
12	2802	--	0,0	--	--	0,0	-1,0	-1,8	-1,9	-2,4	0,0	0,0			-1,2
13	2835	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,2	-0,2	-2,2	-2,1						-1,2
14	2875	--	--	0,0	--	-0,2	-0,3	-3,6	-4,2						-2,1
15	2896	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	0,2	-0,7	-2,2	-2,7						-1,5
16	2941	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,3	-0,9							
17	3076	--	-0,8	-2,8	-3,2	-3,6	-4,6	-4,3							
18	3070	--	--	0,0	-0,6	-1,0	-2,6	-2,7	-3,0						-2,3

**TABELLE 5: Wurtenskees-Schareckteil; Winterbilanzmessungen 5.-9.5.1990; Schneetiefensondierungen**

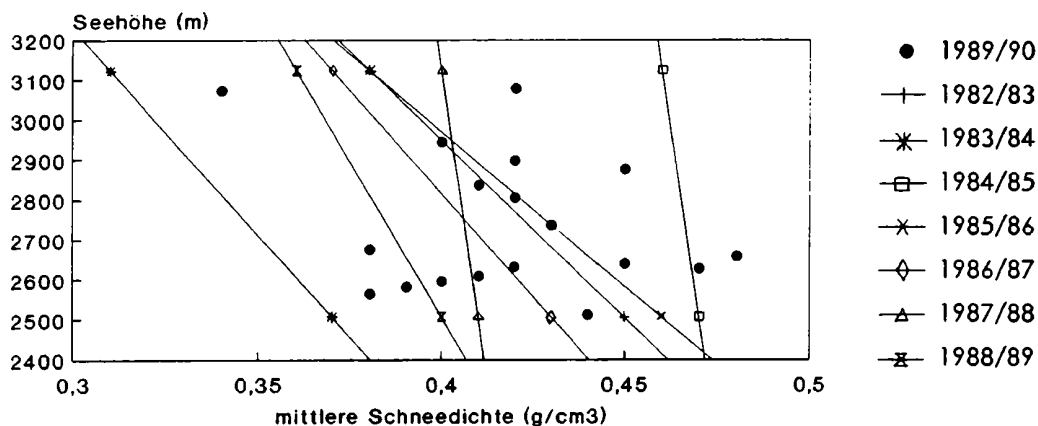
Punkt	Tiefe (cm)	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	bw (g/cm <sup>2</sup> )	Punkt	Tiefe (cm)	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	bw (g/cm <sup>2</sup> )
1	>320	0,36	>115,2	51	260	0,44	114,4
2	225	0,34	76,5	52	260	0,45	117,0
3	250	0,37	92,5	53	265	0,45	119,9
4	280	0,40	112,0	54	275	0,44	121,0
5	264	0,42	110,9	55	270	0,43	116,1
6	225	0,39	87,8	56	270	0,42	113,4
7	230	0,38	84,8	57	270	0,41	110,7
8	200	0,38	76,0	58	265	0,40	106,0
9	200	0,39	78,0	59	260	0,39	101,4
10	205	0,39	80,0	60	245	0,38	89,2
11	185	0,40	73,1	61	245	0,42	102,9
12	220	0,40	88,0	62	245	0,43	101,2
13	185	0,40	74,0	63	250	0,43	107,5
14	230	0,41	94,3	64	230	0,43	98,9
15	230	0,43	98,9	65	225	0,42	94,5
16	230	0,41	94,3	66	205	0,42	86,1
17	240	0,41	98,4	67	210	0,42	88,2
18	240	0,42	100,8	68	264	0,42	110,9
19	255	0,43	109,7	69	180	0,42	75,6
20	230	0,44	101,2	70	200	0,42	84,0
21	260	0,45	117,0	71	200	0,43	86,0
22	300	0,45	135,0	72	220	0,43	94,6
23	235	0,46	108,1	73	185	0,43	79,6
24	280	0,46	128,8	74	190	0,43	81,7
25	345	0,47	162,2	75	230	0,43	97,2
26	325	0,48	154,5	76	225	0,43	96,8
27	380	0,47	178,6	77	290	0,43	124,7
28	460	0,47	216,2	78	245	0,43	105,4
29	295	0,47	138,7	79	270	0,43	116,1
30	320	0,46	147,2	80	250	0,43	107,5
31	330	0,46	151,8	81	250	0,43	107,5
32	410	0,47	192,7	82	195	0,43	83,9
33	355	0,46	163,3	83	230	0,43	99,8
34	330	0,46	151,8	84	240	0,42	100,8
35	330	0,45	148,5	85	260	0,42	109,2
36	360	0,45	162,0	86	200	0,42	84,0
37	425	0,44	187,0	87	240	0,42	100,8
38	>600	0,44	>264,0	88	220	0,42	92,4
39	545	0,43	234,4	89	235	0,41	96,4
40	>600	0,42	>252,0	90	---	---	---
41	>600	0,42	>252,0	91	250	0,41	102,5
42	>600	0,41	>246,0	92	265	0,40	106,0
43	380	0,41	155,8	93	280	0,40	112,0
44	425	0,41	174,3	94	245	0,40	98,0
45	440	0,42	184,8	95	220	0,40	88,0
46	440	0,42	184,8				
47	320	0,42	134,4				
48	280	0,43	120,4				
49	280	0,43	120,4				
50	250	0,44	110,0				

Die Abhängigkeit der Schneetemperatur (gemittelt über den Bereich 50 bis 200 cm) von der Seehöhe wurde mittels einer linearen Regression untersucht. Abbildung 1 zeigt, daß im unteren Gletscherbereich bereits einige Schneeprofile isotherm auf 0 °C erwärmt waren, während im oberen Gletscherteil die Schneetemperatur noch eine eindeutige Abhängigkeit von der Seehöhe aufweist.



**ABBILDUNG 1:** Mittlere Schneetemperatur der Meßprofile in Abhängigkeit von der Seehöhe

Die mittlere Schneedichte der einzelnen Profile war im Allgemeinen sehr hoch, es konnte aber für dieses Haushaltsjahr keine Abhängigkeit von der Seehöhe festgestellt werden (Abbildung 2). Dies dürfte wohl eine Folge der abnormalen Winterwitterung dieses Jahres sein.



**ABBILDUNG 2:** Mittlere Schneedichte der Meßprofile in Abhängigkeit von der Seehöhe

Im Rahmen des geplanten ALPTRAC/SNOSP-Projektes wurden auch dieses Jahr wieder Schneeproben für eine chemische Analyse genommen und an das Institut für Analytische Chemie der Technischen Universität Wien übergeben.

## 5. Die Messungen im Sommer und Herbst 1990

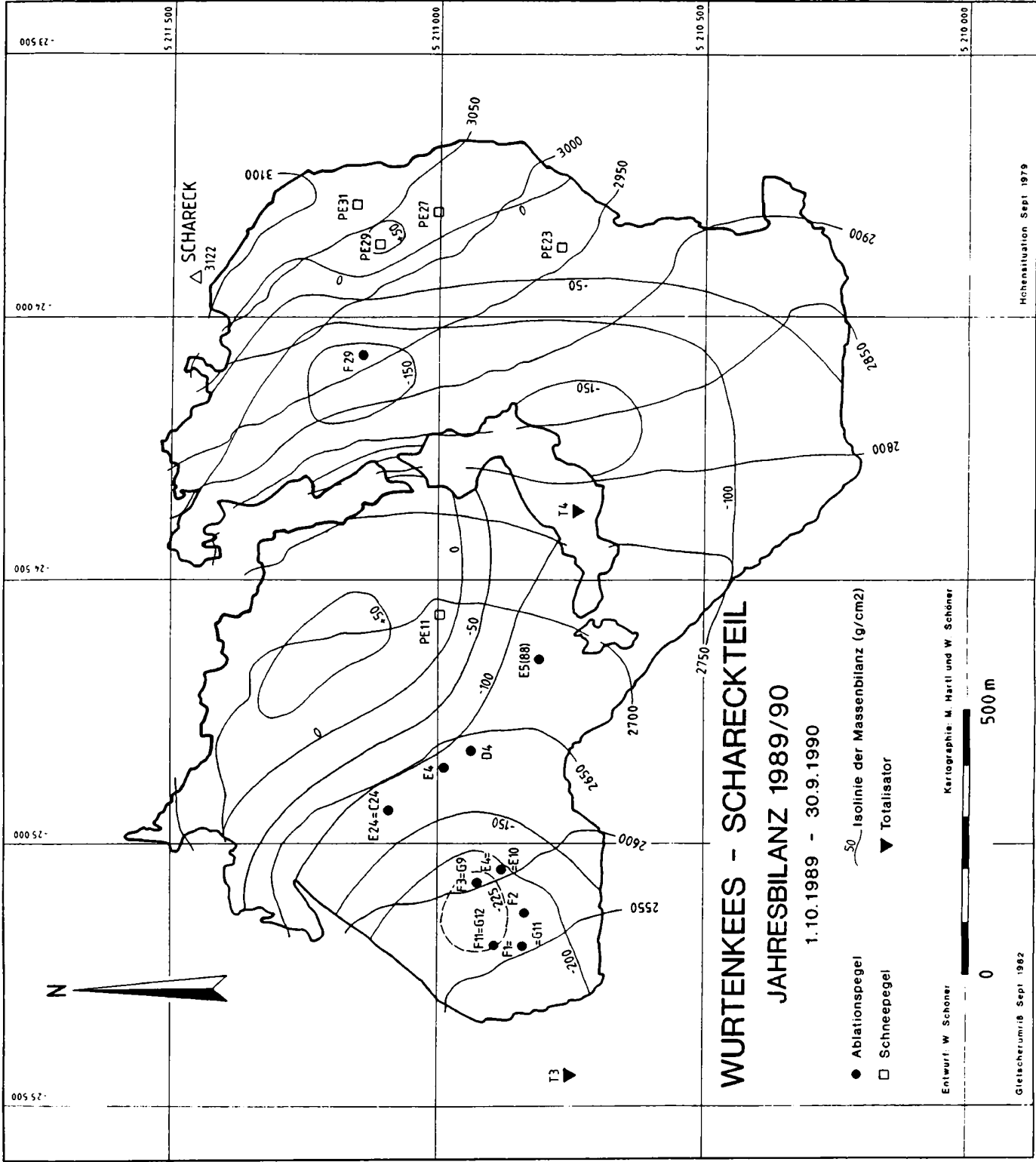
Mitte Juli 1990 wurde das Ablationspegelnetz verdichtet bzw. ausapernde Pegel nachgebohrt und am 16.10.1990 wurde das Pegelnetz vom Vermessungsdienst der Kelag geodätisch eingemessen. Durch den Schigebietsbetrieb konnte im oberen Gletscherteil nur ein Ablationspegel für die Ermittlung der Jahresbilanz verwendet werden (alle anderen Ablationspegel fielen den Pistenpräparierungsmaßnahmen zum Opfer). Die Ablationspegel wurden am 20.7., 16.8., 25.9. und 1.10.1990 abgelesen. Die Lage der Pegel, sowie die Abschmelzbeträge bzw. spezifische Massenbilanz für das Haushaltsjahr 1989/90 sind aus Tabelle 6 zu ersehen.



