Die mittleren Schneehöhen und die Schneesicherheit im Kanton Bern

Autor(en): **Witmer, Urs**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft Bern**

Band (Jahr): **52 (1975)**

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-960252

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

3. Die mittleren Schneehöhen und die Schneesicherheit im Kanton Bern

Urs Witmer*

3.1. Probleme und Ziele

Beobachtungen über den Aufbau und die Entwicklung der winterlichen Schneedecke sind für die Raumplanung und die Praxis in folgenden Bereichen von Interesse (OBENLAND 1952: 186, ZINGG 1961: 137):

- Wasserwirtschaft
- Strassenbau
- Verkehrswesen
- Siedlungsanlagen
- Erholung
- Lawinenvorhersage und -verbauung
- Land- und Forstwirtschaft
- Wintersport

Im Rahmen dieser Arbeit sollen die Schneehöhen und die Schneesicherheit im Kanton Bern untersucht werden, wobei anwendungsorientiert eine Methodik entwickelt wurde, die wesentliche Grundlagen für den allzu oft unkontrolliert expandierenden Wintertourismus bereitstellen soll.

Beim Studium von Planungsliteratur (z.B. KRIPPENDORF und ANNASOHN 1976, RISCH et al. 1972) fällt auf, wie schwierig es ist, für den Schnee konkrete und brauchbare Eignungskriterien angeben zu können. Teilweise wird mit mittleren maximalen Schneehöhen gearbeitet, teilweise wird indirekt vorgegangen, indem für die Schneesicherheit eine minimale Meereshöhe in Abhängigkeit von der Exposition eingesetzt wird. Häufig wird auch die Anzahl Tage mit Schneedecke zu Hilfe genommen (vgl. Kap. 3.6.3.1.).

Die vorliegende Arbeit soll einen ersten Ansatz zeigen, um dieses komplexe Problem besser in den Griff zu bekommen. Von den zahlreichen mess- und beobachtbaren Grössen, die zur Charakterisierung der winterlichen Schneedecke dienen können, muss daher die Schneehöhe näher untersucht werden. Diese gibt letztlich den Ausschlag, ob eine Schneedecke, ungeachtet der Schneequalität, befahren werden kann oder nicht.

* Urs Witmer, lic.phil.nat., Assistent, Geographisches Institut der Universität Bern, Hallerstr. 12, CH-3012 Bern.

Aus dieser Problemlage haben sich die folgenden Zielsetzungen ergeben:

In erster Linie müssen wir eine Zeitspanne definieren, die ein besseres Auflösungsvermögen als die bisher allgemein verwendete Monatseinteilung *(Annalen der schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt, Winterberichte des Eidg. Instituts für Schnee- und Lawinenforschung)* gewährleistet. Trotzdem soll die Übersicht über den gesamten Winter erhalten bleiben (unter Winter sind die 4 Monate Dezember bis März zu verstehen, da in den Randmonaten die Beobachtungen durch Lücken weniger zuverlässig sind und diese 4 Monate für den Wintersport die grösste Bedeutung haben).

Für jede einzelne dieser noch festzulegenden Zeitspannen sollen die mittleren Schneehöhen dargestellt werden. Damit erhalten wir ein genaueres Bild der Schneeverhältnisse und ihrer zeitlichen Verteilung von Dezember bis März an den einzelnen Beobachtungsstationen.

Da Mittelwerte allein zur Abklärung der Tauglichkeit einer Schneedecke für den Wintersport nicht ausreichen (ZINGG 1973: 1), soll zu den mittleren Schneehöhen noch eine Angabe der Schneesicherheit gestellt werden. Dieses Kriterium der Schneesicherheit soll in unserem Fall konkret definiert und zur Diskussion gestellt werden.

Im weiteren sollen im untersuchten Gebiet Regionen nach topographischen Gesichtspunkten ausgeschieden werden. Für jede dieser Regionen wird sodann versucht, die Abhängigkeit der Schneehöhe von der Meereshöhe zu bestimmen und darzustellen. Dies soll es erlauben, die einzelnen Zeitspannen von Dezember bis März innerhalb derselben Region miteinander zu vergleichen und so einen regionalen Eindruck vom Verlauf des Winters zu bekommen.

Bei der Betrachtung der Resultate sind die folgenden Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Die Länge der zur Verfügung stehenden Beobachtungsreihe ist mit nur 4 Jahren nicht ausreichend. Aus diesem Grunde werden in einem speziellen Kapitel bei ausgewählten Stationen die Vierjahreswerte mit Zehnjahreswerten verglichen. Damit soll die Signifikanz unserer Beobachtungsjahre bezüglich längerer Zeitabschnitte abgeschätzt werden können. Dazu ist zu bemerken, dass von den 4 Wintern deren 2 ausserordentlich mild ausgefallen sind. Stationen und Regionen, die in dieser Untersuchung grosse Schneesicherheit aufweisen, dürften tatsächlich als schneesicher in unserem Sinne gelten (vgl. Definitionen Kap. 3.2. und 3.6.3.1.).
- Die Schneehöhen werden auf flachen Messflächen horizontaler Exposition gemessen. Das bedeutet, dass eine flächenhafte Darstellung, die auch die verschiedenen Expositionen und Hangneigungen berücksichtigen müsste, rein vom Datenmaterial her nicht möglich ist.
- Die Messstationen liegen häufig in den Wintersportorten selbst, und für die höhergelegenen Skigebiete fehlen oft Beobachtungen und zuverlässige Messungen. In einigen Regionen sind Höhenstationen vorhanden und erlauben so eine Interpretation des nicht mit Daten abgedeckten Zwischengebietes. Allgemein darf vorausgesetzt werden, dass mit abnehmender Höhenlage die mittlere Schneehöhe und auch die Schneesicherheit geringer wird, wobei allerdings abzuklären ist, in welcher Grössenordnung diese Veränderung eintritt.

– Man kann die Kritik anbringen, dass nur Angaben über Schneehöhen und Schneesicherheit horizontaler Flächen gemacht werden können, die für den alpinen Skisport alles andere als attraktiv sind. Wir sind (vorläufig) noch nicht in der Lage zu sagen, wie gross die Schneehöhe (oder Schneesicherheit) zum Beispiel an einem 30 % geneigten Südhang im Vergleich zur gleich hoch gelegenen Horizontallage ist (dass die sonnigen Südhänge eher ausapern als die schattigen Nordhänge und dass das Ausapern der Ebene im Normalfall irgendwo zeitlich dazwischen liegt, ist eine altbekannte Tatsache. Es dürfte ebenso unbestritten sein, dass vom Wintertourist die sonnigen Hänge den weniger besonnten vorgezogen werden).

3.2. Definition der verwendeten Begriffe

(Erläuterung über die Verwendung dieser Begriffe: Kap. 3.6.)

– Dekade: Die Dekade umfasst jene Zeitspanne, auf die die anschliessend definierten Begriffe in dieser Arbeit immer angewendet werden. Sie umfasst nicht reine Zehntagesperioden, da der Monatsrahmen beibehalten werden soll. Die Monate werden wie folgt unterteilt:

1. Dekade	2. Dekade	3. Dekade
1.–10.	11.–20.	21.–28./29./30./31.

Die ersten beiden Dekaden sind in jedem Monat gleich lang. Die Länge der dritten Dekade hängt von der Monatslänge ab.

– Mittlere Schneehöhe pro Dekade: Die Summe der täglich gemessenen Schneehöhen wird durch die Anzahl Tage geteilt, die in der betreffenden Dekade enthalten sind.

– Schneesicherheit: Der Begriff "Schneesicherheit" bezieht sich auf eine immer zu bezeichnende minimale Schneehöhe und (in dieser Arbeit) auf die

$$S(x) = \frac{\sum_{j=a}^{b} \sum_{i=c}^{d} t(x)_{ji} \cdot 100}{v \cdot w} \quad \%$$

S (x) : Schneesicherheit (x) in %
x : Schneesicherheitskennzahl (z.B. 15 oder 30 cm)
j : Index des Winters
i : Index des Tages
a : erster Beobachtungswinter
b : letzter Beobachtungswinter
c : erster Tag der Dekade
d : letzter Tag der Dekade
t (x) : 1 für Tag mit Schneehöhe $\geqslant$ (x) cm; 0 für Tag mit Schneehöhe $<$ (x) cm
v : Anzahl beobachtete Winter
w : Anzahl Tage der betreffenden Dekade

Das Resultat der Berechnungen ergibt den Prozentsatz der Tage (rel. Häufigkeit, "Wahrscheinlichkeit"), an welchen die geforderte minimale Schneehöhe in der betreffenden Dekade erreicht oder übertroffen wurde.

Periodenlänge einer Dekade. So bedeutet Schneesicherheit (15) die Schneesicherheit in Bezug auf eine minimale Schneehöhe von 15 cm. Zur Berechnung der Schneesicherheit einer Station kann die folgende Formel verwendet werden: (vgl. oben)

3.3. Das Datenmaterial

Das Ausgangsmaterial für diese Untersuchung stammt aus vier verschiedenen Beobachtungs- und Messnetzen. Es sind dies:

- Stationen des Klimaprogrammes des Geographischen Institutes der Universität Bern (Berner Klimaprogramm)
- Stationen des klimatologischen Netzes der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich (MZA)
- Vergleichsstationen und Messstellen des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch/Davos (SLF)
- Beobachtungsstationen des Lawinendienstes der Kraftwerke Oberhasli AG in Innertkirchen (KWO)

Im Berner Klimaprogramm, das seit 1970 läuft, werden die Schneehöhen seit Winter 1971/72 jeden Tag gemessen und registriert. In dieser Arbeit werden die Beobachtungen von 4 Wintern ausgewertet (1971/72 bis 1974/75).

Die Vorschriften für die Beobachtungen lehnen sich stark an diejenigen der MZA an. Sie seien hier kurz im wesentlichen wiedergegeben: Jeder Beobachter ist gehalten, 3 Probeflächen auszuscheiden:

1. Horizontale Fläche (0–8 % Neigung)
2. Nordexponierte Fläche
3. Südexponierte Fläche

Die Flächen sollen 10 x 10 m gross sein und der mittleren Hangneigung des umliegenden Gebietes entsprechen. Von jeder Testfläche werden die Koordinaten, die Meereshöhe, die Hangneigung und die Exposition bestimmt, wobei nach Möglichkeit jedes Jahr auf denselben Flächen beobachtet werden sollte. Die Beobachtung und Messung der Schneedecke erfolgt am Vormittag zwischen 07.00 und 08.00 Uhr. Sind mehr als 50 % der Fläche mit Schnee bedeckt, so gilt dieser Tag als Tag mit Schneedecke. Auf den horizontalen Flächen wird zusätzlich die Schneehöhe mit einem Pegel oder mit einem Doppelmeter lotrecht gemessen. Um auch den Einfluss des Untergrundes auf die Schneedecke immer vergleichbar zu halten, soll die Fläche auf einem Gartenrasen oder auf einer Wiese angelegt werden (kein Acker). Auch ist darauf zu achten, dass keine Schneeverwehungen auf der Testfläche auftreten können, und dass sie nicht im Schatten von Bäumen oder Häusern liegt (JEANNERET 1970b: 6–7). Die Winterbeobachtungen sollen sich über das ganze Winterhalbjahr erstrecken (Oktober bis März). Bei höhergelegenen Stationen wird häufig noch der April dazugenommen.

Entsprechend der Länge unserer Berner Reihe sind im Interesse einer möglichst grossen Stationsdichte für den gleichen Raum und für den gleichen Zeitabschnitt die Daten aus den genannten anderen Messnetzen ausgewählt worden.

Für die Kartierung der mittleren Schneehöhen und der Schneesicherheit im Kanton Bern sind nur Stationen mit Beobachtungsflächen horizontaler (0–8 % Neigung), normal besonnter Lage und natürlicher Bodenbedeckung verwendet worden. Die wenigen Stationen des Berner Netzes, bei denen die Schneehöhe auch bei nord- oder südexponierten Flächen gemessen wird, sind aus Gründen der Vergleichbarkeit nicht in die Untersuchung einbezogen worden. Die meisten der verwendeten Stationen weisen keine oder nur geringe Beobachtungslücken von 1–2 Tagen auf. Diese Lücken waren mit Hilfe der vorausgehenden und der nachfolgenden Tage und mit Hilfe von benachbarten Stationen leicht zu schliessen. Sind grössere Lücken vorhanden, so sind die betreffenden Dekaden bei der Berechnung und in der Darstellung auf der Karte weggelassen worden. Wenn es für die Verdichtung des Beobachtungsnetzes und als Vergleich ratsam erschien, sind auch Beobachtungen von ausserhalb des Kantons Bern mitverwendet worden.

Tabelle 3.1: Verteilung der Beobachtungsflächen nach Landesteilen und Messnetzen

	Beobachtungsflächen insgesamt	Netz Bern	Netz MZA	Netz SLF	Netz KWO
Ganzer Kanton	74	35	21	14	4
Jura	8	3	5	0	0
Mittelland	26	18	8	0	0
Alpen	40	14	8	14	4
Orte mit mehreren Beobachtungsflächen (versch. Netze), Koordinaten nicht identisch	9	5	6	5	2

Insgesamt sind 74 Messstellen berücksichtigt worden. In Tabelle 3.1 wird die Verteilung der Beobachtungsflächen nach Landesteilen und Messnetzen aufgeführt. Das Berner Netz liefert knapp die Hälfte (35) aller Stationen. In verschiedenen Ortschaften werden mehrere Flächen beobachtet. Ihre Koordinaten sind aber nicht identisch. Insgesamt sind es 9 Orte, in denen von verschiedenen Netzen aus Beobachtungen doppelt oder mehrfach, aber auf verschiedenen Flächen vorgenommen werden. Gerade diese Sonderfälle gestatten es, nicht repräsentative Beobachtungsflächen zu erkennen oder umgekehrt, die raschen, durch das starke Relief bedingten Wechsel zu belegen.

Tabelle 3.2: Stationsdichte in Jura-, Mittelland- und Alpengebiet

	Beobachtungsflächen	innerhalb einer Fläche von	Stationsdichte
Jura	8	400 km^2	1 Station/50 km^2
Mittelland	26	1300 km^2	1 Station/50 km^2
Alpen	40	1400 km^2	1 Station/35 km^2

In Tabelle 3.2 ist für jeden der drei Landesteile Jura, Mittelland und Alpen die mittlere Stationsdichte aufgeführt. Die Angaben über die mittlere Dichte sind insofern etwas irreführend, als die Verteilung vor allem in den Alpen nicht gleichmässig ist, sondern sich einzelne Schwerpunkte den Talachsen entlang bilden. Einige Regionen sind nicht oder nur sehr schlecht mit Stationen vertreten.

Die Zusammenstellung sämtlicher 74 beobachteten Flächen erkennen wir in Tabelle 3.3. Sie sind aufsteigend nach der Meereshöhe geordnet. Angegeben wird die Netzzugehörigkeit, die Koordinaten (wo erhältlich) und wenn möglich der Name des Beobachters.

Tabelle 3.3: Stationsliste

Nr	Station	Netz	Höhe in m	Koordinate	Beobachter
1	Delemont	MZA	416	593.38o/245.22o	Valloton
2	Courrendlin	BERN	43o	595.o5o/243.ooo	Torriani
3	Biel	MZA	432	586.45o/219.4oo	Gyger
4	Schwarzhäusern	BERN	44o	625.3oo/235.ooo	Burkhard
5	Lengnau	BERN	44o	594.85o/225.o5o	Aeberhard
6	Lüscherz	BERN	45o	578.33o/21o.49o	Spätig
7	Rüti b. Büren	BERN	455	597.87o/222.27o	Wanner
8	Herzogenbuchsee	BERN	46o	619.75o/226.46o	Bucher
9	Solothurn	MZA	465	6o7.o9o/229.44o	Glutz
1o	Oeschberg - Koppigen	MZA	483	613.ooo/219.65o	Kant. Z.stelle f. Obstbau
11	Ersigen	BERN	5oo	611.95o/215.35o	Hirt
12	Belp	BERN	52o	6o4.8oo/192.6oo	Bohler
13	Kiesen	BERN	54o	61o.6oo/185.5oo	Knecht
14	Muri	BERN	55o	6o3.2oo/197.8oo	Röthlisberger
15	Obersteckholz	BERN	555	628.7oo/227.4oo	Heiniger
16	Thun	MZA	558	613.76o/178.8oo	Munitionsfabrik
17	Thun	BERN	56o	613.95o/178.ooo	Schwab
18	Bern	MZA	56o	6oo.ooo/2oo.ooo	Meteorolog. Observat.
19	Interlaken	MZA	568	632.7oo/17o.68o	Knuchel
2o	Thierachern	BERN	57o	61o.45o/178.ooo	Indermühle
21	Interlaken	SLF	574		Ritschard
22	Wilderswil	BERN	58o	632.52o/168.35o	Wohlleber
23	Eschert	BERN	59o	597.1oo/236.15o	Bühlmann

Tabelle 3.3: Stationsliste (Fortsetzung)

Nr	Station	Netz	Höhe in m	Koordinate	Beobachter
24	Innertkirchen	KWO	62o	66o.7oo/172.7oo	Maurer
25	Ringgenberg	BERN	62o	634.25o/172.13o	Neuenschwander
26	Meiringen	MZA	632	657.59o/175.56o	EW Alpbach
27	Thierachern	BERN	635	6o9.4oo/177.6oo	Indermühle
28	Huttwil	MZA	638	63o.66o/218.24o	Bahnhof VHB
29	Latterbach	BERN	66o	611.25o/168.25o	Brügger
3o	Schliern	BERN	68o	597.9oo/195.ooo	Kienholz
31	Brienzwiler	BERN	68o	65o.62o/177.9oo	Abegglen
32	Langnau	MZA	695	626.85o/198.79o	Neuenschwander
33	Wyssachen	BERN	71o	629.6oo/214.2oo	Bernasconi
34	Reichenbach	BERN	72o	619.58o/163.8oo	Marti
35	Reichenbach	BERN	72o	619.ooo/162.7oo	Kocher
36	Langenbruck	MZA	74o	624.63o/244.23o	Müller
37	Lanzenhäusern	BERN	77o	592.75o/187.25o	Joss
38	Frutigen	BERN	78o	616.35o/158.85o	Schneider
39	Lauterbrunnen	SLF	8oo		Abbühl
4o	Zimmerwald	BERN	8oo	6o3.ooo/191.3oo	Bohler
41	Plaffeien	MZA	85o	588.92o/175.74o	Ackermann
42	Les Rangiers	MZA	856	583.44o/248.23o	Stadelmann
43	Zingghöch	BERN	89o	599.25o/192.5oo	Hodler
44	Chateau d'Oex	MZA	984	576.97o/147.28o	Yersin
45	Saanen	MZA	1o1o	585.74o/148.76o	Bütschi
46	La Chaux d'Abel	BERN	1o3o	562.4oo/224.3oo	Flückiger
47	Grindelwald	MZA	1o4o	646.46o/163.83o	Bohren
48	Saanen	BERN	1o4o	587.1oo/148.8oo	Schicker
49	Guttannen	KWO	1o5o	665.18o/167.42o	
5o	Guttannen	MZA	1o55	665.28o/167.55o	Huber
51	Saanen	BERN	111o	586.45o/149.2oo	Kesselring
52	Chaumont	MZA	1138	565.o2o/211.22o	Burkhalter
53	Sörenberg	SLF	116o	645.o25/186.215	
54	Beatenberg	MZA	117o	627.64o/172.18o	Grossniklaus
55	Beatenberg	BERN	118o	627.65o/172.25o	Neyerlin

Tabelle 3.3: Stationsliste (Fortsetzung)

Nr	Station	Netz	Höhe in m	Koordinate	Beobachter
56	Mont Soleil	MZA	1180	566.260/223.170	Siegenthaler
57	Gsteig	SLF	1195	587.600/136.150	Graber
58	Achseten	BERN	1200	611.700/153.550	Ruch
59	Gadmen	SLF	1200		Schläppi
60	Gadmen	KWO	1200	669.750/176.850	
61	Wengen	BERN	1280	637.050/162.000	Gertsch
62	Handeck	KWO	1300	666.550/163.180	
63	Wengen	SLF	1310		Gertsch
64	Adelboden	SLF	1350	609.810/149.920	Allenbach
65	Adelboden	MZA	1355	609.100/148.920	Deschwanden
66	Saanenmöser	SLF	1360		Hehlen
67	Gimmelwald	BERN	1360	634.800/155.100	v Allmen
68	Grindelwald - Bort	SLF	1570		Gertsch
69	Mürren	MZA	1638	634.670/156.380	Betriebsleitung Schilthornbahn
70	Stockhorn	SLF	1650		Stockhornbahn AG
71	Mürren	SLF	1670		Schilthornbahn AG (Baumann)
72	Trübsee	SLF	1800		
73	Hasliberg	SLF	1830		Wyss
74	Grimsel - Hospiz	SLF	1970	668.460/158.230	Schläppi

Über unvollständige Angaben siehe WITMER (1977: 27).

