

Die Schwankungen der Neuschneehöhe und Schneedeckendauer in Österreich (Periode 1895-1992)

HANS MOHNL, Wien

1. Problemstellung

Anlaß zur vorliegenden Studie einer Analyse von Zeitreihen der Neuschneehöhe und Schneedeckendauer österreichischer Meßstellen war die im Laufe der späten 80er Jahre immer häufiger gestellte Frage, ob die leichte Zunahme der Wintertemperaturen ab etwa 1940 bei dem im mitteleuropäischen Klimaraum sehr sensibel reagierenden Klimatelement Schnee erkennbar ist. Anders als bei Temperatur und Niederschlag sind aus phänomenologischen Gründen zwei Kenngrößen zu betrachten: Neuschnee ist hauptsächlich abhängig von den Parametern Niederschlag und Temperatur, die Schneedecke auch noch von den Strahlungsverhältnissen. Zeitliche Änderungen bei einer Schnee-Kenngröße könnten somit auch einen Trend bei zumindest einer dieser Bestimmungsgrößen dokumentieren.

Zuletzt wurden die österreichweiten Schwankungen der Schnee-Kenngrößen von STEINHAUSER (1970, 1976) behandelt. LAUSCHER führte Trenduntersuchungen von Wien (1988) und von Innsbruck (1993) durch, von FLIRI liegt eine reichhaltige Dokumentation über Tirol vor (1992). Im Rahmen einer interdisziplinären Bestandsaufnahme der Fakten über mögliche Auswirkungen anthropogener Klimaänderungen auf Österreich (AUER et al., 1992) wurden neue Trendanalysen von 17 Schnee-Meßstellen verteilt über ganz Österreich mitgeteilt. Diese Untersuchung wurde weitergeführt (MOHNL, 1991) und durch den vorliegenden Text erfolgt eine zusammenfassende Darstellung des Arbeitsergebnisses. Es werden die säkularen Schwankungen der beiden Schneeparameter Neuschneesumme und Schneedeckendauer für die Winter ab 1894/95 angegeben, die Signifikanz des generellen Trends bestimmt und abschließend wird auf Grund der Ergebnisse von 57 Meßstellen versucht, Gebiete mit einheitlichem Schwankungsmuster abzugrenzen.

Neue Untersuchungen über Temperatur- und Niederschlagsschwankungen seit Beginn der instrumentellen Beobachtungen liegen bereits vor (BÖHM, 1992 sowie AUER, 1993). Diese und die Arbeiten von SCHÖNWIESE et al. (1986) weiters die WMO-Empfehlungen (1988) über die Behandlung langer Niederschlagsreihen dienen der vorliegenden Untersuchung als Vorbild.

2. Datengrundlage

Bei der Bestimmung der Schneehöhe handelt es sich um ein einfaches Meßverfahren, trotzdem reichen die längsten Beobachtungsreihen nicht annähernd so weit zurück wie jene der Temperatur, des Niederschlags und des Luftdrucks. Aus heutiger Sicht erscheint es nicht verständlich, daß die Schneehöhe an den Klimastationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik seit Gründung dieses Instituts (1851) über lange Jahrzehnte hindurch unberücksichtigt blieb. Etwa 75 Jahre nach Einrichtung des Beobachtungsnetzes wurde erst die routinemäßige Bestimmung der täglichen Schneehöhe in das Beobachtungsprogramm aufgenommen, sieht man von ganz wenigen Ausnahmen ab. Die 24-stündige Neuschneehöhe wird mit Einführung des EDV-Klimabogens (1984) beobachtet und in das Protokoll aufgenommen.

Innerhalb des Hydrographischen Dienstes lag von Anfang an der Schwerpunkt seines Aufgabenbereiches in der Sammlung von Niederschlagsdaten, naturgemäß ungeachtet der Form der Niederschläge. So ist es allein dem Hydrographischen Zentralbüro zu danken, daß aus seinem Meßnetz bald nach seinem Gründungsjahr (1893) tägliche Neuschnee- und Gesamtschneehöhen von zahlreichen Orten der ehemaligen österreichisch-ungarischen Monarchie vorliegen und diese Werte in den periodischen Veröffentlichungen (s. Literaturverzeichnis) anfangs in extenso, später in geraffter Form (z.B. als Jahressumme) allgemein zugänglich gemacht wurden.

Bereits in den ersten tabellarischen Jahresübersichten des Hydrographischen Zentralbüros wurden die täglichen Schneebeobachtungen eines Ortes an Hand von zwei Kenngrößen zusammengefaßt: 1. durch die Neuschneesumme eines Winters, welche die Intensität bzw. Ergiebigkeit der Schneefälle beschreibt, und 2. durch die Zahl der Tage mit einer Schneedecke von mindestens 1 cm Höhe, welche die zeitliche Komponente von Akkumulation und Abbau des Schnees auf einfache Weise erfaßt. Im ersten Fall handelt es sich, wie eingangs erwähnt, um eine niederschlags- und temperaturabhängige Größe, im zweiten Fall kommt die Strahlungskomponente hinzu.

Nach diesen Voraussetzungen richteten sich auch Datenbeschaffung und EDV-Aufbereitung für die vorliegende Untersuchung. Die bereits aus den Monatsprotokollen abgerechneten Jahreswerte der Neuschneesumme und der Schneedeckentage wurden aus den Jahrbüchern des Hydrographischen Zentralbüros (HZB) übernommen und in die Datenbank der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) implementiert.* Ein kleiner Teil des endgültig verwendeten Datensatzes (Schneehöhen von Meßstellen der ZAMG ab 1948 und Neuschneesummen ab 1984, jeweils Tageswerte) stand bereits EDV-aufbereitet zur Verfügung, aus den Basiswerten wurden die Jahressummen berechnet (Jahresintervall: September bis August).

2.1 Meßstellen mit langen Zeitreihen

Nach einer ersten groben Sichtung des Datenmaterials, bei der die wesentlichen Auswahlkriterien Zeitreihen-Länge und Datenvollständigkeit waren, kamen für die Untersuchung 88 Orte in die engere Wahl. Miteinbezogen wurde dabei vorerst auch die eine oder andere Station, von der spätestens ab 1930 Beobachtungen vorliegen, sofern ihre räumliche Nähe zu bereits ausgewählten Meßstellen eine Absicherung der Aussagen versprach.

Folgende Kriterien zur Stationsauswahl waren darüberhinaus noch bestimmend:

- Möglichst wenige Standortverlegungen (dadurch wird die Wahrscheinlichkeit von Homogenitätssprüngen, die bei Schneedaten schwer zu ermitteln sind, verringert).
- Angestrebt wurde eine Verteilung der Stationen, die Österreich und seine charakteristische Höhenverteilung einigermaßen repräsentiert, die aber auch Gebiete mit deutlichen Anomalien (z.B. Arlberg, Nordstau) stärker berücksichtigt.
- Talstationen mit isolierter Lage wurden nicht in die engere Wahl genommen (für jede Reihe sollten zumindest zwei Vergleichsreihen des betreffenden Klimaregionsgebietes vorliegen).
- Weil nach Modellprognosen (siehe HAIDEN und HANTEL, 1992) im Höhenbereich 500 bis 1500 m die augenfälligsten Änderungen eintreten könnten, wurde dieser Höhenstufe durch die Meßstellenauswahl besondere Beachtung geschenkt.

* Bei der Sammlung der noch nicht veröffentlichten HZB-Daten der Winter 1987/88 bis 1991/92 wurde ich von Ing. Schmidmayer (HZB) und den hydrographischen Stellen bei den Landesämtern unterstützt.

In Abbildung 2.1.1 sind alle Meßstellen, deren Zeitreihen für die Analyse auf Datenträger gebracht wurden, eingetragen. Die Abgrenzung der Klimaregionsgebiete erfolgte auf Grund von älteren Arbeiten (z.B. STEINHAUSER, 1970 sowie WAKONIGG, 1975) und nach Erfahrungen aus der vorliegenden Arbeit. Es werden im folgenden die Ergebnisse von 57 Meßstellen präsentiert. Bei 31 der nach der ersten Auswahl begutachteten 88 Orte werden entweder Inhomogenitäten vermutet, die nicht korrigiert werden können (Hinweise über Homogenitätssprünge im folgenden Abschnitt 2.2), oder die Orte besitzen eine vergleichsweise kurze Reihe (Beobachtungsbeginn nach 1920) oder stellten vor dem Winter 1991/92 den Beobachtungsbetrieb ein. Von diesen können keine vergleichenden Aussagen über den gesamten mehr als 90 Jahre langen Untersuchungszeitraum gemacht werden, die Tendenzen in Teilabschnitten wurden jedoch gegebenenfalls für die Absicherung der Aussagen verwendet. In der Abbildung erfolgt die besondere Kennzeichnung dieser Orte.



Abbildung 2.1.1: Orte mit langjährigen Schnee-Meßstellen
 ● Analyse der vollständigen Zeitreihe
 ○ Verwendung bei Datenprüfung, Analyse über Teilperioden

2.2 Datenprüfung

Es würde den Rahmen dieses Beitrages beträchtlich überschreiten, die vielfachen Probleme bei der Schneemessung einerseits und bei der Erarbeitung langer Reihen andererseits im Detail zu erwähnen. Eine geschlossene Darstellung darüber wird in der neueren Literatur z.B. von WITMER (1984) gegeben. Die Datenqualität wird nicht nur durch Standortwahl und Stationsverlegung bestimmt, auch Änderungen in der Beobachteranleitung oder ein Beobachterwechsel können sich nachhaltig auf die Einzelwerte auswirken, weil bei der täglichen Beobachtung sehr häufig die Ermessensfrage eine große Rolle spielt.

Mit Vorliegen der Reihen auf Datenträger war eine EDV-unterstützte Datenkontrolle möglich. Da von den Orten mit langer Zeitreihe nur etwa die Hälfte Reihen ohne Datenlücken lieferten, mußte als erster Schritt eine Ergänzung der fehlenden Winter

vorgenommen werden (nähere Angaben dazu in der weiter unten eingefügten Tabelle 2.2.2). Die Fehlwerte wurden mit Hilfe der Quotienten-Methode gebildet, wobei die mittleren Quotienten mit einer benachbarten Meßstelle aus 5 bis 10 Jahre langen Parallelserien unmittelbar vor und/oder nach der Datenlücke bestimmt wurden. Da die Reichweite der Repräsentanz von Schneedaten sehr bescheiden ist (s.u.), fanden für die Quotientenbestimmung nur Nachbarstationen in unmittelbarer Nähe und in ähnlicher Seehöhe Verwendung (Horizontalfentfernung bis ca. 15 km, Höhendifferenz maximal +/- 100 m).

Bei der Analyse von Langzeitreihen sind im Hinblick auf die Homogenitätsfrage neben dem Meßwert auch die Lage der Station und möglichst genaue Informationen über Standortänderungen von grundsätzlicher Bedeutung. Leider ist dieser Forderung nach Dokumentation der Stationsgeschichte vorerst nicht allzu viel Beachtung geschenkt worden oder die Unterlagen gingen im Laufe der Jahre wieder verloren. Im wesentlichen sind nur die letzten 20 bis 30 Jahre zufriedenstellend belegt. Vor dieser Zeit war die Rekonstruktion der Stationsverlegungen nur auf Grund der Seehöhenangaben in den Jahrbüchern möglich. Aus zwei Gründen konnte jedoch auch die besser dokumentierte jüngere Vergangenheit nur recht großzügig behandelt werden. Die für die Schneedecke neben der Seehöhe wesentlichen Faktoren wie Hangneigung, Horizontüberhöhung, Exposition zur Sonne, Beobachtereigenheiten und Beobachtungsanleitungsänderungen nämlich sind einerseits in den Inspektionsprotokollen nicht berücksichtigt, andererseits wäre die objektive und systematische Einarbeitung dieser Informationen in die Originaldaten, wenn überhaupt, dann nur mit entsprechend großem Aufwand möglich (Reduktionsfaktoren).

Im Falle von Standortverlegung mit Seehöhenänderung erfolgte als nächster Schritt die Reduktion auf ein für die gesamte Reihe einheitliches Niveau, und zwar auf Grund der bekannten hochsignifikanten Änderung der Schneeparameter mit der Höhe. Als Referenzhöhe diente jeweils die Seehöhe des längsten Zeitraums ohne Standortwechsel, um die Daten möglichst original zu erhalten. Die Gradienten für die Reduktionen wurden einer Arbeit von STEINHAUSER (1974) entnommen, in welcher für 23 Klimateilgebiete Österreichs und innerhalb dieser für die verschiedenen Höhenstufen durchschnittliche Neuschneesummen und Schneedeckentage berechnet wurden. Seehöhenunterschiede bis höchstens 30 m blieben in diesem Arbeitsschritt der Anpassung unberücksichtigt, da in solchen Fällen die konkreten Umgebungsfaktoren (Hangneigung, Horizontüberhöhung etc.) häufig die wirkungsvolleren Faktoren gewesen sein dürften.

In diesem Zusammenhang sei auch noch auf folgenden Sachverhalt hingewiesen: beide Institute (HZB, ZAMG) tauschen die Datensätze ihrer Meßnetze gegenseitig aus. Die Vervollständigung und Korrektur dieser Daten (vor der Jahrbuch-Veröffentlichung vorgenommen) erfolgte offenbar zumindest phasenweise doppelgleisig, da die publizierten Jahreswerte mitunter differieren. Außerdem standen in Einzelfällen in ein und demselben Ort je eine Meßstelle von beiden Instituten in Betrieb. Der Einheitlichkeit wegen wurde in solchen Fällen dem HZB-Wert der Vorzug gegeben.

Mit den vervollständigten und auf einheitliche Seehöhe gebrachten Daten konnte an die eigentliche Datenprüfung herangegangen werden. Um grobe Einzelfehler (z.B. Eintragungsfehler im Meßprotokoll, Druckfehler in den Publikationen, EDV-Speicherungsfehler) zu orten, wurden die Quotienten zwischen der zu prüfenden Reihe und einer Vergleichsreihe für die Einzeljahre bestimmt und durchgesehen. Diese Fehlersuche ergab nur einzelne Korrekturen, durch mehrere Nachbarstationen gut abgesichert. Danach wurde auf alle erfaßten Reihen der modifizierte Abbe-Test (Verwendung hochpaßgefilterter Werte, s. CONRAD, 1925 sowie SCHÖNWIESE und MALCHER, 1985), ein absoluter Homogenitätstest, der die betreffende Zeitreihe in sich prüft, angewandt.

Tabelle 2.2.1: Korrelationskoeffizienten (in %) der Neuschneesumme und Schneedeckendauer für ausgewählte Stationspaare getrennt nach Teilgebieten (Abkürzung der Ortsnamen nach Tabelle 2.2.2)

Region West und Südwest

Station		N e u s c h n e e														
		EBNI	FELD	HINT	INNK	INNS	ISEL	LANG	LIEN	MILL	NAUD	OBDR	SCHA	SCHR	SEEF	THÜR
S c h n e e d e c k e	EBNI	100	57	79	42	63	13	64	15	33	49	16	71	64	74	58
	FELD	42	100	54	8	63	4	51	7	25	20	10	49	44	43	80
	HINT	74	25	100	36	68	14	76	8	21	50	10	85	68	86	63
	INNK	34	34	39	100	38	45	37	51	53	56	53	36	35	46	20
	INNS	40	48	38	20	100	21	65	18	37	44	23	59	57	65	71
	ISEL	35	30	18	59	14	100	26	77	56	25	75	10	19	16	10
	LANG	48	10	67	55	25	26	100	14	22	54	16	67	83	70	59
	LIEN	26	33	17	42	22	74	23	100	69	27	92	-3	8	7	10
	MILL	42	52	33	45	46	62	30	61	100	24	79	19	16	25	30
	NAUD	49	30	36	51	25	49	43	35	51	100	22	55	48	62	23
	OBDR	31	37	23	42	31	70	25	83	72	48	100	1	8	9	12
	SCHA	73	27	87	45	45	25	63	23	34	47	29	100	59	78	58
	SCHR	52	29	58	52	18	28	67	10	21	49	14	56	100	68	51
	SEEF	72	21	82	51	35	30	70	24	33	52	30	84	66	100	52
	THÜR	36	78	31	39	54	28	27	29	58	26	34	34	22	25	100

Region Nord- und Zentralalpen

Station		N e u s c h n e e														
		ADMO	AFLE	BADI	BADM	FLAC	GMUN	LACK	LIEZ	OBTA	RADS	ST.P	TAMS	TWEN	UNTA	WIND
S c h n e e d e c k e	ADMO	100	65	59	75	70	31	58	87	47	75	27	57	55	51	70
	AFLE	66	100	50	57	67	25	43	66	55	59	37	51	51	46	49
	BADI	66	53	100	60	50	69	73	59	40	61	16	18	25	37	70
	BADM	71	63	51	100	67	31	61	71	52	75	23	44	56	59	62
	FLAC	57	44	41	58	100	19	58	60	71	79	42	60	64	68	60
	GMUN	37	53	58	38	27	100	51	35	20	33	10	1	12	17	47
	LACK	62	52	48	59	48	21	100	56	45	63	19	21	36	44	61
	LIEZ	85	78	62	67	46	37	55	100	38	76	24	57	58	50	61
	OBTA	35	34	19	18	47	3	36	30	100	55	35	31	43	55	41
	RADS	78	61	49	74	64	28	56	69	44	100	41	58	66	66	67
	ST.P	42	45	30	26	41	36	33	33	29	32	100	57	58	55	13
	TAMS	46	53	32	46	56	21	37	53	28	49	51	100	75	59	38
	TWEN	56	57	36	53	56	21	57	59	45	61	53	52	100	71	43
	UNTA	50	33	38	36	63	7	55	42	57	49	43	47	63	100	35
	WIND	67	64	67	68	40	49	50	66	21	62	24	29	49	22	100

Region Außerlpin

Station		N e u s c h n e e														
		B.GL	ERNS	FREI	GRAZ	KLAG	KLOP	KREM	LINZ	M.LA	SEEK	REIC	RIED	W.MA	ZENT	ZWET
S c h n e e d e c k e	B.GL	100	67	11	68	50	58	43	37	76	35	33	43	73	74	44
	ERNS	73	100	39	61	45	56	58	61	57	49	37	60	82	80	63
	FREI	44	55	100	35	36	39	62	63	34	57	49	66	37	29	57
	GRAZ	81	68	41	100	66	62	49	55	83	38	51	50	63	65	57
	KLAG	59	42	34	67	100	82	42	46	71	30	44	41	44	52	48
	KLOP	61	50	40	70	87	100	49	51	69	35	50	49	54	58	51
	KREM	63	77	77	62	47	55	100	71	46	71	45	85	67	61	59
	LINZ	61	71	67	56	42	48	85	100	43	69	46	78	57	60	60
	M.LA	77	67	48	86	70	69	63	56	100	38	56	48	66	62	52
	SEEK	50	55	70	45	47	48	73	64	56	100	46	77	59	48	59
	REIC	61	73	60	52	48	53	74	61	60	65	100	43	48	46	55
	RIED	58	76	76	55	43	50	90	83	60	77	70	100	61	55	63
	W.MA	75	86	60	63	43	51	78	70	68	67	70	82	100	81	67
	ZENT	77	90	48	71	44	53	70	66	66	52	73	70	84	100	61
	ZWET	52	69	66	51	49	48	78	65	59	68	82	74	75	62	100

Die systematische Anwendung eines relativen Homogenitätstests (Prüfung mit einer als homogen vorausgesetzten Reihe, in der vorliegenden Studie wurde fallweise der Test nach CRADDOCK (1979) eingesetzt) scheiterte an der häufig geringen Korrelation zwischen den Stationspaaren. In der Literatur (z.B. SCHÖNWIESE et al., 1986) wird eine Bindung von mindestens +0.7 für eine erfolgversprechende Verwendung des erwähnten Tests gefordert. Bei etwa 85 % der hier untersuchten Stationspaaren liegen die Korrelationskoeffizienten jedoch zum Großteil beträchtlich unterhalb dieser Schranke. In Tabelle 2.2.1 werden die Korrelationen von nach klima-geographischen Gesichtspunkten ausgewählten Stationspaaren mitgeteilt, weil die komplette Matrix aus Platzgründen nicht abgedruckt werden konnte. Die Bindungen von mindestens +0.7 wurden markiert.

Die Bindungen liegen größtenteils zwischen +0.2 und +0.8, wobei der Repräsentanzbereich offensichtlich immer kleiner wird, je stärker die Region orographisch gegliedert ist. Die höchsten Korrelationen wurden für die Flachlandschaften im Norden und Osten ermittelt, im alpinen Bereich wird bei den in dieser Untersuchung gebildeten Stationspaaren die Marke 0.7 nur selten erreicht. Die einzelnen Jahreswerte der beiden Schneekenngrößen besitzen demnach dort nur lokale Bedeutung. Wie BÖHM und MOHNL (1987) unter Benützung des dichten Sonnblick-Schneepegelnetzes zeigen konnten, geht in diesem orographisch reich gegliedertem Gebiet 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 0.5-Marke.

An benachbarten Meßstellen in vergleichbarer Höhe ist die Neuschneesumme in der Regel besser korreliert als die Schneedeckendauer. Der Höchstwert der Korrelation liegt bei 0.92 (Neuschneesumme, Lienz/Oberdrauburg) bzw. 0.90 (Schneedeckendauer: Ried/Kremsmünster). Interessanterweise ist über verschiedene Klimatteilgebiete hinweg die Schneedeckendauer in ähnlicher Höhenlage mitunter besser korreliert als im Falle einheitlicher Region (z.B. 0.49 Radstadt/Untertauern, 0.61 Radstadt/Aflenz), offenbar Ausdruck der im zweiten Fall besseren Übereinstimmung mikroklimatischer Gegebenheiten. Stationen im Bereich der Waldgrenze bzw. oberhalb davon können nach Meinung des Autors wegen des von Winter zu Winter verschieden starken Windeinflusses grundsätzlich als nicht homogenisierbar angesehen werden, diese Reihen sind daher als besonders unsicher einzustufen.

Die Stationsliste mit den in die Analyse aufgenommenen Orten (Tabelle 2.2.2) enthält das Meßnetz, aus dem die betreffende Reihe stammt, den Beobachtungsbeginn und einige geographische Angaben. In der Spalte 'Test' wird das Ergebnis der absoluten Homogenitätsprüfung nach Abbe (A) und des in einigen Fällen verwendeten Craddock-Tests (C) wiedergegeben. Ist einer dieser Kurzbezeichnungen der Index i beigefügt, vermutet der Test in der betreffenden Originalreihe Inhomogenität. In der Spalte 'Bearbeitung' wird gegebenenfalls der homogenisierte Zeitabschnitt angegeben und der auf Grund von Nachbarstationen ergänzte Zeitabschnitt sowie die Standortverlegungen mit korrigierten Seehöhenänderungen notiert.