TABELLE 6: Wurtenkees-Schareckteil; Ablationspegel 1989/90

Pegel	Koordinaten (M31)		Vermessungs-		Pegelstand (Segment/cm)					Abschmelzung Pegel Betrag	spez. Massen- bilanz (g/cm <sup>2</sup> )	Pegelstand		
	X	Y	Z	datum	19./21.9.89	20.7.90	16.8.90	25.9.90	1.10.90			1.10.90	Pegel Betrag	
C22	211.194	-24.837	2654	16.10.90			3/ 30		3/ 90	C	160*	144*	C22/3	90
C24	211.096	-24.939	2633	23. 8.89	1/ 0		1/100		1/160	C	160	144	C24/1	160
	211.094	-24.943	2630	16.10.90										
D 4	210.939	-24.824	2637	23. 8.89	1/ 50		1/140		1/190	D	120	108	D 4/1	190
E 4 (88)	210.990	-24.856	2635	23. 8.89	2/ 80		2/145		1/ 0	E	120	108	E 4/1	0
	210.988	-24.860	2633	16.10.90										
E 4 (89)	210.882	-25.044	2595	23. 8.89	3/ 75	2/ 0	2/ 50		2/105	E	225	203	E 4/2	105
	210.880	-25.048	2592	16.10.90										
E 5	210.817	-24.646	2673	28. 7.88	2/ 90		2/190		1/ 30	E	140	126	E 5/1	30
E10	210.882	-25.045	2595	23. 8.89	1/ 0		1/160			E	230*	207*		
E24	211.096	-24.936	2633	23. 8.89	3/ 70		3/150		2/ 0	E	130	117	F24/2	0
	211.094	-24.941	2631	16.10.90										
F 1	210.835	-25.195	2542	23. 8.89	3/110	3/125	2/ 80	2/150	2/150	F	240	216	F 1/2	150
	210.834	-25.197	2538	16.10.90										
F 2	210.837	-25.129	2562	23. 8.89	3/ 90		2/ 70	2/140	2/140	F	245	221	F 2/2	140
	210.836	-25.132	2558	16.10.90										
F 3	210.929	-25.068	2594	23. 8.89	3/80	3/120	2/ 70	2/145	2/140	F	260	234	F 3/2	140
	210.926	-25.073	2590	16.10.90										
F11	210.893	-25.193	2548	16.10.90	3/100		2/ 80		2/150	F	250	225	F11/2	150
F29	211.147	-24.072	2958	16.10.90	3/ 85	3/ 95	2/ 0		2/ 70	F	185	167	F29/2	70
G 9	210.928	-25.073	2590	16.10.90		2/ 40	2/ 0	1/ 65	1/ 60	G	260*	234*	G 9/1	60
G10	210.880	-25.048	2592	16.10.90	2/ 15	2/ 15	2/160	1/ 25	1/ 30	G	230*	207*	G10/1	30
G11	210.833	-25.199	2538	16.10.90	2/ 45	2/ 0	1/ 65	1/ 70	1/ 70	G	240*	216*	G11/1	70
G12	210.893	-25.194	2547	16.10.90	2/ 60	1/ 30	1/ 95	1/ 90	1/ 90	G	240*	216*	G12/1	90

\* interpoliert



# WURTENEES - SCHARECKTEIL

## JAHRESBILANZ 1989/90

1.10.1989 - 30.9.1990

- Ablationspegel
- Schneepiegel
- 50 Isolinie der Massenbilanz (g/cm<sup>2</sup>)
- ▼ Totalisator

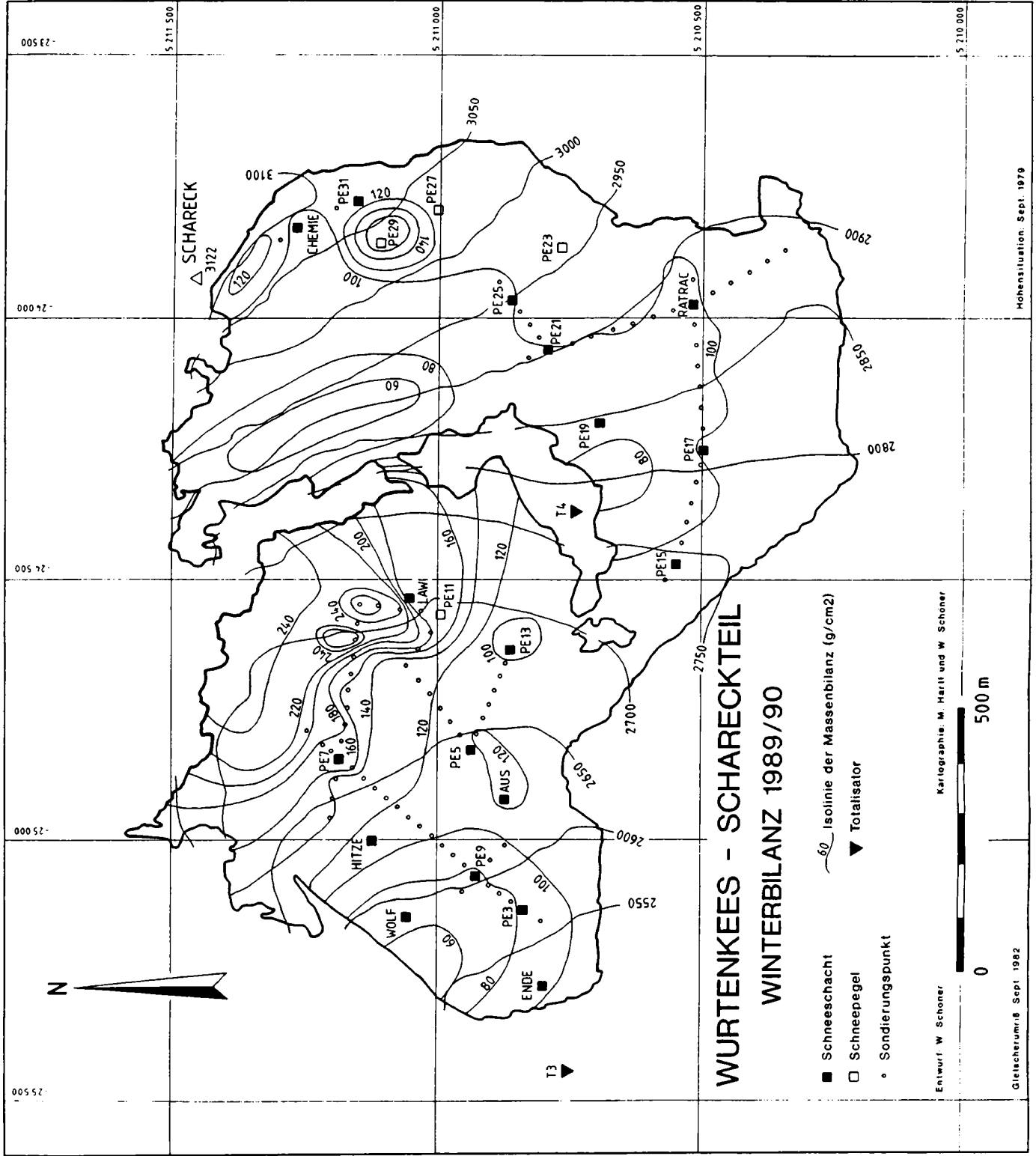
Entwurf: W. Schoner

Kartographie: M. Hartl und W. Schoner



Glecherumriß Sept. 1982

Mehenaufnahme Sept. 1979



# WURTENKEES - SCHARECKTEIL

## WINTERBILANZ 1989/90

- Schneeschacht
- Schneepegel
- Sondierungspunkt
- Isolinie der Massenbilanz (g/cm<sup>2</sup>)
- ▼ Totalisator

Entwurf W. Schöner  
 Kartographie: M. Harit und W. Schöner



Gleisenumr. 8 Sept. 1982

Höhensituation: Sept. 1979

## 6. Auswertung der Bilanzkarten und Ergebnisse für das Haushaltsjahr 1989/90

Die Karten der Jahresbilanz und der Winterbilanz wurden mit einem Planimeter in 50 m Höhenstufen ausgemessen und die Flächen der einzelnen Teilzonen bestimmt. Da noch keine photogrammetrische Neuauswertung des Gletschers vorliegt, mußten die Berechnungen wieder auf die Topographie von 1979 und den Gletscherumriß von 1982 bezogen werden. Der dadurch entstehende Fehler muß bei Vorliegen einer aktuellen Karte korrigiert werden.