Der Höhenbereich, der von allen Stationen umfasst wird, reicht von 416 (Delémont) bis 1970 m ü.M. (Grimsel Hospiz). Die Tabelle 3.4 zeigt die Verteilung der Stationen über den ganzen Bereich in Höhenstufen von 100 zu 100 m. Eine Konzentration der Beobachtungsflächen ist zwischen 500 und 700 m ü.M. festzustellen. Mehr als ein Viertel aller Flächen liegt innerhalb dieser 200 m. Die Beobachtungsflächen in Höhenlagen über 1000 m machen aber immerhin noch mehr als 42 % aus.

Tabelle 3.4: Die Verteilung der Beobachtungsflächen in Höhenstufen von 100 zu 100 m

Höhenstufe in m	*Anzahl Beobachtungsflächen*	*%-Anteil an allen Beobachtungsflächen*
4 – 500	10	13.5
5 – 600	13	17.6
6 – 700	9	12.2
7 – 800	6	8.1
8 – 900	5	6.8
9 – 1000	1	1.4
10 – 1100	6	8.1
11 – 1200	7	9.5
12 – 1300	4	5.4
13 – 1400	6	8.1
14 – 1500	0	0
15 – 1600	1	1.4
16 – 1700	3	4.1
17 – 1800	0	0
18 – 1900	2	2.7
19 – 2000	1	1.4
400 – 2000	74	100

3.4. Verwendete statistische Methoden

In diesem Abschnitt sollen die verwendeten statistischen Methoden genannt und mit Hinweisen auf die einschlägige Fachliteratur versehen werden.

- Mittelwertstatistik zur Berechnung der mittleren Schneehöhen pro Dekade (KREYSZIG 1975: 37ff.)
- Relative Häufigkeit (= "Wahrscheinlichkeit") zur Angabe der Klasse der Schneesicherheit, d.h. der Anzahl Tage, die in einer Periode eine minimale Schneehöhe erreichen oder überschreiten (KREYSZIG 1975: 53ff.)
- Einfach lineare Regression und Korrelation (KREYSZIG 1975: 257ff.) mit Berechnung des Konfidenzintervalles des Regressionskoeffizienten (KREYSZIG 1975: 270ff.) als Mass für die Schwankung des Regressionskoeffizienten vor allem bei kleinen n.

3.5. Datenverarbeitung

Zuerst sind die Stationskenngrössen aller verwendeten Messflächen des Berner Netzes nach der Landeskarte 1 : 25 000 überprüft und wo nötig korrigiert worden. Dann wurden sämtliche Stationsdaten und die brauchbaren zugehörigen Messwerte

des Berner Klimaprogrammes von den Originalbeobachtungsbogen auf Lochkarten und anschliessend auf Tape übertragen. Dasselbe ist mit den Messwerten aus den anderen Messnetzen geschehen.

Die anschliessende Bearbeitung des ganzen Materials ist hauptsächlich auf der Rechenanlage der Universität Bern erfolgt. Dabei gelangten eigene PL/I Programme und Programme aus der BMDP-Programmbibliothek zur Anwendung (DIXON 1975). Für kleinere Berechnungen ist ein programmierbarer Tischcomputer verwendet worden (COMPUCORP 325 SCIENTIST).

3.6. Die Karte der Schneehöhen und der Schneesicherheit im Kanton Bern

3.6.1. Allgemeines

Der Abschnitt 3.6.2. soll für das Verständnis und für das Lesen der Karte allein ausreichend sein. Hier wird z.T. auf früher erwähnte Tatsachen zusammenfassend und wo nötig ausführlich nochmals eingegangen. Die Karte ist auf der Grundlage der Landeskarte der Schweiz 1 : 200 000 der Eidg. Landestopographie erstellt worden.

Der dargestellte Zeitabschnitt umfasst die 4 Monate Dezember bis März. Neben den vom Datenmaterial (s. auch Abschnitt 3.1.) und von darstellerischen Überlegungen her gegebenen Gründen spricht folgendes für diese Beschränkung: GENSLER (1968a: 167) gibt als Zeitspanne für Ende Herbst/Beginn Winter den Übergang zu kaltfeuchten Nordlagen in der Mitte der zweiten Novemberhälfte an (20.–25. November). OBENLAND (1952: 186) nennt für die vorwinterliche unterbrochene Schneedecke die Spanne vom 1. November bis 11. Dezember und für die ununterbrochene Winterschneedecke den Zeitraum vom 12. Dezember bis 17. März. GENSLER (1968b: 235) legt das Ende des Winters auf Mitte März fest. Deshalb dürften wir auch von da her berechtigt sein, den darzustellenden Zeitabschnitt auf die Monate Dezember bis März zu beschränken. Dabei wird zwar der allererste Winteranfang nicht mit erfasst, dafür aber der in höheren Lagen schneehöhenmässig noch interessante Frühlingsanfang im März.

Als Periodenlänge wird deshalb die Dekade verwendet, weil Monatswerte viele kleine und trotzdem interessante Schwankungen verdecken. Für die Planung von Sportferien im Winter ist sie zwar noch kein ideales Mass, doch erscheint sie gegenüber der Monatsperiode schon geeigneter. Wochenunterteilungen fallen wegen ihrer von Jahr zu Jahr ändernden absoluten Lage ausser Betracht. Eine feinere Unterteilung etwa in Pentaden oder gar in Einzeltage ist auf der Karte kaum noch darstellbar.

Das Ziel der Darstellung auf der Karte ist es, die berechneten Werte möglichst klar und leicht erfassbar wiederzugeben, so dass bei jeder Station der mehrjährige Mittelwert der Schneehöhe und die Schneesicherheit für eine beliebige der 12 Dekaden rasch abgelesen werden kann. Die Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe für normal besonnte, flache, horizontale Lagen wird in speziellen Graphiken dekadenweise für jede Region wiedergegeben.

3.6.2. Die Legende zur Karte (Beilagen: Karte 4)

3.6.2.1. Stationssignaturen (vgl. Karte)

Von den insgesamt 74 Stationen konnten aus Platzgründen nur deren 67 auf der Karte dargestellt werden. Dies ist nicht weiter von Bedeutung, als es sich durchwegs um Beobachtungsflächen in Ortschaften handelt, in denen mehr als ein Beobachter am Werk ist. Folgende Beobachtungsflächen fehlen aus diesem Grund auf der Karte:

45 Saanen	60 Gadmen	64 Adelboden
50 Guttannen	63 Wengen	69 Mürren
54 Beatenberg		

Die Grundsignatur für die Station ist ein Kreis, in dem die Stationsnummer steht. Wenn an einer Station während keiner der 12 Dekaden eine mittlere Schneehöhe von 2,5 cm überschritten wird, so bleibt es bei dieser Signatur. Wird die genannte Schneehöhe in einer der 12 Dekaden überschritten, so kommen zur Kreissignatur 12 radiale Strahlen hinzu, wovon jeder eine Dekade darstellt. Der Strahl, welcher auf ein Uhr (wie beim Zifferblatt einer Uhr) weist, entspricht der Dekade vom 1.–10. Dezember. Die anderen Dekaden folgen im Uhrzeigersinn.

3.6.2.2. Die Darstellung der mittleren Schneehöhen (vgl. Karte)

Auf dieser zwölfarmigen "Schneeflocke" werden die dekadenweisen Mittelwerte der Schneehöhen dargestellt. Dabei werden 4 verschiedene Signaturwerte für die Schneehöhen verwendet. Diese Signaturen sind so gewählt worden, dass von einer Zeichengrösse zur anderen die Flächenzunahme proportional zur Zunahme des dargestellten Schneehöhenwertes ist. So ist beispielsweise die Signatur für 5 cm mittlere Schneehöhe in derjenigen von 20 cm flächenmässig viermal enthalten. Die mittlere Schneehöhe pro Dekade lässt sich durch Aufsummieren der Signaturwerte auf dem entsprechenden Strahl ermitteln. Dabei kann der errechnete Wert auf ± 2,5 cm genau wiedergegeben werden.

Wo Stationen nahe beieinanderliegen, war es manchmal nicht möglich, die Signaturen genau am Stationsstandort einzutragen. In diesem Fall sind die Schneehöhenwerte von ihren Zentren abgerückt aufgetragen worden. Diese Stationen sind daran zu erkennen, dass ihr effektiver Beobachtungsort auf der Karte durch den zentralen Stationskreis und die darin enthaltene Stationsnummer gekennzeichnet ist. Ein kleiner roter Pfeil weist in diesem Fall von einem der Dekadenstrahlen zum effektiven Stationsstandort.

Jene Dekaden, bei denen die Schneehöhen wegen lückenhaften Beobachtungen nicht berechnet werden konnten, sind weggelassen worden. Sie sind daran zu erkennen, dass der entsprechende Dekadenstrahl weggelassen wurde (Beispiel: Station Stockhorn, 1.–20. Dezember und 21.–31. März).

3.6.2.3. Die Darstellung der Schneesicherheit (vgl. Karte)

Die rote Signatur der Schneesicherheit befindet sich auf dem Dekadenstrahl ausserhalb der Signaturen der Schneehöhen. Auf der Karte ist die Schneesicherheit (30) aufgetragen worden. Dabei werden 4 Schneesicherheitsklassen unterschieden.

Die Schneesicherheitsklassen 1–3 erhalten je eine eigene Signatur. Wenn die relative Häufigkeit (= "Wahrscheinlichkeit") 50 % unterschreitet, d.h. wenn weniger als 5 Tage eine minimale Schneehöhe von 30 cm erreichen, so fallen die Werte in die Schneesicherheitsklasse 4 (sehr geringe Schneesicherheit) und erhalten keine Signatur. Als Beispiel sei die Situation der Schneesicherheit (30) für die Station Adelboden (65) erläutert: Geringe Schneesicherheit vom 1.–20. Dezember, mittlere Schneesicherheit vom 21. Dezember – 21. Januar, grosse Schneesicherheit bis zum 20. März und wieder geringe Schneesicherheit bis zum Ende dieses Monats.

3.6.2.4. Die Darstellung der Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe (vgl. Karte)

Die fünf Figuren unter der Legende am Kartenrand geben die Schätzwerte der Höhenlage einiger mittlerer Schneehöhen im Verlauf der vier Monate für verschiedene Regionen wieder. Interessierende weitere Zwischenwerte können dank der linearen Abhängigkeit zwischen Schneehöhe und Meereshöhe ebenfalls herausgemessen werden.

Innerhalb derselben Region können einzelne Dekadenwerte ohne weiteres miteinander verglichen werden, da zur Berechnung für jede Dekade die gleichen Stationen und folglich auch die gleiche Höhenerstreckung verwendet worden sind. Der mittlere Ablauf der vier Beobachtungswinter in jeder Region kann aus diesen Graphiken ohne Bedenken entnommen werden. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass von detaillierten Vergleichen der Regionen untereinander abgesehen werden soll und zwar aus folgenden Gründen: Für die Berechnung dieser Kurven ist in jeder der dargestellten Regionen eine unterschiedliche Zahl von Stationen zur Verfügung gestanden. Es wird auch in keiner Region der gleiche Höhenbereich abgedeckt. Zudem bestehen in der Vertretung der Höhenstufen von Region zu Region unterschiedliche Lücken, die eine angestrebte Homogenität ebenfalls stören. Wenn beschränkt Werte verglichen werden dürfen, so sind es diejenigen in den alpinen Regionen, die in einem Höhenbereich von ca. 1100–1300 m ü.M. liegen. Sie befinden sich ungefähr in der Mitte zwischen den beiden jeweils höchst- und tiefstgelegenen Stationen, sodass eine Beeinflussung der errechneten Werte durch die höhenmässig extremen Werte reduziert sein dürfte. Die Graphiken sind bewusst nicht auf die gleiche Höhenkote bezogen dargestellt worden, um interregionale Vergleiche nicht zu provozieren.

In der Region Mittelland konnte in der ersten Dezemberdekade mit Hilfe der einfach linearen Regression keine signifikante Abhängigkeit der Schneehöhe von der Meereshöhe festgestellt werden. Deshalb wurde die betreffende Figur dort nicht gerastert.

3.6.3. Ergänzende Bemerkungen

3.6.3.1. Zur Schneesicherheit

Im folgenden Abschnitt soll kurz skizziert werden, wie es zu dem in Abschnitt 3.2. definierten und in der Karte verwendeten Begriff der Schneesicherheit gekommen ist.

Die Ansichten über die Schneesicherheit von Wintersportorten und über Schneesicherheit als Begriff variieren von Autor zu Autor. Häufig werden keine objektiven Bewertungskriterien angegeben.

LEU (AR 48/1975: 41) stellt in einem Interview fest, dass die Schweiz, was die Schneesicherheit angeht, einen wichtigen Vorsprung vor Konkurrenzländern besitze. Er nennt dabei die Zahl von über 100 ausgesprochenen Wintersportorten in der idealen Höhenlage von zwischen 1000 und 1800 m. Ein Hinweis oder eine Definition zu der angesprochenen Schneesicherheit war auch auf Anfrage hin nicht zu erhalten.

ZINGG (mdl. Mittg. : 1977) bemerkt dazu, dass in Höhenlagen unter 1200–1400 m kaum Schneesicherheit besteht.

KRIPPENDORF und ANNASOHN (1976: 20) schlagen folgende Eignungskriterien und Minimalanforderungen vor: "Zwischen Höhenlage bzw. Exposition und Schneesicherheit besteht eine gewisse Abhängigkeit. U.E. rechtfertigt sich deshalb die Festlegung einer minimalen Höhenlage über Meer in Abhängigkeit der Hangexposition anstelle der schwieriger zu erfassenden Schneesicherheit." Sie geben für potentielle (mechanisch noch nicht erschlossene) Skigebiete folgende Anforderungen an Höhenlage und Exposition an:

für Nord- und Osthänge mindestens 1000 m ü.M.

für West- und Südhänge mindestens 1500 m ü.M.

Bei bereits mechanisch erschlossenen Gebieten muss, sofern die Talstation tiefer (als oben gefordert) gelegen ist, die Schneesicherheit für durchschnittlich 90 Tage gegeben sein. Aus dieser Definition geht lediglich hervor, dass während 90 Tagen Schnee vorhanden sein muss. Die mittlere Schneehöhe oder eine minimale Schneehöhe ist nicht definiert.

OBENLAND (1952: 187) findet, dass für die Bedürfnisse der Praxis eine Darstellung der mittleren Schneeverhältnisse nach den Häufigkeitswerten bestimmter Mindestschneehöhen besser geeignet ist. Weiter stellt er fest, dass zur Beurteilung der Wintersportmöglichkeiten vielfach eine Mindestschneehöhe von 20 cm als Erfordernis zugrunde gelegt wird. Als Perioden mit voller Schneesicherheit werden die Tage gezählt, die in der langjährigen Reihe immer mit 100 % Wahrscheinlichkeit Schneehöhen von 20 oder mehr cm aufzuweisen haben.

WANNER und SPECK (1975: 20) geben eine detailliertere Definition der Schneesicherheit. Es wird davon ausgegangen, dass eine Station mit einem einfachen, allgemein verständlichen Kriterium bezüglich ihrer Schneesicherheit beurteilt werden soll. Dabei werden 2 Hauptpunkte für den Wintertourismus angeführt: Das Vorhandensein einer genügend mächtigen Schneedecke und eine bestimmte minimale Zeitspanne, während der diese vorhanden sein soll. Sodann werden 3 Stufen der Schneesicherheit unterschieden:

1. Stufe: 30 oder mehr zusammenhängende Tage mit 30 oder mehr cm Schneedecke
2. Stufe: 60 oder mehr zusammenhängende Tage mit 30 oder mehr cm Schneedecke
3. Stufe: 90 oder mehr zusammenhängende Tage mit 30 oder mehr cm Schneedecke

Als schneesicher darf ein Gebiet erst dann bezeichnet werden, wenn Kriterium 3 (3. Stufe) grossflächig in mindestens 90 % der Winter erreicht wird.

Dieser kurze Überblick über einige Definitionen zur Schneesicherheit zeigt, dass man vorläufig noch weit davon entfernt ist, eine allgemein anerkannte Definition verwenden zu können. Es ist immerhin die Tendenz zu erkennen, Schneehöhen und Zeitspannen im Zusammenhang mit Schneesicherheit klar zu definieren.

Hier wird ein weiterer Versuch unternommen und zur Diskussion gestellt, die Schneesicherheit zeitlich und schneehöhenmässig zu erfassen und darzustellen. Zuerst muss der Höhenbereich und der Untergrund, für die unsere Schneesicherheitsdefinition Gültigkeit haben soll, festgelegt werden. Dieser Höhenbereich erstreckt sich theoretisch über 1600 Höhenmeter, d.h. von 400–2000 m ü.M. Das ist die Spanne, in der im Untersuchungsgebiet Stationen mit Beobachtungen liegen. Dabei kann in den tiefer gelegenen Bereichen kaum von Schneesicherheit gesprochen werden (viel eher von Schneeunsicherheit). Beim Untergrund sind vor allem Gletscher und grobblockige Flächen auszunehmen.

Die 30 cm als minimale Schneehöhe für alpinen Skisport werden von WANNER und SPECK (1975) übernommen. Diese Schneehöhe hat sich auch aufgrund eigener Beobachtungen als geeigneter erwiesen als die von OBENLAND (1952) vorgeschlagenen 20 cm, die damals wohl für die Station Oberstorf (810 m) ausgereicht haben mögen.