Tabelle 2.2.2: Liste der in die Untersuchung aufgenommenen Meßstellen (siehe weitere Erläuterungen im Text)

Nr	Meßstelle	Institut	Beginn	Höhe (m)	Gebiet/Lage	Test	Bearbeitung
1	Admont	ZA	1895	641	T/TA	Ai/Ci	hom. 1952-73, erg. 1941-43 (Lienz)
2	Aflenz	ZA	1898	780	O/TA	A	erg. 1933-50 (Großveitsch)
3	Bad Gleichenberg	ZA	1897	303	B/HÜ	A/C	-
4	Bad Ischl	ZA	1898	469	N/TA	Ai	-
5	Bad Mitterndorf	ZA	1901	804	N/TA	A	erg. 1901-27, 1951-65 (Grubegg)
6	Ebnit	HZB	1896	1100	W/HA	Ai/Ci	3 Standortänderungen
7	Eisenkappel	ZA	1897	605	B/TA	A	erg. einzelne Jahre zwischen 1901 und 1910
8	Ernstbrunn in NÖ.	HZB	1897	290	An/EB	A/C	erg. ab 1971 (Mailberg)

Fortsetzung Tabelle 2.2.2

Nr.	Meßstelle	Institut	Beginn	Höhe (m)	Gebiet/Lage	Test	Bearbeitung
9	Feldkirch	ZA	1896	479	W/EB	A	4 Standortänderungen
10	Feuerkogel	ZA	1931	1598	N/GI	Ai	-
11	Flachau	HZB	1896	910	T/TA	A	-
12	Freistadt	ZA	1897	548	An/HÜ	A	-
13	Galtür	ZA	1901	1583	W/TA	A	4 Standortänd., erg. 1926-30 (Plangeroß), 1931-46 (Vermunt)
14	Gmunden	ZA	1901	424	An/TA	A	erg. 1901-50 (Ort bei Gmunden)
15	Graz-Universität	ZA	1896	366	B/HÜ	A/C	-
16	Hinterriß	HZB	1897	930	W/TA	A/C	-
17	Innerkrems	HZB	1896	1520	S/TA	A	2 Standortänderungen
18	Innsbruck-Universität	ZA	1897	582	W/TA	A	-
19	Iselsberg	ZA	1896	1205	S/PA	Ai	3 Standortänderungen
20	Klagenfurt	ZA	1895	447	B/HÜ	A	-
21	Klopein	HZB	1901	455	B/HÜ	A	-
22	Kremsmünster	ZA	1895	388	An/HÜ	A/C	-
23	Lackenhof	HZB	1896	835	N/TA	A	erg. einzelne Jahre zwischen 1901 und 1910
24	Langen	ZA	1897	1220	W/TA	A	-
25	Lienz	ZA	1896	666	S/TA	A	-
26	Liezen	HZB	1901	640	T/TA	A/C	-
27	Linz	ZA	1901	263	An/EB	A/C	-
28	Maria Lankowitz	HZB	1897	525	B/HÜ	Ai/C	-
29	Millstatt	ZA	1901	791	S/TA	A	-
30	Mooserboden	ZA	1911	2036	T/TA	A	6 Standortänderungen
31	Nafswald in Nö.	HZB	1898	720	O/TA	Ai	-
32	Nauders	ZA	1900	1360	W/TA	A	-
33	Neuhaus am Zellerrain	HZB	1900	1010	N/PA	A	-
34	Oberdrauburg	HZB	1900	635	S/TA	A	-
35	Obergurgl	ZA	1911	1950	W/TA	Ai	5 Standortänd., erg. 1911-18, 1924-30, 1941-47 (Plangeroß)
36	Obertauern	ZA	1898	1740	T/PA	A	4 Standortänderungen
37	Plangeroß	HZB	1911	1620	W/TA	Ai	2 Standortänderungen
38	Radstadt	ZA	1901	870	T/TA	Ai/Ci	-
39	Rainbach	HZB	1897	710	An/HÜ	A	-
40	Reichenau in Nö.	ZA	1895	483	O/HÜ	A	-
41	Ried im Innkreis	ZA	1897	435	An/HÜ	A/C	-
42	Scharnitz	HZB	1900	960	W/TA	Ai/Ci	hom. 1921-33
43	Schmittenhöhe	ZA	1921	1964	N/GI	A	-
44	Schröcken	ZA	1897	1263	W/TA	Ai	erg. 1951-65 (Langen)
45	Seefeld in Tirol	ZA	1896	1176	W/TA	Ai/Ci	4 Standortänd., hom. 1898-1911
46	Seekirchen	HZB	1897	510	An/HÜ	Ai/Ci	-
47	St. Peter im Katschtal	HZB	1897	1220	T/TA	Ai	erg. 1961-70 (Teuchl)
48	Tamsweg	ZA	1899	1022	T/TA	A	erg. 1961-70 (Weißpriach)
49	Thüringen	HZB	1901	570	W/TA	A	-
50	Tweng	HZB	1901	1235	T/TA	A	-
51	Untertauern	HZB	1897	1000	T/TA	A	-
52	Villacher Alpe	ZA	1926	2140	S/GI	A	-
53	Wien-Mariabrunn	ZA	1895	226	Ao/HÜ	A/C	-
54	Wien-Zentralfriedhof	HZB	1895	170	Ao/EB	A/C	-
55	Windischgarsten	ZA	1900	596	N/TA	A	erg. 1951-70 (Spital/Pyhrn)
56	Zürs	HZB	1911	1720	W/TA	A	erg. 1923-26 (Holzgau), 1935-37, 1942-46 (Lech)
57	Zwettl	ZA	1895	511	An/HÜ	A	-

*Erläuterungen für die Gebietsbezeichnungen An, Ao, B, N, O, S, T und W in Abbildung 2.1.1
Lage: Tal (TA), Beckenlage/Hügellandschaft (HÜ), Hang (HA), Ebene (EB), Paß (PA), Gipfel (GI)
Bearbeitung: Standortänderungen werden nur angegeben, wenn Höhenkorrektur durchgeführt wurde*

Wie die Ergebnisse in den Tabellen 2.2.1 und 2.2.2 zeigen, war in den meisten Fällen wegen der Verwendung eines einzigen Tests nur eine grobe Beurteilung der Homogenität der Reihen möglich, häufig blieb das Urteil offen. Wurde eine Reihe homogenisiert, fand die Quotientenmethode Anwendung (die genaue Anleitung für die Durchführung der Homogenitätstests und der Datenreduktion ist z.B. bei BÖHM (1992) dargestellt).

Die Zeitreihen der restlichen Stationen gaben, wie erwähnt, über Teilperioden oft brauchbare Hinweise, ihre Lage ist in Abbildung 2.1.1 eingetragen. Aus der folgenden kurzen Zusammenstellung ist durch Reihenlänge und Homogenitätshinweis der Grund ersichtlich, weswegen die Meßstelle letztlich nicht ausgewählt wurde: Annaberg (Zeitraum 1911-1990, Seehöhe 970 m), Bernstein (1948-1992, 600 m), Eisenstadt (1937-1992, 187 m), Güssing (1939-1992, 240 m), Hall in Tirol (1898-1983, 560 m), Hochalpe (1898-1984, 1180 m), Hochobir (1895-1942, 2044 m), Hochserfaus (1928-1978, 1817 m), Hollhaus-Tauplitz (1932-1966, 1609 m), Karlstift (1901-1990, 950 m, Homogenitätssprünge um 1921 und 1964), Krimmler Tauernhaus (1897-1957, 1621 m), Krippenstein (1969-1992, 2050 m), Krumau (1897-1983, 360 m), Lünensee (1927-1992, 1970 m), Mitterberg am Hochkönig (1899-1990, 1440 m, in den 92 Jahren sieben Stationsverlegungen über ein 410 m breites Seehöhenintervall!), Naßfeld-Goldberggruppe (1911-1980, 1630 m), Neusiedl am See (1937-1992, 129 m), Obermillstätter Alpe (1935-1992, 1450 m), Patscherkofel (1947-1992, 2247 m), Salzburg (1895-1992, 428 m, um 1943 markanter Homogenitätssprung), Schladminger Hütte (1944-1992, 1860 m), Seeberg in Kärnten (1931-1992, 1040 m), Sonnblick (1939-1992, 2990 m), Teichalm (1899-1985, 1200 m), Vermunt (1931-1992, 1733 m), Warth (1941-1992, 1500 m), Wien-Hohe Warte (1929-1992, 202 m), Wörtherberg (1937-1992, 402 m).

3. Statistische Grundparameter der Reihen

Vor der Darstellung der Zeitreihen seien vorerst noch ihre statistischen Grunddaten mitgeteilt, um die Werte der einzelnen Winter einordnen zu können. Die Tabellen 3.1 und 3.2 enthalten von den geprüften Reihen für beide Schneeparameter kumulative Häufigkeiten in Perzentilform, das verteilungsunabhängige Streuungsmaß Interdezilbereich I80 (= P90-P10) sowie Mittel, Streuung, Variabilität (Variationskoeffizient in %, Streuung in Relation zum Mittelwert) und Schiefe. Berechnungszeitraum ist einheitlich 1900/01 bis 1989/90, Stationen mit kürzerer Reihe wurden in die Zusammenstellung nicht aufgenommen.

Tabelle 3.1: Statistische Grundparameter der Neuschneesumme (cm).
Perzentil, Interdezilbereich (I80), Mittel (m), Standardabweichung (s),
Variationskoeffizient (v), Schiefe (k).

Meßstelle	P e r z e n t i l e														I80	m	s	v	k
	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	99						
Admont	88	104	112	133	153	187	207	228	243	265	313	327	412	201	210	73.7	35	0.339	
Aflenz	65	78	89	96	116	132	156	178	210	234	292	324	421	203	172	78.7	46	0.870	
B.Gleichenbg.	3	23	28	37	50	56	62	76	93	108	124	162	233	96	76	45.4	60	1.243	
Bad Ischl	67	113	126	146	163	190	212	254	272	318	345	413	542	219	235	97.0	41	0.820	
B.Mitterndorf	110	127	149	183	224	234	265	290	320	346	415	461	557	266	276	99.6	36	0.473	
Ebnitz	218	289	310	412	463	481	510	553	599	677	737	923	1035	427	541	177.6	33	0.675	
Eisenkappel	35	58	94	133	146	158	184	196	218	244	294	350	389	200	190	79.2	42	0.437	
Ernstbrunn	14	26	29	33	50	60	64	77	87	99	122	162	203	93	74	39.6	54	0.951	
Feldkirch	21	36	45	72	87	101	114	128	150	170	210	224	244	165	121	57.1	47	0.328	
Flachau	124	139	162	194	226	243	267	299	316	348	420	471	568	258	280	98.9	35	0.780	

* Die EDV-Algorithmen, die diesen und den folgenden Ergebnissen zugrunde liegen, stammen zum größten Teil von R. Böhm (ZAMG, Klimaabteilung), vom Autor auf die innere Struktur der Schneedaten adaptiert, die Graphik-Programme von W. Lipa (ZAMG, ADV-Abteilung). Der Cox-Stuart-Test wurde nach einem Programm von F. Hufnagel (ZAMG, Klimaabteilung) durchgeführt, Regressionen und Trendbeträge wurden mit dem PC-Anwenderprogramm WinSTAT 3.0 berechnet.

Fortsetzung Tabelle 3.1

Meßstelle	P e r z e n t i l e																		
	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	99	180	m	s	v	k	
Freistadt	20	48	59	75	85	95	106	121	130	155	174	208	291	115	116	50.4	43	0.978	
Galtür	158	207	257	288	309	332	370	396	438	469	509	614	768	252	383	116.0	30	0.682	
Gmunden	25	39	43	60	77	86	99	121	137	166	186	237	258	143	113	57.4	51	0.656	
Graz	4	17	26	38	49	55	61	71	79	94	108	126	160	82	67	31.9	48	0.491	
Hinterriß	205	231	263	302	366	415	434	466	523	565	658	803	904	395	454	156.0	34	0.665	
Innerkrems	100	196	237	302	330	345	357	383	420	448	490	539	719	253	373	107.1	29	0.399	
Innsbruck	25	50	53	71	82	119	128	134	150	185	209	218	332	156	129	59.0	46	0.536	
Iselsberg	43	107	125	167	200	224	254	281	306	365	421	485	720	296	268	119.8	45	0.793	
Klagenfurt	9	44	53	69	81	89	110	118	135	149	189	210	336	136	114	54.6	48	0.944	
Klopein	5	38	54	70	80	97	107	125	143	162	194	244	273	140	118	58.3	49	0.656	
Kremsmünster	17	27	37	49	64	77	85	96	110	130	157	186	212	120	92	46.1	50	0.639	
Lackenhof	201	297	330	389	419	469	520	581	622	705	807	886	1176	477	554	191.7	35	0.804	
Langen	314	499	567	668	726	805	871	922	986	1053	1195	1237	1411	628	866	228.2	22	0.022	
Lienz	11	46	63	81	95	119	140	157	169	200	290	312	529	227	152	90.1	59	1.460	
Liezen	88	109	125	147	174	217	235	260	276	312	369	415	755	244	243	103.9	43	1.475	
Linz	4	17	23	33	38	44	53	61	72	87	106	116	145	83	59	31.5	53	0.632	
Ma. Lankowitz	9	27	40	57	68	76	87	96	104	119	132	152	263	92	89	40.2	46	0.987	
Millstatt	10	17	35	46	68	77	88	98	113	136	163	222	260	128	98	56.5	58	0.976	
Naßwald	69	85	121	145	174	189	198	222	246	263	320	375	527	199	215	83.5	39	0.869	
Nauders	87	104	110	128	152	191	225	236	257	300	342	382	533	232	222	91.6	41	0.682	
Oberdrauburg	14	44	85	97	121	145	170	193	212	246	308	338	534	223	180	95.2	53	0.971	
Obertauern	363	559	631	691	743	812	862	934	1026	1072	1243	1298	1660	612	899	238.8	27	0.505	
Radstadt	109	121	146	199	225	251	273	294	310	360	397	429	509	251	277	93.8	34	0.258	
Rainbach	51	60	78	100	117	128	135	164	183	202	226	255	283	148	151	57.9	38	0.349	
Reichenau	25	42	50	63	76	87	95	106	121	142	173	188	292	123	106	50.3	47	1.013	
Ried/Innkreis	7	30	43	54	58	67	77	85	99	116	138	157	173	95	84	36.6	44	0.514	
Scharnitz	135	160	173	220	240	284	303	351	396	438	482	581	636	309	329	122.8	37	0.501	
Schröcken	330	621	669	777	889	999	1084	1128	1272	1305	1451	1571	1719	782	1071	293.9	27	0.014	
Seefeld	165	197	210	269	296	336	379	392	434	468	545	636	815	335	383	136.3	36	0.962	
Seekirchen	68	82	104	130	148	177	202	228	246	265	303	341	460	199	205	78.5	38	0.418	
St.Peter	90	105	121	146	160	187	198	206	231	261	304	334	613	183	211	84.2	40	1.763	
Tamsweg	47	66	85	101	128	155	168	190	209	223	252	280	382	167	171	68.9	40	0.388	
Thüringen	17	61	67	95	122	143	166	192	214	234	282	298	471	215	173	79.5	46	0.623	
Tweng	49	152	181	203	236	243	270	293	334	367	403	424	643	222	286	95.6	33	0.531	
Untertauern	174	217	240	310	337	352	374	400	429	465	555	614	823	315	393	118.8	30	0.847	
Wien-Ma. brunn	4	12	28	38	61	72	83	93	108	120	140	190	287	112	89	52.3	59	1.018	
Wien/Zentr. fr	0	12	19	28	34	43	51	65	70	80	96	114	144	77	56	30.3	54	0.481	
Windischgar.	97	124	131	156	197	227	238	262	298	327	400	440	603	269	256	100.8	39	0.846	
Zwettl	35	43	55	63	77	86	94	111	123	136	182	196	302	127	106	50.3	47	1.362	

Im Zusammenhang mit der Fragestellung dieser Studie soll aus der Tabelle nur die Variabilität näher betrachtet werden. Wie bei der Niederschlagssumme weisen alle Schneeparameter eine auffallend starke Veränderlichkeit (von Jahr zu Jahr-Schwankung) auf. Die Beträge der Variabilität liegen bei der Neuschneesumme wesentlich höher als bei der Schneedeckendauer. Bei beiden Parametern weisen die schneeärmeren Regionen (Flachland und Talstationen) die größte Variabilität auf, die niedrigsten Werte wurden für die schneesicheren Gebiete berechnet. Es besteht eine hochsignifikante Korrelation zwischen der Seehöhe (und somit dem Schneereichtum) und der Variabilität. Beim Neuschnee liegen die maximalen Werte zwischen 50 und 60 %, bei der Schneedeckendauer zwischen 40 und 50 %. Die Minima betragen 20 bis 30 % (Neuschnee) und 10 bis 15 % (Schneedecke). Die Unterschiede in vergleichbaren Höhen gehen im wesentlichen auf die Niederschlagsergiebigkeit einer Region zurück (s. dazu WAKONIGG, 1980). In Abbildung 3.1 und 3.2 wird die Variabilität in Abhängigkeit von der Neuschneesumme und der Zahl der Tage mit Schneedecke angegeben.

Tabelle 3.2: Statistische Grundparameter der Schneedeckendauer (Tage). Spaltenparameter wie in Tabelle 3.1

Meßstelle	P e r z e n t i l e																	
	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	99	180	m	s	v	k
Admont	38	82	87	92	96	104	110	116	121	123	135	145	162	48	110	20.3	18	-0.164
Aflenz	49	58	62	70	80	86	92	100	106	114	127	130	143	65	94	22.8	24	0.126
B.Gleichenb.	1	9	19	30	39	46	51	57	65	73	90	99	120	71	53	25.7	48	0.166
Bad Ischl	50	55	58	67	78	84	90	100	107	113	120	127	138	62	92	23.2	25	-0.073
B.Mitterndorf	50	93	97	107	116	121	127	131	134	140	144	155	169	47	124	20.0	16	-0.704
Ebnit	40	82	92	114	123	129	136	144	148	157	168	173	202	76	135	28.2	21	-0.536
Eisenkappel	7	31	51	64	78	93	101	107	111	116	124	142	153	73	94	31.0	33	-0.635
Ernstbrunn	15	17	21	28	36	41	48	55	62	65	82	105	111	61	51	23.7	46	0.672
Feldkirch	2	11	19	28	36	42	51	60	65	72	83	97	112	64	52	25.6	49	0.204
Flachau	88	101	104	114	125	129	133	138	145	150	158	166	187	54	133	20.0	15	-0.024
Freistadt	8	38	46	55	65	71	78	86	96	103	114	121	129	68	80	25.6	32	-0.082
Galtür	109	141	152	158	166	169	174	176	181	186	196	200	224	44	173	18.8	11	-0.420
Gmunden	9	16	30	38	43	49	54	59	68	75	88	98	128	58	57	23.8	42	0.373
Graz	3	13	21	34	42	47	53	61	69	78	83	101	122	62	55	24.9	45	0.180
Hinterriß	75	108	112	123	130	136	142	145	151	157	166	178	194	54	141	21.9	16	-0.134
Innerkrams	69	120	133	142	151	158	162	168	175	179	186	194	211	53	160	24.7	15	-0.907
Innsbruck	17	33	39	54	62	69	73	81	89	98	104	108	134	65	75	23.9	32	-0.124
Iselsberg	43	66	83	93	105	114	121	130	134	147	154	165	190	71	120	30.0	25	-0.270
Klagenfurt	2	24	38	59	70	76	87	91	100	108	116	121	142	78	82	29.4	36	-0.585
Klopein	1	19	29	54	60	74	81	89	96	102	113	121	136	84	77	30.6	40	-0.468
Kremsmünster	13	23	27	37	43	50	52	60	64	71	84	102	112	57	56	22.7	41	0.517
Lackenhof	83	109	119	128	133	138	143	152	156	160	177	187	195	58	145	22.7	16	0.060
Langen	81	129	139	152	157	164	167	173	178	184	190	200	217	51	167	22.2	10	-0.657
Lienz	15	50	58	75	83	94	102	112	119	125	134	139	157	76	100	28.8	29	-0.417
Liezen	35	66	73	82	87	91	101	106	111	117	130	133	143	57	100	21.7	22	-0.311
Linz	3	12	19	25	31	37	44	52	57	63	80	89	99	61	47	23.0	49	0.373
Ma. Lankowitz	4	14	29	41	46	51	55	59	73	80	96	102	119	67	59	25.4	43	0.174
Millstatt	5	17	28	40	50	63	71	81	89	97	108	120	132	80	70	31.2	45	-0.091
Naßwald	37	52	61	69	76	80	86	91	98	105	119	126	130	58	87	21.6	25	0.067
Nauders	50	81	86	105	117	123	128	133	138	144	151	158	179	65	125	24.6	20	-0.653
Oberdrauburg	13	40	53	62	72	87	92	104	111	123	131	136	157	78	92	31.2	34	-0.320
Obertauern	169	182	188	203	207	216	221	229	234	240	250	263	275	62	222	23.5	11	0.074
Radstadt	37	86	94	101	109	117	120	127	133	136	144	151	168	50	120	20.8	17	-0.628
Rainbach	27	43	51	64	69	76	85	93	102	107	116	128	140	65	85	25.2	30	-0.043
Reichenau	10	20	28	36	39	43	51	58	65	73	88	90	109	60	54	22.5	42	0.322
Ried/Innkreis	16	21	31	40	45	48	53	57	64	71	92	105	113	61	57	22.2	39	0.677
Scharnitz	75	100	103	109	120	128	130	137	141	147	157	162	175	54	130	20.4	16	-0.240
Schröcken	131	140	146	158	169	175	178	181	186	190	199	212	235	53	177	20.3	11	-0.027
Seefeld	98	114	117	128	131	136	142	147	150	159	166	177	192	49	143	19.2	13	0.190
Seekirchen	25	43	50	63	69	77	84	92	99	112	121	125	146	71	86	25.6	30	-0.021
St. Peter	48	71	77	91	101	113	118	125	130	137	151	159	171	74	116	26.7	23	-0.200
Tamsweg	20	52	72	90	99	107	114	119	122	130	141	146	162	69	109	27.7	25	-0.912
Thüringen	6	19	30	37	52	57	66	76	82	94	101	110	127	71	67	27.7	41	-0.060
Tweng	98	104	109	117	122	126	132	140	146	152	161	168	179	52	135	19.7	15	0.197
Untertauern	120	133	139	146	152	157	163	166	171	178	189	194	208	52	163	18.6	11	0.160
Wien/Mariabr.	3	12	18	33	36	43	46	50	56	65	80	99	112	62	49	23.1	47	0.576
Wien/Zentr. fr	0	6	10	18	25	28	33	38	43	55	64	71	91	54	37	20.9	45	0.585
Windischgars.	36	51	61	72	85	89	99	103	107	116	128	135	152	67	96	24.8	26	-0.202
Zwettl	24	32	40	48	52	59	65	75	82	95	108	118	128	68	71	25.6	36	0.414

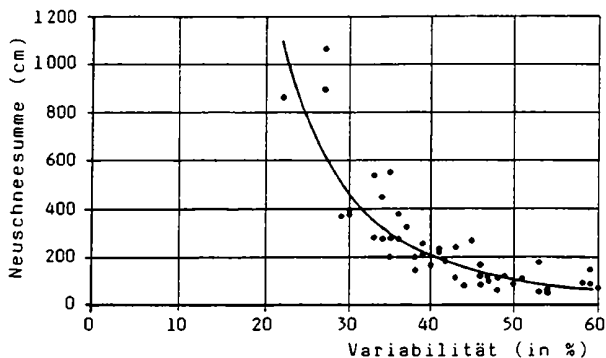


Abbildung 3.1: Variabilität (Standardabweichung geteilt durch Mittelwert, in %) in Abhängigkeit von der Neuschneesumme

Regressionsanalyse $y = 5,920 \cdot 10^6 \cdot x^{-2,78}$
 Korrelationskoeffizient $r = 0,88$
 Bestimmtheitsmaß $r^2 = 0,77$
 Zahl der Meßstellen $n = 49$

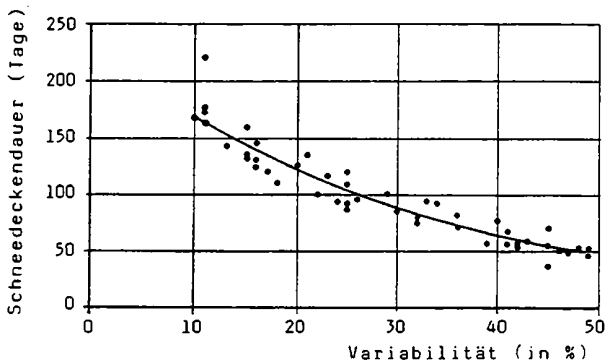


Abbildung 3.2: Variabilität (Standardabweichung geteilt durch Mittelwert, in %) in Abhängigkeit von der Schneedeckendauer