So wie in fast allen untersuchten Haushaltsjahren war auch in diesem Jahr die Jahresbilanz negativ ( $-76,0 \text{ g/cm}^2$ ) und zwar ähnlich negativ wie in den Jahren 1986/87 und 1987/88. Da im oberen Gletscherteil nur eine Ablationsmessung zur Verfügung stand, ist die ermittelte Massenbilanz für diesen Gletscherteil mit einer größeren Unsicherheit behaftet. Die Ermittlung der Massenbilanz erfolgte für diesen Bereich durch Vergleich der Ausaperung mit früheren Haushaltsjahren.

Die räumliche Verteilung der Massenbilanz kann den Karten entnommen werden, die nach Höhenstufen aufgegliederten Werte den Tabellen 7, 8 und 9 bzw. Abbildung 3 und Abbildung 4. Aus Tabelle 10 sind die Gesamtergebnisse und die glaziologischen Maßzahlen zu ersehen.

**TABELLE 7: Wurtchenkees-Schareckteil; Ergebnisse für das Haushaltsjahr 1989/90, Bilanzvolumen in 1000 Tonnen, spezifische Bilanz in  $\text{g/cm}^2$**

Höhenzone	Winter		Sommer		Jahr	
	1	2	1	2	1	2
>3100	9,4	111,0	-7,7	-91,0	+1,7	+20,0
3050-3100	48,8	110,9	-41,2	-93,6	+7,6	+17,3
3000-3050	88,4	110,8	-97,1	-121,7	-8,7	-10,9
2950-3000	102,7	92,9	-180,2	-163,0	-77,5	-70,1
2900-2950	96,5	88,4	-198,1	-181,4	-101,6	-93,0
2850-2900	148,7	89,7	-305,8	-184,4	-157,1	-94,7
2800-2850	108,0	95,9	-218,0	-193,5	-110,0	-97,6
2750-2800	119,2	117,7	-196,5	-194,0	-77,3	-76,3
2700-2750	297,6	171,4	-338,9	-195,2	-41,3	-23,8
2650-2700	325,4	155,0	-403,5	-192,2	-78,1	-37,2
2600-2650	147,3	110,4	-333,7	-250,2	-186,4	-139,8
2550-2600	54,0	78,7	-194,6	-283,5	-140,6	-204,8
-2550	29,8	90,6	-95,6	-290,8	-65,8	-200,2
gesamt	1575,8	116,8	-2610,9	-192,8	-1035,1	-76,0

1 = Bilanzvolumen

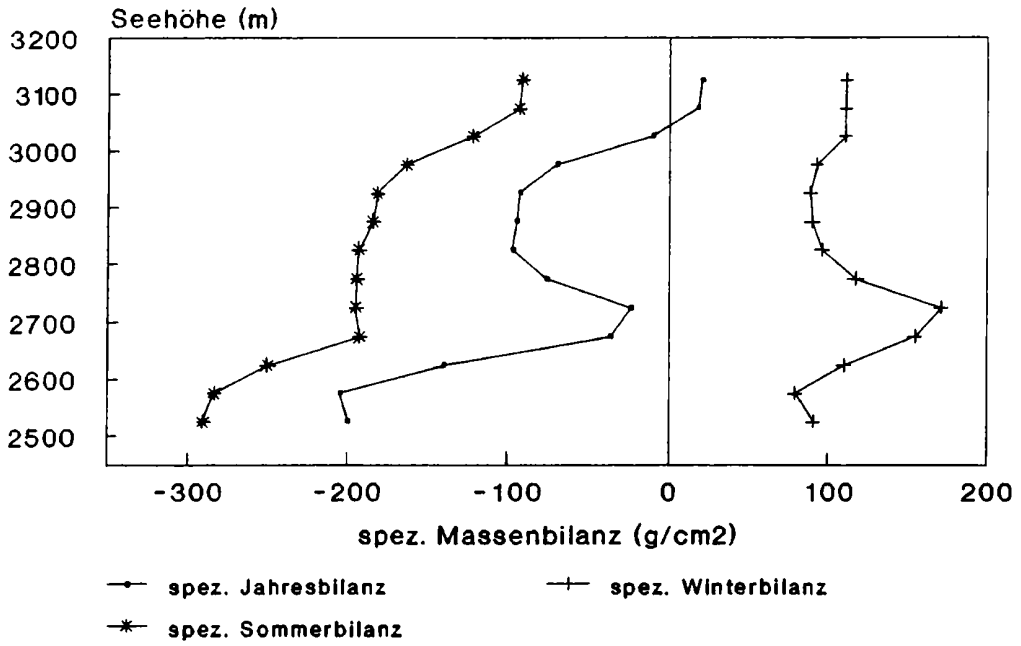
2 = spezifische Bilanz

**TABELLE 8: Winterbilanz differenziert nach oberem/unterem Gletscherteil für das Haushaltsjahr 1989/90;  
Bilanzvolumen in 1000 Tonnen, spezifische Bilanz in g/cm<sup>2</sup>**

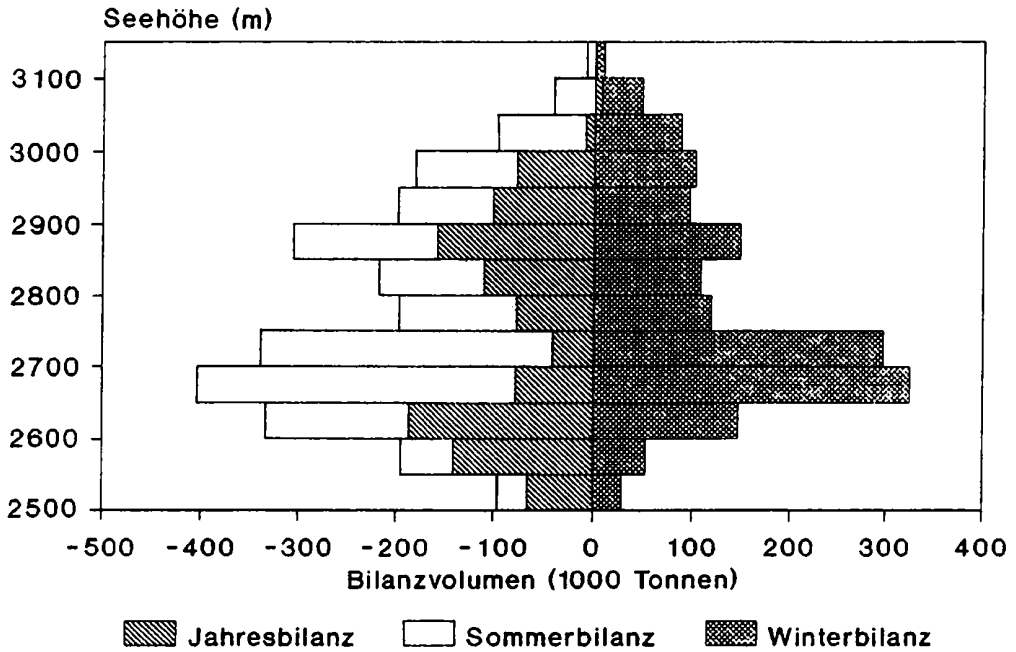
Höhenzone	Bilanzvolumen			spezifische Bilanz		
	gesamt	unten	oben	gesamt	unten	oben
>3100	9,4	0	9,4	111,0	0	111,0
3050-3100	48,8	0	48,8	110,9	0	110,9
3000-3050	88,4	0	88,4	110,8	0	110,8
2950-3000	102,7	0	102,7	92,9	0	92,9
2900-2950	96,5	0	96,5	88,4	0	88,4
2850-2900	148,7	0	148,7	89,7	0	89,7
2800-2850	108,0	0	108,0	95,9	0	95,9
2750-2800	119,2	50,0	69,2	117,7	164,1	97,7
2700-2750	297,6	258,3	39,3	171,4	189,9	104,4
2650-2700	325,4	325,4	0	155,0	155,0	0
2600-2650	147,3	147,3	0	110,4	110,4	0
2550-2600	54,0	54,0	0	78,7	78,7	0
-2550	29,8	29,8	0	90,6	90,6	0
gesamt	1575,8	864,8	711,0	116,8	142,0	95,9

**TABELLE 9: Jahresbilanz differenziert nach oberem/unterem Gletscherteil für das Haushaltsjahr 1989/90;  
Bilanzvolumen in 1000 Tonnen, spezifische Bilanz in g/cm<sup>2</sup>**