Neben der vorgegebenen minimalen Schneehöhe von 30 cm (für alpinen Skisport) und der Periodenlänge von einer Dekade für die in Abschnitt 3.2. gegebene Definition der Schneesicherheit können sicher noch andere Punkte wie z.B. die Klasseneinteilung diskutiert werden. So könnten die Anforderungen für die Klasse 1 (grosse Schneesicherheit) als zu streng empfunden werden. Doch erscheint uns gerade die Trennung von Klasse 1 und 2 sehr wichtig, um die wirklich schneesicheren Perioden und Stationen deutlich herauszuschälen.

3.6.3.2. Zur Regioneneinteilung

Obwohl eine gesamthafte Betrachtung des Untersuchungsgebietes interessant wäre, erscheint es doch als wünschenswert, das Gebiet in homogenere Regionen zu unterteilen. Die Abgrenzung kleiner Regionen hat UTTINGER (1951: 374) empfohlen, um möglichst homogene Verhältnisse zu erhalten. Diese Regionen dürfen aber auch nicht so klein gewählt werden, dass die Gefahr besteht, bei einer reduzierten Anzahl von Beobachtungsstationen, Verfälschungen zu erhalten. Das kann vor allem durch nicht repräsentative Stationen (besonders wenn sie als solche noch schlecht zu erkennen sind) und durch ungleich mit Beobachtungen abgedeckte Höhenstufen der Fall sein.

Als grobe Unterteilung bietet sich die traditionelle Gliederung in Jura, Mittelland und Alpen an. Durch die geringe Anzahl von Beobachtungsstationen bedingt, erübrigt sich eine weitere Unterteilung des Jura. Obwohl sicher räumliche Unterschiede bestehen (Plateaujura–Faltenjura), können sie mit der bestehenden Datendichte nicht belegt werden. Im Mittelland wären zwar viele Messstellen vorhanden, aber eine weitere Unterteilung erscheint wegen der geringen Ausdehnung in der Vertikalen für unsere Fragestellung als nicht notwendig. Lokale Besonderheiten sollen, wo sie zu erkennen sind, in der Beschreibung der Region erwähnt werden (Abschnitt 3.7.3.). Die Voralpen fallen als Region wegen der praktisch fehlenden Beobachtungen vollkommen weg.

Der Raum der Alpen, der durch unsere Untersuchungen abgedeckt wird, liegt nach der Einteilung von UTTINGER (1951: 367) im Gebiet der Alpennordseite.

Ein Vergleich mit den Regionen, in die die Messstellen und Vergleichsstationen des SLF eingeteilt sind, zeigt, dass die meisten unserer Alpenstationen dort in die Region 1 (Berner und Waadtländer Alpen) zu liegen kommen (Ausnahme: Trübsee und Sörenberg). Als Vorschlag soll diese Unterteilung hier noch etwas verfeinert werden, um die Eigenheiten kleinerer Gebiete besser herauszubekommen. Das ist nur durch die grössere Dichte der zur Verfügung stehenden Stationen möglich. Topographisch mehr oder weniger einheitliche Gebiete sollen so als Regionen ausgeschieden werden, damit in derselben Höhenlage mit gleichbleibenden und mit zunehmender Höhenlage mit gleichartig sich verändernden klimatischen Verhältnissen gerechnet werden kann.

Tabelle 3.5: Die Regionen und die ihnen zugehörigen Stationen (nur wenn mehr als eine Station)

JURA		MITTELLAND		HASLITAL/GADMENTAL	
1 Delémont	416 m	27 Thierachern	635 m	24 Innertkirchen	62o m
2 Courrendlin	43o m	28 Huttwil	638 m	26 Meiringen	632 m
23 Eschert	59o m	3o Schliern	67o m	31 Brienzwiler	68o m
36 Langenbruck	74o m	32 Langnau	695 m	49 Guttannen	1o5o m
42 Les Rangiers	856 m	33 Wyssachen	71o m	5o Guttannen	1o55 m
46 La Chaux d'Abel	1o3o m	37 Lanzenhäusern	77o m	59 Gadmen	12oo m
52 Chaumont	1138 m	4o Zimmerwald	8oo m	6o Gadmen	12oo m
56 Mont Soleil	118o m	41 Plaffeien	85o m	62 Handeck	13oo m
		43 Gasel	89o m	72 Trübsee	18oo m
MITTELLAND				73 Hasliberg	183o m
3 Biel	432 m	SAANENLAND		74 Grimsel-Hospiz	197o m
4 Schwarzhäusern	435 m	44 Chateau d'Oex	984 m		
5 Lengnau	44o m	45 Saanen	1o1o m	LÜTSCHINENTÄLER	
6 Lüscherz	45o m	48 Saanen	1o4o m	19 Interlaken	568 m
7 Rüti b Büren	455 m	51 Saanen	111o m	21 Interlaken	574 m
8 Herzogenbuchsee	46o m	57 Gsteig	1195 m	22 Wilderswil	58o m
9 Solothurn	465 m	66 Saanenmöser	136o m	39 Lauterbrunnen	8oo m
1o Oeschberg-Kopp.	483 m			47 Grindelwald	1o4o m
11 Ersigen	5oo m	SIMMENTAL		61 Wengen	128o m
12 Belp	52o m	29 Latterbach	66o m	63 Wengen	131o m
13 Kiesen	54o m	7o Stockhorn	165o m	67 Gimmelwald	136o m
14 Muri	55o m			68 Grindelwald-B.	157o m
15 Obersteckholz	555 m	FRUTIGTAL		69 Mürren	1638 m
16 Thun	558 m	34 Reichenbach	72o m	71 Mürren	167o m
17 Thun	56o m	35 Reichenbach	72o m		
18 Bern	56o m	38 Frutigen	78o m	BEATENBERG	
2o Thierachern	57o m	58 Achseten	12oo m	54 Beatenberg	117o m
		64 Adelboden	135o m	55 Beatenberg	118o m
		65 Adelboden	1355 m		

Die Verteilung der Beobachtungsstationen in den Alpen hat eine Regionalisierung in mehrheitlich geschlossene Talschaften angeboten. Auch die Argumentation von ZINGG (1973: 4), dass die Schneehöhenzunahme in Abhängigkeit von der Meereshöhe von Tal zu Tal verschieden verläuft, stützt diese Ansicht. In der Tabelle 3.5 werden die Einzelstationen ihrer Region zugeordnet.

3.6.3.3. Zur Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe

Durch die bei Stationsbeobachtungen bedingte Streuung der Messflächen entstehen zwangsläufig Lücken, sowohl in der horizontalen als auch in der vertikalen Verteilung. Mit der einfach linearen Regression als Hilfsmittel soll versucht werden, regionenweise ein lückenloses Bild der Zunahme der mittleren Schneehöhe in der Vertikalen zu erhalten, um auch das Verhalten des nicht durch Beobachtungen abgedeckten Zwischengebietes zu erhalten.

Verschiedene Autoren haben sich schon mit der Beziehung Meereshöhe/Schneehöhe (oder anderen Schneeparametern) mit Hilfe der einfach linearen Regression befasst. MOSIMANN (1973: 218) findet, dass für ein grosses Gebiet (z.B. Berner und Walliser Alpen), in dem nur ein weit gestreutes Netz von Stationen verfügbar ist, eine einfache Beziehung zwischen Meereshöhe und Schneedauer kaum brauchbare Resultate liefern wird. Der Grund liegt darin, dass Beobachtungsreihen aus so verschiedenen Gebieten durch unterschiedliche klimatische Grössen bestimmend beeinflusst werden.

Für die Region Bern (300 km^2) konnte nachgewiesen werden, dass die Anzahl der Tage mit Schneedecke von Oktober bis April und die Meereshöhe gut in eine lineare Beziehung zueinander gebracht werden können (MAURER, KUNZ und WITMER 1975: 115). Deshalb ist auch für die hier gewählten Regionen trotz teilweise geringerer Stationsdichte untersucht worden, ob eine einfach lineare Beziehung brauchbare Resultate liefert. Es wird dekadenweise die lineare Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe ermittelt. Lokalklimatische Erscheinungen wie nächtliche Bodeninversionen oder Föhneinflüsse, die für die Erhaltung der Schneedecke eine wichtige Rolle spielen (OBENLAND 1952: 256) werden nicht besonders berücksichtigt, können aber durch grosse Abweichungen einzelner Stationen von der Regressionsgeraden offenkundig werden. Ermutigt zu diesem Versuch haben auch die von UTTINGER (1951: 365, Abb. 2) aufgestellten Beziehungskurven zwischen der Meereshöhe und der Niederschlagsmenge (mit zunehmender Höhe wird auch der Anteil an festem N grösser). Diese Kurven verlaufen für den Jura und für die uns interessierende Alpennordseite in dem von unseren Stationen erfassten Höhenbereich annähernd linear.

3.7. Regionale Charakterisierung

3.7.1. Allgemeines

In diesen Ausführungen werden die aus den Stationen gewonnenen Erkenntnisse auf regionaler Basis zusammengefasst.

Zusätzlich zur Besprechung der mittleren Schneehöhen, der Schneesicherheit (30) und der Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe wird noch die Schneesicherheit (15) diskutiert. Diese entspricht in der Grunddefinition genau der Schneesicherheit (30) (siehe Abschnitt 3.2.) mit der Ausnahme, dass die minimale Schneehöhe auf 15 cm festgesetzt wurde. Diese Klassifikation ist nicht auf der Karte festgehalten.

Die 15 Zentimeter werden als Minimum für nordischen Skisport (Langlauf) angesehen. Das soll nicht heissen, dass sie nicht auch beschränkt für alpinen Skilauf ausreichend sein können (immer unter der Berücksichtigung der früheren Ausaperung von Südhängen und exponierten Stellen wie Kanten und Engpässen, die vom Skifahrer stärker beansprucht werden). Diese Grenze ist aufgrund eigener Beobachtungen und Messungen gezogen worden. Bei noch geringeren Schneehöhen wird der Boden nicht genügend zugedeckt: Grashalme, Grasbüschel und Stoppelreste ragen aus der Schneedecke heraus und fördern so ein ungleichmässiges Abschmelzen, sodass die Schneedecke bald löcherig wird.

3.7.2. Der Jura

Stationen:

Diese Region enthält 8 Stationen (vgl. Tab. 3.5), von denen die tiefstgelegene auf ca. 400 m ü.M. und die höchstgelegene auf ca. 1200 m ü.M. liegt.

Schneehöhen (gem. Karte):

Die Juratäler und Beckenlandschaften zwischen 400 und 600 m ü.M. (repräsentiert durch die Stationen Delémont, Correndlin und Eschert) erscheinen als besonders schneearm, werden doch in keiner Dekade mehr als 2,5 cm mittlere Schneehöhe erreicht. Die höher als 1000 m ü.M. gelegenen Stationen (La Chaux d'Abel, Chaumont, Mt. Soleil) verfügen in der zweiten Dezemberdekade und von Anfang Februar bis zum 20. März über mindestens 17 cm mittlere Schneehöhe.

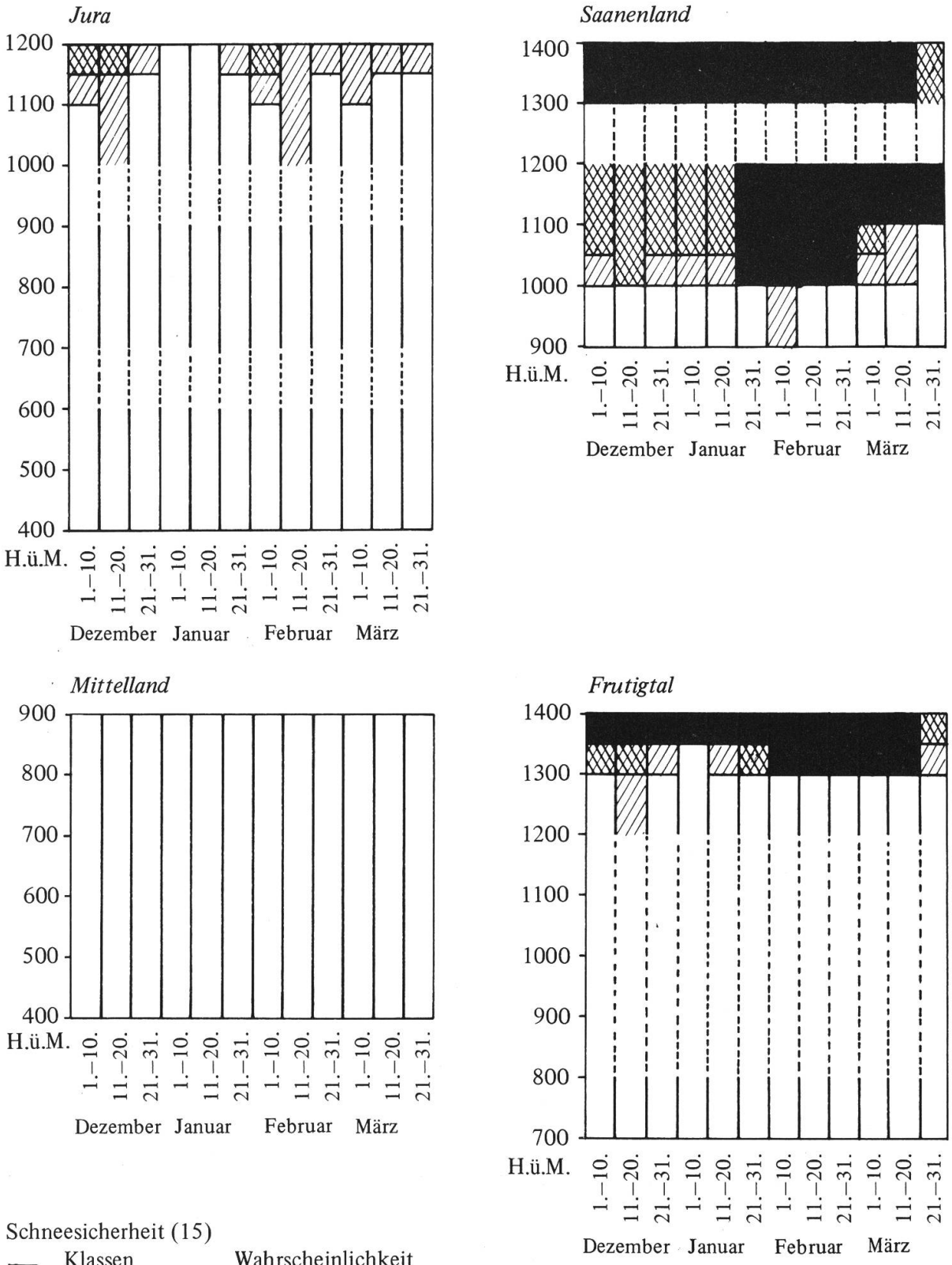
Schneesicherheit (15) gem. Figur 3.1:

Wir stellen fest, dass grosse Schneesicherheit (15) nach unserer Definition im abgedeckten Höhenbereich nirgends erreicht wird. Mittlere Schneesicherheit (15) tritt vom 1.–20. Dezember und vom 1.–10. Februar ab Höhenlagen von zwischen 1100 bis 1200 m ü.M. auf. Bei der Station Mt. Soleil (1180 m) beträgt die Wahrscheinlichkeit, 15 cm Schnee anzutreffen mit Ausnahme der beiden ersten Januardekaden immer mindestens 50 %.

Schneesicherheit (30) gem. Karte:

Der Blick auf die Karte wird uns enttäuschen. Nie wird grosse oder auch mittlere Schneesicherheit (30) erreicht! Dazu muss vorwegnehmend gesagt werden, dass der Vergleich unserer 4-Jahresreihe mit einer 10-Jahresreihe (Abschnitt 3.9.) gerade für die Höhen um 1200 m im Jura schlechtere Verhältnisse für die kurze Reihe ergeben hat. Doch auch bei den Werten der 10-Jahresreihe wird nie grosse oder mittlere

Figur 3.1: Klassen der Schneesicherheit (15) in Höhenstufen von 100 zu 100 m



Schneesicherheit (30) erreicht. Hier kann man sich fragen, ob unsere Massstäbe zu streng sind, denn im Jura wird sowohl alpiner als auch nordischer Skisport betrieben?

Der Jura gilt in unserer Gegend ausschliesslich als Naherholungsgebiet für Wochenendtourismus. So fehlen denn auch typische Wintersportorte, die hauptsächlich auf den Tourismus ausgerichtet sind. Sind die Schneeverhältnisse einmal über eine längere Periode mässig bis schlecht, so bekommen das hier vor allem die Skiliftbetriebe zu spüren. In diesem Fall kann in den Alpenregionen häufig in die Höhe ausgewichen werden, ohne dass dies für die Beherbergungsbetriebe schon gravierende Folgen zu zeitigen braucht. Diese Möglichkeit des Ausweichens in der Vertikalen entfällt im Jura. Dabei liegt an den Nordhängen im Kettenjura häufig noch genügend Schnee, wenn die Südhänge und die flachen Expositionen schon lange schneefrei sind.

Zusammenfassend kann zu der Schneesicherheit im Jura gesagt werden, dass, wegen der kurzen Pistenlängen und der relativ geringen ausnützbaren Höhenunterschiede, das Gebiet eher für nordischen Skisport in Frage kommt und dass hier für alpinen Skisport 15 cm als minimale Schneehöhe wohl eher akzeptiert werden kann als in den Alpenregionen.

Abhängigkeit der Schneehöhe von der Meereshöhe:

Zur Berechnung der Regression/Korrelation sind die dekadenweisen Schneehöhenmittelwerte der in Tabelle 3.5 für den Jura genannten Stationen verwendet worden. Die Station Courrendlin (430 m) wurde weggelassen, da dort nur der Dezember vollständig beobachtet worden ist.

In der Tabelle 3.6 finden wir die Resultate der Regressionsrechnung. Bei den Regressionsgleichungen (Kol. 3) lässt sich b nirgends durch das Nullmodell ersetzen, d.h., dass die Steigung von Null verschieden ist. Der Sicherungsgrenzwert des Korrelationskoeffizienten r beträgt für die 7 Wertpaare bei 95 % Wahrscheinlichkeit 0.755 (bei 99 % = 0.875). In der Kol. 4 derselben Tabelle sehen wir die für r errechneten Werte und stellen fest, dass alle über dem Grenzwert der 95 %-Konfidenzzahl liegen. Über dem Grenzwert von 99 % liegen ebenfalls alle r, ausser denjenigen der Dekaden vom 21.–31. Dezember und vom 1.–20. Januar.