Regressionsanalyse $y = 2,335 \cdot 10^2 \cdot \exp(-3,250 \cdot 10^{-2} \cdot x)$
 Korrelationskoeffizient $r = 0,957$
 Bestimmtheitsmaß $r^2 = 0,917$
 Zahl der Meßstellen $n = 49$

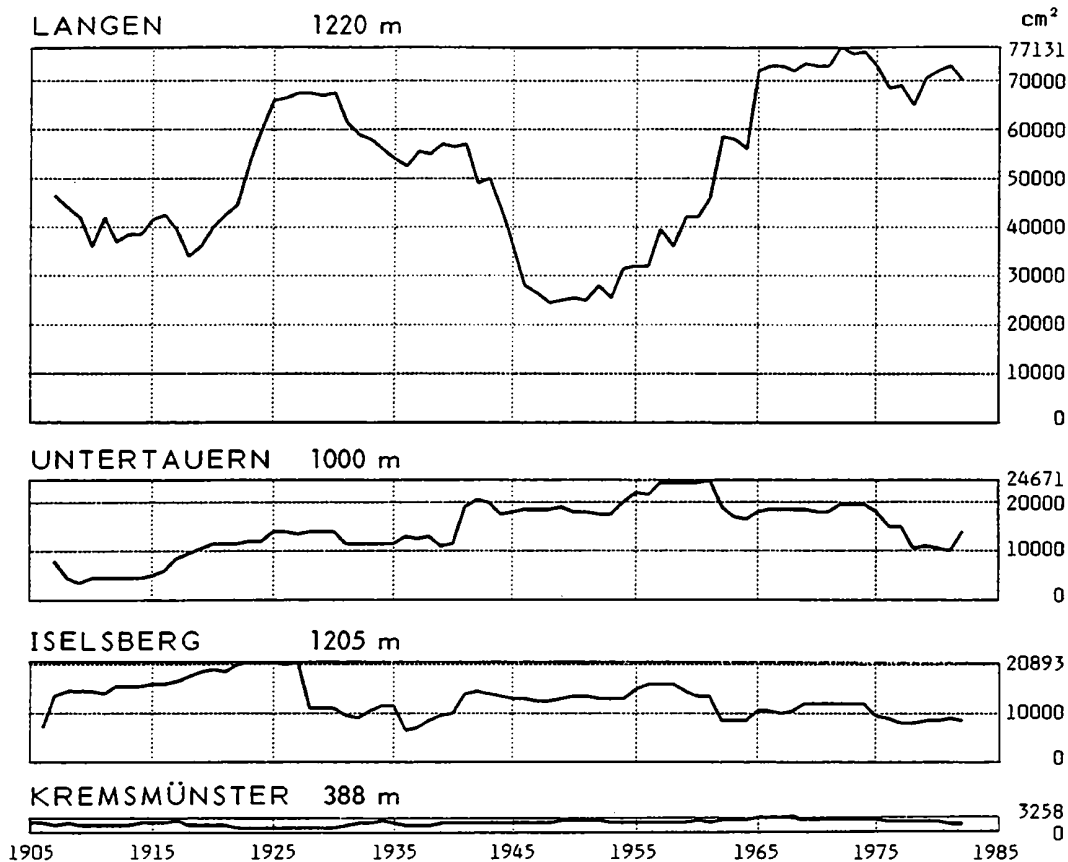


Abbildung 3.3: Zeitliche Änderung der Varianz an vier ausgewählten Meßstellen (Neuschneesumme)

Die zeitliche Änderung der Varianz über die Untersuchungsperiode zeigt Abbildung 3.3, und zwar für die in etwa gleicher Seehöhe gelegenen Meßstellen Langen, Untertauern und Iselsberg sowie für Kremsmünster von der außeralpinen Region. Wesentliches Merkmal bei den Neuschneesummen ist, daß der Verlauf der Varianzen an den vier Meßstellen in den einzelnen Teilabschnitten sich deutlich voneinander unterscheidet. In Langen ist seit etwa 1950 ein kontinuierlicher Anstieg mit dem Hauptmaximum um 1970 zu erkennen, ein Nebenmaximum liegt um 1930. In Untertauern hingegen herrscht ab etwa 1960 ein schwach negativer Trend vor, seit Meßbeginn bis 1960 jedoch nahmen die Werte kontinuierlich zu. In Iselsberg verläuft diese Kenngröße über die vergangenen sieben Jahrzehnte hinweg ohne wesentliche Veränderung. Die Vorlandmeßstelle Kremsmünster weist durch die relative Schneearmut geringe Werte auf, das Maximum der Varianz liegt um 1970. In den Kurven der Schneedeckendauer, die durch geringere Varianzen und stärkere Ausgeglichenheit charakterisiert sind, wiederholen sich diese Grundmuster nur in den wesentlichen Zügen.

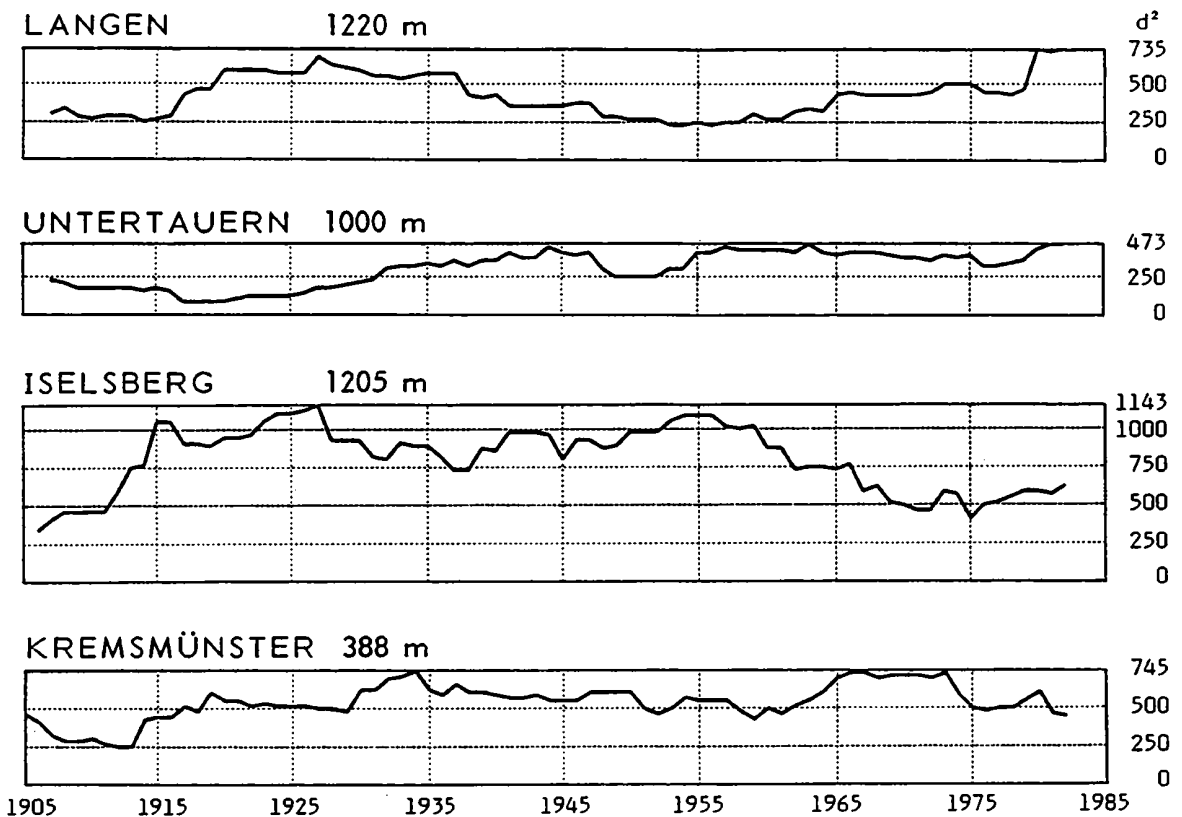


Abbildung 3.4: Zeitliche Änderung der Varianz an vier ausgewählten Meßstellen (Schneedeckendauer)

Als weitere Methode der nicht-spektralen Statistik wird für die vier genannten Meßstellen die Autokorrelationsfunktion angegeben, die den Zusammenhang zwischen einem beliebig betrachteten Winter und seinen Folgewintern (zeitliche Persistenz) angibt. Die Zeitreihe wird dabei mit sich selbst bei fortschreitender Zeitverschiebung korreliert (s. z.B. SCHÖNWIESE, 1985). Die Ergebnisse werden in den Abbildungen 3.5 und 3.6 dargestellt. Bereits bei einer Verschiebung um ein Jahr sinkt die Funktion auf unter +0.2 ab, in weiterer Folge sind an allen Stationen gleichbleibend niedrige Werte von -0.2 bis +0.3 anzutreffen. Diese Aussagen gelten für Neuschneesumme und Schneedeckendauer gleichermaßen.

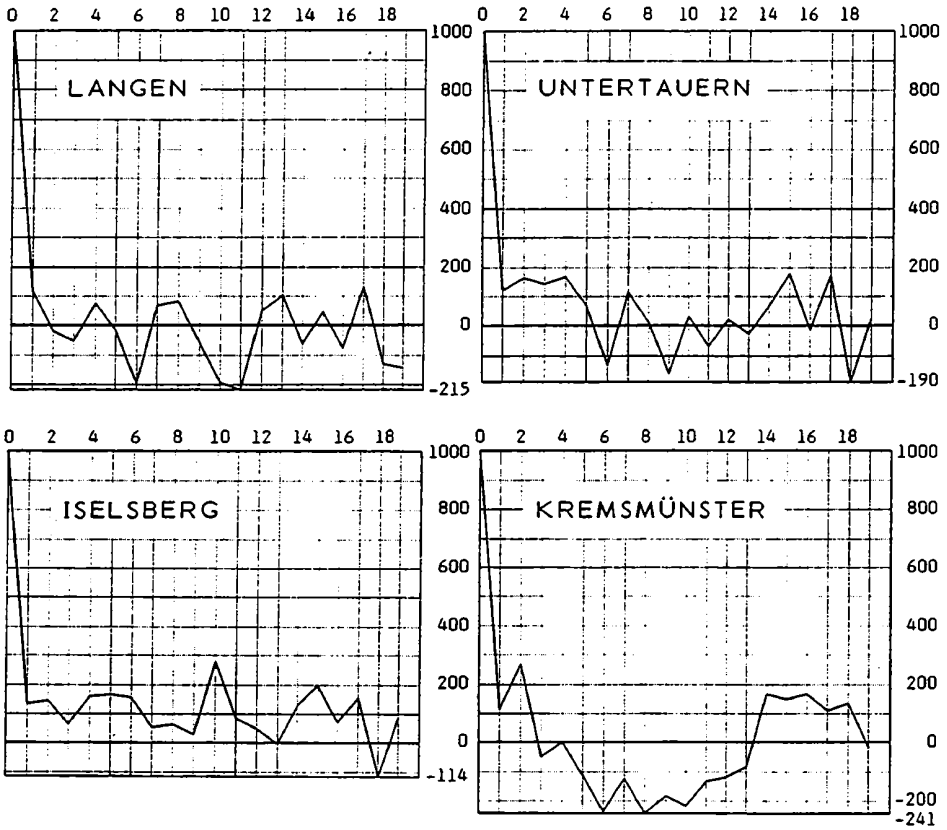


Abbildung 3.5: Autokorrelationsfunktion an vier ausgewählten Meßstellen (Neuschneesumme)

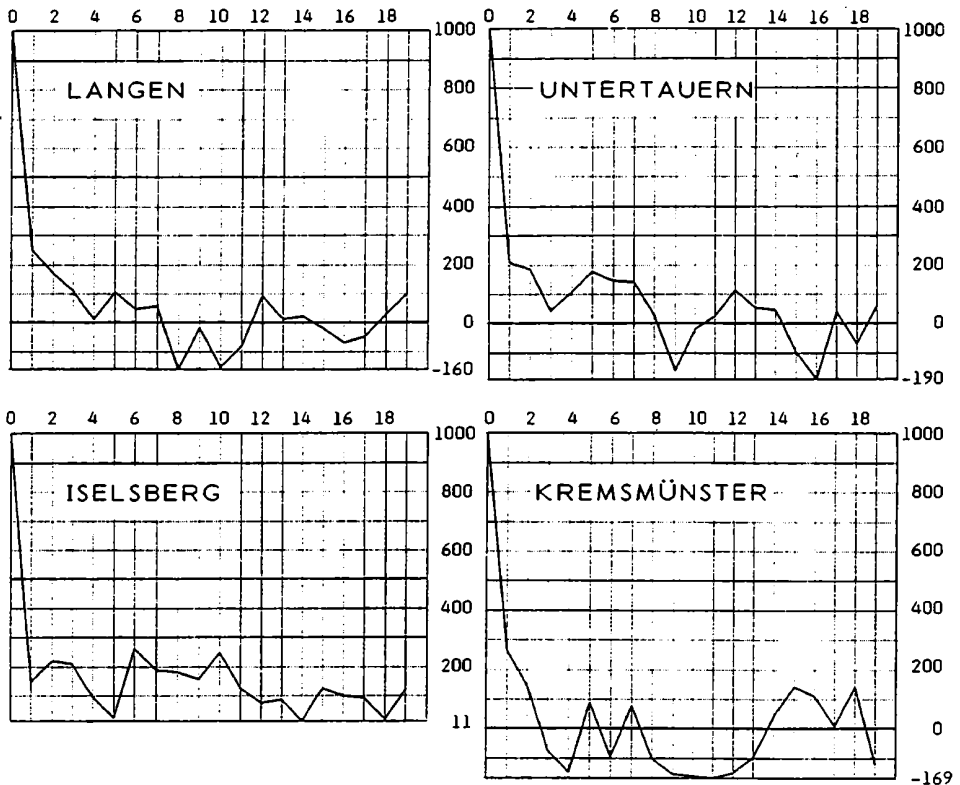


Abbildung 3.6: Autokorrelationsfunktion an vier ausgewählten Meßstellen (Schneedeckendauer)

4. Zeitreihenanalyse der Winter 1894/95 bis 1991/92

Die Analyse der Zeitreihen wurde mit Hilfe der Gauß'schen numerischen Tiefpaßfilterung (MITCHELL et al., 1966) vorgenommen, als Filterweite wurde durchwegs 20 Jahre gewählt, d.h. alle Schwankungsanteile des Periodenbereiches kleiner als 20 Jahre wurden unterdrückt bzw. jene oberhalb dieser Periode hervorgehoben. Die Glättung der Reihen hat neben dem Hervorheben der längerfristigen Variationen noch einen weiteren Vorteil. Wie in Abschnitt 2.2 gezeigt wurde, weisen die Schneeparameter eine sehr geringe räumliche Repräsentanz auf. Durch den geglätteten Kurvenverlauf treten räumliche Gemeinsamkeiten stärker hervor, es kann daher erwartet werden, daß die getroffenen Aussagen für größere Gebiete Gültigkeit besitzen.

Die Abbildungen 4.1 und 4.2 enthalten die Zeitreihen der beiden betrachteten Schneeparameter von 22 Meßstellen. Jede graphische Darstellung enthält den Einzelwert, den Mittelwert über die gesamte Zeitreihe und den gefilterten Verlauf (geglättete Kurve). In den Abbildungen werden die einzelnen Winter nicht in der üblichen Form bezeichnet (z.B. 1950/51), sondern es wird aus Platzgründen nur das Jahr angegeben, auf welches der Hochwinter fällt (z.B. 1951).

Die wesentlichen Charakteristika der geglätteten Kurven, dh. die Teiltendenzen im Verlauf der Untersuchungsperiode werden im folgenden getrennt nach den Teilgebieten Westösterreich, Nord- und Zentralalpen, Alpenostrand und Südalpen sowie dem außeralpinen Bereich besprochen. Durch die Vielfalt der in den Abbildungen aufscheinenden Variationsmuster und durch die Behandlung zweier, nicht selten divergierender Kenngrößen ist es schwierig, räumlich gemeinsame Schwankungsstrukturen in den Schneeverhältnissen zu erkennen. Ein Untersuchungsergebnis von LAUSCHER (1993) illustriert diese Tatsache besonders gut. Schneemenge und Schneedeckendauer der drei Meßstellen Wien, Innsbruck und Mitterberg (Hochkönig) waren seit der Jahrhundertwende nur in den Wintern 1939/40, 1964/65 und 1986/87 gleichzeitig übernormal. Unter diesem Aspekt wurde die textliche Beschreibung der gefilterten Kurvenverläufe mit Absicht eher ausführlich gestaltet. Inwieweit es sich bei den hervortretenden (generellen) Tendenzen um signifikante, vom Zufallsgeschehen abweichende Vorgänge handelt, wird in Abschnitt 4.6. erörtert.

Bei den Abbildungen der Neuschneesumme ist zu berücksichtigen, daß wegen des unterschiedlich großen Wertebereiches der Maßstab der Größenachse nicht einheitlich gewählt werden konnte. Ab etwa 280 cm mittlere Neuschneesumme aufwärts wurde, um eine entsprechende Diagrammgröße zu erhalten, der Maßstab um rund 1/3 verkleinert.

4.1 Westösterreich

Neuschnee. In diese Region fallen Meßstellen, welche entweder zu den schneeärmeren Gebieten des ostalpinen Bereiches gehören (Lagen unter 600 m Seehöhe oder Gebiete mit relativer Niederschlagsarmut) oder aber auf Grund entsprechender Höhenlage und der Stauwirkung bei Westwetterlagen zu den schneereichsten der österreichischen Alpen zählen (EKHART, 1940). Aus diesem Grund weisen die geglätteten Zeitreihen untereinander nur in einem sehr eingeschränkten Ausmaß Gemeinsamkeiten auf.

WESTÖSTERREICH

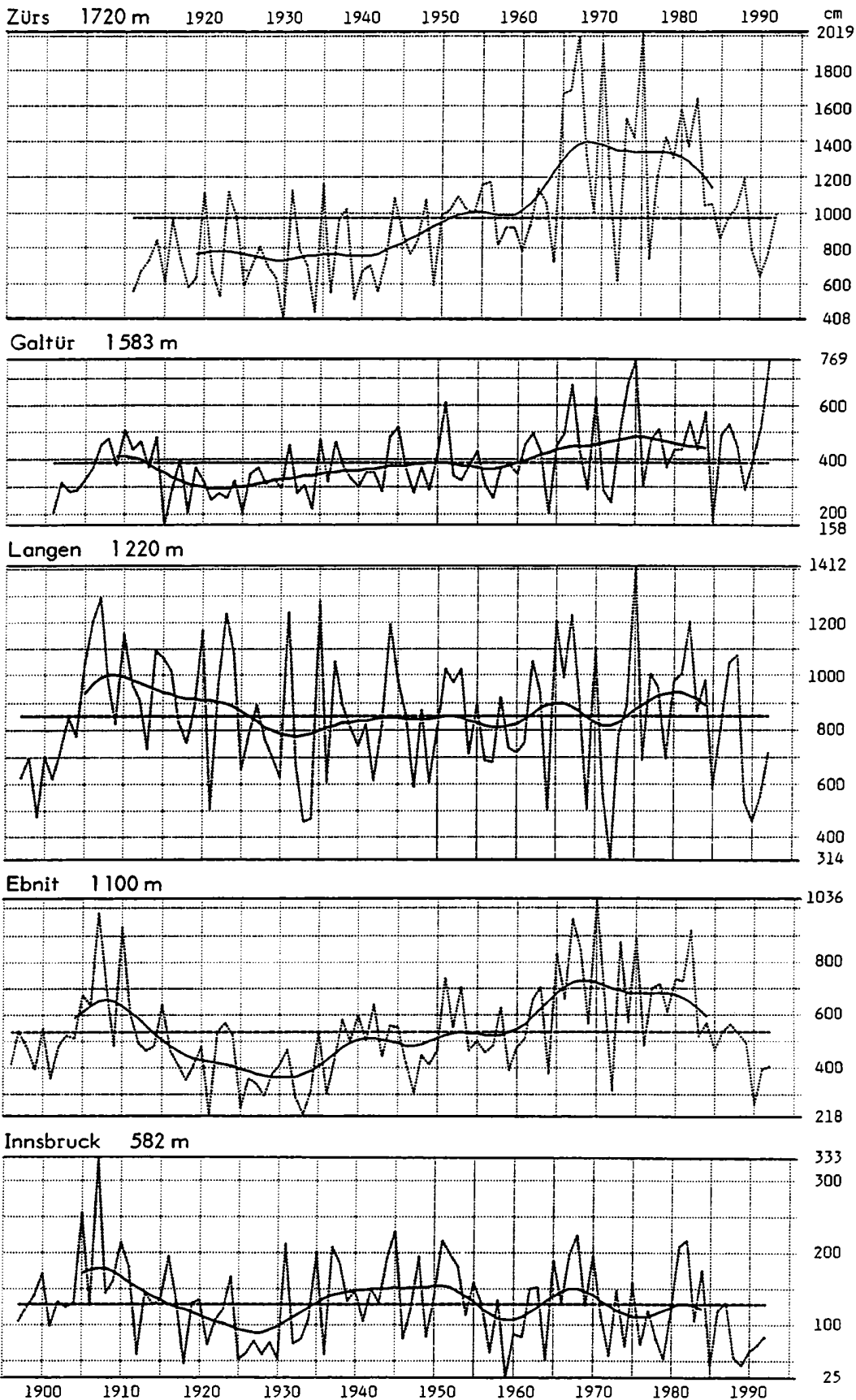
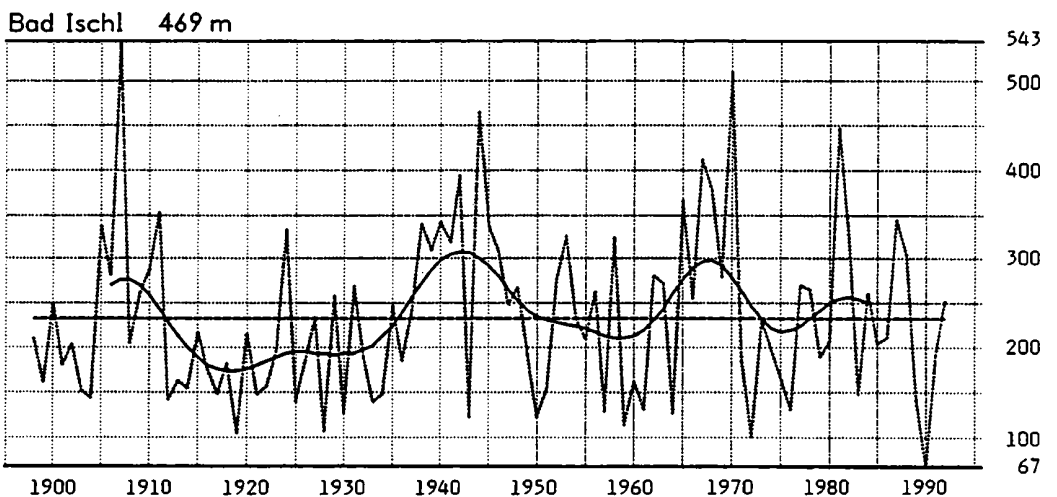
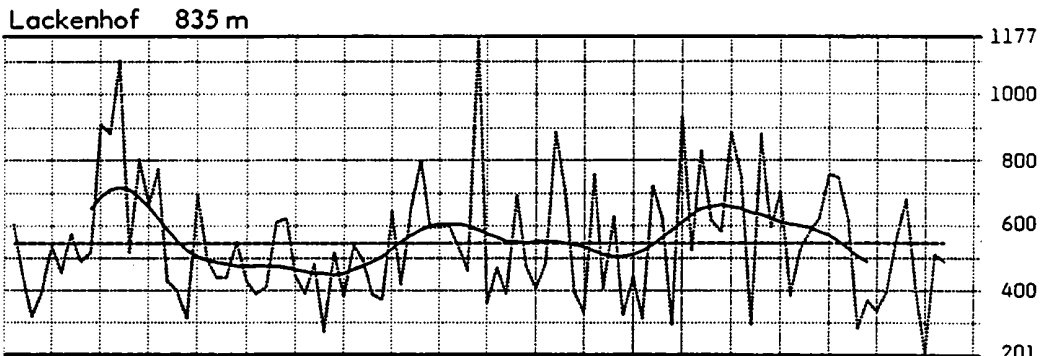
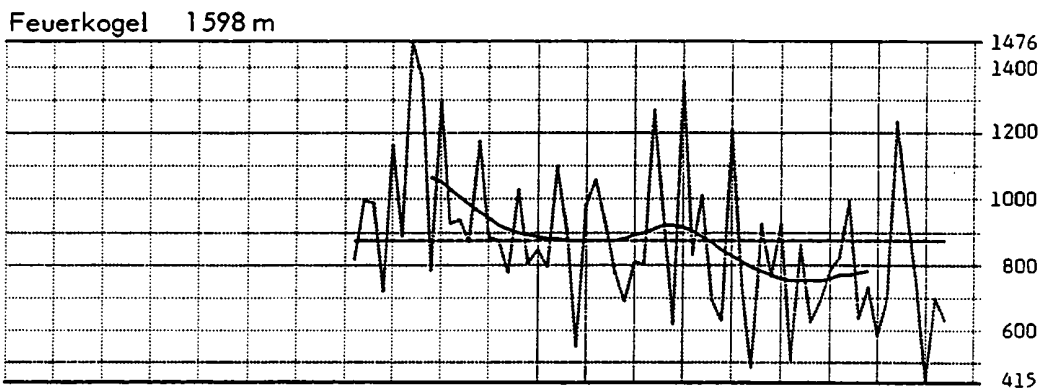
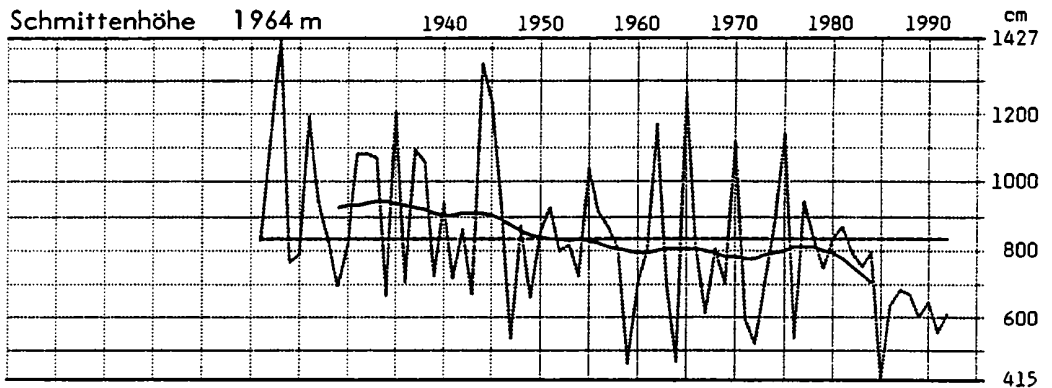


