

PHYSISCHE GEOGRAPHIE UND SATELLITENBILDANALYSE

DIE SCHNEEVERHÄLTNISSE IN NORD- UND OSTTIROL IN DER PERIODE 1895-1991

Franz FLIRI, Baumkirchen*

mit 10 Abb. und 3 Tab. im Text

INHALT

1.	Einleitung	7
2.	Das Beobachtungsnetz	8
3.	Die Beobachtungsdaten und ihre Bearbeitung	9
4.	Die Veränderung von Kennwerten des Schnees mit der Höhe	11
5.	Der Zeitpunkt der größten Schneehöhe im Jahresgang	14
6.	Die Veränderung der Schneeeverhältnisse von 1895 bis 1991	16
7.	Zusammenfassung	23
8.	Literaturverzeichnis	24
9.	Summary	24

1. EINLEITUNG

Von 1972 bis 1981 war der Verfasser im Rahmen der Arbeit an der Klimatographie von Tirol wiederholt mit den Schneeeverhältnissen befaßt. Hauptziel war eine möglichst homogene kartographisch-statistische Beschreibung des fast 60.000 qkm umfassenden Raumes zwischen Oberbayern und der venezianischen Tiefebene bzw. zwischen den Meridianen 10° und 13° östlicher Länge. Als Bezugsperiode war 1930/31 bis 1959/60 gewählt worden. Das recht heterogene Material der Beobachtungsdaten aus dem deutschen, österreichischen und italienischen Gebiet machte in Bearbeitung und Darstellung zum Teil neue methodische Wege notwendig, die teilweise von den Verfahren abwichen, wie sie etwa in den Klimakarten für den Ostalpenraum im Atlas der Republik Österreich angewendet werden konnten.

Hier sei auf die Zusammenstellung im Literaturverzeichnis verwiesen, wobei im "Klima der Alpen im Raume von Tirol" (1975) nicht nur alle Aussagen enthalten sind, die in

* emerit. o.Univ.-Prof. Mag. Dr.Dr.h.c. Franz Fliri, A-6121 Baumkirchen, Tirol

größerem Maßstab im Tirol-Atlas wiederholt wurden, sondern auch viele statistische Daten in Tabellen. Auch kann das ältere einschlägige Schrifttum dort entnommen werden. Eine Sonderstellung nahm die Karte D-17 ein (1980, 1981), die für 63 Orte die Wahrscheinlichkeit bestimmter Schneehöhen im Jahresgang darstellte. Grundlage waren die am 5., 10., 15. usw. aller Monate beobachteten Schneehöhen in der jeweiligen Beobachtungsperiode, maximal 84 Jahre. Erstmals wurden auch mittels Extremalverteilung Schätzwerte der an einem bestimmten Tag in 100 Jahren zu erwartenden extremen Höhen berechnet und dargestellt.

Während alle anderen Karten, Tabellen und Graphiken als physiogeographische Beiträge zur Landeskunde von Tirol bzw. zur Unterstützung weiterer naturwissenschaftlicher Disziplinen verstanden sein wollten, hätte sich die Karte D-17 an einen breiteren Kreis aller mit dem Schnee technisch oder touristisch Befassten wenden können. Trotz zweifacher Veröffentlichung ist sie aber wohl wegen ihrer graphisch verdichtenden Methode wenig beachtet worden. Zehn Jahre später hat der Verfasser die Thematik in größerer Breite neuerdings aufgegriffen, wobei die schneearmen Winter der letzten Jahre einerseits und das Vorhandensein fast hundertjähriger Beobachtungsreihen andererseits jene Frage nach den säkularen Änderungen nahelegte, die zuletzt von F. STEINHAUSER (1970) in Österreich behandelt worden war, für Tirol freilich nur anhand von fünf Stationsreihen.

2. DAS BEOBACHTUNGSNETZ

Seit der Errichtung der Meteorologischen Zentralanstalt in Wien (1851) besteht auch in Tirol ein Beobachtungsnetz für Wetter und Klima, in dem jedoch der Schneedecke so wenig Beachtung geschenkt wurde, daß eine quantitativ verwertbare Reihe nicht zustande kam. Das änderte sich mit der zusätzlichen Errichtung des Hydrographischen Zentralbüros (1894), sodaß wir seit dem Spätsommer 1895 auch in Tirol an mehreren Orten über mehr oder weniger vollständige Messungen der täglichen Höhe der Schneedecke sowie der Neuschneehöhen verfügen.

Es scheint, daß bis zum 1. Weltkrieg sorgfältiger beobachtet wurde als später bis etwa 1935. Auch sind manche Reihen kriegsbedingt oder aus Mangel an Mitteln lückenhaft. Ebenso war die Prüfung der Meldungen sowie die Betreuung und Unterrichtung der Beobachter nicht immer ausreichend, ein Umstand, der sich auch durch etwa zwei Jahrzehnte nach dem Zweiten Weltkrieg hinzog. Es sei jedoch betont, daß sich die kontrollierten Beobachtungen der letzten zwei Jahrzehnte durch größte Zuverlässigkeit auszeichnen, gleich ob sie aus dem Klimanetz der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik oder jenem des Hydrographischen Zentralbüros stammen.

Derzeit sammelt der hydrographische Dienst in Tirol die Beobachtungen von 155 Stationen. Für die Neubearbeitung der täglichen Schneebeobachtungen in der Periode 1895/96 bis 1990/91 hat der Verfasser 80 Stationen ausgewählt, hauptsächlich jene mit besonders langen Reihen. Auf mindestens 90 Jahre kamen 14 Orte, auf mindestens 80

Jahre weitere 23, auf mindestens 50 Jahre weitere 29. Abbildung 1 zeigt die Lage der Stationen und eine Zusammenfassung nach drei Teilgebieten, Tabelle 1 enthält dazu die Stationsliste mit den Seehöhen.