In der Figur 3.2 sind die 12 Regressionsgleichungen als Geraden aufgetragen. Der Ablauf der vier untersuchten Wintermonate lässt sich anhand dieser Darstellung gut charakterisieren. Die unterschiedlichen Gradienten (Steigungen der Regressionsgeraden) der Schneehöhenzunahme bei 100 m Höhendifferenz gestatten eine Dreiteilung:

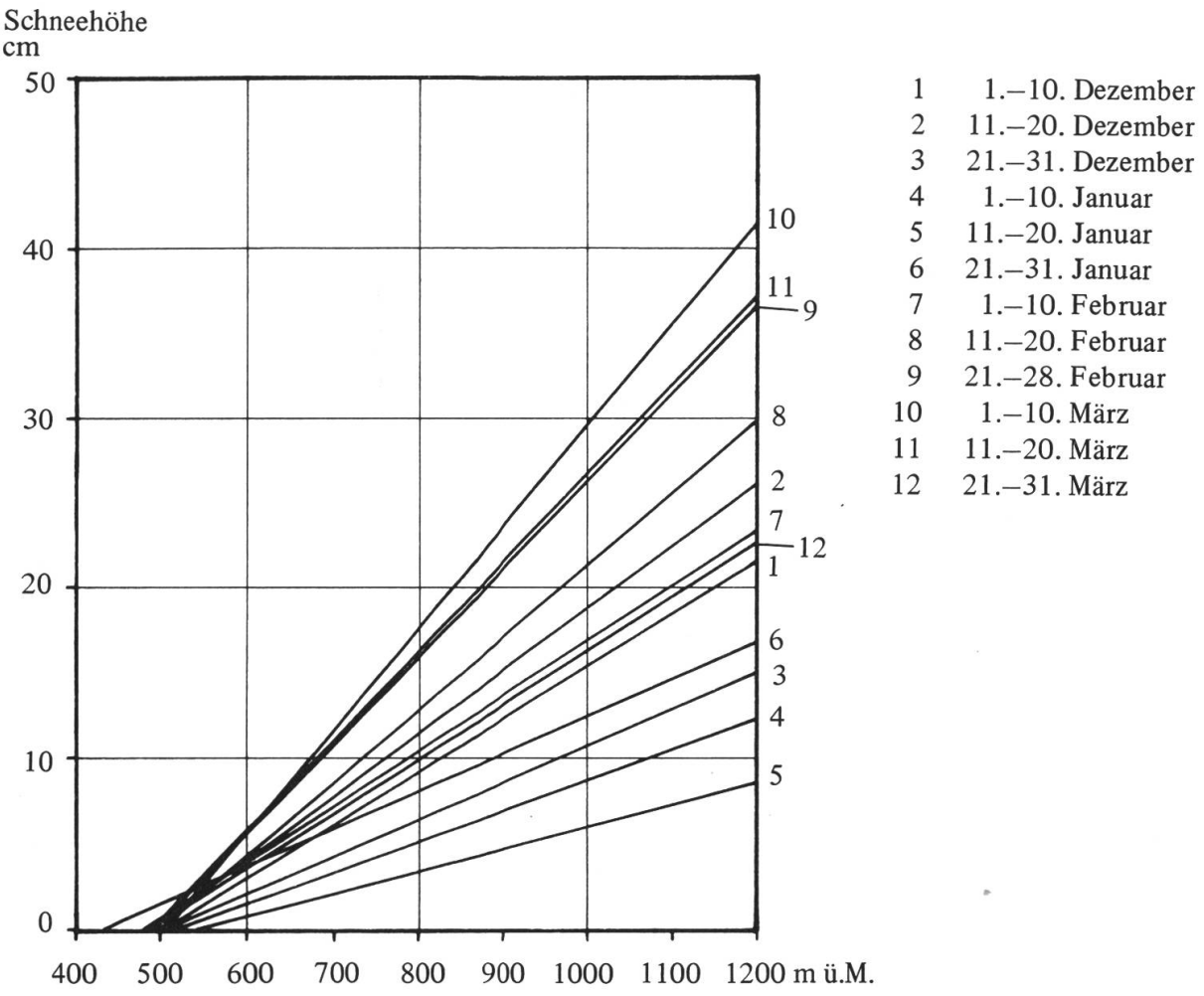
1. Dekaden mit verhältnismässig geringer Zunahme der mittleren Schneehöhe bei zunehmender Meereshöhe: 21. Dezember bis 31. Januar. Der Gradient bewegt sich zwischen 1,3 und 2,3 cm/100 m. Die Schätzwerte der mittleren Schneehöhen in 1200 m schwanken zwischen 8,5 und 17 cm.
2. Dekaden mit etwas grösserer Zunahme der mittleren Schneehöhe bei zunehmender Meereshöhe: 1.–20. Dezember, 1.–20. Februar und 21.–31. März. Der Gradient liegt innerhalb der Spanne von 3–4,3 cm/100 m. Mittlere Schneehöhe in 1200 m: 21,5–30 cm.

Tabelle 3.6: Statistische Angaben zu der Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Jura

1	2	3		4	5	6	7		8	9	
	n	a	b	r	$\bar{x}$ in m	$\bar{y}$ in cm	l	b − l ≤ b ≤ b + l	cm/100 m %	auf 416 m in cm	auf 1180 m in cm / %
1. - 10. Dez	7	-15.57	0.0308	0.9042	850	10.6	0.00646	0.02434 ≤ b ≤ 0.03726	2.4 - 3.0 - 3.7 80 100 123	0	18.6 - 20.8 - 22.9 89 100 110
11. - 20. Dez	7	-18.95	0.0378	0.9066	850	13.2	0.00713	0.03067 ≤ b ≤ 0.04493	3.1 - 3.8 - 4.5 82 100 118	0	23.3 - 25.6 - 28 91 100 109
21. - 31. Dez	7	-12.42	0.0233	0.7579	850	7.4	0.00506	0.01753 ≤ b ≤ 0.02907	1.8 - 2.3 - 2.9 78 100 126	0	13.2 - 15.1 - 17 87 100 113
1. - 10. Jan	7	-9.54	0.0182	0.7709	850	5.9	0.00506	0.01314 ≤ b ≤ 0.02326	1.3 - 1.8 - 2.3 72 100 128	0	10.2 - 11.9 - 13.6 86 100 114
11. - 20. Jan	7	-6.77	0.0127	0.8002	850	4.0	0.00426	0.00844 ≤ b ≤ 0.01696	0.8 - 1.3 - 1.7 62 100 131	0.0 - 0.3	6.8 - 8.2 - 9.6 83 100 117
21. - 31. Jan	7	-9.41	0.0219	0.9828	850	9.2	0.00503	0.01687 ≤ b ≤ 0.02693	1.7 - 2.2 - 2.7 77 100 122	0.0 - 1.9	14.8 - 16.5 - 18.1 90 100 110
1. - 10. Feb	7	-15.36	0.0324	0.9798	850	12.2	0.00642	0.02598 ≤ b ≤ 0.03882	2.6 - 3.2 - 3.9 81 100 122	0.0 - 0.9	20.8 - 22.9 - 25 91 100 109
11. - 20. Feb	7	-21.34	0.0428	0.9592	850	15.0	0.00757	0.03523 ≤ b ≤ 0.05037	3.5 - 4.3 - 5.0 81 100 116	0	26.6 - 29.1 - 31.6 91 100 109
21. - 28. Feb	7	-25.53	0.0518	0.9601	850	18.5	0.00828	0.04352 ≤ b ≤ 0.06008	4.4 - 5.2 - 6.0 85 100 115	0	32.9 - 35.6 - 38.3 92 100 108
1. - 10. Mrz	7	-30.10	0.0596	0.9582	850	20.6	0.00899	0.05061 ≤ b ≤ 0.06859	5.1 - 6.0 - 6.9 85 100 115	0	37.3 - 40.3 - 43.2 93 100 107
11. - 20. Mrz	7	-25.12	0.0516	0.9704	850	18.7	0.00821	0.04339 ≤ b ≤ 0.05981	4.3 - 5.2 - 6.0 83 100 115	0	33 - 35.7 - 38.4 92 100 108
21. - 31. Mrz	7	-15.66	0.0320	0.9118	850	11.5	0.00648	0.02552 ≤ b ≤ 0.03448	2.6 - 3.2 - 3.8 81 100 119	0.0 - 0.4	19.9 - 22.1 - 24.2 90 100 110

1 : Dekade
2 : Anzahl Wertepaare (Meereshöhe – mittlere Schneehöhe)
3 : Regressionsgleichung $y = a + bx$
4 : Korrelationskoeffizient
5 : $\bar{x}$ in Metern
6 : $\bar{y}$ in Zentimetern
7 : 95 % Konfidenzintervall des Regressionskoeffizienten
8 : Gradientbereich bei Berücksichtigung des 95 %-Konfidenzintervalles (in cm/100 m oder in %)
9 : Bereich der Schätzwerte der mittleren Schneehöhen bei Berücksichtigung des Konfidenzintervalles für die höchst- und tiefstgelegene Station der Region (in cm oder in %)

Figur 3.2: Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Jura. Die Regressionsgeraden



3. Schliesslich folgen die Dekaden mit der in dieser Region grössten Schneehöhenzunahme auf 100 m Höhendifferenz: 21. Februar bis 20. März mit 5,2–6 cm/100 m. Schätzwerte der mittleren Schneehöhen in 1200 m: 36,5–42 cm.

Die 95 %-Konfidenzintervalle des Regressionskoeffizienten b (Mass für die Grösse der Schwankungen des Regressionskoeffizienten) sind der Kol. 7 in Tabelle 3.6 zu entnehmen. In derselben Tabelle (Kol. 8) sind die Spannen der Gradienten pro Dekade unter Berücksichtigung dieses 95 %-Konfidenzintervalles angegeben. In 95 % der Fälle liegt in der betreffenden Dekade der mittlere Gradient mehrer Jahre innerhalb dieser Spanne. Die das 95 %-Konfidenzintervall gegen unten und gegen oben abgrenzenden Gradienten weichen für die Region Jura um ca. ± 20 % (evtl. 30 %) oder im Maximum um ± 0.9 cm/100 m vom Gradienten der Ausgangsgleichung ab.

Wenn wir jetzt die Schätzwerte der mittleren Schneehöhen für die Meereshöhe je der tiefst- und höchstgelegenen verwendeten Station der Region aus den Gleichungen mit der minimalen und der maximalen Steigung errechnen, erhalten wir eine weitere Angabe für das Ausmass der Schwankung des mittleren Gradienten (Ergebnisse: Tab. 3.6, Kol. 9). Daran lässt sich, je nach Grösse der Unterschiede, erkennen, ob diese Schätzung der mittleren Schneehöhen überhaupt sinnvoll ist. Die in dieser Kolonne angegebenen Werte sind aus den 4-jährigen Dekadenmitteln berechnete Grenzwerte. Die wirklich gemessenenen Einzelwerte oder das Dekadenmittel eines einzelnen Jahres brauchen nicht mit ihnen übereinzustimmen. Jene geben lediglich ein statistisches Mass für die Genauigkeit der Regressionsgeraden und nicht für die Abweichung einzelner Werte von der Regressionsgeraden. In der Höhe von 416 m werden die Werte praktisch alle negativ. Sind beide negativ, so werden sie gleich Null gesetzt. Ist nur einer negativ, so wird er gleich Null gesetzt, und die Spanne reicht von 0 cm bis zu dem durch die andere Gerade vorgegebenen Wert. In 1180 m schwanken die Grenzwerte um den aus der Regressionsgeraden berechneten Mittelwert von ± 7 % bis ± 17 % oder in Zentimetern ausgedrückt um im Maximum ± 3 cm bei einem errechneten Mittelwert von 40 cm. Diese verhältnismässig geringe Schwankungsbreite lässt die durch die Regressionsgeraden angegebenen Schätzwerte der mittleren Schneehöhen als ziemlich zuverlässig erscheinen.

Kommentar zum Ablauf des Winters (vgl. Karte):
Deutlich ist der Rückgang der mittleren Schneehöhen von der 3. Dezemberdekade bis in die 2. Januardekade zu erkennen. Die 4 Winter zeichnen sich durch ein deutliches Januarloch aus. Daran sind vor allem die beiden milden "kernlosen" Winter von 1973/74 und 1974/75 beteiligt.

3.7.3. Das Mittelland

Stationen:

Diese Region enthält 26 Stationen (vgl. Tab. 3.5), von denen die tiefstgelegene auf 430 m und die höchstgelegene auf 890 m ü.M. liegt.

Schneehöhen (gem. Karte):

Im Mittelland schälen sich die folgenden Gebiete als besonders schneearm heraus (unter 2,5 cm mittlere Schneehöhe in jeder Dekade):

- Das Seeland in Meereshöhen unter 500 m, vertreten durch die Stationen Biel, Lengnau, Lüscherz und Rüti b. Büren.
- Das Aaretal zwischen Bern und Thun von 500 bis 650 m ü.M., vertreten durch die folgenden Stationen: Belp, Kiesen, Muri, Thun (2 x), Bern und Thierachern (2 x).

Die Stationen, die über 800 m ü.M. liegen (Zimmerwald, Plaffeien und Zingghöch), erreichen in den Dekaden vom 1. Februar bis zum 10. März immer mittlere Schneehöhen von 5 cm oder mehr.

Schneesicherheit (15) gem. Figur 3.1:

Grosse Schneesicherheit (15) nach unserer Definition wird im Mittelland in dem von unseren Stationen abgedeckten Höhenbereich nirgends erreicht. Überhaupt kommt im untersuchten Gebiet keine Station über sehr geringe Schneesicherheit (in jeder Dekade) hinaus.

Schneesicherheit (30) gem. Karte:

Wenn schon bei der Schneesicherheit (15) nie mehr als sehr geringe Schneesicherheit erreicht wurde, gilt dasselbe auch für die Schneesicherheit (30).

Das Mittelland ist aus reinem Interesse in dieser Untersuchung mit aufgenommen worden. Es konnte also nicht darum gehen, in Bezug auf Wintersporteignung Qualifikationen auszuteilen. Immerhin haben sich doch einige regionale Unterschiede ergeben. Nicht ganz zu unterschätzen ist auch die Bedeutung des Mittellandes, wenigstens was den nordischen Skisport betrifft. Schneereiche, wenn auch kurze und unregelmässig auftretende Perioden mit ausreichender Schneehöhe im Mittelland können mithelfen, die traditionellen Skigebiete wenigstens zeitweise im Sinne von Naherholungsgebieten zu entlasten (z.B. Längenberg bei Bern).

Abhängigkeit der Schneehöhe von der Meereshöhe:

Zur dekadenweisen Berechnung der Korrelation/Regression sind die mittleren Schneehöhen der in Tabelle 3.5 aufgeführten Mittellandstationen verwendet worden. Ausgenommen wurden die Stationen Thun (560 m) und Zimmerwald (800 m), die unvollständig beobachtet worden sind. Der Gültigkeitsbereich der Berechnungen erstreckt sich von der höchstgelegenen zu der tiefstgelegenen Station über ca. 450 Höhenmeter. Einen Spezialfall bildet die Station Sörenberg (1160 m): Wir können sie nicht zum Mittelland zählen, weil sie in den Voralpen gelegen ist. Eine besondere Region Voralpen können wir jedoch nicht bilden, da praktisch keine Stationen vorhanden sind. Die Station Sörenberg wird in Abschnitt 3.7.8. noch näher zu betrachten sein.

Bei den Regressionsgleichungen (Tab. 3.7, Kol. 3) zeichnet sich eine sehr geringe Steigung der Regressionsgeraden ab. Für die Gleichung der Dekade vom 1.–10. Dezember kann das Alternativmodell durch das Nullmodell mit der Steigung $b = 0$ ersetzt werden. Die Gleichung wird somit reduziert auf den Ausdruck $y = a$. Hier braucht sich die mittlere Schneehöhe mit zunehmender Meereshöhe nicht signifikant zu verändern. Der Sicherungsgrenzwert des Korrelationskoeffizienten r beträgt für 24 Wertepaare bei 95 % Wahrscheinlichkeit 0.39 (bei 99 %: 0.495). Der Vergleich mit Kol. 4 zeigt, dass alle r, ausser demjenigen für die erste Dezemberdekade, über diesem Wert liegen. Das bedeutet, dass, ausser in der ersten Dezemberdekade, alle Korrelationen signifikant sind.

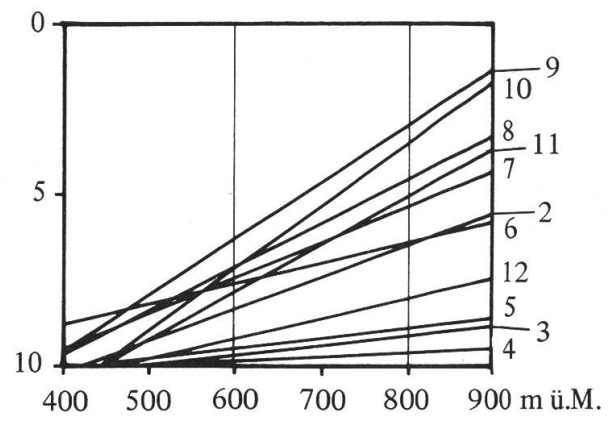
In Figur 3.3 sind die in Kol. 3 (Tab. 3.7) enthaltenen Gleichungen graphisch dargestellt. So lässt sich auch hier der Gang der Schätzwerte der mittleren Schneehöhen während der vier untersuchten Wintermonate ablesen. Die unterschiedlichen Steigungen der Regressionsgeraden und die daraus in bestimmten Meereshöhen resultierenden Schneehöhen gestatten wie beim Jura eine Dreiteilung:

Tabelle 3.7: Statistische Angaben zu der Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Mittelland

1	2	3		4	5	6	7		8	9	
	n	a	b	r	$\bar{x}$ in m	$\bar{y}$ in cm	l	b - l ≤ b ≤ b + l	cm/100 m %	auf - m in cm	auf 890 m in cm / %
1. - 10. Dez	24	0.51	0.0030	0.3120	-	-	-	- ≤ b ≤ -	- 100	-	- 100
11. - 20. Dez	24	-3.75	0.0092	0.8135	576	1.6	0.00136	0.0078 ≤ b ≤ 0.0011	0.78 - 0.92 - 1.05 87 100 117	-	4.0 - 4.4 - 4.9 91 100 111
21. - 31. Dez	24	-0.94	0.0020	0.6095	576	0.2	0.00068	0.0013 ≤ b ≤ 0.0027	0.13 - 0.20 - 0.26 65 100 130	-	0.6 - 0.8 - 1.1 71 100 131
1. - 10. Jan	24	-0.66	0.0014	0.6467	576	0.2	0.00057	0.0008 ≤ b ≤ 0.0020	0.08 - 0.14 - 0.19 57 100 136	-	0.4 - 0.6 - 0.8 63 100 136
11. - 20. Jan	24	-1.34	0.0030	0.8272	576	0.4	0.00081	0.0022 ≤ b ≤ 0.0038	0.21 - 0.30 - 0.38 70 100 127	-	1.1 - 1.3 - 1.6 83 100 120
21. - 31. Jan	24	-1.23	0.0061	0.6165	576	2.3	0.00078	0.0053 ≤ b ≤ 0.0069	0.53 - 0.61 - 0.68 88 100 113	-	4.0 - 4.2 - 4.4 95 100 105
1. - 10. Feb	24	-3.69	0.0104	0.7380	576	2.3	0.00135	0.0090 ≤ b ≤ 0.0118	0.90 - 1.04 - 1.17 90 100 117	-	5.2 - 5.6 - 6.0 93 100 107
11. - 20. Feb	24	-4.71	0.0128	0.6725	576	2.7	0.00152	0.0113 ≤ b ≤ 0.0143	1.12 - 1.28 - 1.43 86 100 110	-	6.2 - 6.7 - 7.2 93 100 107
21. - 28. Feb	24	-6.21	0.0165	0.7281	576	3.3	0.00175	0.0148 ≤ b ≤ 0.0183	1.47 - 1.65 - 1.82 86 100 107	-	7.9 - 8.5 - 9.0 93 100 107
1. - 10. Mrz	24	-7.72	0.0178	0.7248	576	2.5	0.00195	0.0159 ≤ b ≤ 0.0198	1.58 - 1.78 - 1.97 88 100 109	-	7.5 - 8.1 - 8.7 93 100 107
11. - 20. Mrz	24	-6.03	0.0138	0.6400	576	1.9	0.00172	0.0121 ≤ b ≤ 0.0155	1.20 - 1.38 - 1.55 86 100 111	-	5.7 - 6.3 - 6.8 91 100 109
21. - 31. Mrz	24	-2.73	0.0059	0.6813	576	0.7	0.00116	0.0047 ≤ b ≤ 0.0071	0.47 - 0.59 - 0.70 78 100 117	-	2.2 - 2.2 - 2.9 86 100 114

1 : Dekade
2 : Anzahl Wertepaare (Meereshöhe – mittlere Schneehöhe)
3 : Regressionsgleichung $y = a + bx$
4 : Korrelationskoeffizient
5 : $\bar{x}$ in Metern
6 : $\bar{y}$ in Zentimetern
7 : 95 %-Konfidenzintervall des Regressionskoeffizienten
8 : Gradientbereich bei Berücksichtigung des 95 %-Konfidenzintervalles (in cm/100 m oder in %)
9 : Bereich der Schätzwerte der mittleren Schneehöhen bei Berücksichtigung des Konfidenzintervalles für die höchst- und tiefstgelegene Station der Region (in cm oder in %)

Figur 3.3: Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Mittelland. Die Regressionsgeraden



2	11.–20. Dezember
3	21.–31. Dezember
4	1.–10. Januar
5	11.–20. Januar
6	21.–31. Januar
7	1.–10. Februar
8	11.–20. Februar
9	21.–28. Februar
10	1.–10. März
11	11.–20. März
12	21.–31. März

(Die Dekade vom 1.–10. Dezember fällt weg)

1. Die Dekaden mit der geringsten Zunahme der mittleren Schneehöhe treten vom 21. Dezember bis zum 20. Januar und vom 21. bis 31. März auf. Die Gradienten betragen zwischen 0,14 und 0,6 cm/100 m. Die Schätzwerte der mittleren Schneehöhen in 800 m ü.M. liegen zwischen 0,5 und 2 cm.
2. Dekaden mit etwas grösserer Zunahme der Schneehöhe bei zunehmender Meereshöhe. Es sind die Dekaden vom 11. bis 20. Dezember, vom 21. Januar bis zum 20. Februar und vom 11.–20. März. Die Gradienten liegen zwischen 0,6 und 1,4 cm/100 m und die Schätzwerte der mittleren Schneehöhen in 800 m zwischen 3,5 und 5,5 cm.
3. Es bleiben die Dekaden mit der grössten Schneehöhenzunahme: 21. Februar bis 10. März mit Gradienten von 1,7–1,8 cm/100 m und Schätzwerten der mittleren Schneehöhen in 800 m von 6,5–7 cm.