Höhenzone	Bilanzvolumen			spezifische Bilanz		
	gesamt	unten	oben	gesamt	unten	oben
>3100	+1,7	0	+1,7	+20,0	0	+20,0
3050-3100	+7,6	0	+7,6	+17,3	0	+17,3
3000-3050	-8,7	0	-8,7	-10,9	0	-10,9
2950-3000	-77,5	0	-77,5	-70,1	0	-70,1
2900-2950	-101,6	0	-101,6	-93,0	0	-93,0
2850-2900	-157,1	0	-157,1	-94,7	0	-94,7
2800-2850	-110,0	-0,8	-109,2	-97,6	-75,0	-97,8
2750-2800	-77,3	-5,1	-72,2	-76,3	-17,5	-99,7
2700-2750	-41,3	-11,0	-30,3	-23,8	-0,8	-77,2
2650-2700	-78,1	-78,1	0	-37,2	-37,2	0
2600-2650	-186,4	-186,4	0	-139,8	-139,8	0
2550-2600	-140,6	-140,6	0	-204,8	-204,8	0
-2550	-65,8	-65,8	0	-200,2	-200,2	0
gesamt	-1035,1	-487,8	-547,3	-76,0	-80,1	-73,8



**ABBILDUNG 3:** Spezifische Massenbilanz 1989/90 in Abhängigkeit von der Seehöhe



**ABBILDUNG 4:** Bilanzvolumen 1989/90 in Abhängigkeit von der Seehöhe

**TABELLE 10: Wurtenkees-Schareckteil; glaziologische Maßzahlen für das Haushaltsjahr 1989/90**

	gesamt	unten	oben	
S (Fläche)	1350477	609226	741251	m <sup>2</sup>
S <sub>C</sub> (Akkumulationsfläche)	282079	186107	95972	m <sup>2</sup>
S <sub>a</sub> (Ablationsfläche)	1068398	423119	645279	m <sup>2</sup>
S <sub>C</sub> /S	0,209	0,305	0,129	
S <sub>C</sub> /S <sub>a</sub>	0,264	0,440	0,149	
B (Bilanzvolumen)	-1035,1	-487,8	-547,3	10 <sup>3</sup> t
b (spez. Massenbilanz)	-76,0	-80,1	-73,8	g/cm <sup>2</sup>
B <sub>C</sub> (Nettoakkumulation)	74,2	52,1	22,1	10 <sup>3</sup> t
b <sub>C</sub> (spez. Nettoakkumulation)	5,5	8,5	3,0	g/cm <sup>2</sup>
B <sub>a</sub> (Nettoablation)	1109,3	539,9	569,4	10 <sup>3</sup> t
b <sub>a</sub> (spez. Nettoablation)	82,1	88,6	76,8	g/cm <sup>2</sup>
b <sub>w</sub> (spez. Winterbilanz)	116,8	142,0	95,9	g/cm <sup>2</sup>
b <sub>s</sub> (spez. Sommerbilanz)	-192,8	-222,1	-169,7	g/cm <sup>2</sup>
b <sub>j</sub> (spez. Jahresbilanz)	-76,0	-80,1	-73,8	g/cm <sup>2</sup>
b <sub>w</sub> +  b <sub>s</sub>   (spez. Totalmassenu.)	309,6	364,1	265,6	g/cm <sup>2</sup>
b <sub>C</sub> + b <sub>a</sub> (spez. Nettomassenu.)	87,6	97,1	79,8	g/cm <sup>2</sup>

**Wurtenkees-Schareckteil; Gesamtergebnisse für das Haushaltsjahr 1989/90**

Bilanzvolumen		spezifische Bilanz	
Winter:	1,5758 Mio.t	Winter:	116,8 g/cm <sup>2</sup>
Sommer:	-2,6109 Mio.t	Sommer:	-192,8 g/cm <sup>2</sup>
Jahr:	-1,0351 Mio.t	Jahr:	-76,0 g/cm <sup>2</sup>
Massenumsatz:	4,1867 Mio.t		

**Danksagung**

Die Feldmessungen wurden wieder in Zusammenarbeit zwischen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, dem Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien, der Kärntner Elektrizitäts AG und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt, denen an dieser Stelle herzlich für ihre Unterstützung des Projektes gedankt sei. Folgende Mitarbeiter führten die Feldmessungen auf dem Gletscher durch: I. Auer, M. Bauer, R. Böhm, K. Brandner, M. Breycha, G. Clement, A. Egger, B. Gmeiner, P. Gugganig, N. Hammer, M. Hartl, S. Hofinger, H. Kolb, R. Manhart, W. Rack, M. Ruhsam, F. Scharm, W. Schöner, G. Spreitzhofer, J. Stibor, C. Ullrich, T. Wiesinger, F. Wölfelmaier, B. Zeiner, sowie Mitglieder des Vermessungstrupps unter H. Auer.

**Literatur:**

- BÖHM, R.:** Monographie der Gletscher der Goldberggruppe in den Hohen Tauern. Teil 1: Das Wurtenkees. Entwicklung des Gletschers seit 1850. Jb.d.SV.1981-1983, 3-59, Wien 1984
- BÖHM, R.:** Massenbilanzmessungen auf dem Wurtenkees im Sonnblickgebiet. Tagungsbericht ITAM 86 in Rauris, 61-65, Österr.Ges.f.Met., Wien 1987
- BÖHM, R.:** Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1982/83. Wetter und Leben 35, 208-229, Wien 1983
- BÖHM, R., N. HAMMER und J. STROBL:** Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1983/84. Teil 1 und 2. Wetter und Leben 37, 37-51 und 88-96, Wien 1985
- BÖHM, R., N. HAMMER und J. STROBL:** Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1984/85. Wetter und Leben 38, 201-221, Wien 1986
- BÖHM, R., N. HAMMER und J. STROBL:** Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1985/86. Wetter und Leben 40, 43-56, Wien 1988
- BÖHM, R., N. HAMMER und J. STROBL:** Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1986/87. Wetter und Leben 40, 235-251, Wien 1988
- SCHÖNER, W.:** Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1987/88. Wetter und Leben 42, Wien 1990
- SCHÖNER, W.:** Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1988/89. 86.-87. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines für die Jahre 1988-1989, 40-51, Wien 1992.

**Anschrift des Verfassers**

Mag. Wolfgang Schöner

Institut für Meteorologie und Geophysik

Universität Wien

A-1190 Wien, Hohe Warte 38



# Der Zustand der Gletscher im Sonnblickgebiet in den Gletscherhaushaltsjahren 1989/90 und 1990/91

N. HAMMER, Wien

## 1. Einleitung

Innerhalb des für den vorliegenden Bericht herangezogenen Beobachtungszeitraumes war es, wie aus Tabelle 1 hervorgeht, möglich, die Beobachtungen jeweils in der zweiten Septemberhälfte, also kurz vor Ablauf der einzelnen Glazialjahre (1), durchzuführen.

**TABELLE 1: Termine der Vermessung am Ende der einzelnen Gletscherhaushaltsjahre**

Glazialjahr	Goldberg- gletscher	Kleines Fleisskees	Wurtenkees	Schlapper- ebenkees	Krumlkees
1989/90	24.9.1990	26.9.1990	25.9.1990	28.9.1990	27.9.1990
1990/91	17.9.1991	18.9.1991	17.9.1991	16.9.1991	19.9.1991

Im folgenden sind rechts und links im orographischen Sinn zu verstehen, also von einem in Richtung des fließenden Wassers schauenden Beobachter aus gesehen.

Es wurden vor allem die fünf Hauptgletscher im Sonnblickgebiet vermessen: der Goldberggletscher, das Kleine Fleißkees, das Wurtenkees, das Schlapperebenkees und das Krumlkees. Genaue Untersuchungen des Wurtenkeeses, unter anderem auch getrennte Winter- und Jahresmassenbilanzen, finden sich in (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) bzw. für das Jahr 1989/90 in vorliegendem Jahresbericht.

## 2. Witterungsverhältnisse

Zur Beschreibung des Witterungsverlaufs in der Gletscherregion des Sonnblickgebietes steht für den Gipfelbereich das Sonnblick-Observatorium (3106 m) zur Verfügung. Für die tiefergelegenen Gletschergebiete sind noch am ehesten die Beobachtungen der Gipfelstation Villacher Alpe (2139 m) heranzuziehen, obwohl die Entfernung ca. 70 km beträgt.

In den Tabellen 2 und 3 ist der Witterungsverlauf während des Gletscherhaushaltsjahres 1990/91 wiedergegeben; für das Glazialjahr 1989/90 sind die entsprechenden Werte im vorliegenden Jahresbericht des Sonnblickvereines im Artikel "Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1989/90" angeführt.

Die Glazialjahre erstrecken sich jeweils vom Oktober bis zum September des Folgejahres, die glaziologischen Winterhalbjahre von Oktober bis April, die glaziologischen Sommerhalbjahre von Mai bis September. Die Abweichungen vom Normalwert beziehen sich auf die Mittelwerte der Periode 1951 bis 1980. Für die kurze Witterungsübersicht wurden die Registrierungen der Station Sonnblick verwendet.