3. DIE BEOBACHTUNGSDATEN UND IHRE BEARBEITUNG

Für das letzte Jahrzehnt wurden die täglich Schnee- und Neuschneehöhen EDV-Ausdrucken entnommen, für die frühere Zeit waren sie mühevoll vom Mikrofilm abzulesen. Insgesamt wurden derart je 2,1 Mill. Werte für Schnee- und Neuschneehöhen umgesetzt, erleichtert durch ein der Datenstruktur gut angepaßtes Programm. Beim Übertragen erfolgte eine erste Prüfung, fallweise auch mit Blick auf die gemessene Niederschlagsmenge und Lufttemperatur.

Der am häufigsten auftretende Fehler betraf die Datierung der Neuschneehöhen. Die Anweisung zum Beobachten von Schneehöhe und Neuschneehöhe ist zwar klar (KLINGER 1986), ihre Befolgung ließ jedoch zumal in früheren Jahren weithin zu wünschen übrig. Unschärfen ergaben sich ferner sowohl bei geringfügigen Schneefällen als auch beim Ausapern, wo manche Beobachter das Messen vorzeitig einstellten. Daher hat der Verfasser einerseits alle geringfügigen Fälle mit 1 cm vermerkt, als Tage mit Schneedecke jedoch nur solche mit mehr als 1 cm gezählt und schließlich beim Ausapern offensichtlich fehlende Werte degressiv schätzend ergänzt.

Im zweiten Arbeitsgang wurden die Schneehöhen jahrweise graphisch dargestellt und Fehler berichtigt, im dritten wurden Beobachtungslücken etwa bis zu einem Monat

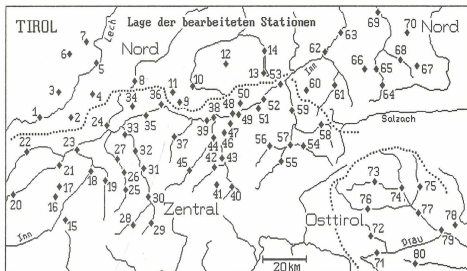


Abb. 1: Das bearbeitete Stationsnetz

Nr.	Station	hm	Nr.	Station	hm	Nr.	Station	hm
1	Holzgau	1130	2	Gramais	1320	3	Hinterhornbach	1100
4	Namlos	1260	5	Höfen	870	6	Tannheim	1100
7	Vils	830	8	Ehrwald	1000	9	Seefeld	1190
10	Scharnitz	960	11	Oberleutasch	1130	12	Hinterriß	930
13	Pertisau	940	14	Achenkirch	920	15	Nauders	1360
16	Spiß	1640	17	Hochserfaus	1810	18	Ried/Oberinntal	880
19	Feichten	1280	20	Galtür	1590	21	See im Paznaun	1060
22	St. Anton/Arlbg.	1300	23	Landeck	810	24	Imst	810
25	Plangeroß	1610	26	St.Leonhard/P.	1370	27	Rietzenried	1090
28	Vent	1900	29	Obergurgl	1940	30	Sölden	1380
31	Längenfeld	1170	32	Umhausen	1040	33	Ötz	790
34	Obsteig	950	35	Sams	670	36	Telfs	630
37	Gries/Sellrain	1240	38	Innsbruck-Univ.	580	39	Innsbruck-Flgh.	580
40	Brenner	1380	41	Obernberg/Br.	1360	42	Trins	1230
43	Matrei/Brenner	990	44	Schönberg	1000	45	Krößbach	1100
46	Patscherkofel	2090	47	Rinn	930	48	Hall in Tirol	570
49	Volderwald	630	50	Gnadenwald	880	51	Weerberg	890
52	Schwaz	540	53	Rotholz	540	54	Häusling	1100
55	Winzling	1000	56	Lanersbach	1290	57	Mayrhofen	650
58	Gerlos	1250	59	Ried/Zillertal	570	60	Inneralpbach	980
61	Kelsau	820	62	Kirchbichl	490	63	Kufstein	510
64	Jochberg	1000	65	Kitzbühel	760	66	Kirchberg	820
67	Hochfilzen	960	68	Fieberbrunn	780	69	Kössen	590
70	Waidring	770	71	Sillian	1090	72	Innervillgraten	1390
73	Prägraten	1320	74	Matrei/Osttirol	1010	75	Kals	1330
76	St. Jakob/Defr.	1400	77	St.Johann/Walde	740	78	Iselsberg	1140
79	Lienz	670	80	Obertilliach	1440			

Tabelle 1: Verzeichnis der Stationen zu Abbildung 1; hm = mittlere Seehöhe (m)

geschlossen, wobei die Beobachtungen einer nahen Station ähnlicher Seehöhe mit dem Strahlensatz proportional übertragen wurden. In einem letzten Schritt wurden die zwischentäglichen Änderungen der Schneedecke mit den Neuschneehöhen verglichen und Fehler, meist in der Datierung, behoben. Da bei fast allen Stationen eine stärkere Windeinwirkung auszuschließen war, wurde auch angenommen, daß der zwischentägliche Deckenzuwachs nicht größer sein konnte als die gemessene Neuschneehöhe. Hier sei bemerkt, daß während der Betreuung des Netzes durch den Reichswetterdienst (1939-1945) Neuschneehöhen meist nicht angegeben wurden, also anhand des Deckenzuwachses bzw. der gesondert gemessenen Niederschlagsmenge geschätzt werden mußten.

Erst nach dieser kritischen Bearbeitung konnten die Reihen ausgewertet werden. Eine über 1.100 Seiten mit fast 6.000 Graphiken und zusätzlichen Tabellen umfassende Dokumentation soll den Anliegen der Praxis aus den Bereichen Lawinenverbauung, Lawinenwarndienst, hydrographischer Dienst, Fremdenverkehr, allgemeines Verkehrs-

wesen, Energiewirtschaft, Bautechnik sowie Land- und Forstwirtschaft dienen und wird zum Druck vorbereitet. Der vorliegende Beitrag ist lediglich eine kurze Zusammenfassung wissenschaftlichen Inhalts.