Von allen betrachteten Regionen steht im Mittelland die grösste Anzahl Beobachtungsstationen zur Verfügung (n). Deshalb sind nur geringe Schwankungen der Steigung der Regressionsgeraden zu erwarten. Die 95 %-Konfidenzintervalle des Regressionskoeffizienten b finden sich in Kol. 7 (Tab. 3.7). In Kol. 8 derselben Tabelle ist die dazugehörige Spanne des Gradienten angegeben. Die Gradienten (Steigungen), die das 95 %-Konfidenzintervall begrenzen, weichen für das Mittelland ca. ± 20 % (extrem −50 %/+30 %) vom mittleren Gradienten der Ausgangsgleichung ab. Diese Prozentwerte wirken irritierend, ist doch die Abweichung in absoluten Werten nie grösser als ca. ± 0,2 cm. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass diese Angaben für das Mittelland nur informativen Charakter haben können und nicht für praktische Zwecke verwendet werden sollten. Bei den geringen gemessenen Schneehöhen, bei der Unzuverlässigkeit des Eintreffens von Schneedecken und bei diesen geringen Gradienten sind viel eher durch zufällige Ereignisse bedingte Resultate zu erwarten als in anderen Regionen.

Die maximale und die minimale Steigung bringt, verglichen mit den mittleren Gradienten, nur geringe relative Schwankungen der Schätzwerte der mittleren Schneehöhen für die höchstgelegene Station in 890 m (Tab. 3.7, Kol. 9). Die Spanne überschreitet absolut nicht 1,3 cm. Die Schwankung um den mit der Regressionsgeraden angezeigten Mittelwert beträgt ca. ± 10 % (im Extremfall ± 30 %). Aufgrund dieser verhältnismässig geringen Schwankung können die Schätzwerte der Regressionsgeraden als recht zuverlässig angesehen werden.

Kommentar zum Ablauf des Winters (vgl. Karte):
Das Januarloch lässt sich in diesen geringen Höhenlagen bei der allgemeinen Schneearmut nicht gut feststellen, wohl aber die Zunahme der mittleren Schneehöhen im Februar und im März.

3.7.4. Das Saanenland

Stationen:

In dieser Region sind die Schneehöhen an sechs verschiedenen Stationen während der vier Beobachtungswinter zuverlässig gemessen worden (vgl. Tab. 3.5). Die tiefstgelegene liegt auf 984 m, die höchstgelegene auf 1360 m ü.M.

Schneehöhen (gem. Karte):

Die Station Saanen (1110 m) fällt in Bezug auf die Schneehöhen etwas aus dem Rahmen der anderen Beobachtungsflächen heraus. Im Vergleich mit den etwa gleich hoch gelegenen Stationen der Region zeichnet sie sich durch durchwegs geringere Schneehöhen aus. Das ist dadurch zu erklären, dass die Messfläche in einem allgemein südexponierten Hang liegt. Deshalb ist diese Station denn auch für die Berechnung der Korrelation/Regression nicht berücksichtigt worden. Sie gibt uns einen Hinweis darauf, wie sehr die Exposition sich auf die Schneehöhen auswirken kann. In Ermangelung genügend ähnlich gelegener Stationen in unserem Messnetz wurde kein Vergleich zwischen verschieden gelegenen Beobachtungsflächen vorgenommen. Dies sei einer weitergehenden Untersuchung zur Aufgabe gestellt.

Wenn wir uns jetzt den Schneehöhen der vier Stationen zuwenden, die höher als 1000 m ü.M. gelegen sind, so stellen wir fest, dass die mittleren Schneehöhen ausser in der letzten Märzdekade nie unter 16 cm sinken, und dass oberhalb 1190 m immer mittlere Schneehöhen pro Dekade von über 25 cm erreicht werden.

Schneesicherheit (15) gem. Figur 3.1:

Unterhalb 1000 m ü.M. wird grosse Schneesicherheit (15) nicht erreicht. Hingegen können wir oberhalb 1000 m ü.M. (mit Ausnahme der genannten Station Saanen 1110 m) vom 21. Januar bis Ende Februar, über 1190 m bis zum 20. März mit grosser Schneesicherheit (15) rechnen.

Schneesicherheit (30) gem. Karte:

Grosse Schneesicherheit (30), das verrät der Blick auf die Karte klar, wird in Höhenlagen ab ca. 1190 m erreicht und zwar von Anfang Februar bis zum 20. März (bei der tiefer gelegenen Station Gsteig sogar bis zum Ende des März: Schattenlage, Inversionen?).

Oberhalb 1200 m kann, entsprechend der Anlage unserer Messflächen, auf flachem, ebenem Gelände an 9–10 Tagen pro Dekade im Februar und im März mit Schneehöhen von mindestens 30 cm gerechnet werden.

Abhängigkeit der Schneehöhe von der Meereshöhe:

Ausser der schon erwähnten Station Saanen (1110 m) sind alle in Tabelle 3.5 aufgeführten Stationen zur Berechnung der Regression/Korrelation verwendet worden.

Bei den berechneten Regressionsgleichungen (Tab. 3.8, Kol. 3) kann das Alternativmodell $y = a + bx$ nirgends durch das Nullmodell $y = a$ ersetzt werden. Die Steigung b ist überall signifikant von Null verschieden. Der Sicherungsgrenzwert des Korrelationskoeffizienten r bei 95 % Wahrscheinlichkeit beträgt für 5 Wertepaare 0.873 (bei 99 %: 0.959). Die Kol. 4 (Tab. 3.8) bestätigt, dass alle berechneten r über diesem Wert liegen, dass also die Korrelationen signifikant sind.

In Figur 3.4 sind die Geraden für jede Dekade aufgezeichnet. Auf den ersten Blick fällt auf, dass die Geraden der beiden letzten Märzdekaden sich durch ihre Steigung von den anderen Dekaden unterscheiden. Das lässt sich dadurch erklären, dass im Frühjahr die tieferen Lagen bereits stark ausapern, währenddessen in den höheren Lagen noch kräftiger Schneezuwachs zu verzeichnen ist. Das ergibt einen grossen Gradienten. Dieser Frühjahrseffekt zeigt sich auch darin, dass im März der Sicherungsgrenzwert des Korrelationskoeffizienten r bei 99 % Wahrscheinlichkeit (0.959) nicht erreicht wird, während er in den übrigen drei Monaten fast immer erreicht wird.

Der Ablauf der vier Monate zeigt folgendes Bild:

1. Die Dekaden mit der geringsten Zunahme der Mittleren Schneehöhe bei zunehmender Meereshöhe: 1. Dezember bis 20. Januar. Die Gradienten bewegen sich zwischen 7 und 10,2 cm/100 m, und die Schätzwerte der mittleren Schneehöhen in 1200 m zwischen 31 und 40 cm.
2. Nicht sehr deutlich davon abgesetzt folgen die Dekaden vom 21. Januar bis zum 10. Februar und vom 21.–31. März. Die Gradienten liegen zwischen 10,2 und 15 cm/100 m und die Schätzwerte der mittleren Schneehöhen in 1200 m zwischen 40 und 50 cm.
3. Sehr deutlich unterscheiden sich die vier Dekaden vom 11. Februar bis zum 20. März mit Gradienten von 14 bis 17 cm auf 100 m und mit Schätzwerten der mittleren Schneehöhen in 1200 m von 56 bis 65 cm.

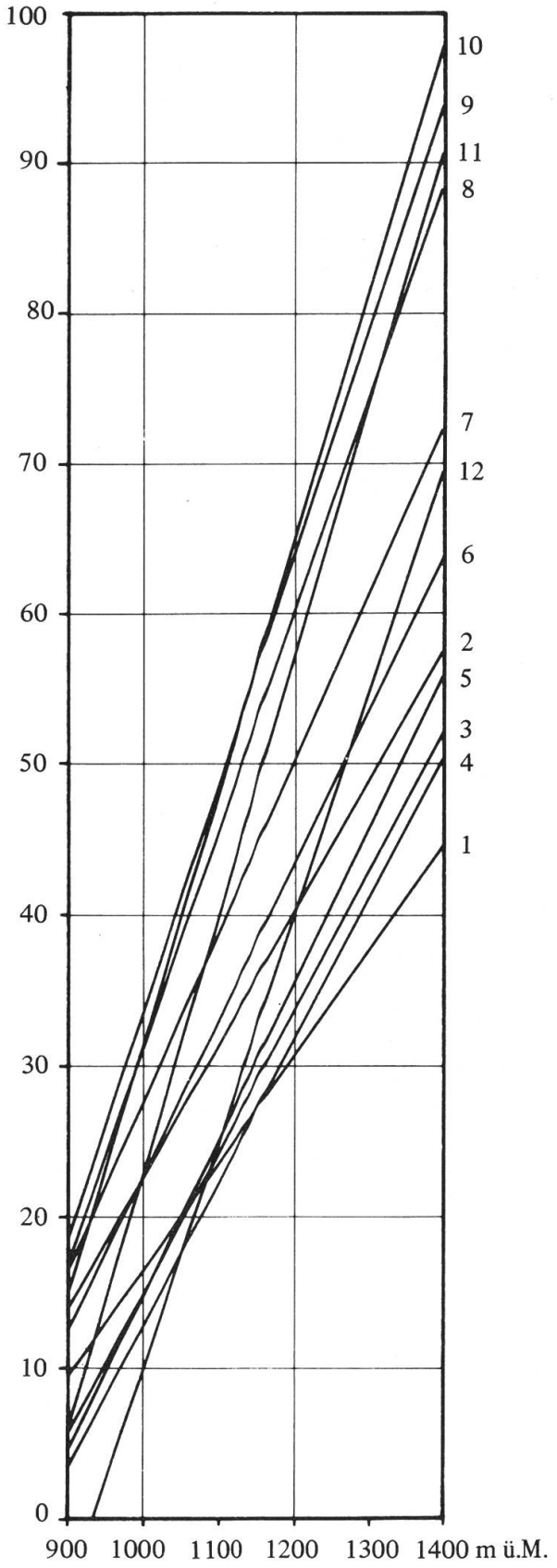
Gerade in dieser Region mit kleinem n ist es wichtig, ein Mass dafür zu erhalten, wie stark die Steigung der Regressionsgeraden schwanken kann. Die 95 %-Konfidenzintervalle des Regressionskoeffizienten b sind der Tabelle 3.8 (Kol. 7) zu entnehmen. Die Bereiche der Gradienten in jeder Dekade sind in Kol. 8 unter Berücksichtigung des 95 %-Konfidenzintervalles angegeben. Sie weichen vom Gradienten der Aus-

Tabelle 3.8: Statistische Angaben zu der Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Saanenland

1	2	3		4	5	6	7		8	9	
	n	a	b	r	$\bar{x}$ in m	$\bar{y}$ in cm	l	b - l ≤ b ≤ b + l	cm/100 m %	auf 984 m in cm	auf 1360 m in cm / %
1. - 10. Dez	5	-53.37	0.0697	0.9693	1118	24.5	0.04242	0.02728 ≤ b ≤ 0.11212	2.7 - 7 - 11.2 39 100 160	9.5 - 20.8	31.1 - 41.4 - 51.7 75 100 125
11. - 20. Dez	5	-65.30	0.0879	0.9653	1118	33	0.04693	0.04097 ≤ b ≤ 0.13483	4.1 - 8.8 - 13.5 47 100 153	14.9 - 27.5	42.9 - 54.2 - 65.6 79 100 121
21. - 31. Dez	5	-77.36	0.0923	0.9628	1118	25.8	0.05101	0.04129 ≤ b ≤ 0.14331	4.1 - 9.2 - 14.3 45 100 155	6.6 - 20.3	35.8 - 48.2 - 60.5 74 100 126
1. - 10. Jan	5	-81.44	0.0942	0.9651	1118	23.9	0.05234	0.04186 ≤ b ≤ 0.14654	4.2 - 9.4 - 14.6 45 100 155	4.3 - 18.3	34 - 46.7 - 59.4 73 100 127
11. - 20. Jan	5	-87.69	0.1025	0.9597	1118	26.9	0.05431	0.04819 ≤ b ≤ 0.15681	4.8 - 10.2 - 15.7 47 100 154	5.9 - 20.4	38.6 - 51.7 - 64.9 75 100 126
21. - 31. Jan	5	-79.35	0.1022	0.9501	1118	34.9	0.05167	0.05053 ≤ b ≤ 0.15387	5.1 - 10.2 - 15.4 50 100 151	14.3 - 28.1	47.1 - 59.6 - 72.1 79 100 121
1. - 10. Feb	5	-84.56	0.1120	0.9533	1118	40.6	0.05334	0.05866 ≤ b ≤ 0.16534	5.9 - 11.2 - 16.5 53 100 147	18.5 - 32.8	54.8 - 67.8 - 80.7 81 100 119
11. - 20. Feb	5	-110.27	0.1414	0.9756	1118	47.8	0.06091	0.08049 ≤ b ≤ 0.20231	8 - 14.1 - 20.2 57 100 143	20.7 - 37	67.3 - 82 - 96.8 82 100 118
21. - 28. Feb	5	-117.20	0.1505	0.9596	1118	51	0.06279	0.08771 ≤ b ≤ 0.21329	8.8 - 15 - 21.3 59 100 142	22.5 - 39.3	72.3 - 87.5 - 102.7 83 100 117
1. - 10. Mrz	5	-135.29	0.1661	0.9479	1118	50.5	0.06746	0.09874 ≤ b ≤ 0.23366	9 - 16.6 - 23.4 60 100 141	19.2 - 37.3	74.4 - 90.7 - 107.1 82 100 118
11. - 20. Mrz	5	-148.79	0.1709	0.9422	1118	42.2	0.07075	0.10015 ≤ b ≤ 0.24165	10 - 17.1 - 24.2 58 100 142	9.9 - 28.9	66.5 - 83.6 - 100.8 80 100 121
21. - 31. Mrz	5	-140.43	0.1504	0.9112	1118	27.7	0.06873	0.08167 ≤ b ≤ 0.21913	8.2 - 15 - 21.9 55 100 146	0 - 16.8	47.5 - 64.1 - 80.8 74 100 126

1 : Dekade
2 : Anzahl Wertepaare (Meereshöhe – mittlere Schneehöhe)
3 : Regressionsgleichung $y = a + bx$
4 : Korrelationskoeffizient
5 : $\bar{x}$ in Metern
6 : $\bar{y}$ in Zentimetern
7 : 95 %-Konfidenzintervall des Regressionskoeffizienten
8 : Gradientbereich bei Berücksichtigung des 95 %-Konfidenzintervalles (in cm/100 m oder in %)
9 : Bereich der Schätzwerte der mittleren Schneehöhen bei Berücksichtigung des Konfidenzintervalles für die höchst- und tiefstgelegene Station der Region (in cm oder in %)

Figur 3.4: Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Saanenland. Die Regressionsgeraden



1 1.–10. Dezember
2 11.–20. Dezember
3 21.–31. Dezember
4 1.–10. Januar
5 11.–20. Januar
6 21.–31. Januar
7 1.–10. Februar
8 11.–20. Februar
9 21.–28. Februar
10 1.–10. März
11 11.–20. März
12 21.–31. März

gangsgleichung um ± 40 bis ± 60 % ab! das ergibt für diese Region eine grosse Schwankung des Regressionskoeffizienten b. Die Interpretation der Regressionsgeraden muss unter Beachtung dieser Randbedingungen geschehen, umso mehr als der Gradient in absoluten Werten doch einige cm ausmacht (nicht nur 0–3 cm wie im Mittelland), und die Abweichung vom mittleren Gradienten bis ± 7 cm betragen kann.

Die Auswirkung dieser Schwankung um den mittleren Gradienten kann bei den Schätzwerten der mittleren Schneehöhen für die höchst- und tiefstgelegene Station festgestellt werden. Diese Schätzwerte werden aus den Gleichungen mit minimaler und maximaler Steigung errechnet (Tab. 3.8, Kol. 9). Die Grenzwerte für die 4jährigen Dekadenmittel liegen beträchtlich weit auseinander. So beträgt in 1360 m die Spannweite der Schwankung der mittleren Schneehöhe bei Berücksichtigung des 95 %-Konfidenzintervalles von b ca. 20–34 cm. Relativ bedeutet das ± 20 bis ± 25 %! Diese grosse Schwankungsbreite bedeutet eine insgesamt geringe Zuverlässigkeit der Schätzwerte der Regressionsgeraden.

Nur mit den notwendigen Vorbehalten sind deshalb die Schätzwerte der Höhenlagen einiger mittlerer Schneehöhen, die aus den Regressionsrechnungen abgeleitet sind, zu interpretieren.