**TABELLE 2: Witterungsverlauf im Haushaltsjahr 1990/91 auf dem Sonnblick (3106 m)**

	OKT	NOV	DEZ	JAN	FEB	MAR	APR	Winter
Lufttemperatur (°C)	-2.0	-8.7	-13.5	-9.7	-13.8	-7.6	-10.2	-9.4
Abweichung vom Normalwert (°C)	1.8	-0.8	-2.4	3.2	-0.7	3.7	-1.7	0.4
Zahl der Frosttage	26	30	31	31	28	31	30	207
Zahl der Eistage	16	30	31	31	28	31	30	197
Sonnenscheindauer (h)	163	94	102	184	148	123	144	958
Abweichung vom Normalwert (%)	-8	-16	-10	66	29	-14	7	6
Globalstrahlung (kWh/m <sup>2</sup> )	89	55	45	62	80	120	158	609
Niederschlag (mm)	117	184	143	69	50	82	100	745
Abweichung vom Normalwert (%)	5	41	15	-44	-53	-36	-42	-17
Niederschlagstage (0.1 mm)	15	21	24	8	14	17	22	121
Schneefalltage	12	21	24	7	14	17	22	117

	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	Sommer
Lufttemperatur (°C)	-7.6	-0.9	3.5	3.1	1.6	-0.1
Abweichung vom Normalwert (°C)	-3.5	-0.3	2.2	1.7	2.2	0.4
Zahl der Frosttage	31	23	9	12	12	87
Zahl der Eistage	31	12	2	1	1	47
Sonnenscheindauer (h)	75	141	191	223	186	816
Abweichung vom Normalwert (%)	-49	-2	13	34	12	3
Globalstrahlung (kWh/m <sup>2</sup> )	143	172	188	167	125	795
Niederschlag (mm)	332	150	192	68	87	829
Abweichung vom Normalwert (%)	118	3	29	-56	-21	16
Niederschlagstage (0.1 mm)	25	22	20	14	15	96
Schneefalltage	25	11	2	1	3	42

**TABELLE 3: Witterungsverlauf im Haushaltsjahr 1990/91 auf der Villacher Alpe (2139 m)**

	OKT	NOV	DEZ	JAN	FEB	MAR	APR	Winter
Lufttemperatur (°C)	3.8	-3.0	-8.3	-5.7	-8.7	-2.1	-3.5	-3.9
Abweichung vom Normalwert (°C)	2.1	-0.2	-2.8	1.7	-1.4	3.2	-1.1	0.2
Zahl der Frosttage	13	27	31	31	26	29	29	186
Zahl der Eistage	1	15	27	25	21	12	17	118
Sonnenscheindauer (h)	164	116	109	185	177	110	147	1008
Abweichung vom Normalwert (%)	-8	3	-14	41	28	-27	-5	2
Globalstrahlung (kWh/m <sup>2</sup> )	83	53	41	55	77	104	140	553
Niederschlag (mm)	131	194	121	21	107	68	122	764
Abweichung vom Normalwert (%)	17	33	9	-81	5	-39	-15	-9
Niederschlagstage (0.1 mm)	16	19	16	7	8	16	24	106
Schneefalltage	4	15	16	7	8	10	24	84

**FORTSETZUNG TABELLE 3**

	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	Sommer
Lufttemperatur (°C)	-1.3	5.7	9.8	9.6	7.3	6.2
Abweichung vom Normalwert (°C)	-3.4	-0.2	1.8	1.7	1.8	0.3
Zahl der Frosttage	28	7	0	0	1	36
Zahl der Eistage	10	0	0	0	0	10
Sonnenscheindauer (h)	163	168	235	269	203	1038
Abweichung vom Normalwert (%)	-11	-9	8	30	8	6
Globalstrahlung (kWh/m <sup>2</sup> )	151	155	176	165	119	766
Niederschlag (mm)	110	132	195	111	150	698
Abweichung vom Normalwert (%)	-2	-12	17	-25	18	-1
Niederschlagstage (0.1 mm)	20	17	16	10	15	78
Schneefalltage	18	0	0	0	0	18

**2.1 Glazialjahr 1989/90**

Die Beschreibung der Witterungsverhältnisse findet sich im vorliegenden Jahresbericht im Artikel "Massenhaushalt Wurtenees-Jahresbilanz 1989/90" (W. SCHÖNER).

**2.2 Glazialjahr 1990/91****Winterhalbjahr**

Die Winterperiode begann mit einem warmen Oktober, gefolgt von einem etwas zu kühlen, niederschlagsreichen November und einem kalten Dezember, dessen Niederschlagswerte etwas über dem Durchschnitt lagen. Es folgte von Jänner bis April eine trockene Periode. Der Jänner war sehr warm und sonnenscheinreich, der Februar bei leicht überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer ein wenig zu kühl. Nach einem sehr milden März war der April wieder zu kalt. Insgesamt war der Winter etwas zu warm und trocken.

**Sommerhalbjahr**

Das Sommerhalbjahr begann kalt und winterlich. Der Mai war im Mittel um 3 bis 4 Grad zu kalt, sehr sonnenscheinarm und brachte Niederschlagsmengen, welche um mehr als das Doppelte über dem Durchschnitt lagen. Am Sonnblick wurde in diesem Monat eine maximale Schneehöhe von 810 cm gemessen. Im Juni, in welchem Lufttemperatur, Sonnenscheindauer und Niederschlag nur wenig von den Mittelwerten abwichen, traten mehrfach Neuschneefälle auf, wodurch der Abbau der Schneedecke stark verzögert wurde. Diese gletschergünstige Situation änderte sich ab Anfang Juli grundlegend. Juli, August und September waren jeweils um 2 °C zu warm und von lang anhaltenden Schönwetterperioden gekennzeichnet. Kurzfristige Kälteeinbrüche Ende Juli und Ende August unterbrachen die Abschmelzung auf den Gletschern nicht nennenswert. Bedingt durch den sehr kalten niederschlagsreichen Mai lag die Sommermitteltemperatur nur 0.4 °C über dem Normalwert und war auch die sommerliche Niederschlagsmenge überdurchschnittlich.

### 3. Meßergebnisse

In Tabelle 4 sind die Abstände der Meßmarken vom Gletscherrand zu den einzelnen Beobachtungsterminen angeführt. Die Angaben innerhalb der Klammer neben der Bezeichnung der Meßmarken beziehen sich darauf, ob es sich um eine Zungenmarke (Z) zur Bestimmung des Vorstoßes bzw. Rückzuges der Gletscherstirn oder um eine Seitenmarke (S) zur Beobachtung der Breitenausdehnung des Gletschers handelt. Alle genannten Seitenmarken befinden sich in Zungennähe.

**TABELLE 4:** Abstand der Meßmarken vom Gletscherrand (in m)

#### a) Goldberggletscher

Marken	P24 (S)	B25 (S)	A72 (Z)	22/72 (Z)	B72 (Z)	C80 (Z)	C72 (Z)
1990	-	-	-	37.2	-	50.5	-
1991	24.6	37.4	44.4	39.2	50.5	53.5	42.3

#### b) Kleines Fleißkees

Marken	A87 (Z)	B87 (Z)
1990	49.2	52.0
1991	53.0	53.4

#### c) Wurtenkees (Schareck-Gletscherteil)

Marken	X83 (Z)	Y83 (Z)	Z83 (Z)	A84 (Z)	B84 (Z)	C84 (Z)	D84 (Z)	U84 (Z)
1990	-	-	-	67.5	54.5	59.8	-	38.5
1991	40.1	55.8	44.5	76.4	68.2	68.0	-	-

#### d) Schlapperebenkees

Marken	A83 (Z)	B83 (Z)	C83 (Z)	E83 (Z)	F83 (Z)	G83 (Z)
1990	9.5	9.5	18.0	9.6	12.5	9.0
1991	-	6.3	-	11.6	17.5	13.2

\*) Die Meßmarke D 83 ist über den Abbruch gestürzt, und nicht, wie früher angegeben, die Marke E 83

#### e) Krumlkees

Marken	P85 (Z)
1990	39.5
1991	41.0

### 3.1 Glazialjahr 1989/90

Deutliche Abkühlung und ergiebige Schneefälle am 24.9.1990 führten dazu, daß während des gesamten Meßzeitraumes sämtliche Gletscherzungen neuschneebedeckt waren und deshalb nur unter Schwierigkeiten eingemessen werden konnten. Mehrere Meßmarken wurden nicht aufgefunden.

#### 3.1.1 Goldberggletscher

Der Goldberggletscher hat auch im abgelaufenen Glazialjahr wieder an Masse verloren.

Aus dem arithmetischen Mittel von zwei auch im Vorjahr vermessenen Marken (22/72, C 80) ergab sich ein Rückgang der Gletscherzunge von 5.2 m.

#### 3.1.2 Kleines Fleißkees

Das Gletschertor hat sich erstmals hinter das Seeufer zurückgezogen. Die Meßmarke B 87 ist nun auch wieder eine geeignete Zungenmarke. In Meßrichtung von dieser Marke zur Gletscherzunge hat sich ein zweites Gletschertor neu gebildet.

Die Gletscherzunge des Kleinen Fleißkeeses wich um annähernd 12 m zurück (A 87, B 87). Auch ein Massenverlust war erkennbar.

#### 3.1.3 Wurtenkees

Die Zweiteilung des Gletschers hat sich im mittleren Höhenbereich abermals deutlich fortgesetzt. Da die Meßmarken im Unterbrechungsbereich des Gletschers nicht aufgefunden werden konnten, war es nicht möglich, den Rückgang für den oberen Gletscherbereich zu bestimmen. Die Gletscherzunge ist um mehr als 9 m zurückgewichen (A 84, B 84, C 84).

Einer durchschnittlichen Wintermassenbilanz stand eine durchschnittlich negative Sommermassenbilanz gegenüber, die zu einer negativen Jahresmassenbilanz von  $-76 \text{ g/cm}^2$  führte.

#### 3.1.4 Schlapperebenkees

Dieser Gletscher wies einen Zugenrückgang von 0.5 m auf (Marken A 83, B 83, C 83, F 83, G 83). Die optische Beurteilung des Gletschers deutete auf eine Massenabnahme hin.

#### 3.1.5 Krumlkees

In einer Seehöhe von 2510 m befand sich ein Gletschertor. Der Gletscher wich um rund 4 m zurück und dürfte wieder an Masse verloren haben.