4. DIE VERÄNDERUNG VON KENNWERTEN DES SCHNEES MIT DER HÖHE

In Gebirgsländern hängt das Klima zuerst von der Seehöhe ab. In den Alpen ist dabei die Zunahme des Niederschlags mit der Höhe besonders wissenswert. Sie ist durch das Produkt von Windgeschwindigkeit (Luftmassenzufuhr) und Wasserdampfgehalt der Luft bedingt. Letzterer nimmt temperaturbedingt mit der Höhe ab, erstere aber derart zu, daß auch das Produkt noch wächst. Die Abnahme der Temperatur bewirkt weiter ein im Verhältnis zum Gesamtniederschlag viel ausgeprägteres Wachsen des Schneeanteils mit der Höhe.

Die bearbeiteten 80 Reihen weisen zwar zum Teil verschiedene Beobachtungsperioden auf und sind nicht streng synchron. Dennoch ergibt die Berechnung für die mittleren Veränderungen je 100 m Anstieg statistisch gesicherte Gradienten. So wächst die mittlere Schneehöhe (berechnet aus allen Tagen mit mehr als 1 cm zwischen September und Juni) um 5,5 cm, die absolut größte Schneehöhe um 9 cm, die Zahl der Tage mit mehr als 1 cm Decke um 2,6 die Zahl der Tage mit mehr als 1 cm Neuschnee um 2,5, die mittlere jährliche gesamte Neuschneemenge um 23,5 cm und die Summe der zwischentäglichen Zunahmen der Schneedecke um 18,3 cm.

Diese Höhengradienten sind jedoch örtlich und zeitlich nicht konstant. Zunächst spielt gerade für den Niederschlag neben der Höhe auch die Entfernung von den Gebirgsrändern im Norden und Süden eine wichtige Rolle. Dabei ist die Abschirmung des Zentralraumes aus meteorologischen Gründen in der kälteren Jahreszeit größer als in der wärmeren, sodaß die Dauer der Schneedecke vom Alpenrand zum Zentralrand je 10 km und rund 2 Tage abnimmt, die 100-jährig maximale Schneehöhe um 9 cm.

Alle derartigen statistischen Aussagen sind im Witterungsverlauf der einzelnen Jahre fast nie verwirklicht. Da es von letzterem in 96 Jahren keine zwei weitgehend ähnliche Jahre gegeben hat, werden in Abbildung 2 bis 5 kennzeichnende Fälle als Beispiele gebracht. Dabei ist das Vorhandensein einer Schneedecke in Bezug auf die Seehöhe unter Verwendung der jeweils vorhandenen Beobachtungen dargestellt. Die Stationshöhen mußten aus zeichentechnischen Gründen fallweise etwas höher oder tiefer angesetzt werden. Rechts seitlich sind Höhenmarken angebracht, die die Zugehörigkeit zu den Gebieten Nord (N), Zentral (Z) und Süd (Osttirol, S) anzeigen.

Der Winter 1950/51 (vgl. Abb. 2) hatte Ende Oktober und Anfang November zwei Vorläufer, die zwar auch im Inntal eine Decke bildeten, doch nur in größerer Höhe eine dauernde. Ab Mitte November verlagerte sich die dauernde Decke in drei weiteren Schüben allmählich abwärts. Nachdem der Hochwinter die ärgste Lawinenkatastrophe

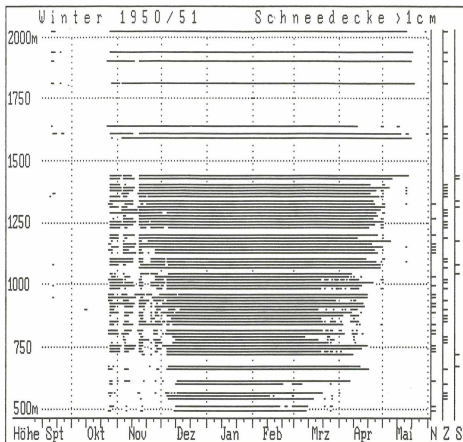


Abb. 2: Winter 1950/51 - Schneedecke > 1 cm

der letzten 100 Jahre gebracht hatte (abgesehen von den Ereignissen an der Südfront im Kriegswinter 1916/17), erfolgte das Ausapern von Anfang März bis Mai temperaturbedingt und höhenabhängig mit wenigen unwesentlichen Rückfällen.

Für den Winter 1953/54 (vgl. Abb. 3) hatte es nur Anfang November oberhalb von 1.000 m einen mißglückten Beginn gegeben. Der Einzug erfolgte dann in allen Höhen spät, aber gleichzeitig um den 20. Dezember. Die Schneedecke war bis Anfang April bis 1.400 m Höhe verschwunden, doch griffen zwei Rückfälle Mitte April und Anfang Mai bis in tiefen Lagen durch.

Der Winter 1956/57 (vgl. Abb. 4) zeigt, wie fragwürdig es ist, eine sogenannte Winterschneedecke immer und überall zu definieren. Bis in eine Höhe von etwa 1.400 m entstanden und verschwanden wiederholt Bedeckungen, doch auch im Frühjahr traten vier Rückfälle auf, Ende April wieder bis unter 500 m.

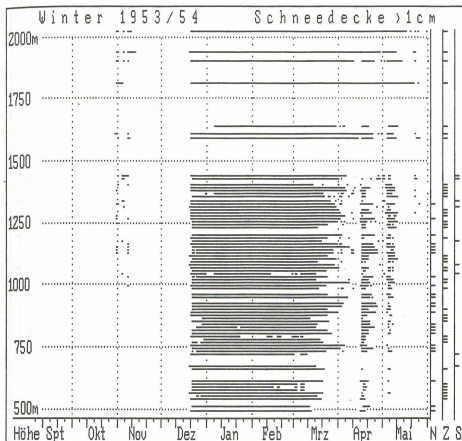


Abb. 3: Winter 1953/54 - Schneedecke > 1 cm

Ein "kernloser Winter" ist in Abbildung 5 zu sehen. Nach fast gleichzeitigem Beginn in allen Höhen um Mitte November war die Decke nach vier Wochen bis 1.300 m hinauf abgetaut. Doch der Winter kam wieder: Zwar griff erst der zweite Einsatz im Jänner durch, doch war die Decke dann hartnäckig bis Ende März unten und Ende April in mittleren Höhen. Rückfälle fehlten.