Kommentar zum Ablauf des Winters (vgl. Karte):
Sehr ausgeprägt erscheint das bekannte Januarloch und die ebenfalls zunehmenden mittleren Schneehöhen von Ende Januar bis Ende Februar in Höhen von 1000 bis 1100 m ü.M. In grösseren Höhen ist eine Verlagerung der grössten mittleren Schneehöhen in den März zu erkennen.

3.7.5. Das Frutigtal

Stationen:

In dieser Region sind wie im Saanenland die Schneehöhen an sechs verschiedenen Stellen gemessen worden. Der Höhenbereich von der tiefstgelegenen zur höchstgelegenen Station umfasst ca. 600 m (720–1355 m ü.M.), doch sind diese Beobachtungsflächen nicht regelmässig über die Vertikale verteilt. Von 800 bis 1200 m besteht eine Lücke (vgl. Tab. 3.5).

Bei der einen der zwei Stationen in Reichenbach fehlen Daten für die Berechnung der Mittelwerte der beiden letzten Märzdekaden. Deshalb ist diese Station für die Berechnung der Regressionen weggelassen worden.

Schneehöhen (gem. Karte):

Beim Betrachten der Stationen im Frutigtal in ihrer Darstellung auf der Karte springt der grosse Unterschied der Schneemächtigkeiten zwischen der Station Achseten in 1200 m und den Stationen in Adelboden ins Auge. Vergleicht man Achseten mit Gsteig (1195 m) im Saanenland, so kann man feststellen, dass es die geringeren Schneehöhen erreicht. Ob Achseten eine für das Frutigtal atypische Station ist, oder ob sie annähernd die wirklichen Verhältnisse wiedergibt, vermögen wir hier kaum zu entscheiden, da gleich hoch gelegene Vergleichsstationen im Frutigtal fehlen. Einen

Hinweis, dass unsere Ergebnisse nicht so ganz falsch sein können, erhält man daraus, dass auch die tiefer im Tal gelegenen Stationen im Vergleich zu ähnlich hoch gelegenen Jura- und Alpenstationen zu geringe Schneehöhen erreichen. Weiter deuten die auf eigenen Messfahrten erhaltenen Werte in die selbe Richtung. So sind am Talausgang im Norden bei Reichenbach öfters grössere Schneehöhen gemessen worden als in Frutigen.

Für die Schneehöhen der Stationen, die höher als 1000 m liegen, ergibt sich das folgende Bild (erste Station über 1000 m ist Achseten mit 1200 m ü.M.): Mittlere Schneehöhen für den ganzen Februar bis zum 20. März mehr als 16 cm. Bei den Stationen über 1350 m sieht es sofort viel besser aus: Für die ganzen vier Monate immer mehr als 15 cm mittlere Schneehöhe. Wenn wieder nur die Periode Februar bis 20. März betrachtet wird, liegen die mittleren Schneehöhen dort über 31 cm.

Schneesicherheit (15) gem. Figur 3.1:

Bis auf die Höhe von 1200 m ü.M. wird weder grosse noch mittlere Schneesicherheit (15) erreicht. Über grosse Schneesicherheit (15) verfügen von Anfang Februar bis zum 20. März die beiden Stationen Adelboden (1350 m). (Die Station Adelboden MZA verfügt über grosse Schneesicherheit (15) von Anfang Dezember bis zum 20. März). An dieser Stelle sei auf die unterschiedlichen Schneehöhen (und die dementsprechend unterschiedlichen Schneesicherheitswerte) hingewiesen, die bei den beiden Adelbodner Stationen gemessen werden. Diese beiden Stationen aus verschiedenen Messnetzen zeigen, wie sehr sich die Schneedecke kleinräumig verändern kann. Auch hier bedürfte es wieder mindestens einer dritten Messfläche um abzuklären, welche der beiden Stationen die für das Gebiet insgesamt die repräsentativeren Werte liefert. Diese Situation zeigt aber auch, mit welcher Problematik Aussagen behaftet sein können, wenn Aussagen über ein ganzes Gebiet aus einer Einzelstation verallgemeinernd abgeleitet werden.

Schneesicherheit (30) gem. Karte:

Grosse Schneesicherheit (30), das lehrt uns ein Blick auf die Stationstabellen, finden wir nur bei der "besseren" der beiden Adelbodner Stationen und zwar vom 21. Januar bis zum 20. März. Die "schlechtere" der beiden Stationen Adelboden (64 Adelboden, 1350 m) konnte aus Platzgründen auf der Karte nicht dargestellt werden.

Abhängigkeit der Schneehöhe von der Meereshöhe:

Für diese Region sind mit Ausnahme der unvollständig beobachteten Station 35 (Reichenbach 720 m) alle in Tabelle 3.5 aufgeführten Stationen zur dekadenweisen Berechnung der Korrelation/Regression verwendet worden.

Die geringe Anzahl Stationen erfordert hohe Korrelationskoeffizienten, um den Sicherungsgrenzwert bei 95 % Wahrscheinlichkeit zu übertreffen (0.873). Die berechneten Regressionsgleichungen (Tab. 3.9, Kol. 3) bringen die folgenden Ergebnisse: Von den errechneten Korrelationskoeffizienten r (Kol. 4) genügt nur ein einziger (11.–20. Dezember) den oben genannten Anforderungen. Alle andern sind zu klein.

Tabelle 3.9: Statistische Angaben zu der Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Frutigtal

1	2	3		4
	n	a	b	r
1. - 1o. Dez	5	-24.6o	o.o365	o.8586
11. - 2o. Dez	5	-33.57	o.o5o3	o.8749
21. - 31. Dez	5	-25.44	o.o357	o.6865
1. - 1o. Jan	5	-25.83	o.o358	o.66o9
11. - 2o. Jan	5	-31.36	o.o438	o.7282
21. - 31. Jan	5	-36.17	o.o543	o.7896
1. - 1o. Feb	5	-36.69	o.o575	o.773o
11. - 2o. Feb	5	-49.62	o.o718	o.8116
21. - 28. Feb	5	-54.64	o.o817	o.8554
1. - 1o. Mrz	5	-54.o	o.o793	o.8378
11. - 2o. Mrz	5	-51.28	o.o743	o.83o2
21. - 31. Mrz	5	-4o.o5	o.o531	o.7995

1 : Dekade
2 : Anzahl Wertepaare (Meereshöhe – mittlere Schneehöhe)
3 : Regressionsgleichung $y = a + bx$
4 : Korrelationskoeffizient

Daran lässt sich erkennen, dass die mittlere Schneehöhe pro Dekade und ihre Beziehung zur Meereshöhe im Frutigtal nicht mittels einer einfach linearen Beziehung dargestellt werden kann. Hypothetisch sei auf einige mögliche Ursachen dieses andersartigen Verhaltens hingewiesen:

- die relative Niederschlagsarmut der Lagen bis ca. 1000 oder 1200 m ü.M. (bedingt durch die Barriere der Niesenkette im Nordwesten und durch das Fehlen einer in diese Richtung orientierten Talöffnung, die ein Eindringen von niederschlagsbringenden Nordwest- und Westlagen begünstigen würde?)
- ein allgemein milderes Klima für dieselben Höhenlagen. Föhneinflüsse, die ein rasches Abschmelzen der an sich schon geringmächtigen Schneedecke begünstigen. Die starke Besonnung der Hangzone an der Niesenkette (vgl. auch Kap. 2.3: Karte der Buche Blattverfärbung)

Die Abhängigkeiten der mittleren Schneehöhe sollten für das Frutigtal in einer speziellen Untersuchung noch genauer abgeklärt werden.

3.7.6. Die Lütschinentäler

Stationen:

In dieser Region sieht die Situation, was die Anzahl der Stationen angeht, bedeutend besser aus. Die Schneehöhen sind auf insgesamt 11 verschiedenen Probeflächen gemessen worden. Die Tabelle 3.5 gibt diese Stationen, die sämtliche auch zur Regressionsrechnung verwendet werden konnten, namentlich wieder.

Schneehöhen (gem. Karte):

Die mittleren Schneehöhen bei unseren Stationen über 1000 m Meereshöhe sinken während der vier Monate nicht unter 15 cm und oberhalb 1280 m nicht unter 19 cm. In der Periode Februar bis 20. März sinken die entsprechenden Werte nicht unter 30 cm bzw. 33 cm mittlere Schneehöhe.

Zu den Schneehöhen muss noch gesagt werden, dass die Station Gimmelwald laut einer Beurteilung durch ZINGG (mdl. Mittg.) für ihre Höhenlage eher etwas zu geringe Schneehöhen erhält.

Schneesicherheit (15) gem. Figur 3.5:

Ab 1040 m ü.M. (Grindelwald-Dorf) können wir vom 21. Januar bis Ende Februar mit grosser Schneesicherheit (15) rechnen, wobei sich diese Zeitspanne mit zunehmender Höhenlage gegen Januar und gegen März ausdehnt (wiederum mit Ausnahme der Station Gimmelwald).

Schneesicherheit (30) gem. Karte:

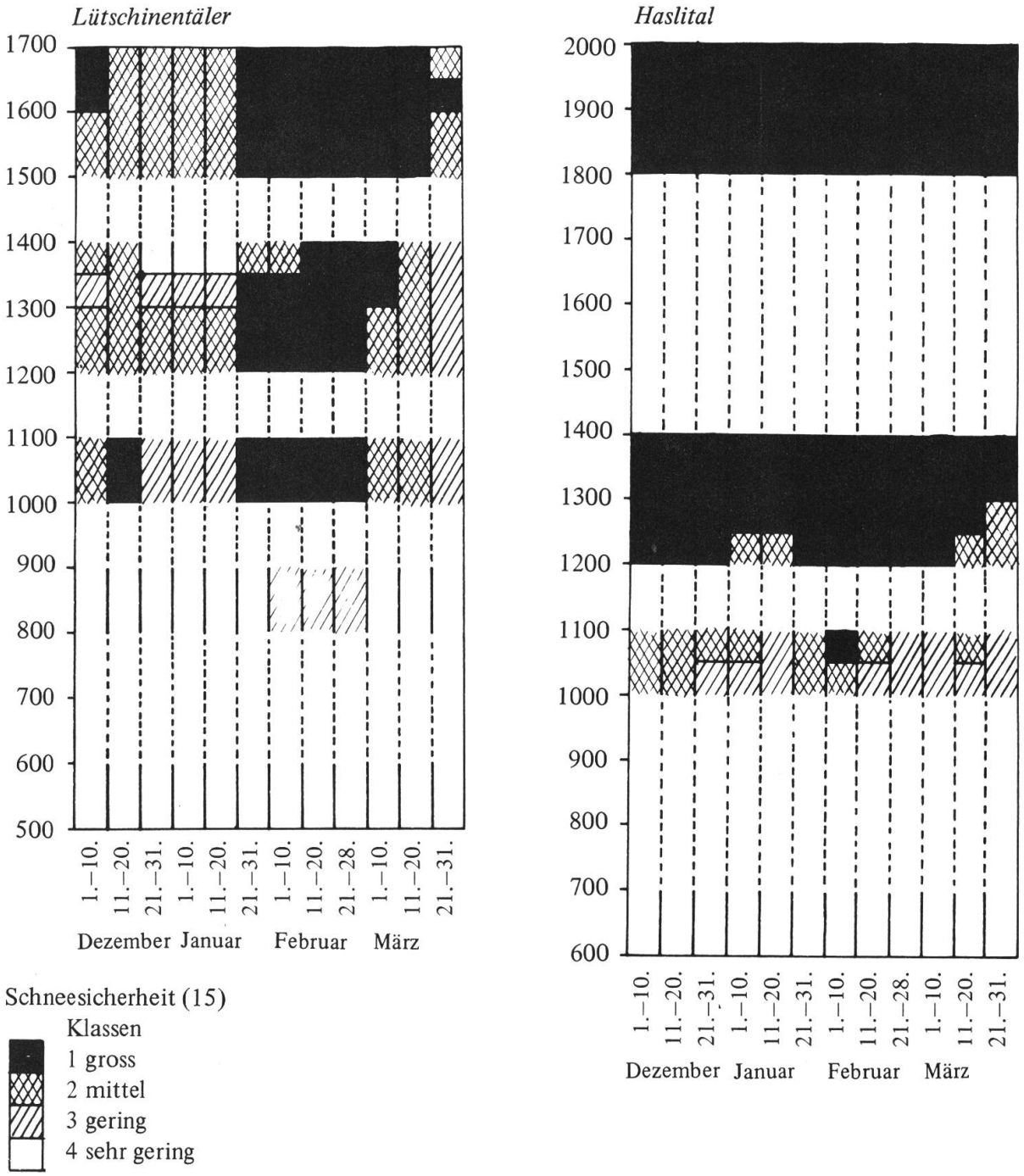
Um grosse Schneesicherheit (30) vorzufinden, müssen wir bis auf 1310 m (Wengen) steigen, wo dies in der mittleren Februardekade der Fall ist. (Bei der Station Wengen 1280 m reicht es in derselben Dekade nur für mittlere Schneesicherheit (30).) Für alle andern Dekaden in dieser Höhenlage gilt: Geringe bis sehr geringe Schneesicherheit (30). Ab Meereshöhen von ca. 1600 m ist grosse Schneesicherheit (30) mindestens während den Dekaden vom 1. Februar bis zum 10. März zu erwarten.

Abhängigkeit der Schneehöhe von der Meereshöhe:

Das Alternativmodell der Regressionsgleichungen (Tab. 3.10, Kol. 3) kann nirgends durch das Nullmodell ersetzt werden. Für 11 Wertepaare beträgt der Sicherungsgrenzwert des Korrelationskoeffizienten r bei 95 % Wahrscheinlichkeit 0.602 (bei 99 %: 0.735). Sämtliche r liegen weit über diesem Wert und sogar über demjenigen von 99 % Wahrscheinlichkeit. Die Korrelationen sind also signifikant.

Die Figur 3.6 bringt für jede Dekade die Regressionsgeraden. Zur Charakterisierung des Winterablaufs können die Geraden in 4 Gruppen eingeteilt werden.

Figur 3.5: Klassen der Schneesicherheit (15) in Höhenstufen von 100 zu 100 m



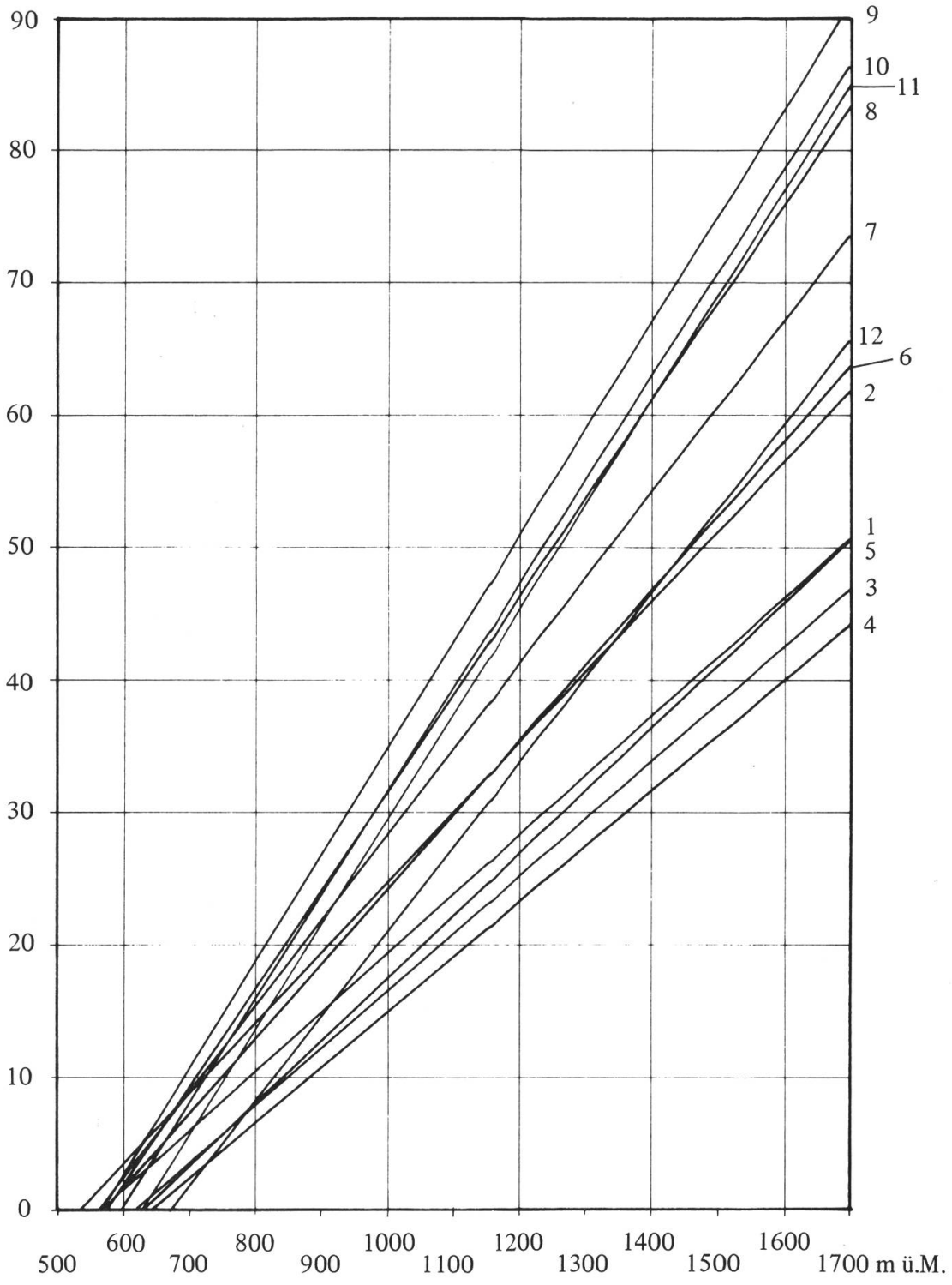
1. Die Dekaden mit der geringsten Zunahme der mittleren Schneehöhe auf 100 m sind diejenigen vom 1.–10. Dezember und vom 21. Dezember bis zum 20. Januar mit Gradienten von 4,2–4,7 cm/100 m und Schätzwerten der mittleren Schneehöhen in 1200 m von 23–28 cm.
2. Dekaden mit Gradienten von 5,3–6,4 cm/100 m. Die Schätzwerte der mittleren Schneehöhen in 1200 m liegen zwischen 34 und 36 cm. Das ist in den folgenden Dekaden der Fall: 11.–20. Dezember, 21.–31. Januar und 21.–31. März.