## 3.2 Glazialjahr 1990/91

### 3.2.1 Goldberggletscher

Die Rinne orographisch links vom Oberen Grupeten Kees war größtenteils schnee- und eisfrei und wies nur in der Mitte einen kleinen Schneefleck auf. Die Gletscherzunge war völlig schneefrei. Das Gletschertor war bei einer Breite von 15 m und einer Höhe von 3.5 m sehr ausgeprägt. Orographisch rechts des Gletschertores befanden sich einige Wintermoränen. Der Vorfeldsee lag rund 50 m vor der Gletscherzunge und erstreckte sich bis zum Abbruch.

Der Zungenrückgang betrug bei diesem Gletscher 2.5 m (Meßmarken 22/72, C 80). Obwohl 1990 nur zwei Meßmarken aufgefunden werden konnten, ergab sich gegenüber der Berechnung aus 5 Marken nur eine vernachlässigbare Abweichung. Anhand der Marken 22/72 und C80 betrug der Zungenrückgang von 1989 bis 1990 5.2 m und von 1990 bis 1991 2.5 m, zusammen also 7.7 m. Aus den fünf Meßmarken A 72, 22/72, B 72, C 80 und C 72 ließ sich für September 1989 bis September 1991 ein Zurückweichen der Gletscherzunge um 7.6 m errechnen.

### 3.2.2 Kleines Fleißkees

Auf dem Kleinen Fleißkees kamen viele Gletscherspalten zum Vorschein. Der Vorfeldsee hat wiederum an Größe zugenommen. Vor der orographisch linken Zungenstirn befanden sich mehrere Ablationsvollformen (Sandhaufen). Die Zunge war völlig schneefrei.

Die Gletscherzunge wies im abgelaufenen Glazialjahr einen Rückgang von 2.6 m auf (A 87, B 87).

### 3.2.3 Wurtenkees

Mit Ausnahme des orographisch rechten lawinengespeisten Gletscherunterteils war das Wurtenkees vom Gipfel bis zur Zunge schneefrei. Die Unterbrechung zwischen dem oberen und unteren Gletscherteil betrug mindestens 100 m. Bei den Meßmarken X83, Y83 und Z83 des oberen Gletscherteils ergab sich seit 1988 (letztmalige Vermessung) ein Rückgang von 6.3 m.

Im orographisch rechten Bereich der unteren Gletscherzunge befanden sich Sandhügel von etwa 5 m Höhe. Der Zungenrückgang der unteren Zunge betrug ca. 10 m. Die Massenbilanz war wiederum negativ.

### 3.2.4 Schlapperebenkees

Dieser Gletscher ist im unteren Bereich stark eingesunken und hat deutlich an Masse verloren. Er weist nun eine nicht mehr gewölbte, sondern flache Zungenstirn auf. Auf der

Zunge lag viel Schutt. Die Meßmarken A 83 und C 83 waren dick schuttbedeckt und derzeit für eine Messung nicht mehr verwendbar. Bei der in früheren Berichten angegebenen Marke D 83 handelt es sich um E 83. Es ist also die Meßmarke D 83 über den Abbruch gestürzt.

Auf Grund der Marken B 83, F 83 und G 83 ergab sich im abgelaufenen Glazialjahr ein Zungenrückgang um 2 m.

### 3.2.5 Krumlkees

Die Bewertung des Zungenverhaltens dieses etwas problematisch einzumessenden Gletschers läßt sich am ehesten anhand von Fotos bewerkstelligen. Unter Zugrundelegung einer einzigen Meßmarke ergab sich ein Zungenrückgang von 1.5 m.

**TABELLE 5:** Längenänderung der Gletscherzungen (in m) und Massenbilanz über die Gesamtflächen der Gletscher

	Goldberg- gletscher		Kleines Fleißkees		Wurtenkees		Schlapper- ebenkees		Krumlkees	
	Dl	B	Dl	B	Dl	B	Dl	B	Dl	B
1989/90	-5.2	n	-11.7	n	-9.3	n	-0.5	n	-3.8	n
1990/91	-2.5	n	-2.6	n	-10.3	n	-2.0	n	-1.5	n

Dl: Jährliche Längenänderung in m

B: Massenbilanz; p: positive Massenbilanz, g: ausgeglichene Massenbilanz, n: negative Massenbilanz

#### Literatur

- (1) WILHELM, F.: Schnee- und Gletscherkunde. Lehrbuch der Allgemeinen Geographie. Bd. 3, Teil 3. Walter de Gruyter. Berlin-New York 1975.
- (2) BÖHM, R.: Massenhaushalt Wurtenkees - Glazialjahr 1982/83. Wetter und Leben 35, H. 4, 1983.
- (3) BÖHM, R., N. HAMMER, J. STROBL: Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1983/84. Teil A: Wetter und Leben 37, H. 1, 1985, Teil B: Wetter und Leben 37, H. 2, 1985.
- (4) BÖHM, R., N. HAMMER, J. STROBL: Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1984/85. Wetter und Leben 38, H. 4, 1986.
- (5) BÖHM, R., N. HAMMER, J. STROBL: Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1985/86. Wetter und Leben 40, H. 1, 1988.
- (6) BÖHM, R., N. HAMMER, J. STROBL: Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1986/87. Wetter und Leben 40, H. 4, 1988.
- (7) SCHÖNER, W.: Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1987/88. Wetter und Leben 42, H. 2, 1990.
- (8) SCHÖNER, W.: Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1988/89. 86.-87. Jb. d. SV. 1988/89, Wien 1991.

#### Anschrift des Verfassers:

Dr. Norbert Hammer

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

A-1190 Wien, Hohe Warte 38

# Vereinsnachrichten und Tätigkeitsbericht 1990 und 1991

## Vereinsnachrichten

Die ordentlichen Hauptversammlungen des Sonnblick-Vereines für den Berichtszeitraum fanden am 28. November 1990 und am 29. Juni 1991 statt. Der Mitgliedsstand betrug zu diesem Zeitpunkt 378 bzw. 380. Der Verein verlor durch Ableben 8 Mitglieder, es gab 10 Neueintritte. 1990 gab es keine Änderung der Zusammensetzung des Vereinsvorstandes, der Rechnungsprüfer und des Kuratoriums. 1991 wurde als Nachfolger des verstorbenen HR Dr. O. Eckel Univ. Prof. Dr. G. Skoda in den Vereinsvorstand gewählt, die langjährige Rechnungsprüferin, Frau AR Brauneis legte aus Altersgründen ihre Funktion zurück, ihr Nachfolger ist HR Dr. J. Willfarth.

Die Schatzmeisterin, Frau AR I. Grilz, legte detaillierte Berichte über die finanzielle Gebarung des Vereins vor, die Buchführung wurde von den Rechnungsprüfern für ordnungsgemäß befunden und die Entlastung der Schatzmeisterin erteilt.

### Übersicht über die finanzielle Gebarung des Vereins (I. Grilz)

<b>1990:</b>	Vortrag für 1990 (SV allg. und ÖAW)	öS	85.509,38
	Zuzüglich Einnahmen 1990 (allgemein)	öS	78.792,57
	Zuzüglich Einnahmen 1990 (ÖAW-Subvention)	<u>öS</u>	<u>190.000,00</u>
	Zwischensumme	öS	354.301,95
	Abzüglich Ausgaben 1990 (allgemein)	öS	77.375,73
	Abzüglich Ausgaben 1990 (ÖAW-Subvention)	<u>öS</u>	<u>226.691,80</u>
		<u>öS</u>	<u>50.234,42</u>
	<b>Gegenüberstellung</b>		
	Vermögenssumme SV-allgemein Ende 1990	öS	42.505,67
	Saldovortrag aus ÖAW-Subvention Ende 1990	<u>öS</u>	<u>7.728,75</u>
		<u>öS</u>	<u>50.234,42</u>
<b>1991:</b>	Vortrag für 1991 (SV allg. und ÖAW)	öS	50.234,42
	zuzüglich Einnahmen (allgemein)	öS	138.188,19
	zuzüglich Einnahmen 1991 (ÖAW-Subvention)	<u>öS</u>	<u>186.200,00</u>
	Zwischensumme	öS	374.622,61
	Abzüglich Ausgaben 1991 (allgemein)	öS	176.410,06
	Abzüglich Ausgaben 1991 (ÖAW-Subvention)	<u>öS</u>	<u>193.866,03</u>
	Vortrag für 1992	<u>öS</u>	<u>4.346,52</u>
	<b>Gegenüberstellung</b>		
	Vermögenssumme SV - allgemein Ende 1991	öS	4.283,80
	Saldovortrag aus ÖAW-Subvention Ende 1991	<u>öS</u>	<u>62,72</u>
		<u>öS</u>	<u>4.346,52</u>

Die Höhe des Mitgliedsbeitrages wurde im Berichtszeitraum nicht verändert und bleibt bei öS 170,- (ohne Bezug des Jahrbuches) und bei öS 270,- (mit Bezug des Jahrbuches).



Im Anschluß an die Jahreshauptversammlungen hielten 1990 Ing. Elmar Wimmer und Mag. Emil Joas einem Vortrag über "Fragen der Entsorgung im Hochgebirge am Beispiel der neuen Anlage auf dem Sonnblick" und 1991 Dr. Reinhard Böhm einen Vortrag über "10 Jahre Gletscheruntersuchungen am Wurtenkees".