Es sei noch bemerkt, daß die Unterschiede infolge Besonnung im gegebenen Relief noch stärker sind, als die Beispiele zeigen: Die Beobachtungsstationen liegen in den Siedlungen und diese bevorzugen besser besonnene Lagen. Die Höhenbeziehungen werden auch deutlicher, wenn man die drei Teilgebiete für sich betrachtet.

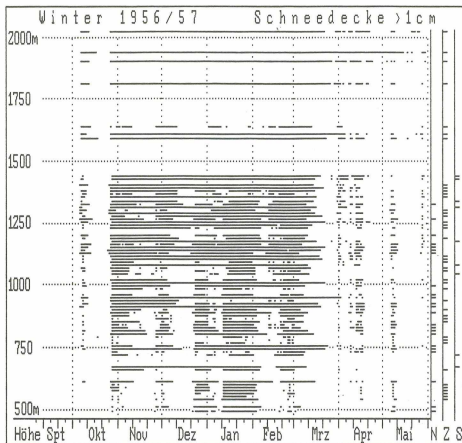


Abb. 4: Winter 1956/57 - Schneedecke > 1 cm

5. DER ZEITPUNKT DER GRÖSSTEN SCHNEEHÖHE IM JAHRESGANG

Wie in den ganzen Ostalpen (A. u. F. LAUSCHER 1975) war auch in Tirol in der behandelten Periode der Zeitpunkt größter Schneehöhe von Ort zur Ort und Jahr zu Jahr sehr veränderlich (vgl. Tabelle 2). Hier kann die größte Schneehöhe in allen Monaten von Oktober bis Mai auftreten, im letztgenannten sowohl auf der höchstgelegenen Station Patscherkofel als auch in tieferen Lagen im Wipp- und hinteren Zillertal.

Die Verspätung mit zunehmender Höhe ist gut ausgeprägt, wobei oberhalb von 1.800 m der März den Februar als Monat größter Häufigkeit ablöst. Andererseits ist der mittlere Jahresgang der Schneehöhe derart ausgeglichen, daß das periodische Maximum sehr genau bestimmt werden kann. In diesem Falle ergibt sich je 100 m Anstieg eine Verspätung von zwei Tagen, für die Entfernung vom Gebirgsrand gegen das Zentrum hin eine solche von 0,6 Tagen je 10 km.

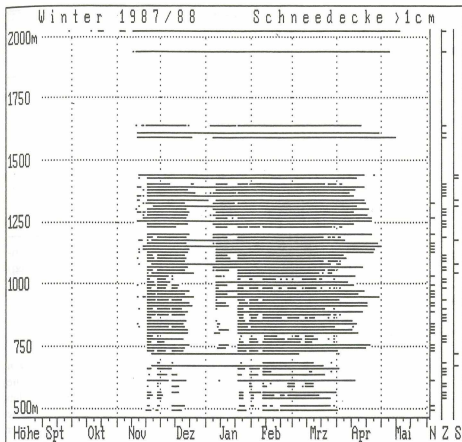


Abb. 5: Winter 1987/88 - Schneedecke > 1 cm

Die Durchsicht der an den 80 Orten aufgetretenen größten Schneehöhen ergibt, daß die Großschneefälle im Jänner und Februar 1951 die weitaus größte flächenhaften Wirkung gehabt haben (19 Orte im zentralalpinen Westtirol, Wipptal, Zillertal, Teile von Osttirol). An zweiter Stelle folgt der Jänner 1968 (10 Orte: tiefere Lagen im Ober- und Unterinntal bis Kitzbühel), an dritter und vierter (je 5 Orte) der Februar 1970 (Raum Seefeld und St. Anton) bzw. der März 1907 (Nordalpen). Die Extreme der übrigen 41 Stationen verteilen sich auf 23 Jahre, wobei bemerkt sei, daß am 31. Jänner 1923 in Hochfilzen 378 cm und am 18. Jänner 1917 in Obertilliach 355 cm gemessen worden sind.

Station	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai
Nordtirol	0,5	1,4	11,0	28,6	38,7	17,3	2,6	0,0
Zentraltirol	1,1	3,6	15,0	28,4	32,7	17,0	1,9	0,2
Osttirol	1,3	4,0	14,1	25,3	36,1	16,8	2,3	0,0
400 m -	0,3	3,9	18,7	31,4	32,1	12,2	1,4	0,0
600 m -	0,7	4,0	15,0	29,4	37,7	12,6	0,7	0,0
800 m -	0,9	2,8	14,9	29,9	34,6	14,3	2,6	0,1
1000 m -	1,1	3,2	12,6	27,5	36,0	17,4	2,1	0,1
1200 m -	1,2	2,5	11,9	26,7	36,0	19,6	2,1	0,1
1400 m -	2,1	0,8	8,5	25,4	36,0	25,0	2,1	0,0
1600 m -	0,0	0,9	8,1	20,7	39,6	29,7	0,9	0,0
1800 m -	1,5	1,5	10,8	17,7	28,5	31,5	8,5	0,0
2000 m -	0,0	2,3	2,3	14,0	25,6	30,2	16,3	9,3

Tabelle 2: Zeitpunkt jährlicher größter Schneehöhen in Tirol; nach Gebieten und Höhenstufen, Anteil der Monate in %, Periode 1895/96 bis 1990/91 (80 Stationen)

6. DIE VERÄNDERUNG DER SCHNEEVERHÄLTNISSE VON 1895 BIS 1991

Die Untersuchung von Änderungen der Schneeverhältnisse im Laufe der bearbeiteten Periode kann an verschiedenen Kennwerten vorgenommen werden. Hier werden die Dauer der Schneedecke (über 1 cm von September bis Juni) samt der dazugehörenden mittleren Schneehöhe, der jährlich Gesamt-Schneedeckenzuwachs sowie die maximale jährliche Schneehöhe verwendet. Wegen der erwähnten Unschärfen bei der Messung der Neuschneehöhen darf der jährweise summierte Deckenzuwachs als wesentlich genauer bestimmt gelten.