Abbildung 4.1: Zeitreihen der Neuschneesummen (cm) von ausgewählten Meßstellen
 — Einzelwerte, ~ geglättete Kurve (T=20 Jahre), --- langjähriger Mittelwert

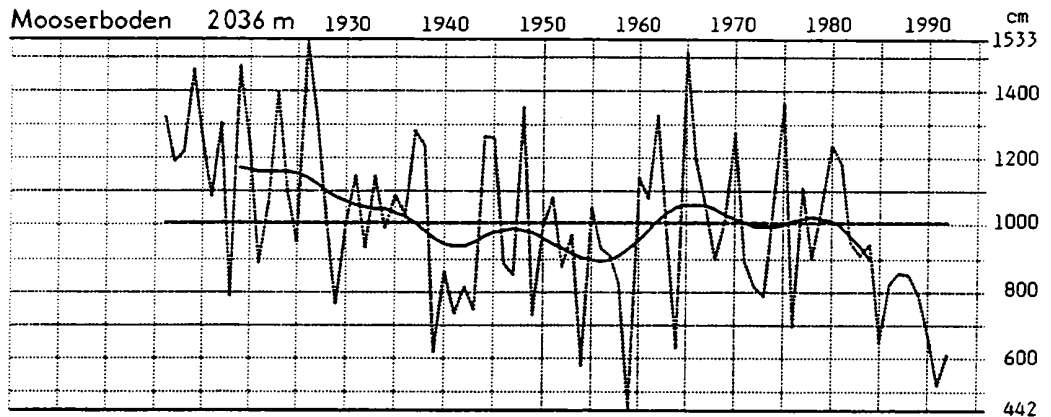
Fortsetzung von Abbildung 4.1: Neuschneesummen

NORDALPEN

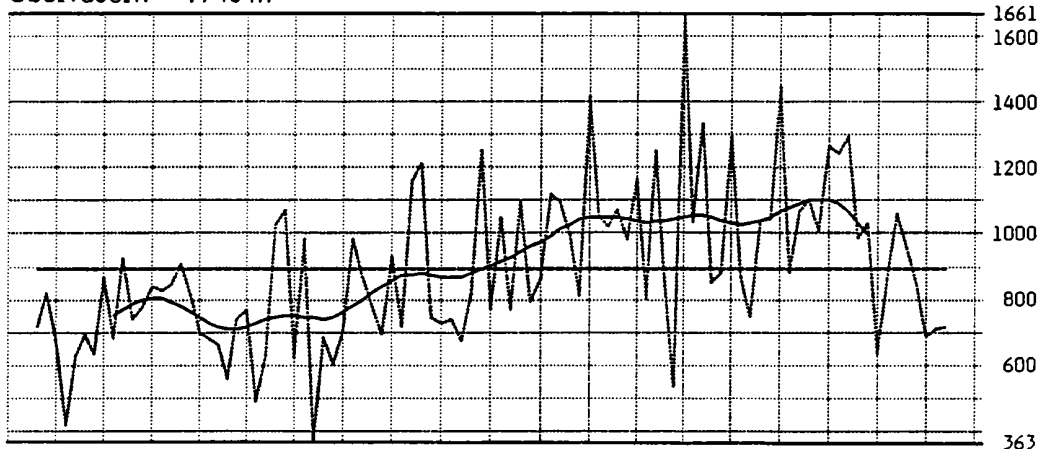


Fortsetzung von Abbildung 4.1: Neuschneesummen

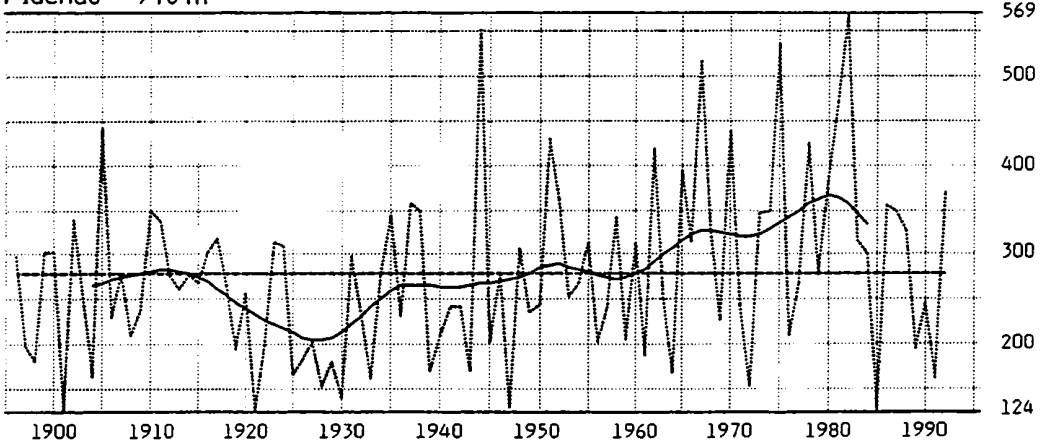
ZENTRALALPEN



Obertauern 1740 m



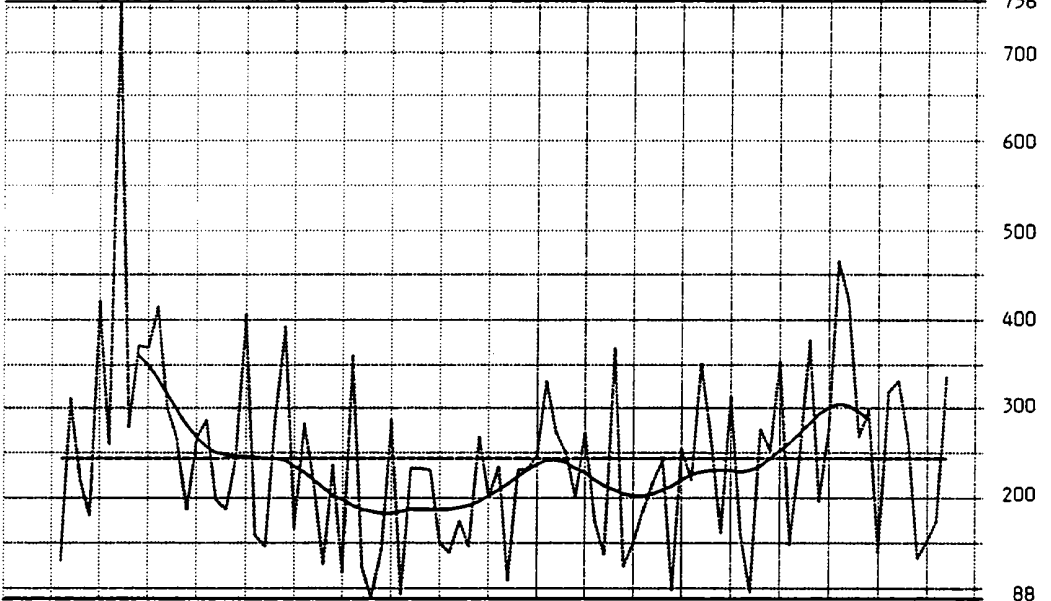
Flachau 910 m



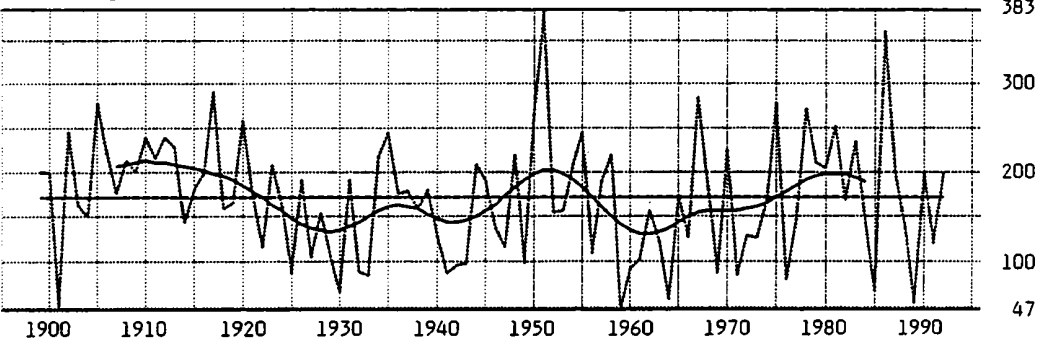
Fortsetzung von Abbildung 4.1: Neuschneesummen

ZENTRALALPEN

Liezen 640 m 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 cm

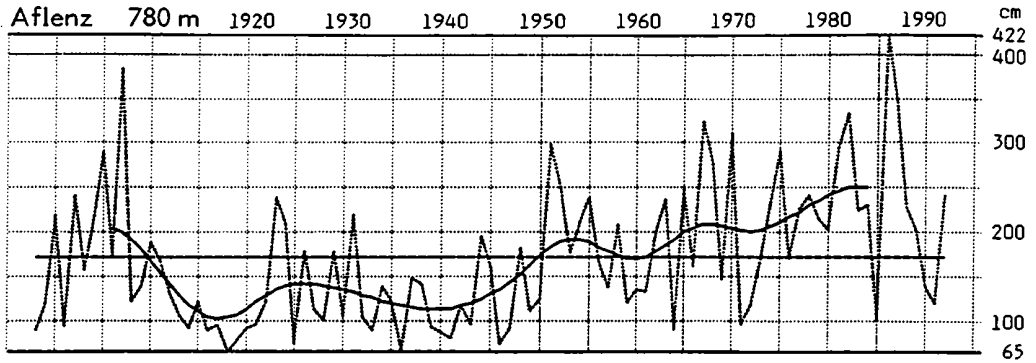


Tamsweg 1022 m

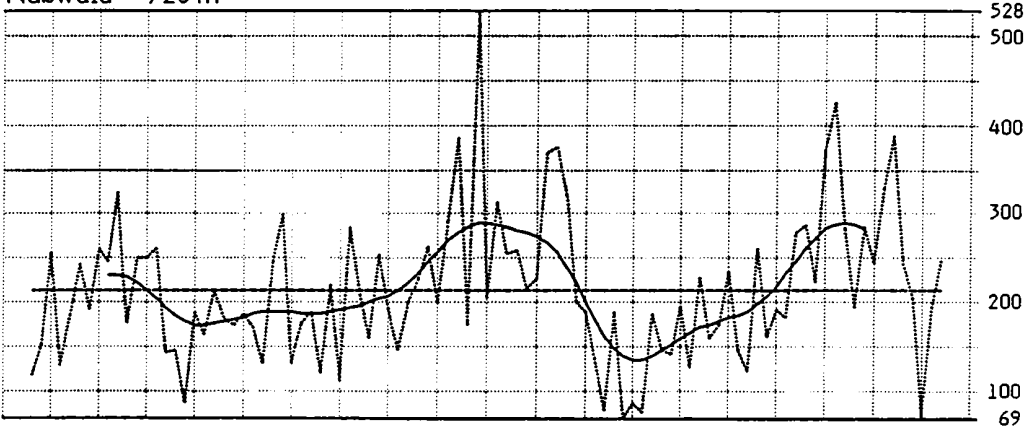


Fortsetzung von Abbildung 4.1: Neuschneesummen

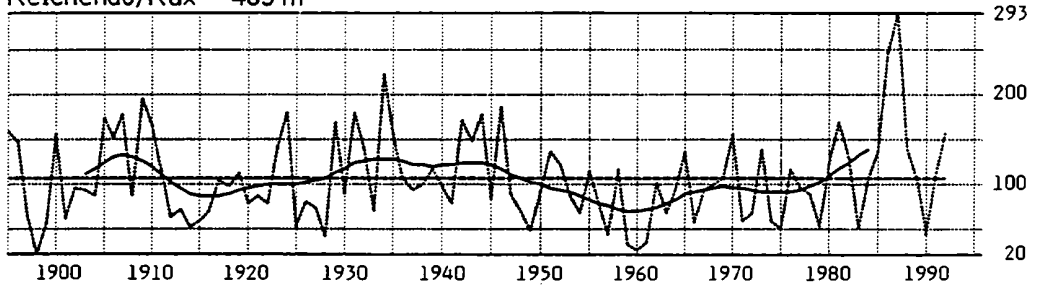
ALPENOSTRAND



Naßwald 720 m



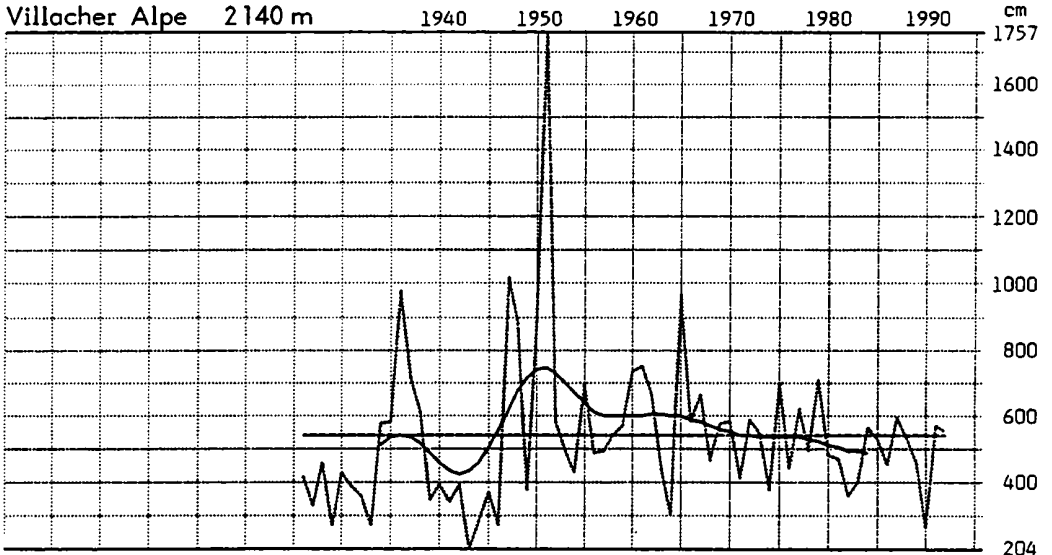
Reichenau/Rax 483 m



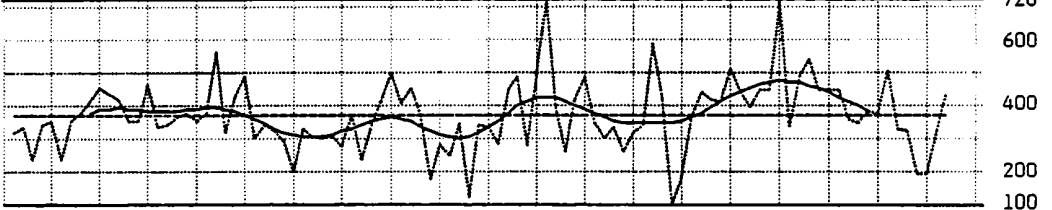
Fortsetzung von Abbildung 4.1: Neuschneesummen