### **Betriebsablauf:**

Auf dem Observatorium waren weiterhin die bewährten Beobachter Friedrich Wallner, Johann Lindler, Ludwig Rasser und Anton Lackner tätig, die erforderlichen Vertretungen wurden von Herrn Kobler, Theusinger und Tannerberger von der Regionalstelle Salzburg der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik übernommen. Die Beobachter haben wieder an diversen Bergrettungs- und Lawinenwarndienstkursen teilgenommen. Die ÖAW durch Prof. Malissa und der Sonnblick-Verein ermöglichten in Wien die Schulung aller Beobachter und deren Vertreter für die Betreuung der luftchemischen Meßeinrichtungen am Observatorium (Kostenübernahme). Die Leitung der Observatoriums lag weiterhin in den Händen von Dr. W. Mahringer, unterstützt durch Dr. M. Staudinger und Ing. J. Pichler. Die Organisation der weiterhin notwendigen Baumaßnahmen wurde wie bisher von Dr. O. Motschka vorgenommen.

Der Schwerpunkt der Bautätigkeit lag im Berichtszeitraum bei der Neuerrichtung der Seilbahn. In Folge der Schwierigkeiten beim Erwerb des bisherigen Grundstückes für die Talstation der Sonnblick-Materialeiseilbahn - Kolm-Saigurn wurde versucht einen Ausweg zu finden. Dafür bot sich ein Grundstück im Besitz der Österreichischen Bundesforste an. Im Einverständnis mit den Bundesforsten wurden die notwendigen Vermessungsarbeiten durchgeführt und die nötigen Planungsarbeiten bis zur Einreichung bei den Behörden fertiggestellt. Am 19. April 1990 kam es zur mündlichen naturschutzrechtlichen Bauverhandlung in Rauris, in Anwesenheit sämtlicher in Frage kommender Behördenvertreter, einschließlich Eisenbahnbehörde. Nach Vorstellung des Projektes durch den Generalsekretär des Sonnblick-Vereines und nach Abgabe der Stellungnahmen aller Anwesenden ergab sich, daß die Umweltschutzbehörde und die Nationalparkverwaltung, Land Salzburg, ohne Angabe von Gründen das neue Projekt ablehnten. Der Bürgermeister der Gemeinde Rauris, Robert Reiter, erklärte sich daraufhin bereit, als Vermittler zwischen dem Besitzer des Grundstückes der Talstation und dem Sonnblick-Verein aufzutreten. Das während dieser Sitzung geführte Gespräch führte zu einer Lösung der offenen Fragen des Kaufvertrages zwischen Sonnblick-Verein und dem Grundbesitzer, sodaß das neue Projekt vom Sonnblick-Verein zurückgezogen wurde. Umgehend beauftragte der Sonnblick-Verein einen Rechtsanwalt mit der Erstellung eines Kaufvertragsentwurfes. Das in Frage kommende Grundstück wurde vermessen und ein Teilungsplan erstellt. Der Grundbesitzer gab eine Zustimmungserklärung zum Neubau der Talstation ab, und auf Grundlage der bestehenden bisherigen Planungsarbeiten, dem dafür bereits vorhandenen positiven naturschutzrechtlichen Bescheid, erhielt der Sonnblick-Verein mit 21. August 1990 die Baubewilligung für die Talstation. Parallel zu diesen Behördenwegen lief die Detailplanung, sodaß bereits am 30. August 1990 der Neubau begonnen wurde. Am 20.12.1990 wurde nach Erteilung einer Teilgenehmigung durch die Behörde der Bau der Talstation winterbedingt eingestellt. Mit Ende Mai 1991 wurden die

Bauarbeiten am Stationsgebäude weitergeführt und mit den Fundamentierungsarbeiten des Anbaues begonnen. Infolge der in der Tallage kürzeren Bauzeit und des dadurch bedingten Baufortschrittes reicht die jährliche Finanzierung durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik bzw. das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung nicht aus, sodaß eine Vorfinanzierung durch die Creditanstalt notwendig wurde. Der Anschluß an das öffentliche Netz der SAFE ist im Sommer 1991 erfolgt. 1992 werden die Behördenabnahmen abgeschlossen sein, 1993 könnte auch die Endabrechnung - trotz aller Finanzierungsschwierigkeiten - beglichen sein.

### **Wissenschaftliche Aktivitäten**

Neben der laufenden Erarbeitung der nicht nur der meteorologischen Routine dienenden, sondern auch für wissenschaftliche Verarbeitungen verwendeten laufenden Meß- und Beobachtungsdaten auf dem Observatorium und in seiner Umgebung wurden auch im Berichtszeitraum zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen durch- bzw. weitergeführt.

**1990: GLAZIOLOGIE:** Wie in den vergangenen Jahren wurden die Massenbilanzmessungen auf Goldbergkees und Wurtenkees weitergeführt. Auf beiden Gletschern, die getrennt nach Winter- und Sommerbilanz bearbeitet wurden, ergaben sich negative Massenbilanzen. Zusätzlich wurde die lange Reihe der Längenänderungsmessungen von fünf Gletschern (seit 1896) fortgeführt. Alle fünf Gletscher befinden sich im Rückzug.

**MATERIALTEST:** Das TGM-Wien, Abteilung Kunststofftechnik, führte die Langzeit-Expositionstests von Kunststoffen im Hochgebirgsklima fort. Der Sonnblick-Verein stellte begleitende meteorologische Daten zur Verfügung.

**DIGITALE KOMMUNIKATIONSVERSUCHE:** Der Österreichische Versuchssenderverband benutzt den Sonnblick als Nachrichten-Relaisstation.

**LUFT- UND SCHNEECHEMIE (ALPTRAC):** 1990 wurde der Österreich-Beitrag des Projektes ALPTRAC mit 3 Teilprojekten bewilligt: SNOSEP (Untersuchung von sauren Komponenten in der Winterschneedecke der Gletscher in der Sonnblickregion), SNOWMET (Meteorologische Begleitstudie zu ALPTRAC), eigentliches ALPTRAC (hochalpine Schneechemiestudie). Diese Arbeiten wurden bereits vor der offiziellen Projektgenehmigung auf der Schwerpunktstation Sonnblick begonnen und werden weitergeführt.

**UMWELTBUNDESAMT:** weitere Vervollständigung des luftchemischen Geräteparks am Observatorium.

**KLIMASCHWANKUNGEN:** Im Rahmen einer österreichweiten Klimaschwankungsuntersuchung wurden Zeitreihenanalysen von mehreren, auf dem Sonnblick gemessenen Klimatelementen vorgenommen (Beitrag in diesem Heft).

**1991: SCHWERPUNKT CHEMIE:** Projekt ALPTRAC hat 1991 offiziell begonnen. Drei Teilprojekte: ALPTRAC, ALPTRAC-SNOSP, ALPTRAC-SNOWMET.

Umweltbundesamt, Referat für Umweltschutz der Salzburger Landesregierung, Institut für Analytische Chemie der TU-Wien: betreiben teilweise in ALPTRAC, teilweise darüber hinaus Luftchemie, Niederschlagschemie.

**NIEDERSCHLAG:** Ingeborg Auer hat eine wissenschaftliche Bearbeitung aller Totalisatoren und Ombrometer im Sonnblickgebiet fertiggestellt.

**GLAZIOLOGIE:** Längenänderungen wurden fortgesetzt (ZAMG; ÖAV). Massenbilanzuntersuchungen Wurtenkees und Goldbergkees wurden fortgesetzt (ZAMG, ÖAW, Institut für Meteorologie, KELAG).

**FREIBEWITTERUNGSSTAND:** Das Laboratorium für Kunststofftechnik des TGM-Wien 20, setzte seine Materialtests auf dem Sonnblick fort.

**1. SONNBLICK-WORKSHOP:** Am 28.1.1991 trafen sich alle auf dem Sonnblick aktiven Wissenschaftler und Techniker in Wien.

**2. SONNBLICK-WORKSHOP:** Am 26.6.1992 traf sich der oben erwähnte Kreis auf dem Sonnblick (Schwerpunktsthema: Praxis der Messungen).

Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen auf dem Sonnblickgipfel (H = 3105 m, H<sub>b</sub> = 3106,5 m) aus dem Jahr 1990

	Luftdruck hPa		Temperatur °C		Bewölkung in Zehntel	Niederschlags- menge mm		Zahl der Tage mit				Tage			Sonnen- schein dauer in Stunden	Wind- stärke m/s
	Mittel	Max.	Mittel	Min.		N	S	Nieder- schlag ≥0,1mm	Schnee	Nebel	Sturm	Heitere	Trübe	Frost		
Jänner	694,8	703,7	-8,8	-1,3	3,4	20	47	8	8	11	15	4	31	31	173	6,4
Februar	691,8	711,4	-8,0	1,6	4,9	119	177	15	15	12	8	8	28	24	165	7,0
März	698,1	708,0	-7,9	0,4	5,3	69	122	14	14	14	9	10	31	29	198	5,4
April	688,2	703,4	-8,4	-2,7	8,2	112	187	24	24	29	2	22	30	30	99	5,1
Mai	698,2	706,8	-2,6	4,2	7,1	37	60	19	14	27	0	12	31	12	187	3,6
Juni	697,1	706,9	-0,2	9,6	8,1	158	217	24	10	28	0	19	24	7	131	4,2
Juli	701,6	707,8	2,1	10,0	6,2	133	293	14	6	24	4	8	17	2	250	3,4
August	703,3	709,3	2,3	10,8	6,0	56	79	13	4	19	5	9	11	4	226	3,2
Sept.	697,1	704,5	-2,5	7,2	7,2	84	159	18	15	24	0	11	28	16	140	4,6
Okt.	695,8	707,4	-2,0	4,6	6,2	84	149	15	12	20	3	11	26	16	163	7,1
Nov.	688,3	700,6	-8,7	-0,2	6,5	184	194	21	21	21	5	12	30	30	94	5,3
Dez.	686,7	699,0	-13,5	-3,6	6,3	144	170	24	24	23	2	9	31	31	102	6,8
Jahr	695,1	711,4	-4,9	10,8	6,3	1200	1854	209	167	249	53	135	318	232	1928	5,2

Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen auf dem Sonnblickgipfel (H = 3105 m, H<sub>b</sub> = 3106,5 m) aus dem Jahr 1991

	Luftdruck hPa		Temperatur °C		Bewölkung in Zehntel	Niederschlags- menge mm		Zahl der Tage mit				Tage			Sonnen- schein dauer in Stunden	Wind- stärke m/s
	Mittel	Max.	Mittel	Min.		N	S	Nieder- schlag ≥0,1mm	Schnee	Nebel	Sturm	Heitere	Trübe	Frost		
Jänner	694,3	700,9	-9,7	-2,0	3,4	57	80	8	7	7	15	4	31	31	184	6,3
Februar	685,6	704,2	-13,8	-0,9	5,3	52	47	14	14	17	5	7	28	28	148	4,9
März	690,4	700,4	-7,6	-1,2	7,3	86	82	17	17	24	4	15	31	31	123	6,4
April	689,1	700,0	-10,2	-2,3	7,5	65	132	22	22	29	0	15	30	30	144	4,7
Mai	691,6	707,0	-7,6	-1,3	8,9	253	417	25	25	31	0	22	31	31	75	4,9
Juni	697,1	707,7	-0,9	9,2	8,2	125	163	22	11	25	0	19	23	12	141	6,9
Juli	702,1	709,8	3,5	10,9	7,1	134	228	20	2	26	0	14	9	2	191	4,5
August	703,6	709,3	3,1	11,4	6,3	79	93	14	1	25	2	7	12	1	223	3,4
Sept.	700,6	708,8	1,6	8,3	6,5	79	91	15	3	24	3	9	12	1	186	6,7
Okt.	694,6	706,2	-4,5	4,7	5,6	185	155	15	12	18	8	10	28	20	174	6,6
Nov.	690,7	702,5	-8,1	-0,9	6,5	137	176	19	19	20	6	14	30	30	97	6,1
Dez.	694,2	705,6	-11,7	-1,9	5,1	119	335	16	16	15	13	12	31	31	127	7,0
Jahr	694,5	709,8	-5,5	11,4	6,5	1371	1999	207	149	261	56	148	296	248	1813	5,7

### Totalisatormessungen im Sonnblickgebiet im Jahr 1990

	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
Kolm - Saigurn (1600 m)	43	189	121	157	61	246	261	150	189	221	307	57	2002
Radhaus (2117 m)	60	108	232	148	68	264	208	124	172	200	284	180	2048
Unterhalb der Rojacherhütte (2580 m)	68	284	144	204	76	344	320	184	260	244	296	140	2664
Sonnblick-horizontale Auffangfläche (3076 m)	88	316	240	276	60	272	348	140	176	176	176	204	2472
Sonnblick-hangparallele Auffangfläche (3076 m)	80	232	276	276	80	380	456	240	220	248	272	192	2952
Oberes Fleißkees (2808 m)	12	164	136	192	152	220	248	148	156	136	200	128	1892
Unteres Fleißkees (2558 m)	8	168	96	208	64	208	220	72	144	88	136	112	1524
Fleißtal (2500 m)	52	188	12	104	52	172	180	96	84	88	308	104	1440

### Schneepegelmessungen im Sonnblickgebiet im Jahr 1990 (nach den Messungen am 1.10. werden die Pegel auf 0 gestellt)

	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.	1.7.	1.8.	1.9.	1.10.	1.11.	1.12.	1.1.91
Unterer Goldkeesboden (2480 m)	180	185	360*	340	380	300	175	30	0	15	129	165	165
Oberer Goldkeesboden (2710 m)	98	85	260*	285	360	260	190	80	0	20	119	130	125
Oberer Steilhang (2850 m)	90	90	220	220	290	220	150	50	0	0	80	290	290
Brettscharte unten (2890 m)	160	150	260	280	280	270	220	105	15	20	110	250	230
Brettscharte oben (2920 m)	150	130	270	220	330	210	270	70	5	20	90	250	250
Fleißscharte (2990 m)	148	165	320	311	357	368	298	185	90	96	135	300	345
Pilatusscharte (2880 m)	125	150	240	280	330	260	230	120	40	20	120	260	250
Fleißkees oben (2920 m)	70	80	100	135	200	150	115	0	0	10	60	140	150
Fleißkees unten (2840 m)	125	150	240	235	310	220	220	110	0	30	125	220	210
Fleißkees Zunge (2780 m)	150	160	290	255	300	230	190	60	5	20	105	170	190

\* durch Lawine überhöht

### Totalisatormessungen im Sonnblickgebiet im Jahr 1991

	JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAHR
Kolm - Saigurn (1600 m)	89	64	86	100	225	189	250	93	111	68	207	232	1714
Radhaus (2117 m)	64	108	108	80	188	216	240	84	112	124	200	200	1724
Unterhalb der Rojacherhütte (2580 m)	104	124	104	172	372	264	312	152	148	124	264	372	2512
Sonnblick-horizontale Auffangfläche (3076 m)	92	136	104	148	484	172	424	128	88	164	192	436	2568
Sonnblick-hangparallele Auffangfläche (3076 m)	100	96	100	176	392	272	252	360	204	236	284	400	2872
Oberes Fleißkees (2808 m)	60	92	88	104	376	168	320	108	100	88	148	260	1912
Unteres Fleißkees (2558 m)	32	92	60	88	268	184	272	64	92	68	84	252	1556
Fleißtal (2500 m)	32	52	48	52	308	140	204	64	84	68	144	184	1380

### Schneepegelmessungen im Sonnblickgebiet im Jahr 1991 (nach den Messungen am 1.10. werden die Pegel auf 0 gestellt)

	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.	1.7.	1.8.	1.9.	1.10.	1.11.	1.12.	1.1.92
Unterer Goldkeesboden (2480 m)	165	175	230	238	305	--*	265	80	0	15	49	102	235
Oberer Goldkeesboden (2710 m)	125	145	178	183	255	305	183	70	0	15	42	90	--*
Oberer Steilhang (2850 m)	290	290	280	320	400	470	380	190	0	10	10	130	280
Brettscharte unten (2890 m)	230	240	260	290	350	540	380	230	30	10	10	100	210
Brettscharte oben (2920 m)	250	250	250	300	360	560	390	240	0	10	0	110	250
Fleißscharte (2990 m)	345	355	358	452	480	633	533	405	212	165	14	161	230
Pilatusscharte (2880 m)	250	250	275	290	340	--*	330	180	20	0	50	140	200
Fleißkees oben (2920 m)	150	160	150	170	210	370	210	70	0	0	0	90	210
Fleißkees unten (2840 m)	210	210	250	270	310	480	300	170	25	0	45	100	210
Fleißkees Zunge (2780 m)	190	200	205	230	270	390	275	140	0	0	40	100	200

\* durch Lawine verschüttet

FRÜHLING  
SOMMER  
HERBST &  
WINTER...

**... WIR SIND FÜR SIE DA**

**Ob Bergsport, Skifahren,  
Tennis, Angeln usw.**

**Ihr Fachberater seit 55 Jahren**

**SPORTHAUS MARKUS MAIER**

**A-5020 Salzburg, Rainerstraße 2, Tel. 06 62/7 14 41**



# MULTICOPY

Der neue Name der Xerox Copy Shops

MultiCopy ist ein Teil der MOORE Corporation

---

**Unser Angebot reicht**

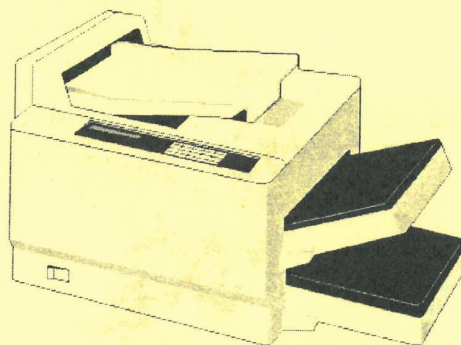
von  
**KOPIEREN:**

**S/W-KOPIEN** - erstklassige Laserkopierqualität  
z.B.: Hausarbeiten, Dissertationen etc.

**FARBLASERKOPIEN** - brillante Wiedergabe,  
wie z.B.: Ihrer Originale, Fotos und all Ihrer  
farbigen Lernbehelfe

**PLANDRUCKE** - maßstabsgetreu und  
im Format bis A0, wie z.B.: Pläne, Plakate  
und alle überformatigen Vorlagen

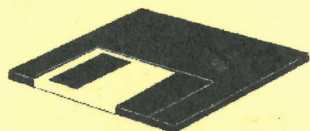
**WEITERVERARBEITUNG** - Sortieren, Heften,  
Spiralisieren, Buchbindung  
(auch für Dissertationen geeignet)



bis  
**DRUCKEN:**

**DESK TOP PUBLISHING** - wir sind für Sie  
kreativ, wie z.B.: Grafiken, Charts,  
Plakate, Layouts Ihrer Arbeiten

**ELECTRONIC PRINTING** - 1A-Qualität in  
Farbe und S/W, direkte Verarbeitung  
und Druck Ihrer Diskette.



---

**Hier finden Sie uns:**

**Wien 19., Muthgasse 42-46**  
**Tel. 0222/37 65 11 Serie**

**Wien 1., Zedlitzgasse 1**  
**Tel. 0222/512 39 02**