Weiter verhindert die sehr ungleiche Länge der Beobachtungsperioden der Reihen sicher vergleichbare Aussagen über zeitliche Änderungen. Es war daher angebracht, jährliche Durchschnittswerte für die drei Teilgebiete zu berechnen, die sich ja witterungsklimatologisch unterscheiden. Allerdings mußten auch bei diesem Vorhaben zuerst die Lücken der einzelnen Reihen durch Reduzieren auf die Gesamtperiode geschlossen werden, wofür die Beobachtungen benachbarter Orte in ähnlicher Seehöhe herangezogen werden konnten. Das Übertragen erfolgte nach dem in der Niederschlagsklimatologie bestbewährten Verfahren der konstanten Quotienten.

Ehe auf die langzeitigen Änderungen eingegangen wird, ist es nützlich, sich über die Spannweite klar zu werden, innerhalb der die Werte eines Merkmals von Jahr zu Jahr streuen. Die Tabelle 3 enthält unten die Angaben über die absoluten Maxima und Minima der für die drei Gebiete bestimmten Durchschnitte. Besonders anschaulich sind die aus Maximum und Minimum errechneten Quotienten, da sie einen grundsätzlichen Schnee-

Rang	Dauer			mittlere Höhe			Gesamtzuwachs			maximale Höhe		
	N	Z	S	N	Z	S	N	Z	S	N	Z	S
12 maximale Winter												
1	1972	1906	1916	1906	1906	1916	1906	1974	1916	1906	1950	1916
2	1981	1981	1950	1923	1950	1950	1966	1950	1950	1943	1906	1950
3	1905	1950	1905	1981	1923	1979	1943	1944	1903	1922	1923	1985
4	1974	1969	1933	1980	1916	1903	1981	1909	1897	1923	1967	1908
5	1969	1966	1985	1922	1904	1904	1909	1966	1933	1980	1936	1904
6	1943	1962	1979	1967	1909	1914	1969	1906	1974	1967	1934	1930
7	1966	1904	1900	1943	1934	1959	1944	1981	1978	1987	1944	1914
8	1936	1964	1919	1969	1913	1919	1974	1936	1985	1944	1909	1979
9	1906	1936	1903	1904	1981	1899	1980	1969	1905	1981	1981	1983
10	1909	1952	1906	1962	1936	1990	1922	1919	1919	1951	1969	1903
11	1979	1944	1977	1986	1967	1985	1930	1916	1979	1969	1983	1918
12	1895	1916	1959	1944	1962	1960	1972	1934	1899	1909	1930	1973
12 minimale Winter												
1	1989	1989	1942	1989	1896	1942	1971	1963	1942	1971	1984	1942
2	1920	1896	1948	1971	1963	1941	1963	1984	1963	1984	1963	1963
3	1932	1988	1988	1929	1927	1989	1989	1975	1948	1929	1932	1943
4	1935	1927	1951	1927	1900	1921	1984	1988	1988	1956	1929	1941
5	1971	1920	1963	1956	1984	1943	1900	1929	1955	1900	1927	1948
6	1984	1984	1921	1963	1924	1963	1929	1900	1941	1989	1896	1921
7	1929	1935	1920	1916	1932	1955	1920	1932	1943	1932	1935	1955
8	1953	1963	1989	1984	1935	1988	1975	1948	1989	1935	1988	1937
9	1963	1924	1955	1896	1989	1951	1988	1928	1937	1927	1900	1988
10	1948	1938	1943	1924	1931	1948	1932	1927	1965	1990	1990	1932
11	1956	1932	1953	1900	1971	1917	1935	1938	1921	1924	1956	1929
12	1958	1987	1982	1920	1970	1972	1958	1990	1951	1916	1978	1922
Werte der Maximal- und Minimaljahre sowie Streuungsquotient Q=Max/Min												
	Tage mit Decke			mittl. Höhe cm			Ges.Zuwachs cm			max. Höhe cm		
Max	167	155	169	87	55	114	463	308	528	173	123	220
Min	90	85	57	15	13	12	145	108	50	41	27	20
Q	1,8	1,8	3,0	5,7	4,2	9,4	3,2	2,8	10,6	4,2	4,5	11,1

Tabelle 3: Maximale und minimale Winter, Periode 1895/96 bis 1990/91 in den Gebieten Nord (N), Zentral (Z) und Osttirol (S) beurteilt an Kennwerten der Schneedecke; Jahresangabe = Winterbeginn

klimatologischen Unterschied zwischen den Räumen nördlich und südlich des Alpenhauptkammes aufzeigen, sehr in Gegensatz zu den Verhältnissen in der wärmeren Jahreshälfte.

Zunächst weist der zentralalpine Raum Tirols gegenüber dem nördalpinen bei der besonders temperaturbedingten Dauer der Schneedecke mäßig herabgesetzte Maxima und Minima auf, sodaß der Quotient gleich bleibt. Die mehr niederschlagsbedingten mittleren Schneehöhen, der Gesamtzuwachs und die jährlichen Maximalhöhen sind hingegen deutlich niedriger und auch die Spannweite (ausgenommen bei den Maximalhöhen) ist herabgesetzt.

Osttirol besitzt hingegen bei allen Kennwerten höhere Maxima und tiefere Minima, sodaß die Spannweite bei der Dauer der Schneedecke um $\frac{2}{3}$ über jener des Zentral- und Nordgebietes liegt, bei den anderen Kennwerten aber das Zwei- bis Dreifache erreicht. Es sei erwähnt, daß der Nordteil von Osttirol, etwa Kals, noch zum ausgeglicheneren zentralalpinen Typ neigt, während sich der Südteil um so mehr den recht exzessiven Verhältnissen des angrenzenden italienischen Anteils der Ostalpen nähert.

In Tabelle 3 sind zwei Dutzend der hervorstechendsten maximalen und minimalen Winter gelistet. Im Gebiet Nord dauerte der Winter 1972/73 am längsten, doch war jener von 1906/07 in jeder Hinsicht der schneereichste. Letzterer brachte im Zentralraum auch die größte Dauer und mittlere Schneehöhe, wurde aber hinsichtlich des Zuwachses vom Winter 1974/75, bei den maximalen Schneehöhen vom Katastrophenwinter 1950/51 übertroffen. In Osttirol behauptete der Kriegswinter 1916/17 in jeder Hinsicht den ersten Platz.