SÜDALPEN

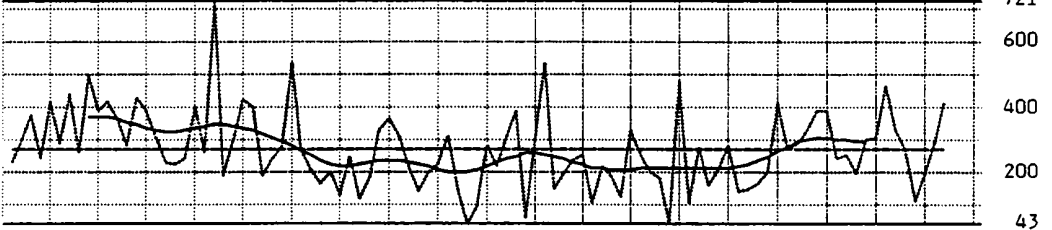
Villacher Alpe 2140 m



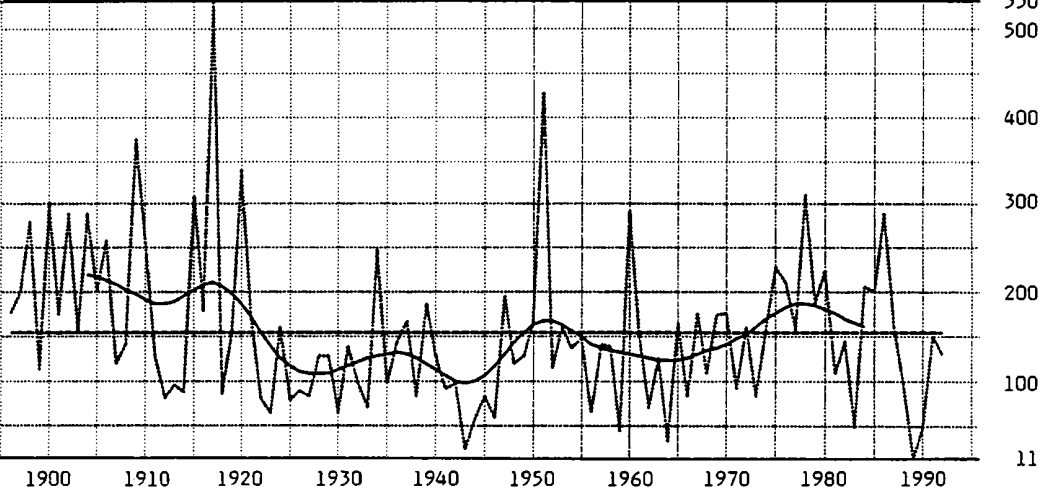
Innerkrems 1520 m



Iselsberg 1205 m



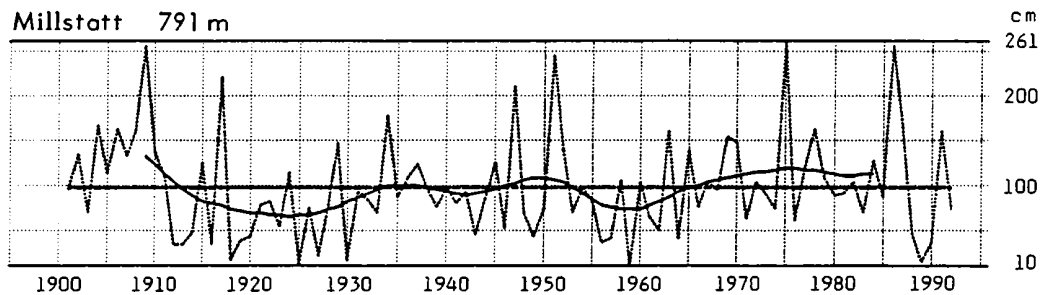
Lienz 666 m



Fortsetzung von Abbildung 4.1: Neuschneesummen

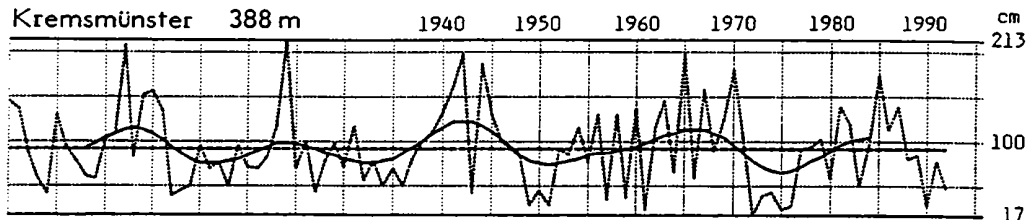
SÜDALPEN

Millstätt 791 m

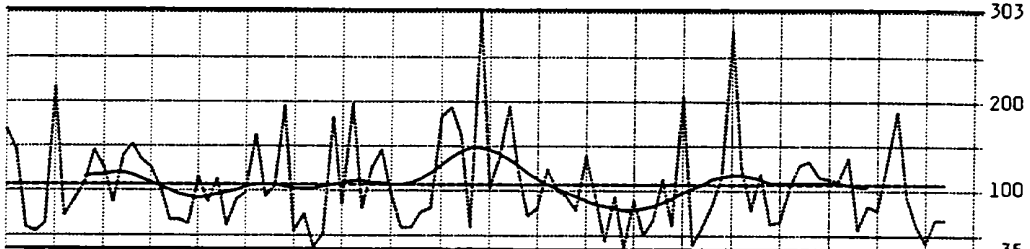


AUßERALPNER RAUM

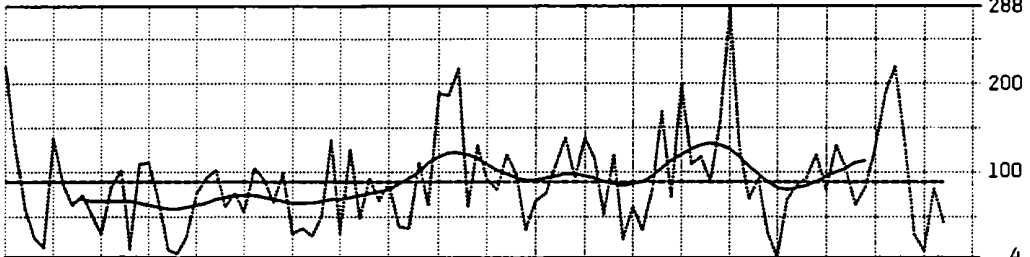
Kremsmünster 388 m



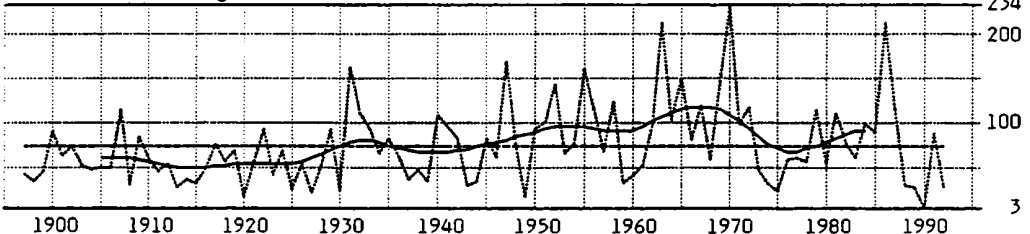
Zwettl 511 m



Wien-Mariabrunn 226 m



Bad Gleichenberg 303 m



WESTÖSTERREICH

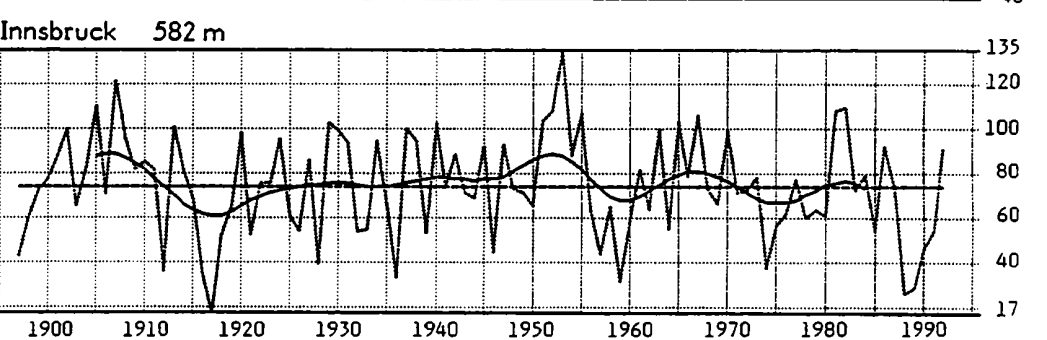
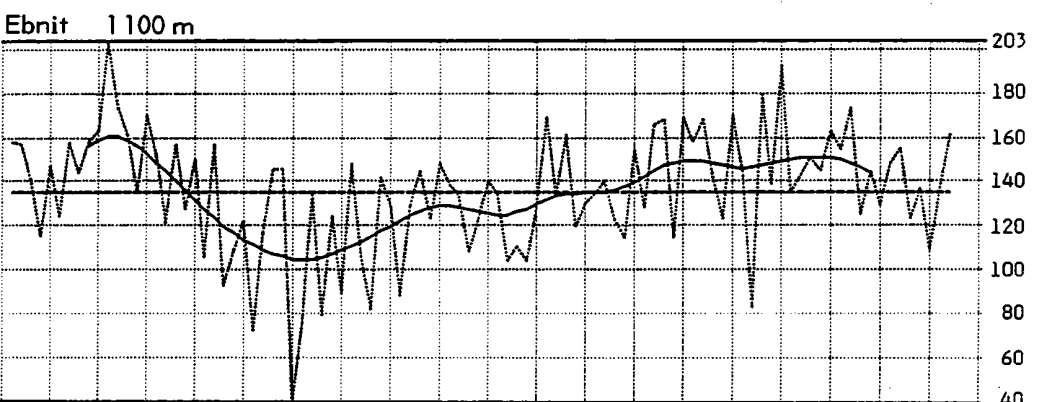
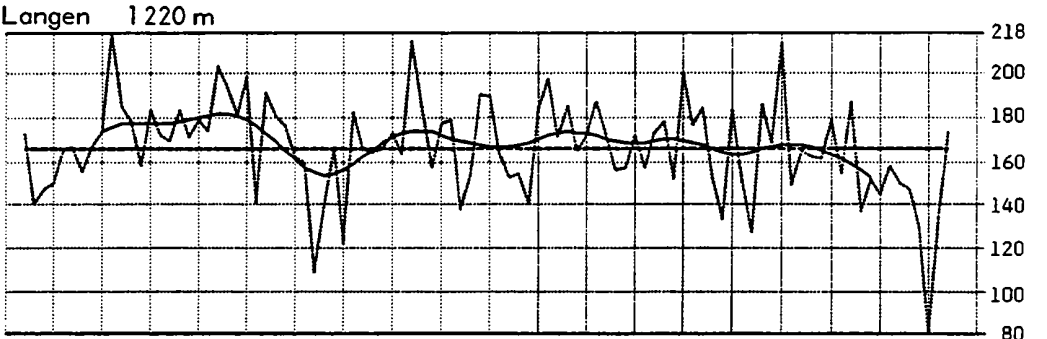
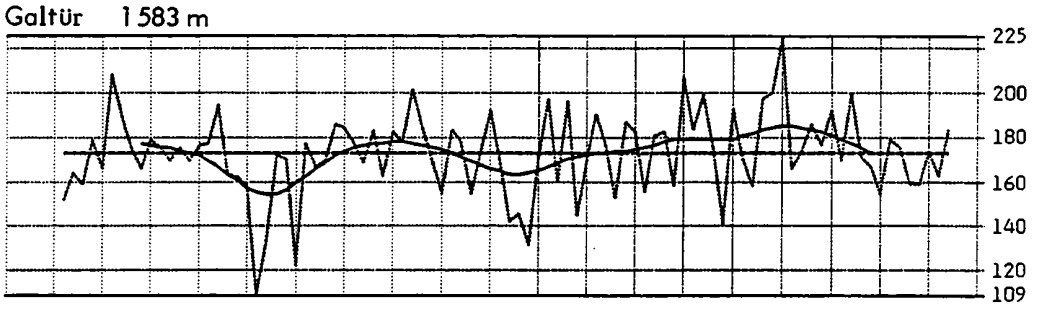
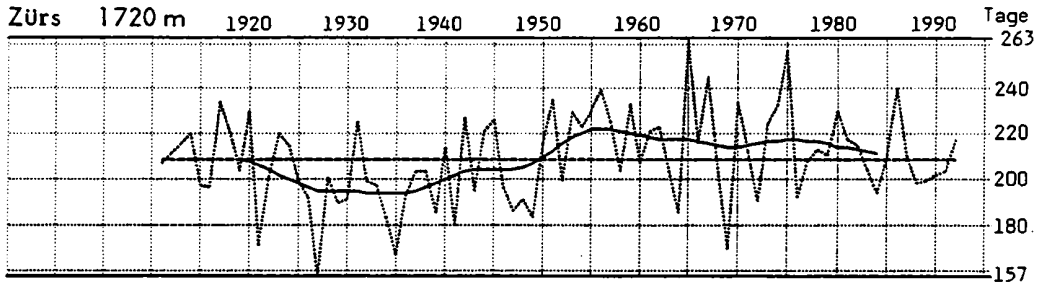
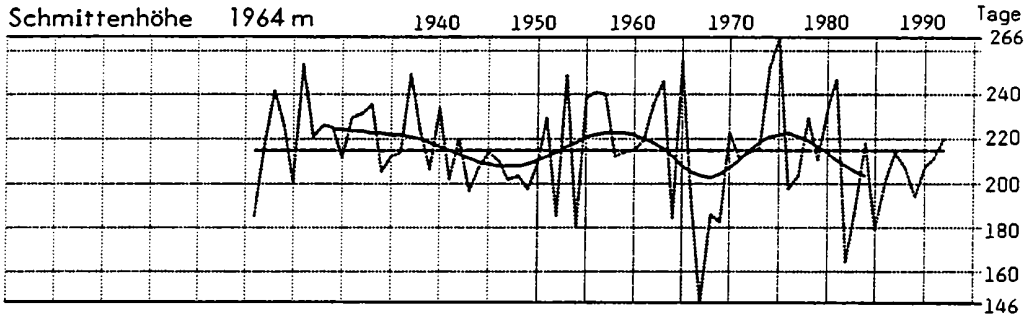


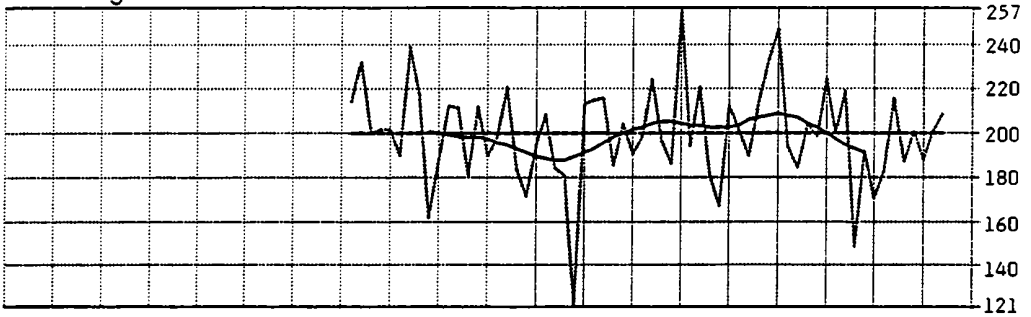
Abbildung 4.2: Zeitreihen der Zahl der Tage mit Schneedecke (mind. 1 cm Höhe) an ausgewählten Meßstellen
 — Einzelwerte, ~ geglättete Kurve (T=20 Jahre), --- langjähriger Mittelwert

Fortsetzung von Abbildung 4.2: Schneedeckendauer

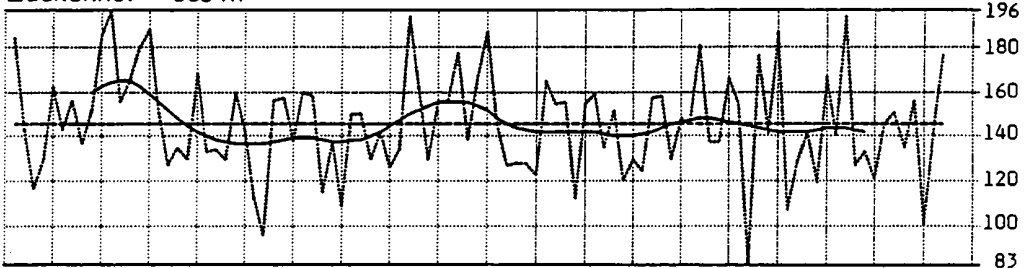
NORDALPEN



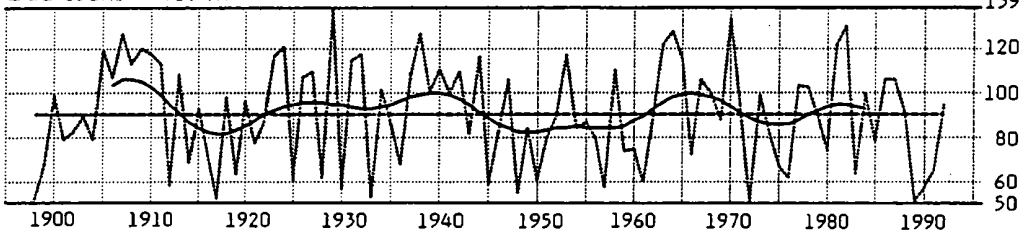
Feuerkogel 1598 m



Lackenhof 835 m

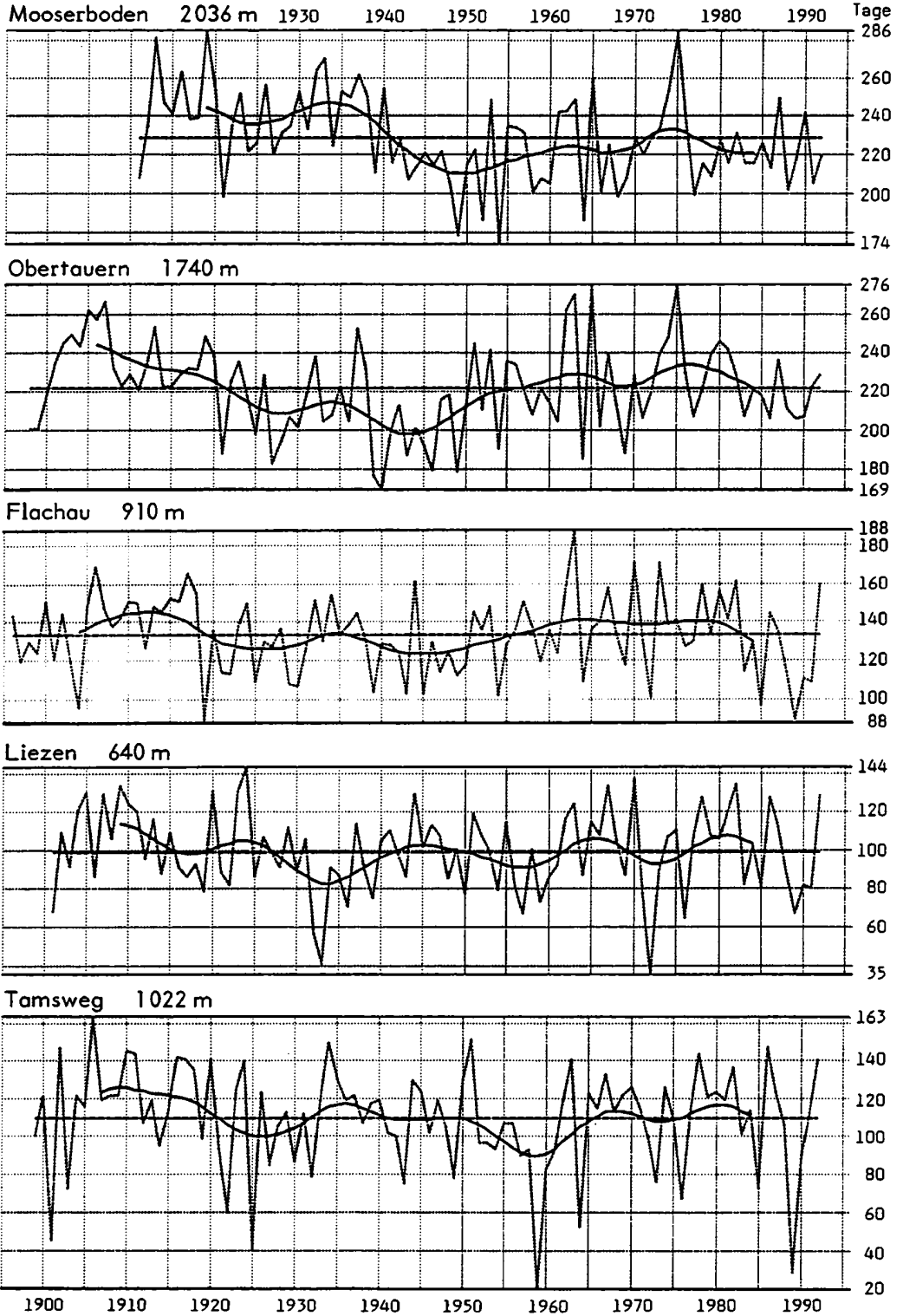


Bad Ischl 469 m



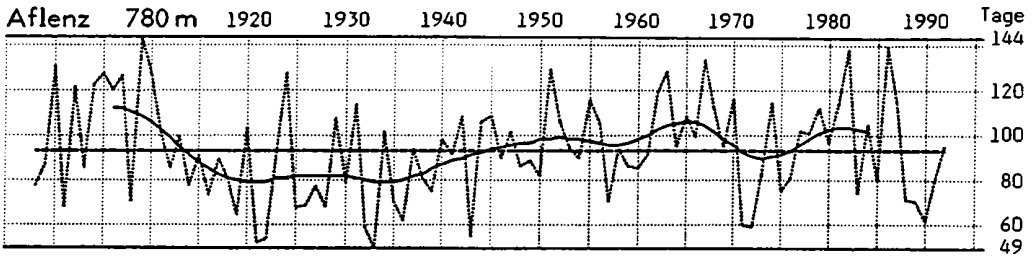
Fortsetzung von Abbildung 4.2: Schneedeckendauer