Tabelle 3.10: Statistische Angaben zu der Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Lütschinentäler

1	2	3		4	5	6	7		8	9	
	n	a	b	r	$\bar{x}$ in m	$\bar{y}$ in cm	l	b - l ≤ b ≤ b + l	cm/100 m %	auf 568 m in cm	auf 1670 m in cm /%
1. - 10. Dez	11	-25.35	0.0448	0.9434	1126	25.1	0.00276	0.04204 ≤ b ≤ 0.04756	4.2 - 4.5 - 4.8 93 100 107	0 - 1.6	48 - 49.5 - 51 97 100 103
11. - 20. Dez	11	-28.34	0.0530	0.9509	1126	31.4	0.00291	0.05009 ≤ b ≤ 0.05591	5 - 5.3 - 5.6 94 100 106	0.2 - 3.4	58.6 - 60.2 - 61.8 97 100 103
21. - 31. Dez	11	-27.28	0.0438	0.9450	1126	22.1	0.00286	0.04094 ≤ b ≤ 0.04666	4.1 - 4.4 - 4.7 93 100 107	0	44.3 - 45.9 - 47.4 97 100 103
1. - 10. Jan	11	-26.84	0.0419	0.9442	1126	20.4	0.00283	0.03907 ≤ b ≤ 0.04473	3.9 - 4.2 - 4.5 93 100 107	0	41.6 - 43.1 - 44.6 97 100 103
11. - 20. Jan	11	-29.73	0.0474	0.9441	1126	23.7	0.00298	0.04442 ≤ b ≤ 0.05038	4.4 - 4.7 - 5 94 100 106	0	47.8 - 49.4 - 51 97 100 103
21. - 31. Jan	11	-32.24	0.0565	0.9385	1126	31.4	0.00311	0.05339 ≤ b ≤ 0.05961	5.3 - 5.7 - 6 93 100 105	0 - 1.6	60.4 - 62.1 - 63.8 97 100 103
1. - 10. Feb	11	-36.33	0.0647	0.9421	1126	36.6	0.00330	0.06140 ≤ b ≤ 0.06800	6.1 - 6.5 - 6.8 94 100 105	0 - 2.3	69.9 - 71.7 - 73.5 97 100 103
11. - 20. Feb	11	-42.94	0.0745	0.9453	1126	41	0.00359	0.07091 ≤ b ≤ 0.07809	7.1 - 7.5 - 7.8 95 100 104	0 - 1.4	79.5 - 81.5 - 83.4 98 100 102
21. - 28. Feb	11	-45.23	0.0802	0.9614	1126	45.1	0.00368	0.07652 ≤ b ≤ 0.08388	7.7 - 8 - 8.4 96 100 105	0 - 2.4	86.7 - 88.7 - 90.7 98 100 102
1. - 10. Mrz	11	-47.2	0.0788	0.9571	1126	41.6	0.00376	0.07504 ≤ b ≤ 0.08256	7.5 - 7.9 - 8.3 95 100 105	0	82.4 - 84.4 - 86.4 98 100 102
11. - 20. Mrz	11	-50.17	0.0798	0.9496	1126	39.7	0.00388	0.07592 ≤ b ≤ 0.08368	7.6 - 8 - 8.4 95 100 105	0	81 - 83.1 - 85.5 97 100 103
21. - 31. Mrz	11	-43.06	0.0640	0.9269	1126	29	0.00359	0.06041 ≤ b ≤ 0.06759	6 - 6.4 - 6.8 94 100 106	0	61.9 - 63.8 - 65.8 97 100 103

1 : Dekade
2 : Anzahl Wertepaare (Meereshöhe – mittlere Schneehöhe)
3 : Regressionsgleichung $y = a + bx$
4 : Korrelationskoeffizient
5 : $\bar{x}$ in Metern
6 : $\bar{y}$ in Zentimetern
7 : 95 %-Konfidenzintervall des Regressionskoeffizienten
8 : Gradientbereich bei Berücksichtigung des 95 %-Konfidenzintervalles (in cm/100 m oder in %)
9 : Bereich der Schätzwerte der mittleren Schneehöhen bei Berücksichtigung des Konfidenzintervalles für die höchst- und tiefstgelegene Station der Region (in cm oder in %)

Figur 3.6: Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Lütschinentäler. Die Regressionsgeraden



1	1.–10. Dezember	5	11.–20. Januar	9	21.–28. Februar
2	11.–20. Dezember	6	21.–31. Januar	10	1.–10. März
3	21.–31. Dezember	7	1.–10. Februar	11	11.–20. März
4	1.–10. Januar	8	11.–20. Februar	12	21.–31. März

3. Als einzelne Dekade diejenige vom 1.–10. Februar mit einem Gradienten von 6,5 cm/100 m und einem Schätzwert der mittleren Schneehöhe in 1200 m von ca. 41 cm.
4. Schliesslich folgen als schneereichste Perioden die Dekaden vom 11. Februar bis zum 20. März mit Gradienten von 7,5 bis 8 cm/100 m und Schätzwerten der mittleren Schneehöhen von 46 bis 51 cm in 1200 m ü.M.

In Kol. 7, Tabelle 3.10 sind die 95 %-Konfidenzintervalle des Regressionskoeffizienten b aufgeführt. In Kol. 8 ist der Bereich des dekadenweisen Gradienten bei Berücksichtigung des 95 %-Konfidentintervalles angegeben. Wie wir sehen, sind die Abweichungen vom Gradienten der Ausgangsgleichung minim. Relativ werden ± 7 % nie überschritten. Die Schwankung des Regressionskoeffizienten bleibt in engen Grenzen. In absoluten Zahlen macht das im Maximum ± 0,4 cm aus.

Das geringe Ausmass der Schwankung ist auch bei den Schätzwerten der mittleren Schneehöhen für die Meereshöhen der höchstgelegenen und der tiefstgelegenen Station festzustellen (Kol. 9). In 1670 m beträgt der Bereich der mittleren Schneehöhe bei Berücksichtigung des 95 %-Konfidenzintervalles ca. 3–4 cm, was relativ ± 3 % ausmacht. Diese geringe Schwankungsbreite lässt die grosse Zuverlässigkeit der Schätzwerte der Regressionsgeraden erkennen. Die aus den Regressionsrechnungen abgeleiteten Höhenlagen bestimmter mittlerer Schneehöhen können deshalb als zuverlässig angesehen werden (vgl. Karte).

Kommentar zum Ablauf des Winters (vgl. Karte):
Das Januarloch tritt sehr deutlich in Erscheinung (stärker als im Saanenland), doch der Gradient ist bedeutend kleiner als im Saanenland. Er unterliegt aber weniger grossen Schwankungen (innerhalb der Dekade), wenn das 95 %-Konfidenzintervall in die Betrachtung mit einbezogen wird.

3.7.7. Das Haslital/Gadmental/Trübseegebiet

Stationen:

In dieser Region bestehen vollständige Messungen aus 11 verschiedenen Stationen (vgl. Tab. 3.5). Bei der Regressionsrechnung sind die Beobachtungsflächen Guttannen (1055 m) und Gadmen (1200 m, Nr. 60) weggelassen worden, weil sie praktisch die selben Werte enthalten wie die beiden anderen Stationen am selben Ort. So erhält diese Höhenstufe nicht ein zu grosses Gewicht. Leider ist auch in dieser Region nicht jede Höhenstufe des gesamten abgedeckten Höhenbereiches vertreten. Von 700 bis 1000 m und von 1300 bis 1800 m fehlen die Angaben vollständig.

Schneehöhen (gem. Karte):

Nach einer mdl. Mittg. von ZINGG (1977) sollen die beiden Stationen Hasliberg und Trübsee in ihren Schneehöhenangaben für die entsprechende Höhenlage etwas zu optimistisch sein. Bei den Stationen, die höher als 1000 m ü.M. liegen, sinken die mittleren Schneehöhen pro Dekade während der 4 Monate nicht unter 23 cm und ab 1200 m nicht unter 54 cm (!) bzw. in der Periode Februar bis 20. März nicht unter 27, respektive 86 cm.

Schneesicherheit (15) gem. Figur 3.5:

Grosse Schneesicherheit (15) kann ab 1050 m (Guttannen) in der ersten Februardekade erwartet werden. Ab 1200 m kann praktisch während der ganzen 4 Monate, ausser in der letzten Märzdekade und vielleicht in den beiden ersten Januardekaden mit grosser Schneesicherheit (15) gerechnet werden.

Schneesicherheit (30) gem. Karte:

Grosse Schneesicherheit (30) erwartet uns ab 1200 m sicher im Februar, evtl. schon in der letzten Januar- und in der ersten Märzdekade. Ab 1300 m kann praktisch die ganzen 4 Monate mit grosser Schneesicherheit (30) gerechnet werden.

Abhängigkeit der Schneehöhe von der Meereshöhe:

Wie schon bei den Lütschinentälern, kann auch hier für keine der 12 Regressionsgleichungen (Tab. 3.11, Kol. 3) das Nullmodell gesetzt werden. Für 9 Wertepaare liegt der Sicherungsgrenzwert des Korrelationskoeffizienten r bei 95 % Wahrscheinlichkeit bei 0.666 (99 %: 0.798). Alle r (Kol. 4) liegen sowohl über dem Wert von 95 % als auch gut über dem Wert von 99 %. Die Korrelationen sind signifikant.

Die Figur 3.7 enthält die entsprechenden Regressionsgeraden für jede Dekade. Die sehr grosse Steigung b (Regressionskoeffizient), die durch die hochgelegenen obersten Stationen mitbeeinflusst ist, springt sofort ins Auge. Eine grobe Einteilung des Winterablaufes sieht folgendermassen aus:

1. Kleinste Gradienten auf 100 m Höhenzunahme: 1. Dezember bis 20. Januar mit 9,4–11 cm und Schätzwerten der mittleren Schneehöhen in 1200 m von 56–70 cm.
2. Dekaden mit Übergangscharakter von der ersten in die dritte Gruppe: 21. Januar bis 10. Februar mit Gradienten von 12,4–13,6 cm auf 100 m und Schätzwerten der mittleren Schneehöhen in 1200 m von 74 bis 80 cm.
3. Die Dekaden vom 11. Februar bis zum 31. März: Gradienten zwischen 14,5 und 16,8 cm/100 m und Schätzwerte der mittleren Schneehöhen in 1200 m zwischen 86 und 98 cm.

Die 95 %-Konfidenzintervalle des Regressionskoeffizienten b (Kol. 7) und der Bereich der Gradienten (Kol. 8) bei Berücksichtigung dieses Konfidenzintervalles ergeben sehr gute Resultate. Die Abweichungen vom jeweiligen Gradienten der Ausgangsgleichung sind noch geringer als in den Lütschinentälern. Sie erreichen maximal ± 5 % (in absoluten Werten ± 0,6 cm).

In Kol. 9 ist das Ausmass der Schwankungen bei den Schätzwerten der mittleren Schneehöhen für die Meereshöhe der höchst- und tiefstgelegenen Station festgehalten. In 1970 m beträgt der Bereich der mittleren Schneehöhe bei Berücksichtigung des 95 %-Konfidenzintervalles ca. 7–9 cm (± 3 %). Auch hier erweisen sich die Schätzwerte der Regressionsgeraden als sehr zuverlässig.

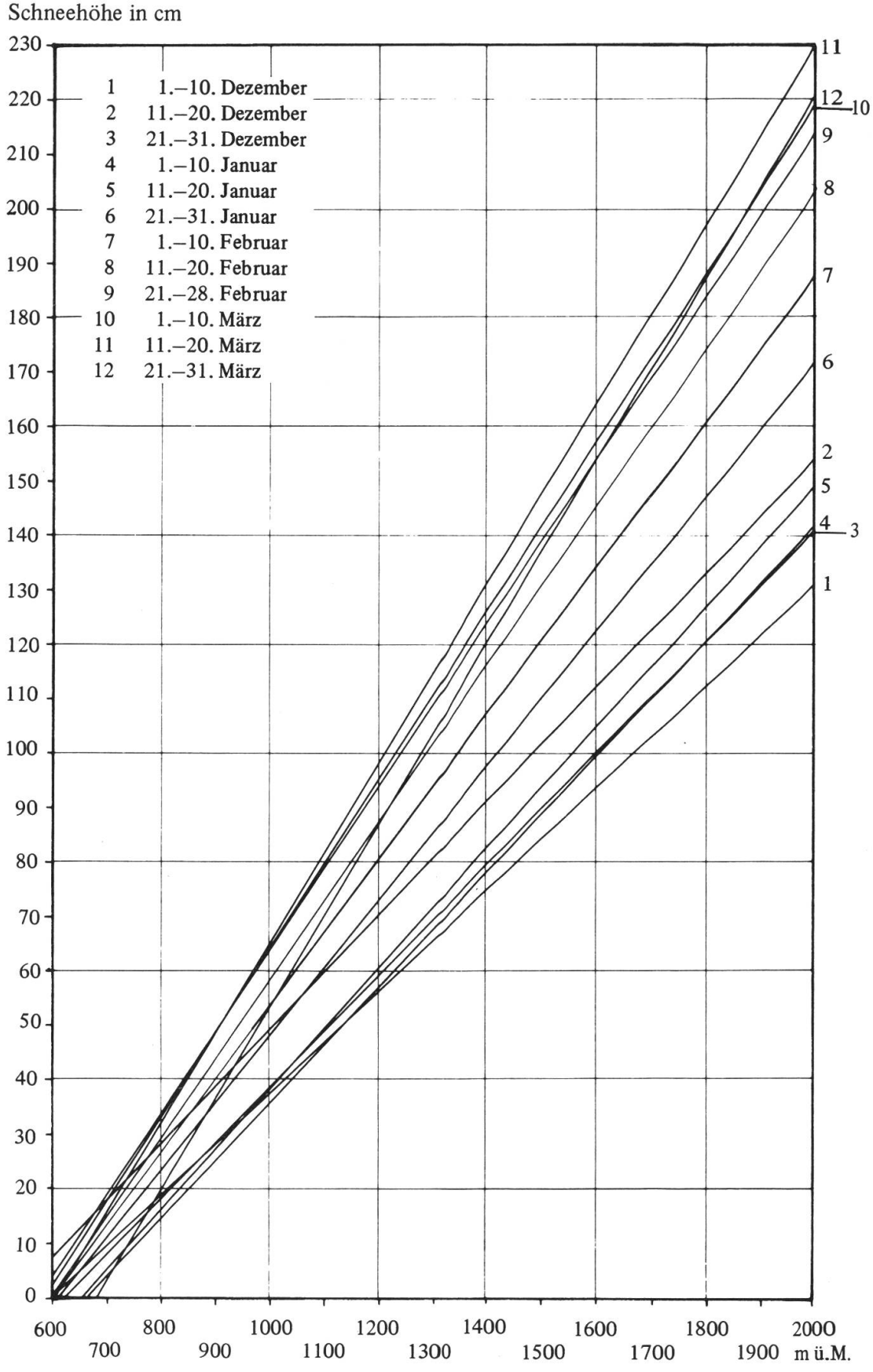
In den Diagrammen auf der Karte können die aus den Regressionen berechneten Höhenlagen einiger mittlerer Schneehöhen abgelesen werden.

Tabelle 3.11: Statistische Angaben zu der Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Haslital

1	2	3		4	5	6	7		8	9	
	n	a	b	r	$\bar{x}$ in m	$\bar{y}$ in cm	l	b - l ≤ b ≤ b + l	cm/100 m %	auf 620 m in cm	auf 1970 m in cm / %
1. - 10. Dez	9	-56.44	0.0941	0.9724	1231	59.4	0.00443	0.08967 ≤ b ≤ 0.09853	9 - 9.4 - 9.9 96 100 105	0 - 4.6	125.7 - 129 - 132.2 97 100 102
11. - 20. Dez	9	-55.47	0.1050	0.9745	1231	73.8	0.00440	0.10060 ≤ b ≤ 0.10940	10.1 - 10.5 - 10.9 96 100 104	6.9 - 12.3	148.1 - 151.4 - 154.6 98 100 102
21. - 31. Dez	9	-64.05	0.1029	0.9690	1231	62.7	0.00472	0.09918 ≤ b ≤ 0.10762	9.8 - 10.3 - 10.8 95 100 105	0 - 2.6	135.2 - 138.7 - 142.4 97 100 103
1. - 10. Jan	9	-69.45	0.1057	0.9504	1231	60.7	0.00492	0.10078 ≤ b ≤ 0.11062	10.1 - 10.6 - 11.1 95 100 105	0	135.2 - 138.8 - 142.4 97 100 103
11. - 20. Jan	9	-72.40	0.1108	0.9541	1231	64	0.00502	0.10578 ≤ b ≤ 0.11582	10.6 - 11.1 - 11.6 96 100 105	0	142.2 - 145.9 - 149.6 97 100 103
21. - 31. Jan	9	-75.64	0.1240	0.9649	1231	77	0.00513	0.11887 ≤ b ≤ 0.12913	11.9 - 12.4 - 12.9 96 100 104	0 - 4.4	164.8 - 168.6 - 172.4 98 100 102
1. - 10. Feb	9	-82.02	0.1355	0.9693	1231	84.8	0.00535	0.13015 ≤ b ≤ 0.14085	13 - 13.6 - 14.1 96 100 104	0 - 5.3	181 - 184.9 - 188.9 97 100 102
11. - 20. Feb	9	-86.82	0.1453	0.9738	1231	92.1	0.00550	0.13980 ≤ b ≤ 0.15080	14 - 14.5 - 15.1 97 100 104	0 - 6.6	195.4 - 199.4 - 203.5 98 100 102
21. - 28. Feb	9	-86.10	0.1504	0.9792	1231	99.1	0.00548	0.14492 ≤ b ≤ 0.15588	14.5 - 15 - 15.6 97 100 104	3.8 - 10.5	206.1 - 210.3 - 214.2 98 100 102
1. - 10. Mrz	9	-92.67	0.1566	0.9743	1231	100.2	0.00568	0.15092 ≤ b ≤ 0.16228	15.1 - 15.7 - 16.2 96 100 103	1 - 7.9	211.6 - 215.8 - 220 98 100 102
11. - 20. Mrz	9	-102.16	0.1671	0.9685	1231	103.6	0.00597	0.16113 ≤ b ≤ 0.17307	16.1 - 16.7 - 17.3 96 100 104	0 - 5.1	222.6 - 227 - 231.4 98 100 102
21. - 31. Mrz	9	-114.69	0.1680	0.9598	1231	92.2	0.00632	0.16168 ≤ b ≤ 0.17432	16.2 - 16.8 - 17.4 96 100 104	0	211.6 - 216.3 - 220.9 98 100 102

1 : Dekade
2 : Anzahl Wertepaare (Meereshöhe – mittlere Schneehöhe)
3 : Regressionsgleichung $y = a + bx$
4 : Korrelationskoeffizient
5 : $\bar{x}$ in Metern
6 : $\bar{y}$ in Zentimetern
7 : 95 %-Konfidenzintervall des Regressionskoeffizienten
8 : Gradientbereich bei Berücksichtigung des 95 %-Konfidenzintervalles (in cm/100 m oder in %)
9 : Bereich der Schätzwerte der mittleren Schneehöhen bei Berücksichtigung des Konfidenzintervalles für die höchst- und tiefstgelegene Station der Region (in cm oder in %)

Figur 3.7: Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Haslital. Die Regressionsgeraden



Kommentar zum Ablauf des Winters (vgl. Karte):
Ein Überblick über den Ablauf der vier Monate zeigt uns folgendes: Das wohlbekannte Januarloch erscheint auch hier, und mit zunehmender Höhenlage verlagert sich die grösste mittlere Schneehöhe von der letzten Februardekade in die erste Märzdekade.