In Hinblick auf mögliche jüngste Veränderungen sei darauf verwiesen, daß das letzte Jahrzehnt in den Jahreslisten der Maxima 20 mal vertreten ist, in jenen der Minima jedoch 28 mal. In den Gebieten Nord und Zentraltirols steht der Winter 1981/82 an Dauer im zweiten Rang der Maxima, in Osttirol jedoch jener von 1985/86 nur im fünften. Bei den Schneehöhen schneidet das Jahrzehnt noch schlechter ab. Andererseits haben die im Norden extrem schwachen Winter 1989/90, 1988/89 und 1984/85 sowie in Osttirol jene von 1988/89 und 1989/90 den Eindruck verstärkt, daß die Temperaturerhöhung auch deutliche Wirkungen auf die Schneeverhältnisse zeitigt haben könnte.

Die Kenntnis lang- und mittelfristiger Veränderungen der Schneeverhältnisse von Tirol ist im Zusammenhang mit einem möglichen weltweiten Klimawandel wissenschaftlich wichtig, hat aber zunächst große Bedeutung für verschiedene Zweige unserer Wirtschaft. Daß es solche Änderungen und Schwankungen gibt, hat für den Ostalpenraum bereits F. STEINHAUSER 1970 nachgewiesen.

Mit Hilfe eines im gegebenen Raum viel dichteren und zeitlich längeren Beobachtungsmaterials wird hier in den Abbildungen 6 bis 9 anhand der Durchschnitte für die drei Gebiete die Veränderung der Dauer der Schneedecke, ihrer mittleren Höhe, der jährlichen Zuwachssummen und der maximalen Höhe dargestellt. Dabei sind die absoluten Werte nicht so wichtig wie ihre Änderungen. Für ein bestimmtes Gebiet sind letztere bei den vier Kennwerten sehr ähnlich. Aber auch zwischen dem Nord- und dem Zentralgebiet sind die Unterschiede gering: Die Korrelationsrechnung ergibt für die eher temperaturbedingte

Dauer der Schneedecke mit 77 % die größte gemeinsame Streuung, für die mehr niederschlagsbedingten maximalen Höhen mit 61 % die geringste, was immer noch recht viel ist. Hingegen haben Zentralraum und Osttirol mit dem höchsten Wert von 24 % bei der Dauer der Decke und dem niedrigsten von 9 % bei den Maximalhöhen nur wenig gemeinsam. Noch weniger ist dies zwischen den Gebieten Nord und Osttirol der Fall (16 % bzw. 0 %).

Die Diagramme in Abbildung 6 bis 9 lassen drei Aussagen zu. Erstens fehlt eine deutliche säkular-lineare Veränderung, obwohl am Anstieg der Temperatur im Winterhalbjahr, etwa anhand der langen Reihen von Kremsmünster und Sonnblick (FLIRI 1991) nicht zu zweifeln ist. Vermutlich kommt diese Erwärmung wegen der Höhenlage wenig zum Tragen oder wird durch den ebenso gestiegenen Dampfdruck ausgeglichen. Eine Veränderung des Niederschlags ist wegen der großen Streuung statistisch zwar nicht nachzuweisen, doch sprechen der Gang von mittlerer Deckenhöhe und summiertem Deckenzuwachs nicht dafür.

Zweitens sind die Schwankungen nicht zufällig über die Zeit verteilt, sondern wellenartig gruppiert. Die Gebiete nördlich des Alpenhauptkammes weisen einen sehr ähnlichen Gang auf, jener von Osttirol ist, wie bereits anhand der Streuungen gezeigt, verschieden, letztlich bedingt durch verschiedene Auswirkung der sich ändernden Großwetterlagen über Europa. Maxima finden sich im Norden um 1905, 1923, 1943, 1951, 1966 und zuletzt 1981, im Süden um 1905, 1916, 1934, 1950, 1960, 1969, 1978 und 1985. Es wäre möglich, mit statistischen Verfahren Perioden herauszufiltern, doch ohne große Hilfe für die Vorhersage, da die Persistenz offen bleibt.

Drittens zeigt sich zwar das letzte Jahrzehnt durch einen Abwärtstrend aus, im Norden deutlicher als im Süden, doch ist das Ausmaß nicht alarmierend. Auch diese Bewegung kann zunächst nur im Rahmen der vorangegangenen Jahrzehnte gesehen werden. Lineare Trends weisen durchwegs eine überaus geringe Bestimmtheit auf. Besser ist die Näherung mit einem kubischen Trend: In den beiden Gebieten nördlich des Hauptkammes hatten die Winter zu Beginn der Periode 1895-1991 einen Höhepunkt, erreichten ein Minimum um 1920, ein zweites Maximum um 1960 und fallen seitdem relativ stark ab. Auch Osttirol hatte zu Beginn der Periode ausgeprägte Winter. Es folgte ein beachtlicher Abfall bis um 1940 und darauf ein zwar anhaltender, wenngleich in den letzten zwei Jahrzehnten sich verflachender Wiederanstieg. Dieser Trend ist übrigens besser gesichert als jener im Norden.

Zuletzt sei noch auf den U-Test (MANN, WHITNEY) als einfachste statistische Prüfung verwiesen. Hiefür sind alle Werte einer Reihe nach der Größe zu ordnen, sodaß eine Rangordnung der Jahre zustandekommt. Sodann wird die Gesamtperiode nach Hälften geteilt und untersucht, welche Jahre aus der oberen Hälfte der Jahresrangordnung in der ersten oder zweiten Periodenhälfte auftreten. Das Ergebnis erlaubt eine Entscheidung zwischen Zu- und Abnahme und nennt die Irrtumswahrscheinlichkeit dieser Aussage.