ZENTRALALPEN

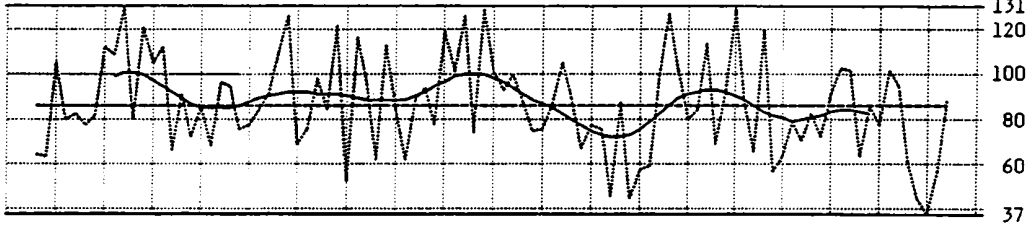


Fortsetzung von Abbildung 4.2: Schneedeckendauer

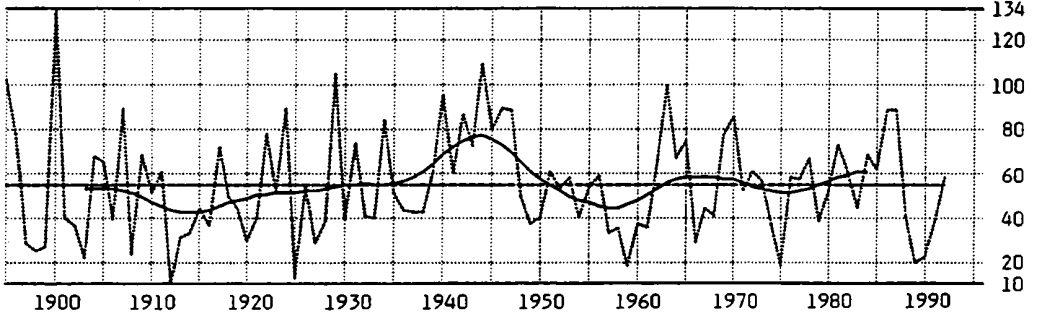
ALPENOSTRAND



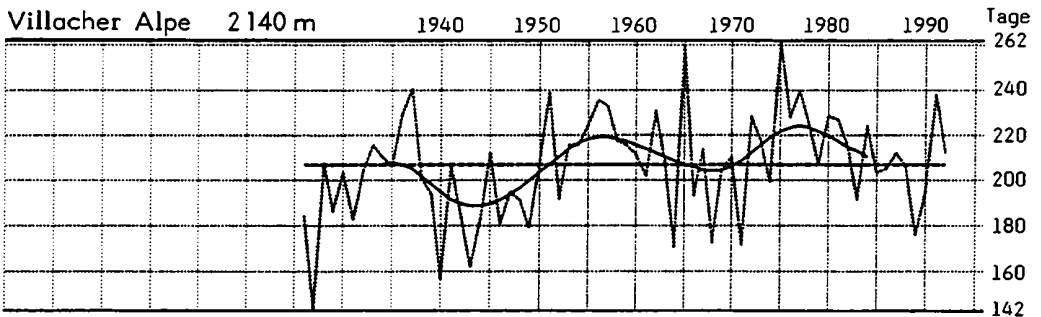
Naßwald 720 m



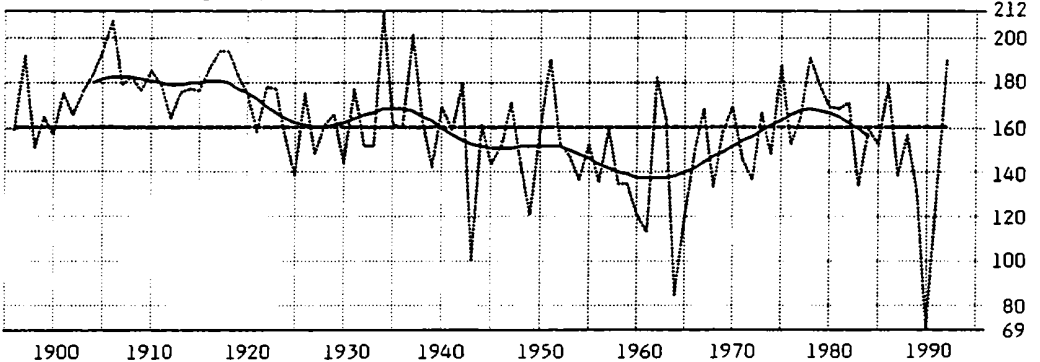
Reichenau/Rax 483 m



SÜDALPEN

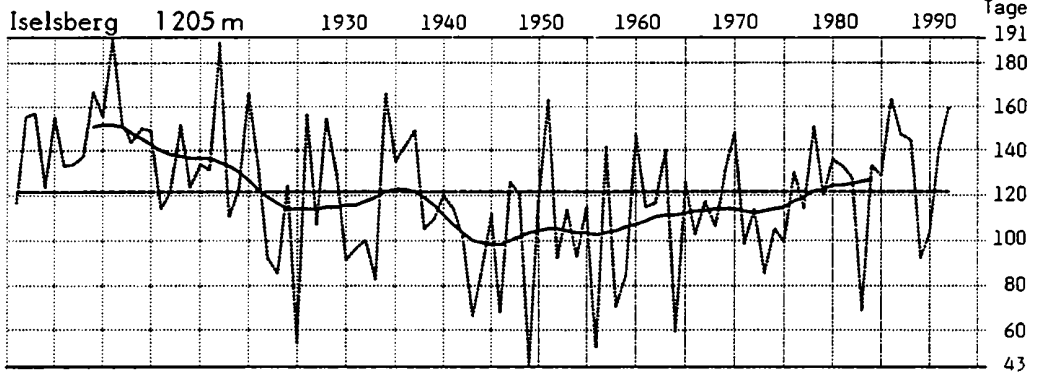


Innerkrems 1520 m

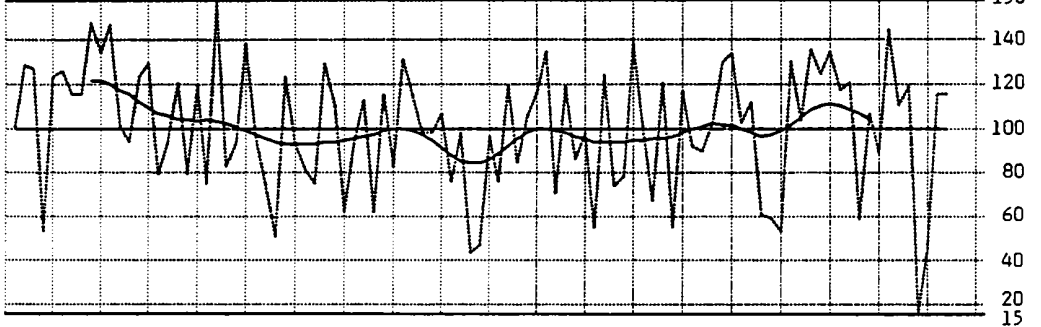


Fortsetzung von Abbildung 4.2: Schneedeckendauer

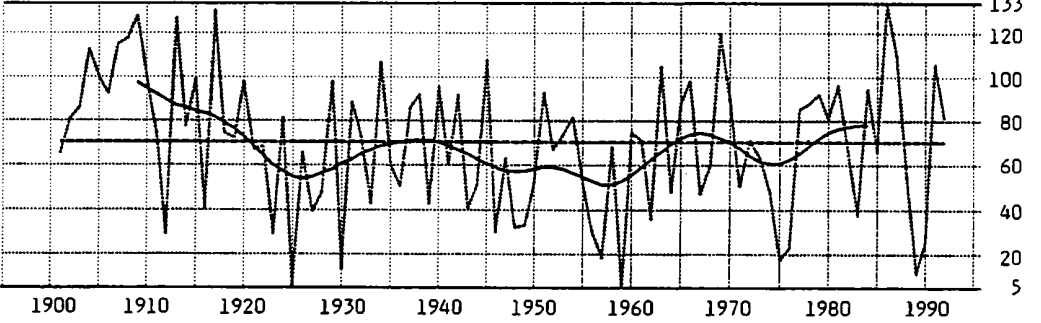
SÜDALPEN



Lienz 666 m

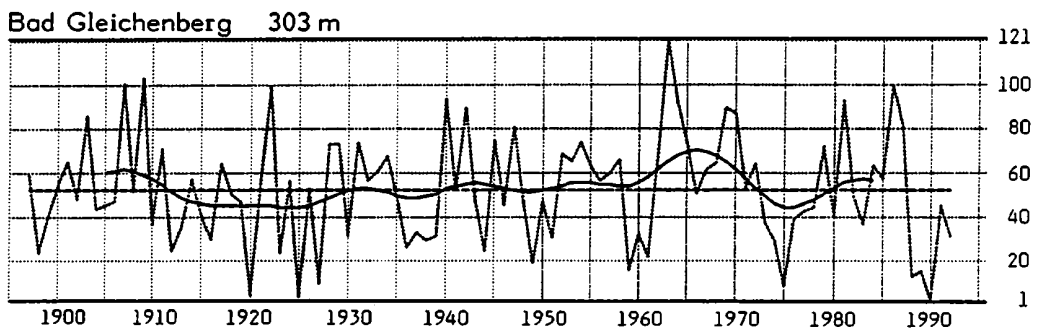
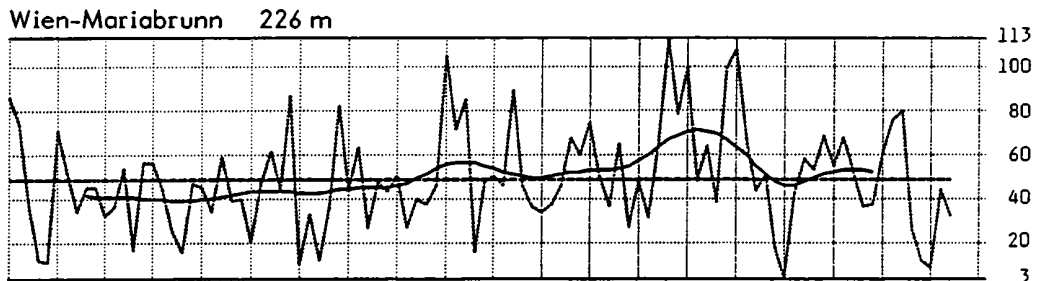
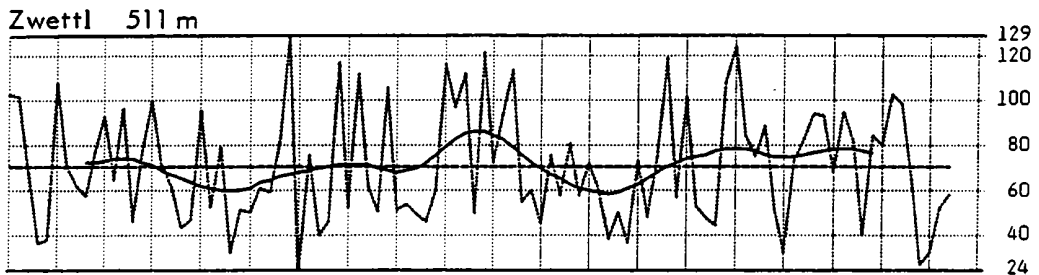
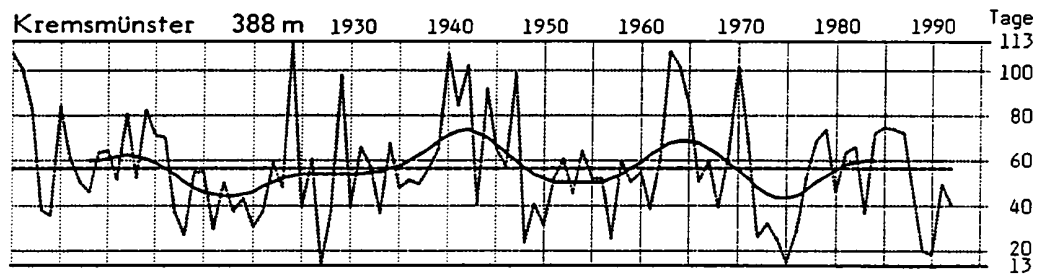


Millstätt 791 m



Fortsetzung von Abbildung 4.2: Schneedeckendauer

AUßERALPINER RAUM



Der Beginn des Jahrhunderts ist durch eine Reihe außerordentlich schneereicher Winter gekennzeichnet, welche an mehreren Stationen das Hauptmaximum in der geglätteten Kurve begründen. Unterhalb von etwa 1000 m Seehöhe reicht diese Phase bis 1910/15, an den höher gelegenen Orten bis 1915/20. Die dritte Dekade und die erste Hälfte der vierten waren allorts schneearm, besonders stark unternormal waren die Winter 1931/32 bis 1933/34. An den Talstationen folgt diesem Abschnitt eine 10 bis 15 jährige Phase mit übernormalen Wintern. Meßstellen über rund 1000 m zeigen in diesem Zeitraum hingegen einen schwach unternormalen bis ausgeglichenen Verlauf. Nach mehr oder weniger stark ausgeprägten unternormalen Neuschneesummen in der zweiten Hälfte der 50er Jahre traten zwischen 1965 und 1970 mit Ausnahme von Obergurgl dagegen fast nur überdurchschnittliche Jahreswerte auf. Ähnlich wie in Ostösterreich (s. Abschnitt 4.6) waren die 70er Jahre auch im Westen Österreichs in den tieferen Regionen schneearm, ab 1000 bis 1200 m jedoch ausgesprochen schneereich. Die frühen 80er Jahre erreichen oder übertreffen die bisherigen Maxima der geglätteten Kurven an einigen Orten (zB. Galtür, Ebnet). Seither befindet sich die gesamte Region durch die Phase schneearmer Winter am Übergang in das aktuelle Jahrzehnt in einem leichten Abwärtstrend. Im betrachteten Raum liegen Orte, die seit dem Minimum um 1925 eine bis in die späten 70er Jahre reichende Zunahme aufweisen (in Zürs liegt das derzeitige Niveau sogar rund 100 % über dem Ausgangsniveau der 20er und 30er Jahre).

Schneedecke. Diese Kenngröße weist an vielen Meßstellen über längere Zeitabschnitte einheitlich über- bzw. unterdurchschnittliche Verhältnisse auf als dies bei der Neuschneesumme der Fall ist. Häufig lassen sich folgende Teilperioden unterscheiden: ein Maximum um 1905/10 (mitunter gegen 1920 hin verschoben), gefolgt von einem deutlich ausgeprägten Minimum, das in den meisten Fällen spätestens um 1930 von einem Aufwärtstrend abgelöst wird. Nach einem schwachen Minimum bald nach 1945 treten unterschiedliche Teiltendenzen auf: örtlich wurde eine leichte Abnahme der Schneedeckendauer verzeichnet (Langen), gebietsweise ist bis 1960/65 ein leichtes Ansteigen der Werte erkennbar (Zürs, Ebnet), oft blieben die Verhältnisse über die vergangenen 70 Winter konstant (Innsbruck).

4.2 Nordalpen

Neuschnee. Auch im Nordalpenbereich weichen auf Grund der gebietsweise unterschiedlichen Niederschlagsregimes die Teiltendenzen in vergleichbarer Höhenlage in einzelnen Zeitabschnitten voneinander ab.

Die Bergstationen Schmittenhöhe und Feuerkogel weisen etwa seit dem Ende der vierten Dekade einen durchgehenden Abwärtstrend auf, der lediglich um 1965 bzw. kurz nach 1975 durch ein schwaches Sekundärmaximum unterbrochen wurde. Leider ist in diesem Höhenbereich die Zeit vor 1920 nicht belegt, es kann aber nach den Ergebnissen von 200 bis 500 m tiefer gelegenen Reihen (zB. Ebnet, Langen, Nauders) ein ebenfalls ziemlich hohes Niveau angenommen werden. An den Meßstellen in Tallage war der Abschnitt bis Anfang der 10er Jahre fast durchgehend neuschneereich. In der ozeanisch geprägten Phase zwischen 1920 und 1930 herrschten schwach bis mäßig unternormale Verhältnisse vor. Zwischen 1940 und 1945 liegt ein stark ausgeprägtes Maximum, eine weitere Hochphase ist gegen Ende der siebten Dekade erkennbar. Minima wurden um 1960 und unterhalb von rund 700 m auch zwischen 1971 und 1976 gebildet. In Lackenhof ist seit 1970 die Tendenz negativ, in allen anderen Reihen ist kurz nach 1980 eine Phase mit deutlich übernormalen Neuschneesummen eingefügt, der Scheitelpunkt dürfte - gegenwärtig betrachtet - bereits überschritten worden sein.

Schneedecke. Die Dauer der Schneedecke hat sich in den vergangenen hundert Jahren an keiner der betrachteten Meßstellen geändert, auch die hochalpinen Stationen zeigen einen ausgeglichenen Verlauf mit relativ geringer Schwankungsweite. Die Maximal- und Minimalphasen treten in den selben Zeitabschnitten wie jene des Neuschnees hervor. Nach 1960 decken sich die Verläufe von Neuschneesumme und Schneedeckendauer besser als im ersten Abschnitt des Untersuchungszeitraumes.

4.3 Zentralalpen (Hohe und Niedere Tauern)

Neuschnee. Ähnlich wie in Westösterreich und im Nordalpengebiet waren die Talstationen in den ersten zehn bis 15 Jahren dieses Jahrhunderts häufig schneereich. In der Folge wurden bis etwa 1935, in Admont und Liezen sogar bis 1950 unternormale Neuschneemengen beobachtet. Im Oberen Ennstal setzt ab 1930 ein räumlich unterschiedlich ausgeprägter Aufwärtstrend ein, dessen Gipfelpunkte an den untersuchten Orten nicht synchron auftreten. Untertauern weist um 1950 ein stark hervortretendes Hauptmaximum auf. Im Raum Flachau-Radstadt ergab sich dagegen im Abschnitt 1930 bis 1960 ein schwacher, aber kontinuierlicher Aufwärtstrend, insgesamt entspricht diese Periode hier doch noch dem langjährigen Mittelwert. Im Gebiet um Admont besteht ein relativ schmales Nebenmaximum bald nach 1950. An der Nordseite der Zentralalpen setzte zumindest gebietsweise in den Lagen von 800 m bis 1700 m zwischen 1930 und 1935 ein starker Aufwärtstrend ein, der erst durch die schneearmen Winter nach 1984 beendet wurde und in den Zeitreihen der schneereichen Orte im Arlberggebiet eine Parallele besitzt. Die Daten des Mooserbodens dokumentieren gut die maritime Phase vor 1930 mit dem hohen Anteil an festem Niederschlag in Seehöhen über 2000 m, der markant positive Trend, der z.B. für Obertauern ermittelt wurde, läßt sich in dieser Reihe nicht finden. An der Meßstelle im Lungau verlaufen die Winter über die 90 Jahre demgegenüber sehr ausgeglichen, die wesentlichen Hoch- und Tiefphasen der nördlich gelegenen Nachbarstationen treten aber deutlich hervor.

Schneedecke. Wie an den meisten Meßstellen in Österreich, so ist der Verlauf der Schneedeckendauer auch an den zentralalpiner Orten, betrachtet man den gesamten Beurteilungszeitraum, in allen Höhen insgesamt ohne erkennbaren Trend. In Obertauern wird nach der Maximumphase am Beginn des Jahrhunderts der Tiefpunkt in der geglätteten Kurve zwischen 1940 und 1945 erreicht, von diesem Abschnitt an liegt wieder ein positiver Trend vor, der 1975 seinen Höhepunkt erreicht hat. Ähnlich ist der Kurvenverlauf am Mooserboden gestaltet. An beiden hochalpinen Stationen wurde aber das hohe Niveau, welches in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts geherrscht hat, nicht mehr erreicht. An den Talstationen pendeln die Einzelwerte um den Mittelwert mit abschnittsweise sehr geringer Schwankungsweite (z.B. Liezen, 1940 bis 1960).

4.4 Alpenostrand

Neuschnee. Temperatur und Niederschlag sind in diesem Teilgebiet wegen Landschaftsdifferenzierung und unterschiedlich ausgeprägter Wetterlagenwirksamkeit erfahrungsgemäß sehr uneinheitlich, dementsprechend heben sich die abgeleiteten Teiltendenzen in räumlicher Hinsicht voneinander ab.

Die Meßstelle Naßwald besitzt drei stark ausgeformte Maxima (vor 1910, 1939 bis 1953 und kurz nach 1980). Das siebente Jahrzehnt war, vergleicht man diese Reihe mit anderen Orten Ostösterreichs, auffallend schneearm. Reichenau an der Rax besitzt eine noch nennenswerte Ähnlichkeit mit Naßwald, die Amplitude der geglätteten Kurve ist wegen der relativen Niederschlagsarmut in Reichenau aber naturgemäß wesentlich kleiner. Aflenz dagegen weist nach anfangs übernormalen Werten in der Folge eine ca. 30 Jahre dauernde schneearme Phase und seit 1940/45 einen positiven Trend auf, dessen Gipfelpunkt offensichtlich mit dem Winter 1985/86 erreicht wurde.

Schneedecke. Die Meßstellen des Alpenostrandes sind ohne erwähnenswerten Trend, das Hauptmaximum liegt im Talbereich des Schneeberg-Rax-Gebietes zwischen 1940 und 1947, weiter östlich davon vor 1910. Folgende Perioden mit durchwegs kürzeren Schneedeckenzeiten traten auf: in Aflenz die Winterfolge 1916 bis 1938, in Naßwald 1954 bis 1961 und in Reichenau 1912 bis 1922 sowie 1957 bis 1961.

4.5 Südalpenraum

Neuschnee. Die Meßstellen in Osttirol und Oberkärnten einerseits und in Unterkärnten andererseits sind in ihrem geglätteten Kurvenverlauf durch folgende nennenswerte gegensätzliche Strukturen gekennzeichnet. Im erstgenannten Gebiet ist die Neuschneesumme von 1895 an bis etwa 1920 fast durchwegs übernormal verlaufen, östlich der Linie Reißbeck-Villacher Alpe setzte bereits nach 1910 ein Abwärtstrend ein. Während hier (z.B. Eisenkappel, ohne Abbildung) das Minimum um 1925 nur schwach ausgebildet ist und bald von einer durchschnittlichen Phase, die bis Mitte der 50er Jahre reicht, abgelöst wird, ist westlich der genannten Trennungslinie ein fast 30jähriger deutlich unterdurchschnittlicher Abschnitt zu erkennen. Das Hauptminimum dieser Reihen (1940 bis 1945) fällt in eine Dekade, die an den meisten Meßstellen des übrigen Bundesgebietes zu den schneereichsten Perioden zählt. An nahezu allen Stationen der österreichischen Südalpen wird um 1950 ein gut ausgeprägtes Maximum (vor allem durch den 'Lawinenwinter' 1950/51) geformt. In der Folge gleicht der Kurvenverlauf in Unterkärnten den Graphiken Ostösterreichs (Schneereichtum 1963 bis 1970, unter dem Normalwert die Jahre um 1975). In den westlichen Landesteilen Kärntens und in Osttirol sind die 60er Jahre größtenteils schneearm, vor allem die zweite Hälfte der 70er Jahre hingegen schneereich, wieder im Gegensatz zu Unterkärnten. An der Meßstelle Villacher Alpe ist seit dem Hauptmaximum um 1950 ein durchgehend negativer Trend zu beobachten, ähnlich wie in den Reihen Mooserboden, Schmittenhöhe und Feuerkogel.

Schneedecke. An den Stationen bis 1000 m sind die Tendenzen von Neuschneesumme und Schneedeckendauer in den einzelnen Perioden einander weitgehend ähnlich. Das hohe Ausgangsniveau am Beginn der geglätteten Kurven wird nach der unternormalen Phase etwa zur Hälfte des Jahrhunderts und dem folgenden leichten Anstieg bis etwa 1980 aber größtenteils nicht mehr erreicht (Ausnahme: Regionen in Unterkärnten mit dem Hauptmaximum zwischen 1980 und 1985). Interessant ist die zT. gegenläufige Kurvenform an den benachbarten Meßstellen St. Peter im Katschtal und Innerkrams (Seehöhenunterschied 300 m). Es fällt vor allem das frühe Minimum (1910 bis 1915) und das Maximum um 1965 auf, welche St. Peter im Vergleich zu den benachbarten Meßstellen als für den Südalpenraum eher untypische, noch sehr von Norden her beeinflusste Station ausweist.

4.6 Außeralpiner Raum

Neuschnee. Den geglätteten Kurven aller Meßstellen unter ca. 500 m Seehöhe sind zwei deutlich ausgebildete Maxima auf Grund der häufig schneereichen Winter in den Abschnitten 1940 bis 1947 und 1963 bis 1970 sowie ein Nebenmaximum Mitte der 80er Jahre gemeinsam. Meistens unter dem langjährigen Mittel hingegen verliefen die Werte der Winter um 1950 und zwischen 1971 und 1977. Der Zeitraum ab der Jahrhundertwende bis Ende der vierten Dekade war im Osten größtenteils unternormal, im nördlichen Alpenvorland und dem Innviertel insgesamt eher ausgeglichen, lokal gegen Ende der ersten Dekade schwach übernormal. Ähnliche Ergebnisse wurden auch in einer Untersuchung über den südmährischen Raum gefunden (DOBROVOLNY, 1988). Im Mühl- und Waldviertel bildet sich in Höhenlagen über 1000 m das Hauptmaximum deutlich um die schneereichen Winter der 40er Jahre aus, das Maximum des siebenten Jahrzehnts tritt dagegen in den Hintergrund. Bis vor 1940 zeigen die geglätteten Kurven wenig Veränderung, ebenso nach 1965. Gebietsweise sind die 60er Jahre nur schwach positiv. Im Vergleich zur Meßstelle Zwettl verlaufen die beiden Reihen des Mühlviertels (Rainbach, Freistadt, ohne Abbildung) ab etwa 1950 gegenphasig.

In den Becken- und Hügellandschaften Südostösterreichs sind einige Merkmale der geglätteten Kurven von Nord- und Ostösterreich noch enthalten, und zwar unternormale Neuschneesummen im ersten Viertel des Jahrhunderts, Hauptmaximum in den 60er

Jahren, Schneearmut Mitte der 70er Jahre, knapp über dem Durchschnitt liegende Werte zwischen 1979 und 1986. Das fünfte Jahrzehnt verlief dagegen durchschnittlich, die Jahre um 1955 waren leicht übernormal. Das Grazer Becken und die Weststeiermark weisen ausgeglichene Verhältnisse ohne nennenswerte Abweichungen zu den bisherigen Aussagen auf. Die im Osten im Abschnitt bis 1955 generell aufgetretenen Maximal-/Minimalphasen scheinen in allen Reihen dieses Teilgebietes nur schwach ausgebildet auf, danach besteht eine sehr gute Übereinstimmung mit den übrigen Flachlandstationen.

Schneedecke. Die Fluktuationen des Schneereichtums widerspiegeln sich auch in der Abfolge der Einzelwerte der Schneedeckendauer. Unterhalb der 500 m-Isohypse treten Maxima in den 40er und 60er Jahren, schwächer ausgeprägt auch in der Zeit vor 1985 auf. Gehäuft unternormal fielen die Winter im Osten mit Beginn der Messungen bis 1939 auf, weitere Minima liegen um 1950/1955 und 1975. Im Innviertel und Alpenvorland kann die erste Dekade als insgesamt dem Durchschnitt entsprechend bezeichnet werden. Auffallend schwach ausgebildet ist das Maximum der 60er Jahre im nördlichen Teil des Burgenlandes. Im Mühl- und Waldviertel treten, ähnlich wie im Innviertel und im Vorland, im ersten Drittel des Jahrhunderts nur schwach ausgeformte Hoch- und Tiefphasen auf. Die 40er Jahre sind verbreitet durch lange, die 50er Jahre im Waldviertel durch kurze, im Mühlviertel durch leicht übernormale Schneedeckenzeiten gekennzeichnet. Ab Anfang 1960 herrschten durchwegs leicht übernormale Verhältnisse mit Ausnahme der Winter ab 1987/88.

Im Südosten findet man demgegenüber die extreme Periode zwischen 1940 und 1947 wesentlich weniger, jene der 50er und 60er Jahre jedoch stärker betont. Abgesehen von den überdurchschnittlichen Schneedeckenzeiten bis 1911, die von dem Verlauf der Neuschneesumme abweichen, ist der Gang der Schneedeckenwerte im außeralpinen Bereich mit jenem der Neuschneesummen ziemlich deckungsgleich.

Um abschließend einen Überblick zu erhalten, werden in Abbildung 4.6.1 Zeitreihen aus ganz Österreich ausgewählt einander gegenübergestellt, und zwar nur die Kurven des Parameters Neuschneesumme, weil dieser bezüglich des Schneereichtums als aussagekräftiger angesehen werden kann.