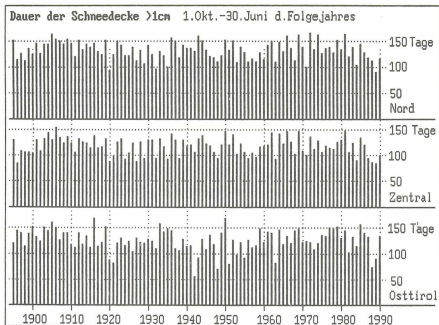


Abb. 6: Dauer der Schneedecke > 1cm - 1. Okt. - 30. Juni d. Folgejahres

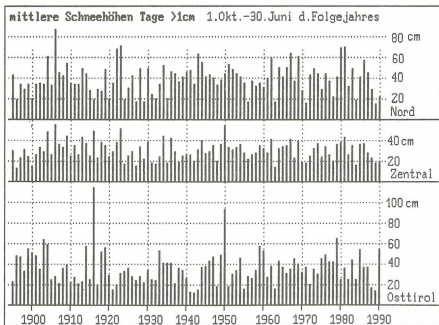


Abb. 7: Mittlere Schneehöhen Tage > 1cm - 1. Okt. - 30. Juni d. Folgejahres

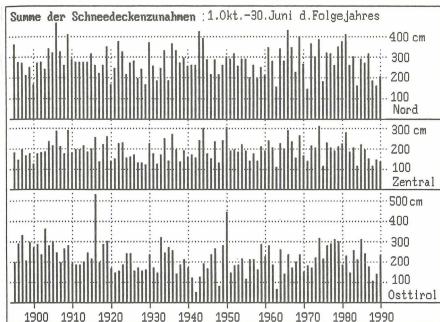


Abb. 8: Summe der Schneedeckenzunahmen: 1. Okt. - 30. Juni d. Folgejahres

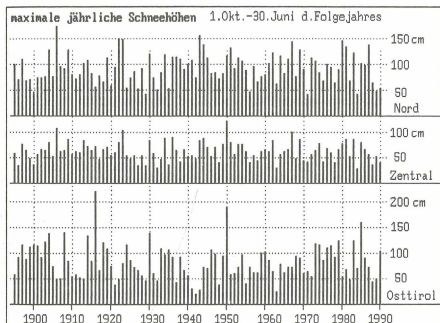


Abb. 9: Maximale jährliche Schneehöhen: 1. Okt. - 30. Juni d. Folgejahres

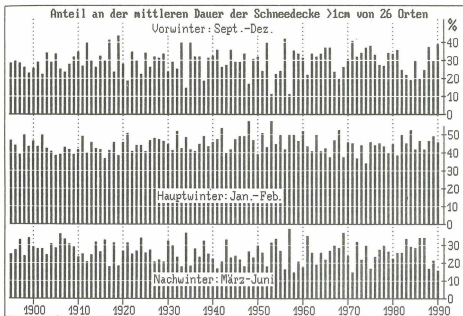


Abb. 10: Anteil an der mittleren Dauer der Schneedecke > 1 cm von 26 Orten

Der Test bringt an den je vier Reihen der drei Gebiete zunächst ein widersprüchliches Ergebnis: In allen drei Gebieten hat die Dauer der Schneedecke zu-, deren mittlere Höhe aber zugleich abgenommen. Allerdings ist die zugehörige Irrtumswahrscheinlichkeit mit 20 % sehr hoch. Für den jährlich summierten Deckenzuwachs und damit wohl auch für die Neuschneesummen sowie für die jährlichen maximalen Schneehöhen ist nur im Gebiet Nord und im Zentralraum Abnahme anzunehmen, ebenfalls mit 20 % Irrtumswahrscheinlichkeit. Anders lautet das Ergebnis für Osttirol, wo der summierte Deckenzuwachs und die maximalen Höhen zugenommen haben dürften, im ersten Fall mit nur 10 %, im zweiten mit 20 % Irrtumsvermutung.

Die widersprüchliche Entwicklung von Schneedecke und Schneehöhe wird zum Teil durch eine Veränderung im Verlauf der Winter erklärt. In Abbildung 10 sind die relativen Anteile von Vor-, Haupt- und Nachwinter an der gesamten Dauer der Bedeckung dargestellt, wobei 26 Reihen mit mindestens 85 Jahren Beobachtungsdauer verwendet wurden. Die neuerliche Anwendung des U-Testes ergibt für den Vor- und Hauptwinter eine Abnahme, bedingt wohl auch durch das Auftreten von kernlosen Wintern. Die Irrtumswahrscheinlichkeit erreicht im ersten Fall 20 %, im zweiten nur 10 %. Entsprechend ist aber der Anteil des Nachwinters größer geworden (Irrtumswahrscheinlichkeit 20 %). Auch dieser Befund spricht für Änderungen bei den Großwetterlagen Europas, bedingt durch das Geschehen über dem Nordatlantik.

Schließlich wurde auch untersucht, ob eine unterschiedliche Entwicklung in Abhängigkeit von der Seehöhe eingetreten ist. Grundsätzlich besteht zwischen dem kubischen Trend der Gebietsdurchschnitte ober- und unterhalb von 1.000 m kein Unterschied: Er gleich jenem der Gebiete Nord und Zentral, in dem die meisten Orte liegen. Immerhin ist die Irrtumswahrscheinlichkeit für das untere Stockwerk allgemein geringer (bei der Dauer der Schneedecke das Doppelte der Streuung). Überdies ist auch eine Wiederrücknahme der Dauer der Schneedecke usw. in Osttirol unterhalb von 1.000 m nicht gegeben.

Für die letzten Jahrzehnte können die bereits in der Schweiz an kürzeren Schneemeßreihen gewonnenen Ergebnisse bestätigt werden (FÖHN 1990): Die Winter sind nicht entscheidend schneeärmer geworden, die in den letzten Jahren vor allem im nördlichen Landesteil aufgetretenen Abweichungen liegen durchaus im Bereich der Schwankungen des letzten Jahrhunderts, weshalb auch eine Abhängigkeit von einer globalen Klimaänderung nicht beweisbar ist. Allerdings wird man die weitere Entwicklung sehr aufmerksam verfolgen müssen.