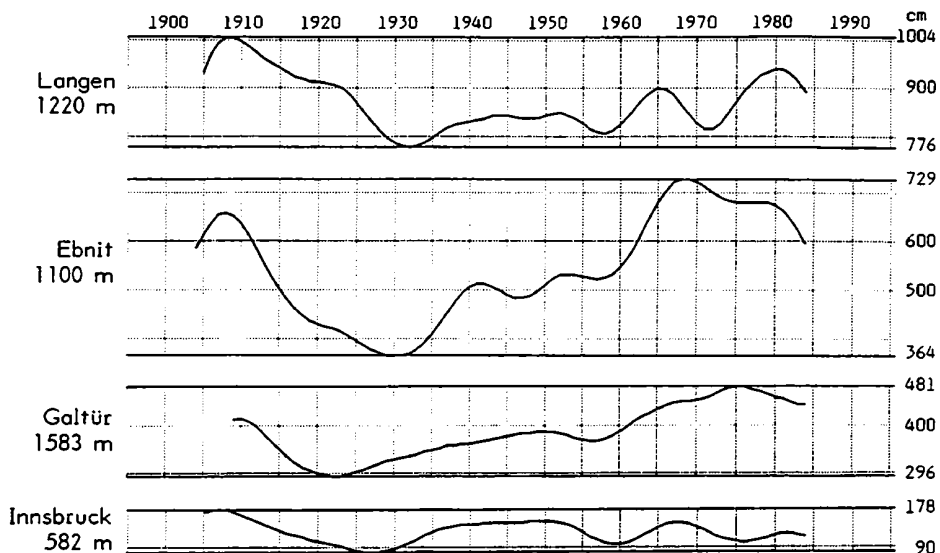
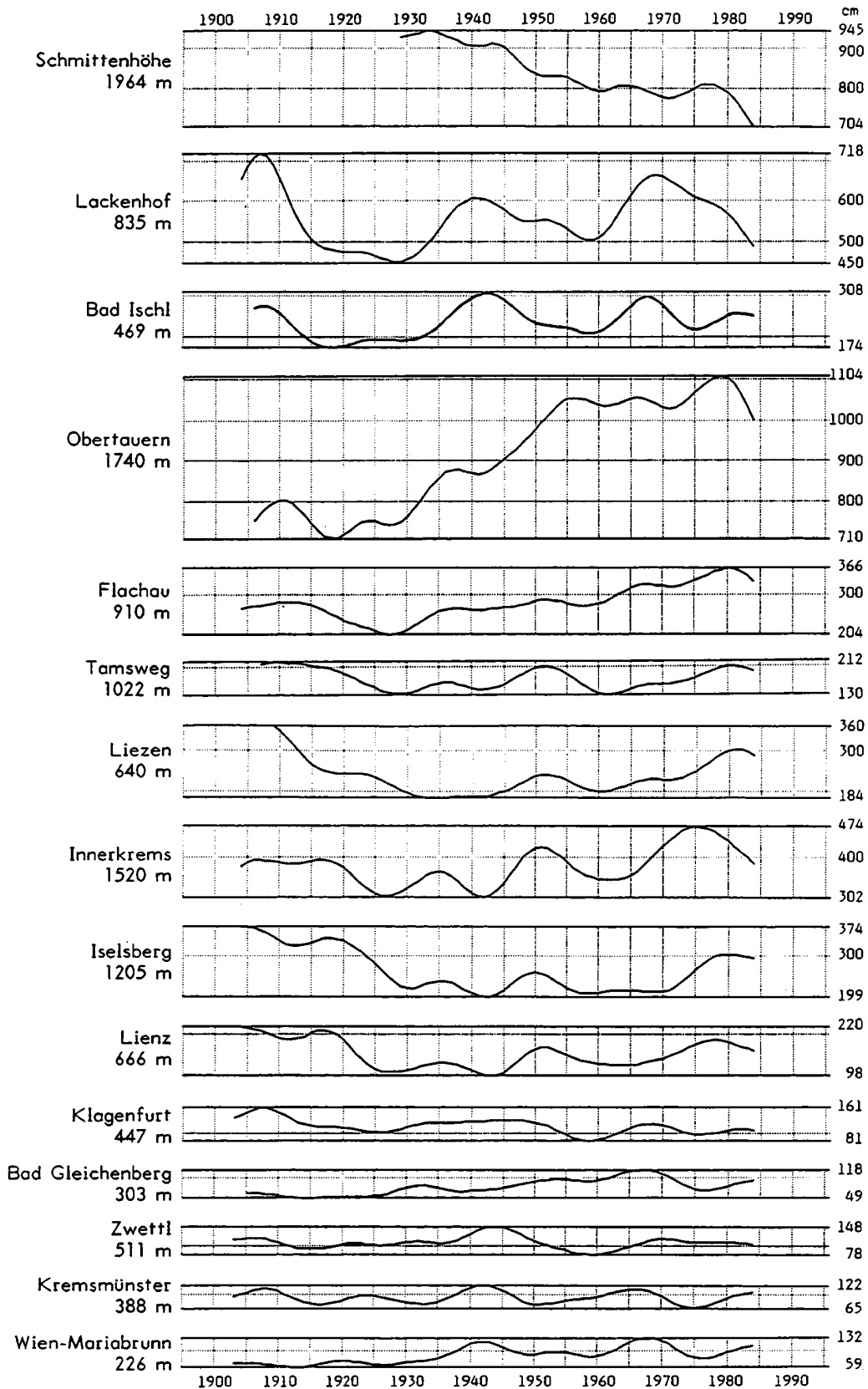


Abbildung 4.6.1: Überblick des säkularen Verlaufes der Neuschneesumme an Hand von charakteristischen Kurvenverläufen (Glättung, $T^*=20$ Jahre)

Fortsetzung von Abbildung 4.6.1: Neuschneesumme



Die Beispiele zeigen, daß auch im überregionalen Scale gemeinsame Merkmale zu entdecken sind, die besprochenen Differenzierungen jedoch bei weitem überwiegen.

5. Rückblick auf das 18. und 19. Jahrhundert

Um die Ergebnisse überblicksweise in einen etwas größeren zeitlichen Maßstab einordnen zu können, seien kurz die wesentlichen Merkmale der Schneeverhältnisse des späten 18. und des 19. Jahrhunderts zusammengefaßt. Leider liegen aus dem Gebiet des heutigen Österreichs über diese Zeit nur wenige, mit den modernen Datensätzen im Grunde nur ansatzweise vergleichbare Informationen vor, da damals offenbar noch keine allgemeingültigen Anleitungen für Schneebeobachtungen existierten. Oftmals sind die Beobachtungsreihen unterbrochen oder die Einzelwerte einer Nachbearbeitung nicht mehr zugänglich. Es ist somit lediglich eine grobe Rekonstruktion möglich. Regelmäßig fortlaufende Beobachtungen lieferten nur Wien und Kremsmünster: die Zahl der Tage mit Schneefall und Schneeregen wird für Kremsmünster ab 1763, für Wien (damals noch k.k. Sternwarte - Alte Universität) ab 1793 angegeben. Von 1861 an wurde an der Wiener Meßstelle für einige Jahre hindurch auch die Neuschneehöhe gemessen. Der Verlauf der Zahl der Tage mit Schneefall und Schneeregen in Kremsmünster und Wien (Abb. 5.1 und 5.2) ist aus den angegebenen Gründen über diesen historischen Zeitraum eher als Relativkurve zu verstehen (die Daten der Jahre bis 1849 sind im ersten Jahrbuch der ZAMG (1854) zusammengestellt).

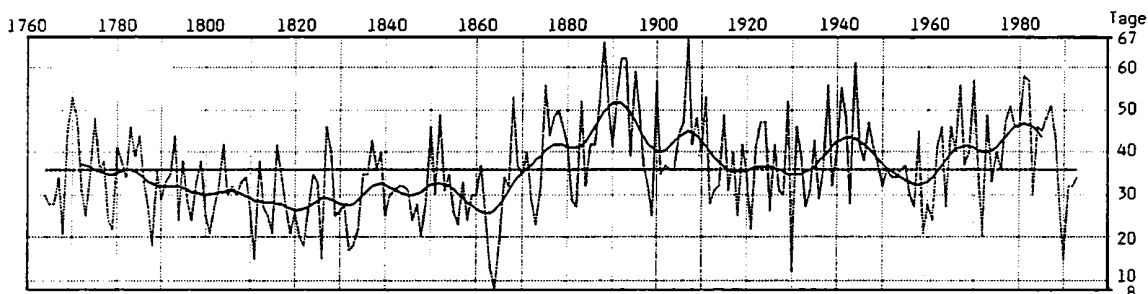


Abbildung 5.1: Zahl der Tage mit Schneefall und Schneeregen in Kremsmünster (1764-1993)
 Einzelwerte, ~ gefilterter Verlauf ($T=20$ Jahre),
 ----- langjähriges Mittel der Periode 1763/64 bis 1992/93

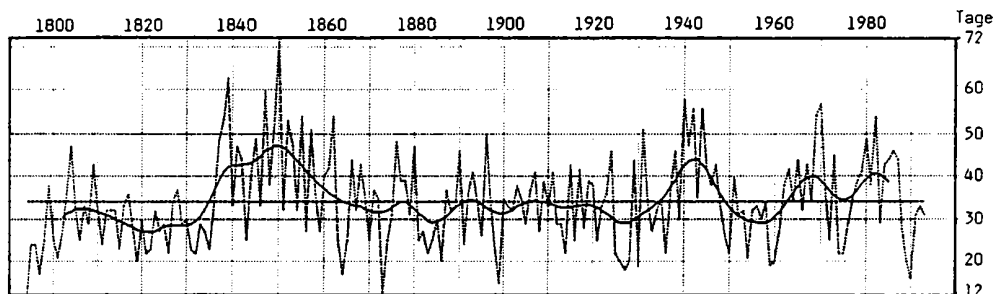


Abbildung 5.2: Zahl der Tage mit Schneefall und Schneeregen in Wien (1794-1993)
 Einzelwerte, ~ gefilterter Verlauf ($T=20$ Jahre),
 ----- langjähriges Mittel der Periode 1793/94 bis 1992/93

Die Graphiken mögen als Illustration der von KRUK (1953) gegebenen Zusammenfassung des Schneereichtums des 19. Jhdt. dienen. Die Aussagen gelten auf Grund des zugänglichen Datenmaterials im wesentlichen nur für den Osten Österreichs und das Alpenvorland. Demnach dürfte nach eher durchschnittlichem Schneereichtum der Winter in der zweiten Hälfte des 18. Jhdt. am Beginn des 19. Jhdt. bis 1835 eine Reihe teils milder, teils niederschlagsarmer Winter aufgetreten sein. Die Aufzeichnungen der folgenden Jahre bis etwa 1865 verlaufen an den beiden Beobachtungsstationen

unterschiedlich. In Kremsmünster setzt sich die unternormale Phase bis 1865 weiter fort. In Wien wird dagegen zwischen 1838 und 1862 das Hauptmaximum der 200-jährigen Reihe gebildet. Für den Winter 1849/50 werden 72 Tage mit Schneefall oder Schneeregen angegeben. Auch in den folgenden vier Jahrzehnten (1870 bis 1910) stimmen die beiden Kurven nicht überein. Ab dem Winter 1867/68 treten in Kremsmünster über die Jahrhundertwende hinaus fast durchgehend Winter mit zum Teil beträchtlich über dem Durchschnitt liegender Schneefallhäufigkeit auf, wodurch das Hauptmaximum dieser 230-jährigen Reihe entsteht. In der Wiener Kurve pendeln die Einzelwerte nach 1865 bis zum Beginn des Zweiten Weltkrieges nur unwesentlich um den Mittelwert. Allerdings werden im Einzelfall überaus schneereiche Jahre verzeichnet: z.B. beträgt im Winter 1878/79 die Neuschneesumme 249 cm (größter Wert zwischen 1861 bis 1900, das langjährige Mittel im Wiener Raum in rund 200 m Seehöhe lautet 80 cm). Nach 1915 etwa gehen die Wiener und die Kremsmünster Kurve weitgehend konform.

Durch die Maximalphasen in den Zeitreihen von Kremsmünster und Wien um 1890 bzw. um 1850 wird übrigens anschaulich dokumentiert, daß die vorliegende fast hundertjährige Periode mit systematischen Schneehöhen-Messungen nicht ausreicht, den gesamten Schwankungsbereich des mitteleuropäischen Schneeklimas zu erfassen.

6. Differenzierung der räumlichen Charakteristika

Vorangestellt sei ein kurzer Überblick über das Verhalten der beiden wesentlichsten Bestimmungsgrößen des Schnees, der Temperatur und des Niederschlages, in den vergangenen 100 Jahren in Österreich. Aus der eingangs zitierten Arbeit von BÖHM (1992) wurde zur Illustration der Temperaturverhältnisse die 'Österreich-Kurve' übernommen, aber für den vorliegenden Text das entsprechende Wintermittel, nämlich November bis April, berechnet. Wegen des starken räumlichen Zusammenhanges wird der säkulare Verlauf dieses Klimaparameters von einer über die Einzelstationen gemittelten Reihe repräsentiert.

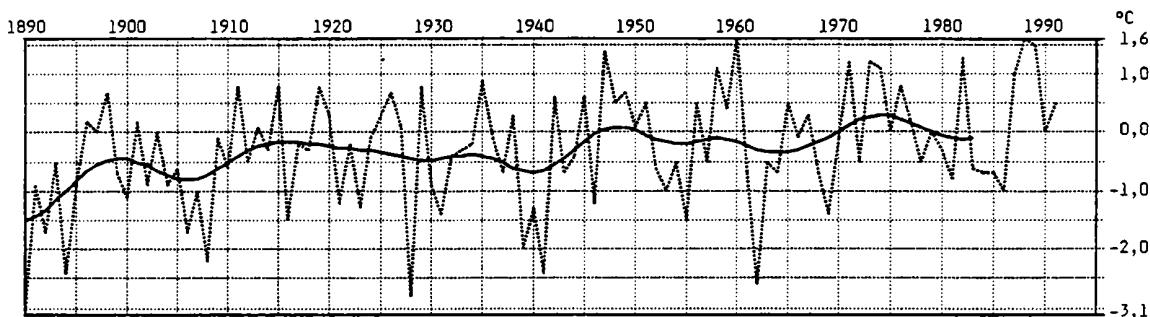


Abbildung 6.1: Zeitreihe der Abweichungen der Wintermittel der Lufttemperatur vom Mittel der Normperiode 1961-1990 (Datenbasis 58 Einzelstationen, nach BÖHM, 1993)
 Einzelwerte, — gefilterter Verlauf ($T'=20$ Jahre),

Der Untersuchungszeitraum beginnt mit einer markanten Zunahme der Wintertemperaturen, ein vorläufiger Höhepunkt liegt zwischen 1895 und 1903. Nach einer kurzen depressiven Phase ist ein breites Sekundärmaximum zwischen 1910 und 1930 zu erkennen, danach ein leichter Abwärtstrend bis in die Zeit der Kriegswinter um 1940. Die Folgejahre bis 1950 brachten fast durchgehend zunehmend überdurchschnittlich warme Winter, ähnlich wie im Zeitabschnitt 1970 bis 1976. Die dazwischen liegende Periode enthält vereinzelte, stark unternormal temperierte Winter. Insgesamt ist das Temperaturniveau von 1942 an bis in die Gegenwart um einige Zehntel höher als in der ersten Hälfte des betrachteten Zeitraumes.

Hinsichtlich des Niederschlags sind in den einzelnen Teilabschnitten beachtliche regionale Unterschiede aufgetreten. Beispielsweise stehen den Niederschlagsdefiziten zwischen 1980 und 1990 von bis zu 15% in Ost- und Südösterreich in der selben Dekade 10%ige Überschüsse im Westen gegenüber. Die vorangegangene Dekade hingegen war verbreitet zu trocken. Allgemein niederschlagsreich waren die Dezennien 1911 bis 1920 und 1941 bis 1950 (mit kleineren Ausnahmen in Westösterreich). Allgemeine Aussagen sind nach der detaillierten Untersuchung von AUER (1993) aber nur bedingt zulässig, insgesamt ergibt sich kein eindeutiger Trend.

Die Parameter Neuschnee und Schneedecke besitzen in der Regel kleinräumigere Strukturen als die Gesamtmenge Niederschlag (fester und flüssiger Anteil). Die regional und lokal unterschiedliche Wirksamkeit der Wetterlagen, eine stark ausgeprägte temperaturbedingte Höhendifferenzierung, weiters die individuelle Strahlungsexponiertheit einer Meßstelle sowie der örtliche Windeinfluß bewirken als meteorologisch-physikalische Faktoren eine Vielzahl von Modifikationen im Grundmuster der Schneewitterung eines Winters. In den langen Zeitreihen tritt dadurch bei einer räumlichen Betrachtung eine große Bandbreite von mehr oder weniger unterschiedlichen Teiltendenzen zutage. Systematische Erfassung und strenge gegenseitige Abgrenzung dieser vielgestaltigen Variationen sind auf Grund der wenigen zur Verfügung stehenden Datensätze nicht möglich. Es können deshalb die großräumigen Unterschiede nur in groben Zügen ausgearbeitet werden. Einen komprimierten Überblick des Verlaufes der Schneeverhältnisse an den einzelnen Meßstellen der verschiedenen Regionen bieten in diesem Zusammenhang auch Dezennienmittel, ein Vergleich zwischen den Meßstellen unterschiedlicher Seehöhe wird durch Angabe der relativen Abweichungen vom langjährigen Mittel erleichtert (Tab. 6.1). Die Auswahl der Meßstellen ist gezwungenermaßen subjektiv, es wurde aber versucht, Reihen mit charakteristischem und repräsentativem Schwankungsmuster aufzunehmen.

Die durchschnittlichen Dekadensummen des Parameters *Neuschnee* schwanken zwischen 60 und 165% des 90-jährigen Mittels. Das erste Jahrzehnt ist mit Ausnahme weiter Teile des außeralpinen Bereiches, kleinerer Gebiete in Westösterreich und in den Zentralalpen um 10 bis 40% übernormal. Die folgende, maritim geprägte Dekade ist im Flachland deutlich unternormal (60 bis 80% des Normwertes), an vielen Talstationen des alpinen Bereiches nur schwach unternormal oder normal, mit zunehmender Seehöhe übernormal (Überschüsse bis rund 30%). Die dritte Dekade verlief allgemein niederschlagsarm, die Neuschneesummen erreichten nur selten den langjährigen Mittelwert, die Relativanteile liegen meistens zwischen 65 und 90%. Sehr häufig unter der Norm, höchstens dem Mittelwert entsprechend fielen die Werte der 30er Jahre aus. Im Zeitraum 1941 bis 1950 traten besonders in Nord- und Ostösterreich schneereiche Winter auf (110 bis 130%), im Bergland (Nord- und Zentralalpen) wird der langjährige Durchschnitt hingegen häufig gerade noch erreicht oder nur leicht überschritten, die Südalpen erhielten nur 65 bis 90% der normalen Schneemenge. Das folgende Jahrzehnt entspricht wieder größtenteils den durchschnittlichen Verhältnissen, nur in den nördlichen Regionen der Zentralalpen wurde der Durchschnittswert beträchtlich überschritten (bis ca. 120%). Die 60er Jahre verliefen (mit Ausnahme großer Gebiete Osttirols und Kärntens, des Lungaus sowie in Teilabschnitten im Enns- und Murtal) überaus schneereich (Bad Gleichenberg erzielt 164% der Normalsumme). Zwischen 1971 bis 1980 traten 6 bis 7 sehr milde Winter auf, sodaß im Dezennienmittel eine entsprechend starke Höhendifferenzierung erkennbar wird. Viele Talstationen unterhalb von 700 m und die außeralpinen Meßstellen waren in dieser Dekade außerordentlich schneearm (z.B. Kremsmünster, 65%). In entsprechender Höhenlage wurden die Normalwerte beträchtlich überschritten (z.B. Lackenhof, 110 %, Obertauern 116%). Das vergangene Jahrzehnt (1981 bis 1990) brachte mit Ausnahme der Südalpen-Stationen häufig erwähnenswert überdurchschnittliche Neuschneesummen (105 bis 115%). Für die Meßstellen südlich des Alpenhauptkammes wurden hingegen Defizitbeträge zwischen 5 und 15% berechnet.

Tabelle 6.1: Dezennienmittel von Neuschneesumme und Schneedeckendauer und deren prozentuelle Abweichung (%) vom Mittel der Periode 1901 bis 1990

Neuschneesumme (in cm)

Meßstelle	1901-10	1911-20	1921-30	1931-40	1941-50	1951-60	1961-70	1971-80	1981-90
Galtür	362	352	298	352	370	376	456	454	431
Langen	947	942	822	821	815	837	921	830	859
Ebnit	629	482	389	425	475	539	714	656	559
Innsbruck	172	129	84	141	142	130	150	98	116
Lackenhof	692	497	453	550	557	535	632	609	460
Bad Ischl	260	186	189	241	277	220	301	194	246
Obertauern	721	751	718	883	882	1075	1050	1047	960
Flachau	263	276	197	263	260	293	325	320	325
Liezen	330	275	213	194	198	228	231	238	279
Tamsweg	195	208	137	165	151	181	152	170	181
Innerkrams	387	395	299	356	339	385	379	471	347
Iselsberg	377	331	261	234	216	235	220	274	267
Lienz	226	199	104	136	102	167	126	181	131
Millstatt	143	71	68	101	87	93	103	113	100
Kremsmünster	110	72	94	84	106	86	115	60	102
Zwettl	118	86	104	110	142	88	107	104	98
Wien-Mariabrunn	72	57	67	86	108	93	132	77	109
Bad Gleichenberg	62	46	53	80	74	92	125	66	83

Schneedeckendauer (in Tagen)

Meßstelle	1901-10	1911-20	1921-30	1931-40	1941-50	1951-60	1961-70	1971-80	1981-90
Galtür	174	172	159	176	164	176	177	184	171
Langen	175	182	155	175	165	174	169	166	144
Ebnit	159	129	102	124	122	138	151	148	140
Innsbruck	90	64	74	75	74	80	83	64	69
Lackenhof	166	141	134	147	148	144	149	141	140
Bad Ischl	104	82	94	99	86	86	102	83	91
Obertauern	245	233	208	213	200	222	227	233	218
Flachau	138	142	123	135	122	134	144	139	124
Liezen	110	101	103	84	101	93	111	93	100
Tamsweg	117	124	97	118	106	94	114	110	104
Innerkrams	182	180	160	169	149	147	144	164	146
Iselsberg	151	137	113	121	96	107	116	115	124
Lienz	124	104	90	102	86	98	101	102	93
Millstatt	100	82	52	74	56	57	76	62	70
Kremsmünster	62	43	54	60	64	52	71	43	54
Zwettl	74	58	69	71	82	60	78	74	71
Wien-Mariabrunn	43	37	46	49	52	51	74	46	46
Bad Gleichenberg	63	42	48	52	53	53	73	43	51

Fortsetzung Tabelle 6.1: Dezennienmittel von Neuschneesumme und Schneedeckendauer und deren prozentuelle Abweichung (%) vom Mittel der Periode 1901 bis 1990

Neuschneesumme (in % des langjährigen Mittels)

Meßstelle	1901-10	1911-20	1921-30	1931-40	1941-50	1951-60	1961-70	1971-80	1981-90
Galtür	95	92	78	92	97	98	119	119	113
Langen	109	109	95	95	94	97	106	96	99
Ebnit	116	89	72	79	88	100	132	121	103
Innsbruck	133	100	65	109	110	101	116	76	90
Lackenhof	125	90	82	99	101	97	114	110	83
Bad Ischl	111	79	80	103	118	94	128	83	105
Obertauern	80	84	80	98	98	120	117	116	107
Flachau	94	99	70	94	93	105	116	114	116
Liezen	136	113	88	80	81	94	95	98	115
Tamsweg	114	122	80	96	88	106	89	99	106
Innerkrems	104	106	80	95	91	103	102	126	93
Iselsberg	141	124	97	87	81	88	82	102	100
Lienz	149	131	68	89	67	110	83	119	86
Millstatt	146	72	69	103	89	95	105	115	102
Kremsmünster	120	78	102	91	115	93	125	65	111
Zwettl	111	81	98	104	134	83	101	98	92
Wien-Mariabrunn	81	64	75	97	121	104	148	87	122
Bad Gleichenberg	82	61	70	105	97	121	164	87	109

Schneedeckendauer (in % des langjährigen Mittels)

Meßstelle	1901-10	1911-20	1921-30	1931-40	1941-50	1951-60	1961-70	1971-80	1981-90
Galtür	101	99	92	102	95	102	102	106	99
Langen	105	109	93	105	99	104	101	99	86
Ebnit	118	96	76	92	90	102	112	110	104
Innsbruck	120	85	99	100	99	107	111	85	92
Lackenhof	114	97	92	101	102	99	103	97	97
Bad Ischl	113	89	102	108	93	93	111	90	99
Obertauern	110	105	94	96	90	100	102	105	98
Flachau	104	107	92	102	92	101	108	105	93
Liezen	110	101	103	84	101	93	111	93	100
Tamsweg	107	114	89	108	97	86	105	101	95
Innerkrems	114	113	100	106	93	92	90	103	91
Iselsberg	126	114	94	101	80	89	97	96	103
Lienz	124	104	90	102	86	98	101	102	93
Millstatt	143	117	74	106	80	81	109	89	100
Kremsmünster	111	77	96	107	114	93	127	77	96
Zwettl	104	82	97	100	115	85	110	104	100
Wien-Mariabrunn	88	76	94	100	106	104	151	94	94
Bad Gleichenberg	119	79	91	98	100	100	138	81	96

Die Schwankungsbreite fiel bei der *Schneedeckendauer* etwas geringer aus als hinsichtlich des Neuschnees und reicht von 75 bis 150%. Allgemein sehr lange Schneedeckenzeiten wurden in der ersten und siebenten Dekade verzeichnet (Maxima zwischen 120 und 140%). Verbreitet zu kurze Schneedeckenzeiten brachte das Jahrzehnt von 1921 bis 1930 (Minima zwischen 75 und 85%). Ansonsten schwankten die relativen Abweichungen um 10 bis 15%. Höhendifferenzierung und unterschiedliche Wetterlagenwirkung nördlich und südlich des Alpenhauptkammes begründen das Ausmaß der Streuung.