7. ZUSAMMENFASSUNG

In Nord- und Osttirol wurden 80 Reihen mit Schneebeobachtung im Zeitraum 1895-1991 kritisch bearbeitet. Mit Zusammenfassung in drei Teilgebieten wird die nicht sehr straffe Beziehung zwischen der Seehöhe und klimatologisch kennzeichnenden Werten gezeigt, vor allem zur Dauer der Schneedecke, die sich von Jahr zu Jahr stark ändert. Ebenso weist die Verzögerung des jährlichen Zeitpunktes maximaler Schneehöhe eine große Streuung auf. Die säkulare Veränderung tritt gegenüber den Schwankungen innerhalb einer Dekade völlig zurück, doch geben Trendrechnung und U-Test einige Hinweise für verschiedene Entwicklung nördlich und südlich des Alpenhauptkammes. Wahrscheinlich hat eine leichte Verlagerung vom Vorwinter (bis Dezember) und eine fühlbarere vom Hauptwinter (Jänner und Februar) auf den Nachwinter stattgefunden. Entgegen diesem Trend hat in den letzten fünf Jahren der Vorwinter (bis Dezember) an Gewicht gewonnen, der Nachwinter (ab März) verloren. Daran ändert auch der Winter 1990/91 nichts, da den mehrfachen Rückfällen im April und Mai ein schneeärmer März vorangegangen war.

Im Norden Tirols ist in der Höhenstufe oberhalb von 1.000 m der Winterrückzug etwas schwächer ausgefallen als in der Niederung, während in Osttirol oben eine Zunahme, unten aber ein gleichbleibender Stand festzustellen war. Die letzte Dekade ordnet sich dieser großzügigen Entwicklung nur teilweise ein. Dauer der Bedeckung, mittlere und maximale Schneehöhen sowie zwischentäglicher Deckenauftrag haben fast überall deutlich abgenommen. Unter den bearbeiteten 96 Wintern stand jener von 1989/90 in der Rangordnung der Dauer der Schneebedeckung an vorletzter, der mittleren Schneehöhen an letzter Stelle.

8. LITERATURVERZEICHNIS

- FLIRI F. (1972), Klimakarten von Tirol 1 : 600.000, 2. Teil: Häufigkeit der Schneedecke am 20. November, 20. Jänner und 20. März, mittlere Dauer der Schneedecke, durchschnittliche jährliche Schneehöhe (Periode 1930/31-1959/60). In: Tirol-Atlas, 3. Lieferung, D8-D13. Innsbruck.
- FLIRI F. (1975), Das Klima der Alpen im Raume von Tirol. Universitätsverlag Wagner, 454 S. Innsbruck.
- FLIRI F. (1975), Schneeverhältnisse. In: Begleittexte II zum Tirol-Atlas, Karten D8-D13, S. 19-24. Innsbruck.
- FLIRI F. (1980), Wahrscheinlichkeitskalender für Schneehöhen. In: Tirol-Atlas, Karte D17. Innsbruck.
- FLIRI F. (1980), Ein Beitrag zur Kenntnis des Jahresganges der Schneehöhe im Alpenraum von Tirol. In: Zeitschr. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie, XVI, H. 1, S. 1-9, mit einer Kartenbeilage.
- FLIRI F. (1981a), Begleittext zu Karte D17 des Tirol-Atlas: Wahrscheinlichkeitskalender für Schneehöhen. In: Begleittexte zum Tirol-Atlas VI., Tiroler Heimat 43./44. Jg., S. 27-31. Innsbruck.
- FLIRI F. (1981b), Über Beziehungen zwischen Höhe und Dauer der Schneedecke im Alpenraum von Tirol. In: Eaux et Climats, Mélanges géographiques offerts en hommage à CHARLES-PIERRE PÉGUY, S. 205-214. Grenoble.
- FLIRI F. (1991), Cambiamenti del clima delle Alpi orientali negli ultimi 200 anni con particolare considerazione degli ultimi decenni. In: PINNA M. (Hrsg.), Le variazioni recenti del Clima (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo. Memor. Soc. Geogr. Ital. XLVI, S. 273-282.
- FÖHN P. (1990), Schnee und Lawinen. In: Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre. In: Mitt. d. Versuchsanst. f. Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, 108, S. 33-48. ETH Zürich.
- GUMBEL E.J. (1958), Statistics of extremes. Columbia Univ. Press, New York.
- JENKINSON A.F. (1955), The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. In: Quart. Journ. Royal Meteorological Soc., 81, S. 158-171.
- KLINGER E. (1986), Die Wetterbeobachtungen an Klimastationen. Zentralanstalt f. Met. u. Geodyn. Wien. 107 S.
- LAUSCHER A. u. F. (1975), Die Zeitpunkte größter Schneehöhe in den Ostalpenländern. In: Wetter und Leben, 27, S. 26-30.
- LAUSCHER A. u. F. (1981), Vom Schneeklima der Ostalpen. In: Jahresber. d. Sonnblick-Vereines, 76/78, S. 15-23.
- STEINHAUSER F. (1970), Die säkularen Änderungen der Schneedeckenverhältnisse in Österreich. In: Jahresber. d. Sonnblick-Vereines, 66/67, S. 1-19.

9. SUMMARY

Fliri, F.: Snow cover in North and East Tyrol, 1895-1991

Snow cover records of 80 stations in North and East Tyrol were critically examined, homogenized and completed for the period 1895 to 1991. The stations were subdivided

into three groups according to climatic criteria: North, Central, South (East Tyrol). Time series of the following parameters were analyzed:

- 1) mean snow depth
- 2) annual maximum snow depth
- 3) annual sum of daily snow cover increments
- 4) snow cover duration
- 5) snow cover duration in the periods September to December; January and February; March - June.

Although secular trends are smaller than the amplitude of decadal variations there is a weak indication that mean snow depth has decreased in the northern and central area. This was accompanied by a shift of snow cover days towards late winter.

The winter of 1989/1990 had the last but one position as far as snow cover duration is concerned and ranked last with respect to mean snow depth. In contrast to the general trend, the winters of the last five years, however, had more snow in early winter and comparatively little snow in spring.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical
Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen
Geographischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [133](#)

Autor(en)/Author(s): Fliri Franz

Artikel/Article: Physische Geographie und
Satellitenbildanalyse. Die Schneeverhältnisse in Nord-
und Osttirol in der Periode 1895-1991 7-25