Es ist nicht möglich, die in den geglätteten Zeitreihen hervortretenden Trends oder Tendenzen wegen der schwachen räumlichen (vertikalen und horizontalen) Repräsentanz und der geringen Anzahl der Meßstellen in Kartendarstellungen zusammenzufassen. Deswegen soll im folgenden versucht werden, lediglich eine grobe regionale Abgrenzung der generellen zeitlichen Änderungen herauszuarbeiten, und zwar in einer Tabellenform, welche einerseits die geographische Bezogenheit bewahrt und andererseits die Seehöhenbedingten Unterschiedlichkeiten hervorhebt (Tabelle 6.2). Die Zusammenstellung enthält alle Meßstellen mit mindestens 90 Jahre langen Reihen.

Für jede Zeitreihe wurden folgende Kenngrößen des säkularen Trends bestimmt:

1. *Bestimmung der Signifikanz des Trends (Vorzeichentest nach Cox-Stuart, siehe z.B. SACHS, 1984).* An Hand einer Prüfgröße wird festgestellt, ob der in einer bestimmten Zeitreihe beobachtete steigende (fallende) Trend zufällig ist oder nicht (Hypothesenprüfung, einseitig getestet), die Berechnung wurde für die Signifikanz-Schranken 1% (hochsignifikant positiv: Symbol +++), 5% (stark signifikant, ++) und 10% (schwach signifikant, +) vorgenommen. Im Falle eines negativen Trends wurde das Symbol '-' gesetzt. Beispielsweise ist an der Meßstelle Ebnit der steigende Trend bezüglich der Neuschneesumme auf dem 5%-Niveau statistisch signifikant, bei der Zahl der Tage mit Schneedecke hingegen ist an dieser Meßstelle auf beliebig hohen Niveaus kein signifikanter Trend nachweisbar.

2. *Lineare Regression.* Der in der Tabelle angegebene lineare Trend wurde aus der Korrelation der Einzelwerte mit der Zeitfolge berechnet (Regressionsgleichung). Die Differenz des Ordinaten-Wertes am Ende der Regressionsgeraden (1992) gegenüber jenem an ihrem Anfang ergibt den Betrag der (linearen) Zu- oder Abnahme (Spaltenbezeichnung "TR"). Dies ist in Anbetracht des Verlaufes der Einzelwerte zugegebenermaßen ein hypothetischer Wert, da die lineare Regressionsgleichung die schärfste Glättung darstellt. Es handelt sich um eine Schätzung des langfristigen Trends, deren Güte im wesentlichen durch die Abweichung von der Normalverteilung bestimmt wird. Das Ausmaß der säkularen Änderung an einem Ort kann aber auf diese Weise mit jener der übrigen Zeitreihen verglichen werden, es dient somit zur besseren Abgrenzung einheitlicher Trends. Zusätzlich wurden Bestimmtheitsgrad in Spalte 'B' und Trendbetrag in Prozent des entsprechenden 90jährigen Mittelwertes (Spaltenbezeichnung "%") angegeben. An der Meßstelle Ebnit ist nach dem linearen Regressionsmodell die Neuschneesumme am Ende der Zeitreihe um 131 cm höher als im ersten Beobachtungsjahr, d.s. 24% des 90-jährigen Mittelwertes. Die Schneedeckendauer nahm dagegen um 10 Tage ab (7%).

Nach Cox-Stuart können die betrachteten Zeitreihen des Neuschnees österreichweit großteils entweder ohne statistisch signifikante Veränderung oder als unterschiedlich stark signifikant positiv beschrieben werden. Hochsignifikant ansteigende Werte zeigen nur wenige Orte im Bereich der nördlichen Hohen Tauern von etwa 700 m aufwärts mit Obergrenze um rund 2000 m, im Arlberggebiet und in den Nordtiroler Kalkalpen, örtlich auch am Alpenostrand und in den Hügellandschaften des Südostens. Die Neuschneesummen nahmen an diesen Meßstellen um 20 bis 40% des Mittelwertes zu. Als schwach signifikant fallend sind (sieht man von Einzelstationen in Westösterreich ab) die unter-

Tabelle 6.2: Säkulare Trends der Parameter Neuschneesumme und Schneedeckendauer für Meßstellen mit mindestens 90jähriger Zeitreihe (Erläuterungen im Text)

Meßstelle	Höhe (m)	Länge (Jahre)	Neuschnee				Schneedecke			
			CS	B	T	%	CS	B	T	%
Westösterreich										
Galtür	1648	92	+++	0.154	164	42	=	0.020	9	5
Nauders	1360	93	+	0.077	87	39	=	0.001	-2	2
Schröcken	1263	96	=	0.001	9	1	=	0.001	2	1
Langen	1220	96	=	0.002	-34	4	-	0.055	-18	11
Seefeld	1190	97	++	0.043	95	25	=	0.001	-2	1
Ebnit	1100	97	++	0.049	131	24	=	0.011	10	7
Scharnitz	960	93	+++	0.051	93	28	=	0.001	1	1
Hinterriß	930	96	+	0.025	82	18	=	0.001	1	1
Innsbruck	577	96	-	0.031	-35	27	=	0.007	-7	9
Thüringen	570	92	-	0.020	-38	22	---	0.147	-36	55
Feldkirch	439	97	=	0.001	-3	3	-	0.036	-16	31
Nordalpen										
Neuhaus/Zellerain	1010	93	+++	0.012	86	13	=	0.001	3	2
Lackenhof	835	97	=	0.001	-12	2	-	0.013	-9	6
Bad Mitterndorf	804	92	+	0.003	18	7	+	0.025	11	9
Windischgarsten	596	93	=	0.001	10	4	+++	0.074	23	24
Bad Ischl	469	95	=	0.007	27	12	=	0.004	-5	5
Gmunden	424	92	=	0.004	-12	11	+	0.008	7	12
Zentralalpen										
Obertauern	1742	95	+++	0.205	365	41	=	0.005	-5	2
Tweng	1235	92	=	0.012	-37	13	=	0.021	10	7
Tamsweg	1022	94	=	0.008	-21	12	=	0.010	-9	8
Untertauern	1000	96	+	0.048	93	24	-	0.038	-12	7
Flachau	910	97	+++	0.069	87	31	=	0.003	-4	3
Radstadt	870	92	=	0.001	-5	2	=	0.002	-3	3
Admont	645	98	+	0.005	17	8	=	0.008	-6	6
Liezen	640	92	=	0.009	-32	13	=	0.004	-5	5
Alpenostrand										
Aflenz	780	95	+++	0.134	97	57	=	0.001	2	2
Naßwald	720	95	+	0.020	40	19	--	0.045	-16	18
Reichenau	486	98	=	0.001	6	6	+	0.001	2	4
Außeralpiner Raum										
Seekirchen	510	96	++	0.068	71	36	+	0.015	11	13
Ried	435	96	=	0.002	-6	7	+	0.003	4	7
Kremsmünster	388	98	=	0.003	-8	9	-	0.015	-10	18
Linz	263	92	-	0.021	-15	25	-	0.014	-9	20
Rainbach	710	96	--	0.061	-49	32	=	0.020	-12	14
Freistadt	548	96	-	0.062	-45	38	=	0.001	1	1
Zwettl	506	98	-	0.007	-14	13	=	0.000	0	0
Ernstbrunn	290	96	+	0.004	8	11	=	0.003	5	10
Wien-Mariabrunn	226	98	+++	0.038	36	40	+	0.019	11	22
Wien-Zentralfriedhof	170	98	=	0.001	2	4	=	0.002	-3	8
Becken im Südosten Österreichs										
Maria Lankowitz	525	96	+	0.001	4	4	-	0.022	-13	22
Graz-Universität	366	97	=	0.006	-9	13	-	0.067	-22	38
Bad Gleichenberg	292	96	+++	0.069	40	54	=	0.000	0	0
Klopein	455	92	-	0.044	-42	36	-	0.039	-21	27
Klagenfurt	448	98	-	0.065	-51	44	---	0.106	-33	40
Südalpen										
Innerkrems	1520	97	++	0.020	51	14	---	0.156	-33	20
St.Peter im Kat.	1220	96	=	0.002	12	6	=	0.002	-4	3
Iselsberg	1200	97	--	0.047	-87	32	--	0.055	-24	20
Millstatt	791	92	=	0.001	4	4	-	0.029	-18	26
Lienz	676	97	-	0.040	-61	39	--	0.017	-13	13
Oberdrauburg	635	93	-	0.027	-53	29	-	0.013	-12	13
Eisenkappel	605	96	=	0.001	-5	3	-	0.017	-14	15

suchten Meßstellen des Mühl- und Waldviertels sowie des Klagenfurter Beckens und einzelne Meßstellen in Westkärnten und Osttirol einzustufen. Ausgeglichene Verhältnisse wurden für weite Teile der Nordalpen vom Talniveau bis rund 1400 m, sehr häufig auch für Meßstellen in den Zentralalpen und im außeralpinen Bereich mit Ausnahme des Mühl- und Waldviertels ermittelt.

Die Schneedeckendauer stellt sich auch nach diesen Prüfgrößen als weniger empfindlicher Parameter dar. Etwa die Hälfte aller Meßstellen weist keine statistisch signifikante Änderung auf. Im Falle nachweisbarer Änderung handelt es sich aber viel häufiger um einen negativen Trend. Die von CEHAK (1977) getroffenen Aussagen behalten somit ihre Gültigkeit. Dieser betrifft nach den gewählten Meßstellen beurteilt nahezu ganz Südösterreich von Osttirol bis in das Grazer Becken ohne Höhenausnahme. Allerdings ist die Signifikanz meistens nur schwach (10%-Niveau), nach dem Regressionsmodell beträgt die Verkürzung der Schneedeckenzeit größtenteils 10 bis 30% des Normalwertes. Einheitlich gleichbleibende Schneebedeckung wird für Westösterreich und die Zentralalpen ausgewiesen, gleiches gilt im Grunde auch für den außeralpinen Bereich. Die Talstationen der Nordalpen besitzen alles in allem betrachtet einen eher schwach positiven Trend.

7. Zusammenfassung

Die Trendanalyse der Zeitreihen von Neuschneesumme und Schneedeckendauer über den Zeitraum 1895 bis 1992 brachte folgende Ergebnisse:

Homogenität. Die Beurteilung der Homogenität/Inhomogenität der verwendeten Zeitreihen ist wegen der geringen räumlichen Repräsentanz von Schneedaten nur in einem sehr eingeschränkten Ausmaß möglich gewesen. Aus diesem Grund blieb die im Rahmen von Trendanalysen wichtige Frage nach der (relativen) Homogenität der untersuchten Datensätze in den meisten Fällen offen. Die abgeleiteten Ergebnisse sind deswegen mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren.

Repräsentanz. Je komplexer die räumliche Oberflächenstruktur ist, umso kleiner ist allerdings der Bereich, für den die an einer Meßstelle gefundenen Schwankungsstrukturen gelten. Diese Aussage gilt im besonderen Maße für Gebiete mit starker positiver Anomalie (Abweichung vom Gebietsmittel), zB. für die Westseite des Arlberggebietes, das Salzkammergut und den Alpenostrand.

Trend/Tendenzen in den Regionen. Aus dem Kurvenverlauf (Reihe der Einzelwerte und mit Hilfe Gauß'scher Tiefpaßfilterung geglättete Kurve) und der Bestimmung des säkularen Trends von rund 50 Zeitreihen wurden für die beiden Schneeparameter folgende charakteristische Merkmale bezüglich der zeitlichen Variationen abgeleitet. Die Schwankungsweite ist sowohl bei Neuschneesumme als auch bei der Zahl der Tage mit Schneebedeckung (mind. 1 cm Schneehöhe) im Verlaufe der mehr als 90-jährigen Untersuchungsperiode beträchtlich. Häufig gruppieren sich in unregelmäßiger Folge über- oder unterdurchschnittliche Jahreswerte, in der geglätteten Reihe als Haupt- oder Nebenmaximum (-minimum) dokumentiert. Vom Beginn des Jahrhunderts an bis etwa 1915 dominieren schneereiche Winter entlang des Alpenhauptkammes und nördlich davon mit Ausnahme der Seehöhen von etwa 600 m abwärts. Zwischen 1940 und 1945, von 1965 bis 1970 und in den 80er Jahren traten in diesen Gebieten ebenfalls gehäuft schneereiche Winter auf, wegen des in diesen Jahren oft beträchtlich unternormalen Temperaturniveaus waren auch die Flachlandschaften im Osten schneereich. An den Meßstellen der österreichischen Südalpen lag der Schneereichtum in den Wintern vor 1920, um 1935 und 1950 sowie zwischen 1975 und 1985 über der Norm. Die Hauptminima der einzelnen Meßstellen liegen österreichweit gestreut zwischen 1920 und 1935. Die Schneedecken-

dauer geht nicht immer konform mit der Neuschneesumme eines Winters, ein paralleler Verlauf ist eher an den schneearmen Meßstellen zu erwarten. Die längsten Schneedeckenzeiten wurden mit Ausnahme der Tieflandstationen vor 1920 beobachtet, im außeralpinen Raum um 1940 und um 1965.

Eine Möglichkeit, die Ergebnisse dieser Zeitreihenanalyse ohne weiteren Bezug auf andere Klimaparameter prognostisch zu verwerten (z.B. Extrapolation vergangener Tendenzen, aufgetretener Rhythmen oder Zyklen in die Zukunft), besteht nicht, da an dieser Fragestellung eine Vielzahl von nicht-linearen Rückkoppelungseffekten beteiligt sind.

Genereller Trend. Faßt man die Ergebnisse der einzelnen Zeitreihen regional zusammen, kann ein grobes Gesamtbild gewonnen werden. An rund der Hälfte der untersuchten Stationen wurde über die vergangenen rund 90 Jahre kein statistisch signifikanter Trend gefunden. An jenen Meßstellen, an denen die Signifikanzschränke (z.B. 5%) bei einem Parameter überschritten wird, ist dies wesentlich häufiger bezüglich des Neuschnees der Fall. Tritt eine signifikante Änderung im Neuschneeverlauf ein, so wurde im Großteil Österreichs ein schwach bis mäßig stark ausgebildeter Positiv-Trend ermittelt, wesentlich seltener negative Änderungen. An den Meßorten Osttirols, Kärntens sowie des Mühl- und Waldviertels konnte nirgends ein positiver Trend festgestellt werden. In den Kurven der Schneedeckendauer dominieren gleichbleibende Verhältnisse, von den Orten mit signifikanter Änderung weisen die meisten einen negativen Trend auf. Im Süd- und Südostteil Österreichs geht die Dauer mit Schneebedeckung fast durchwegs zurück.

Meßstellen mit stark signifikanter Zunahme. Einige Meßstellen weisen seit 1920 bzw. 1930 bis in die achte Dekade eine außerordentlich starke Zunahme bei der Neuschneesumme auf (Zürs, Obertauern, Ebnet). In Ansätzen werden diese Befunde von tiefergelegenen Meßstellen bestätigt (Galtür, Flachau, Aflenz). Wieweit *das Ausmaß* dieser Zunahme akzeptiert und eventuell der Erhöhung der Wintermitteltemperatur zugeschrieben werden kann (wasserdampfreichere Luftmassen, daher ergiebigerer Schneefälle im Gebirge) oder ob es sich um nicht aufgedeckte Inhomogenitäten (z.B. durch Änderung in der Beobachterpraxis) handelt, konnte nicht entschieden werden. Eine Prüfung der veröffentlichten Jahrbuchsdaten an Hand der Tagesprotokolle und eine eingehendere Erforschung der Stationsgeschichte dieser auf Grund der Höhenlage als isoliert gelegen zu bezeichnenden Stationen wären für die Verifizierung des Ergebnisses notwendig. Dies gilt ganz besonders in Anbetracht der neueren Modellergebnisse bezüglich der möglichen Änderungen der Schneeverhältnisse im Höhenbereich zwischen 1000 und 2000 m (HAIDEN und HANTEL, 1993).

Schneearmut um 1990. Die schneearmen Winter gegen Ende der neunten Dekade liegen noch innerhalb der Grenzen der natürlichen statistischen Schwankungen. Sie bewirken allerdings in nahezu allen geglätteten Zeitreihen (Neuschnee und Schneedecke) einen momentanen Abwärtstrend ausgehend vom Kulminationspunkt einer Maximalphase, welche durch gehäuft schneereiche Winter im Abschnitt 1978 bis 1985 zustande kam.

In Anbetracht dessen, daß es sich beim Klimaelement Schnee auf Grund der in Mitteleuropa herrschenden Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse um einen sensibel reagierenden Parameter handelt, haben sich seine Kenngrößen im Laufe des 20. Jahrhunderts alles in allem stabil verhalten. Insgesamt wirken sich die Veränderungen der Bestimmungsgrößen Temperatur und Niederschlag auf die Neuschneesumme nachhaltiger aus als auf den Parameter Schneedecke, bei welchem der summarische Effekt der Witterung nach dem Schneefall (Temperatur, Niederschlag, Strahlungsexposition) offenbar in einem wesentlichen Ausmaß kompensierend wirkt.

Literatur

- AUER, I. (1993): Niederschlagsschwankungen in Österreich. Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 7, 73 Seiten.
- AUER, I., R. BÖHM, I. DIRMHORN, H. MOHNL, E. PUTZ, E. RUDEL, G. SKODA (1992): Bestandsaufnahme Anthropogene Klimaänderungen: Mögliche Auswirkungen auf Österreich - Mögliche Maßnahmen in Österreich. Kap. 3: Klimareihen - Analyse und Interpretation von Klimadaten. Österr. Akad. d. Wissenschaften, Wien, 130 Seiten.
- BÖHM, R. (1992): Lufttemperaturschwankungen in Österreich seit 1775. Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 5, 96 Seiten.
- BÖHM, R. (1993): Persönliche Mitteilung.
- BÖHM, R. und H. MOHNL (1987): Statistische Analysen der Schneehöhen im Gebiet des Hohen Sonnblicks. Zeitschr. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie. Bd. 23, Heft 1, 47-63.
- CEHAK, K. (1977): Über die statistische Sicherung der jüngsten Schwankungen des Klimas in Österreich. Archiv f. Met., Geoph. und Biokl., Serie B, Bd. 25, 209-219.
- CONRAD, V. (1925): Homogenitätsbestimmung meteorologischer Beobachtungsreihen. Meteorologische Zeitschrift, Dez. 1925, 482-485.
- CRADDOCK, J. M. (1979): Methods of Comparing Annual Rainfall Records for Climatic Purposes. Weather 34, 332-346.
- DOBROVOLNY, P. (1988): Variation of the Snow Cover Characteristics on the Territory of South Moravia. Scripta Fac. Sci. Nat., Univ. Purk. Brun., Vol. 18, No. 1 (Geographia), 21-38.
- EKHART, E. (1940): Zur Kenntnis der Schneeverhältnisse der Ostalpen. Gerlands Beiträge zur Geophysik, 56, Leipzig, 321-358.
- FLIRI, F. (1992): Der Schnee in Nord- und Osttirol 1895-1991. Ein Graphik-Atlas. 2 Bände, Innsbruck, Verlag Wagner, 1129 Seiten.
- HAIDEN, T. und M. HANTEL (1992): Bestandsaufnahme Anthropogene Klimaänderungen: Mögliche Auswirkungen auf Österreich - Mögliche Maßnahmen in Österreich. Kap. 2: Klimamodelle - Mögliche Aussagen für Österreich. Österr. Akad. d. Wissenschaften, Wien, 58 Seiten.
- HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO: Wochenberichte über die Schneebeobachtungen im österreichischen Rhein-, Donau-, Oder- und Adriagebiet für die Winter 1896/97 bis 1915/16. Wien.
- HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO (1962): Der Schnee in Österreich im Zeitraum 1901-1950. Beiträge zur Hydrographie Österreichs, Heft Nr. 34, 174 Seiten.
- HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO: Jahrbücher aus dem Zeitraum 1951 bis 1987. Wien.
- KRUK, G. (1953): Langjährige Schwankungen der Schneedeckenverhältnisse in Österreich. Diss. a. d. Univ. Wien, 130 Seiten.
- LAUSCHER, F. (1988): 60 Jahre Schneepegel Wien-Hohe Warte. Eigenverlag, 4 Seiten.
- LAUSCHER, F. (1993): Neue Analysen von Schneedaten aus Österreich. Eigenverlag, 11 Seiten.
- LAUSCHER, F. (1993): Von der regionalen Verschiedenheit der Schneewinter in den Ostalpen. Eigenverlag, 3 Seiten.
- MITCHELL, J.M., B. DZERDZEESKII, H. FLOHN, W.L. HOFMEYR, H.H. LAMB, K.N. RAO und C.C. WALLEN (1966): Climatic Change. World Meteorological Organization No. 195, T.P. 100, Technical Note No. 79.
- MOHNL, H. (1991): Fluctuations of Snow Parameters in the Mountainous Region of Austria within the Last 90 Years. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Nr. 65/66, 264-268.
- SACHS, L. (1984): Angewandte Statistik. 6. Auflage. Springer Verlag.
- SCHÖNWIESE, CHR. (1985): Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler. Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 1985, 231 Seiten.

- SCHÖNWIESE, CHR. und J. MALCHER (1985): Nicht-Stationarität oder Inhomogenität? Ein Beitrag zur statistischen Analyse klimatologischer Zeitreihen. *Wetter und Leben*, Jg. 37, Heft 4, 181-193.
- SCHÖNWIESE, CHR., J. MALCHER und CHR. HARTMANN (1986): Globale Statistik langer Temperatur- und Niederschlagsreihen. *Ber. d. Inst. f. Met. u. Geoph. d. Univ. Frankfurt/Main*, Nr. 65 (Eigenverlag), 134 Seiten.
- STEINHAUSER, F. (1970): Die säkularen Änderungen der Schneedeckenverhältnisse in Österreich. 66.-67. Jahresber. d. Sonnblick-Vereines f. d. Jahre 1968-1969, 3-19.
- STEINHAUSER, F. (1974): Die Schneeverhältnisse Österreichs und ihre ökonomische Bedeutung. 70.-71. Jahresber. d. Sonnblick-Vereines f. d. Jahre 1972-1973, 3-42.
- STEINHAUSER, F. (1976): Die Änderungen klimatischer Elemente in Österreich seit 1930. 72.-73. Jahresber. d. Sonnblick-Vereines f. d. Jahre 1974-1975, 11-32.
- WAKONIGG, H. (1975): Die Schneeverhältnisse des österreichischen Alpenraumes (1950-1960). *Wetter und Leben*, Jg. 27, 193-203.
- WAKONIGG, H. (1980): Witterung und Klima in der Steiermark. *Arbeiten d. Geograph. Inst. d. Univ. Graz*, Bd. 23, 473 Seiten.
- WITMER, U. (1984): Eine Methode zur flächendeckenden Kartierung von Schneehöhen unter Berücksichtigung von reliefbedingten Einflüssen. *Geographica Bernensia*, Band G 21, Bern, 140 Seiten.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (1988): Analyzing Long Time Series of Hydrological Data with Respect to Climate Variability. Project Description. World Climate Programme Applications, WCAP-3, WMO/TD-No. 224, 38 Seiten.
- ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND ERDMAGNETISMUS (1854): *Jahrbuch von 1848 und 1849*, Akademie der Wissenschaften, Wien.
- ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK: *Jahrbücher von 1895 bis 1987*, Wien.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Hans Mohnl

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

A-1190 Wien, Hohe Warte 38