3.7.8. Die ausserhalb der behandelten Regionen gelegenen Stationen

Im gesamten Netz sind noch einige Stationen vorhanden, die sich nicht in eine der 6 Regionen einordnen lassen. Zur Bildung von eigenen Regionen und zur Berechnung von Gradienten innerhalb derselben sind sie wiederum zu wenig zahlreich, sodass sie als Einzelstationen oder als Stationspaare bearbeitet werden müssen. Es handelt sich hierbei um die folgenden Stationen (Tab. 3.12):

Tabelle 3.12: Stationen, die ausserhalb der mittels Regressionsrechnung erfassten Regionen liegen:

Sörenberg	1160 m
Beatenberg	1170 m
Beatenberg	1180 m
Latterbach	660 m
Stockhorn	1650 m

Sörenberg:

Schneehöhen:

Es sind während der 4 Monate immer minimal 10 cm mittlere Schneehöhe errechnet worden, wobei dieser Wert sich im Februar bis erste Dekade März auf 23 cm stellt.

Schneesicherheit (15) und (30):

Wie bei der Station Chaumont im Jura, die auf ungefähr derselben Höhe gelegen ist, kann nie grosse oder auch nur mittlere Schneesicherheit (15) oder (30) gemeldet werden. Als allgemein schneeunsicherste Zeit kann auch hier die Periode, die mit der letzten Dekade Dezember beginnt und Ende Januar endet, bezeichnet werden.

Beatenberg:

Schneehöhen:

Die beiden Messflächen zeigen, was die Schneehöhen angeht, z. T. recht krasse Unterschiede, deren Ursachen ebenfalls noch einer genaueren Untersuchung bedürften. Auch wenn wir nur die schneereichere der beiden Beobachtungsflächen in unsere Betrachtung mit einbeziehen, sind die zu erwartenden mittleren Schneehöhen nicht sehr gross: Für die Dauer der vier Monate minimal 4 cm, im Februar bis erste Dekade März minimal 18 cm. Gegenüber der Station Sörenberg, die ähnlich hoch

gelegen ist, sind die Schneehöhen nochmals geringer. Das dürfte mindestens teilweise auf die allgemein südexponierte Lage der Terrasse von Beatenberg zurückzuführen sein.

Schneesicherheit (15) und (30):

Hier gelten die selben Bemerkungen, wie sie schon für Sörenberg gemacht worden sind. Leider sind in den Gebieten Sörenberg und Beatenberg nicht mehr Stationen (vor allem in grösserer Meereshöhe) vorhanden. Deshalb ist es nicht möglich, festzustellen, ob sich die relativ geringen Schneehöhen und die geringe Schneesicherheit mit zunehmender Höhenlage entscheidend verbessern und ab welcher Höhenlage mit grosser Schneesicherheit gerechnet werden kann.

Simmental:

Um das Simmental als Region wie die andern behandeln zu können, reichen die vorhandenen Beobachtungsstationen nicht aus. Dabei ist zu erwähnen, dass für das Berner Netz mehrere Beobachter im Simmental tätig sind, die Beobachtungsreihen aber entweder noch zu wenig lang oder unvollständig sind.

Obwohl auch die Messungen am Stockhorn nicht vollständig sind, zeigt es sich doch, dass ab bestimmter Höhenlage (1650 m) im Simmental anscheinend mit grossen Schneehöhen und beträchtlicher Schneesicherheit gerechnet werden kann.

Schneehöhen (nur Stockhorn):

Im Mittel nicht unter 90 cm, dabei im Februar und im März (soweit beobachtet) mehr als 1 m.

Schneesicherheit (15) und (30):

Für die beobachteten Dekaden immer grosse Schneesicherheit (15) und immer grosse oder mindestens mittlere Schneesicherheit (30).

3.8. Überblick über den ganzen Kanton

Wenn wir einen Überblick über den ganzen Kanton geben wollen, so müssen wir zu Beginn festhalten, in welchen Regionen relativ wenig oder keine Beobachtungen vorgenommen worden sind:

- Jura
- Simmental/Diemtigtal
- Kandertal/Kiental
- Beatenberg/Niederhorn
- Schallenberg/Eriz/Hohgant/Schrattenfluhgebiet
- Waldemmental (ausserhalb Kanton)
- Gurnigel/Gantrisch

Wie wir aus dieser Aufstellung sehen, bestehen noch beträchtliche Lücken. Es wäre wünschenswert, dass beim heutigen grossen Ansturm auf die traditionellen

Wintersportgebiete vor allem in den Voralpengebieten mehr Information über die Schneeverhältnisse gewonnen werden könnten.

Bei der Interpretation der Resultate für den ganzen Kanton müssen wir uns deshalb bewusst sein, dass in der vorzunehmenden Generalisierung der Aussagen die oben erwähnten Regionen in dieser Untersuchung wenig oder nichts zum Gesamtbild haben beitragen können. Diese gesamtkantonale Zusammenfassung gibt für die Schneehöhen und die Schneesicherheit für jede Höhenstufe diejenigen Werte wieder, die dort von der Mehrzahl der Regionen erreicht worden sind.

Schneehöhen:

Zusammenfassend lässt sich über die Schneehöhen folgendes aussagen:

- unter 600 m ü.M. wird in keiner Dekade mehr als 2,5 cm mittlere Schneehöhe erreicht.
- zwischen 600 und 900 m variieren die mittleren Schneehöhen zwischen 0 und 15 cm.
- bei 900 evtl. 1000 m liegt eine gut erkennbare Grenze. Mittlere Schneehöhen unter 15 cm liegen meist darunter, solche von mehr als 15 cm meist darüber (15 cm Grenze)
- im Bereich von 1000 bis 1500 m sind stark veränderliche mittlere Schneehöhen mit Werten zwischen 15 und 45 cm, anzutreffen.
- über 1500 m betragen die mittleren Schneehöhen für jede Dekade 45 cm oder mehr (45 cm Grenze).

Schneesicherheit:

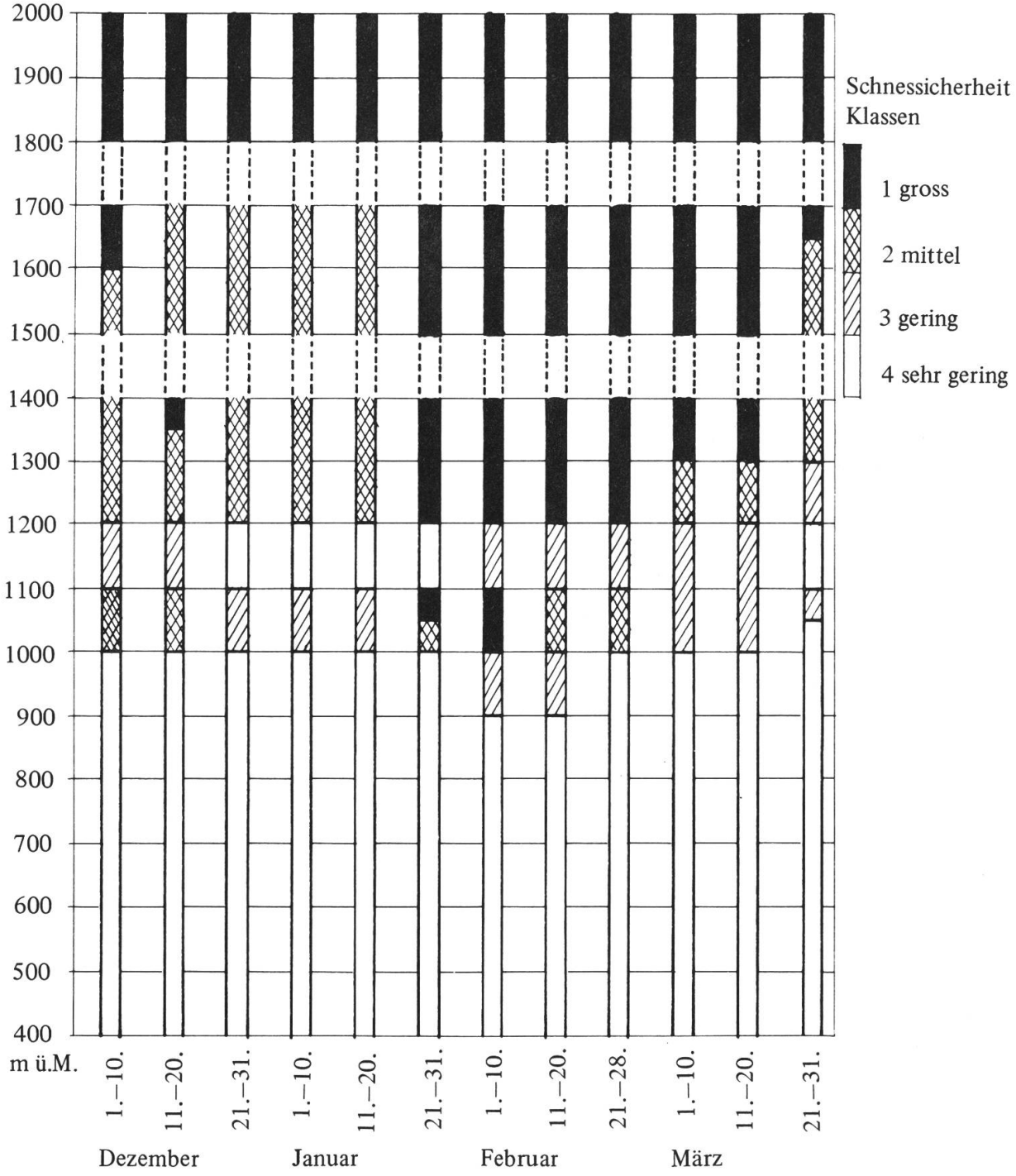
Ganz allgemein kann zu der Schneesicherheit gesagt werden, dass diejenigen Gebiete unter schlechteren Wintern weniger zu leiden haben, in denen ein Ausweichen nach schneesicheren Höhen möglich ist. Im Kanton Bern trifft dies auf die meisten der Alpenregionen zu, während im Mittelland und im Jura keine vertikale Ausweichmöglichkeit besteht.

Schneesicherheit (15):

Die Figur 3.8 gibt Aufschluss über die Verteilung der Schneesicherheitsklassen in Abhängigkeit der Meereshöhe:

- Oberhalb 1800 m liegt die Wahrscheinlichkeit, 15 cm Schneehöhe in einer Dekade zu erreichen oder zu übertreffen, zwischen 90 und 100 %.
- Zwischen 1500 und 1700 m lassen sich 3 Kategorien erkennen:
  - Dekaden mit der Schneesicherheitsklasse 1, nämlich die zusammenhängende Periode vom 21. Januar bis zum 20. März.
  - zwei Dekaden 1.–10. Dezember, 21.–31. (März) zeigen mit zunehmender Höhenlage einen Wechsel von Klasse 2 zu Klasse 1.
  - vom 11. Dezember bis zum 20. Januar herrscht in dieser Meereshöhe die Schneesicherheitsklasse 2 vor.
- Zwischen 1200 und 1400 m:
  - die oberste Schneesicherheitsklasse ist noch in den Dekaden vom 21. Januar bis zum 28. Februar anzutreffen.

Figur 3.8: Schneesicherheit (15) in Klassen für Höhenstufen von 100 zu 100 m für das gesamte Beobachtungsgebiet.



- abwechselnd Klasse 1 und Klasse 2 enthalten die folgenden Dekaden: 11.–20. Dezember und 1.–20. März.
- nur die Klasse 2 ist vom 1.–10. Dezember und vom 21. Dezember bis zum 20. Januar vertreten.
- die in dieser Höhenstufe am wenigsten schneesichere Dekade ist diejenige vom 21.–31. März.

- Die Resultate zwischen 1000 und 1200 m sind mit Vorsicht zu interpretieren, dürfte doch das gerade der Bereich sein, wo sich die regionalen Unterschiede am stärksten bemerkbar machen.
- Unterhalb 900 m ist die Wahrscheinlichkeit, dass 15 cm Schneehöhe im Laufe einer Dekade erreicht oder überschritten werden, für alle 4 Monate kleiner als 50 %.

Auffallend ist, dass bei den tieferen Lagen der Klasse mit grosser Schneesicherheit die anderen Klassen sich nicht auch entsprechend nach unten verschieben. Die 1000 m Grenze wird mit zwei Ausnahmen von den drei oberen Schneesicherheitsklassen nicht unterschritten.

Schneesicherheit (30) Figur 3.9:

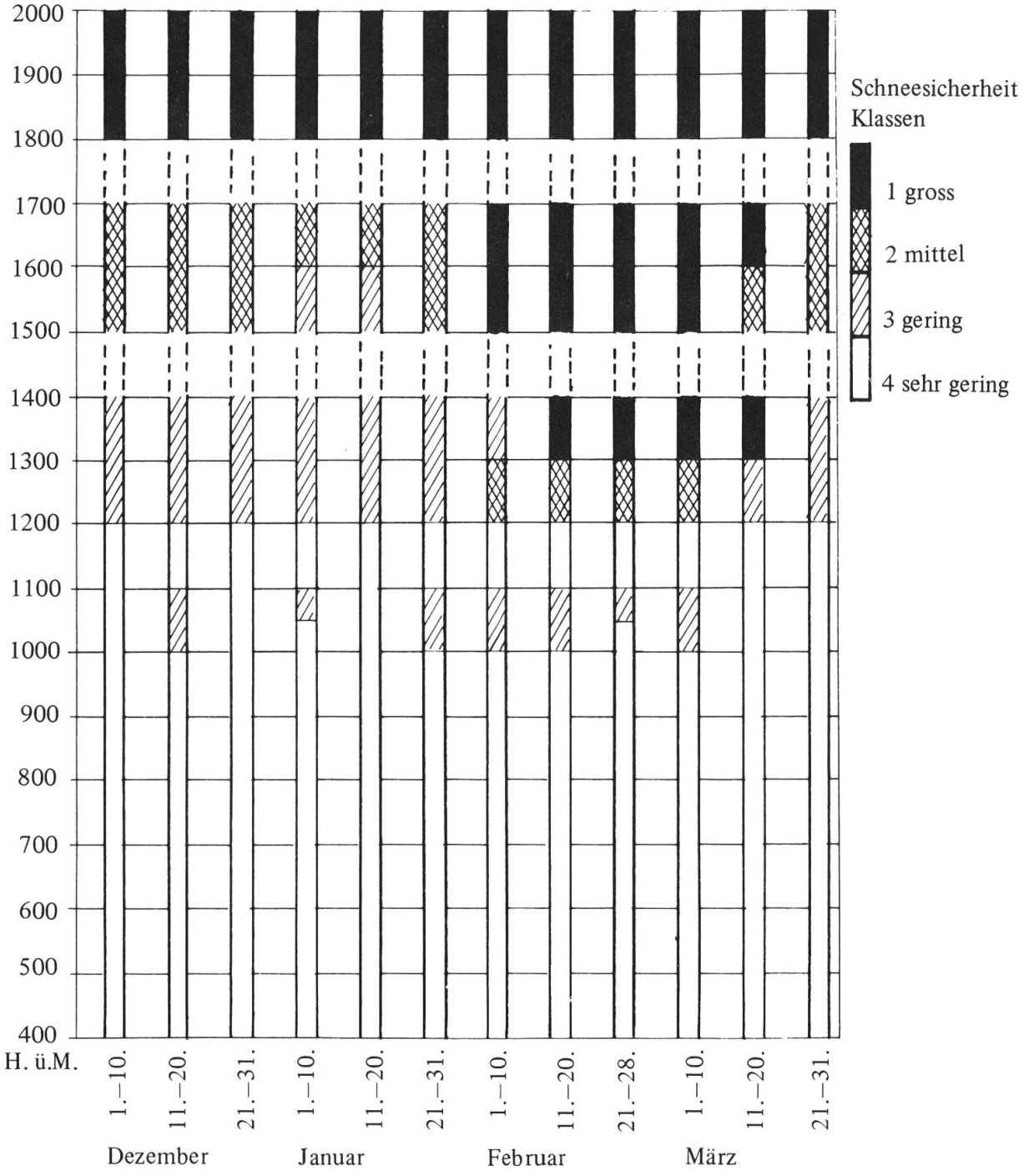
Die Grenzen praktisch aller Schneesicherheitsklassen sind im Vergleich zur Schneesicherheit (15) in grössere Höhen verschoben.

- Oberhalb von 1800 m sind an 90–100 % der Tage in jeder Dekade der vier Monate Schneehöhen von 30 cm oder mehr zu erwarten.
- Zwischen 1500 und 1700 m sind drei Kategorien zu unterscheiden:
  - Dekaden mit der Schneesicherheitsklasse 1: 1. Februar bis 20. März (der Rückgang zwischen 1500 und 1600 m kann durch die Auswahl der Stationen bestimmt sein).
  - Fünf Dekaden fallen in die Schneesicherheitsklasse 2: 1.–31. Dezember, 21.–31. Januar und 21.–31. März.
  - in zwei Dekaden findet ein Wechsel von mittlerer Schneesicherheit (2) zu geringer Schneesicherheit (3) statt: 1.–20. Januar.
- Zwischen 1200 und 1400 m:
  - grosse Schneesicherheit ist bis auf 1300 m hinunter in den Dekaden vom 11. Februar bis zum 20. März anzutreffen.
  - mittlere Schneesicherheit bis auf 1200 m hinunter ist in den selben Dekaden mit Ausnahme der letzten vertreten.
  - alle anderen Dekaden in diesem Höhebereich kommen nicht über Klasse 3 hinaus.
- Wieder ist die durch die Stationswahl bedingte Umkehr der Verhältnisse zwischen 1000 und 1200 m der Grund, weshalb die Ergebnisse dieser Höhenstufen vorsichtig interpretiert werden müssen. Es darf trotzdem festgestellt werden, dass kaum eine bessere Schneesicherheitsklasse als 4 oder 3 erwartet werden kann.
- Unter 1000 m liegt die Wahrscheinlichkeit, Schneehöhen von 30 cm oder mehr zu erhalten, durchwegs unter 50 %.

Die Abhängigkeit der Schneehöhe von der Meereshöhe:

Auf regionaler Basis ist es in fünf von sechs Fällen gelungen, die Abhängigkeit des Dekadenmittels der Schneehöhe von verschiedenen Klimafaktoren auf eine einfach lineare Beziehung zwischen mittlerer Schneehöhe und Meereshöhe zu reduzieren. Es

Figur 3.9: Schneesicherheit (30) in Klassen für Höhenstufen von 100 zu 100 m für das gesamte Beobachtungsgebiet.



erscheint statistisch nicht als sinnvoll, die Abhängigkeit der Schneehöhe von der Meereshöhe für den ganzen Kanton zu berechnen. Die bestehenden regionalen Unterschiede wären verwischt worden, ohne dass man Resultate mit grosser Aussagekraft erhalten hätte.

3.9. Vergleich der 4jährigen Messreihe mit einer 10jährigen Messreihe

Um den Wert der Ergebnisse aus den vier bearbeiteten Wintern besser abschätzen zu können, werden für drei ausgewählte Stationen dieselben Berechnungen noch für die Zeitspanne von zehn Wintern vorgenommen. Die lange Reihe umfasst die Jahre 1965/66 bis 1974/75. Die fraglichen vier Winter sind also darin ebenfalls enthalten.

An die Stationen sind die folgenden Anforderungen gestellt worden: Beibehalten des gleichen Standortes während der ganzen Zeit, zentrale Lage im Gebiet, möglichst repräsentative Höhenlage und Vermeidung von Spezialstandorten. Die Wahl ist schliesslich auf die folgenden Orte gefallen:

Jura	Mont Soleil	MZA	1180 m
Mittelland	Oeschberg-Koppigen	MZA	483 m
Alpen	Grindelwald-Dorf	SLF	1570 m

3.9.1. Die mittleren Schneehöhen

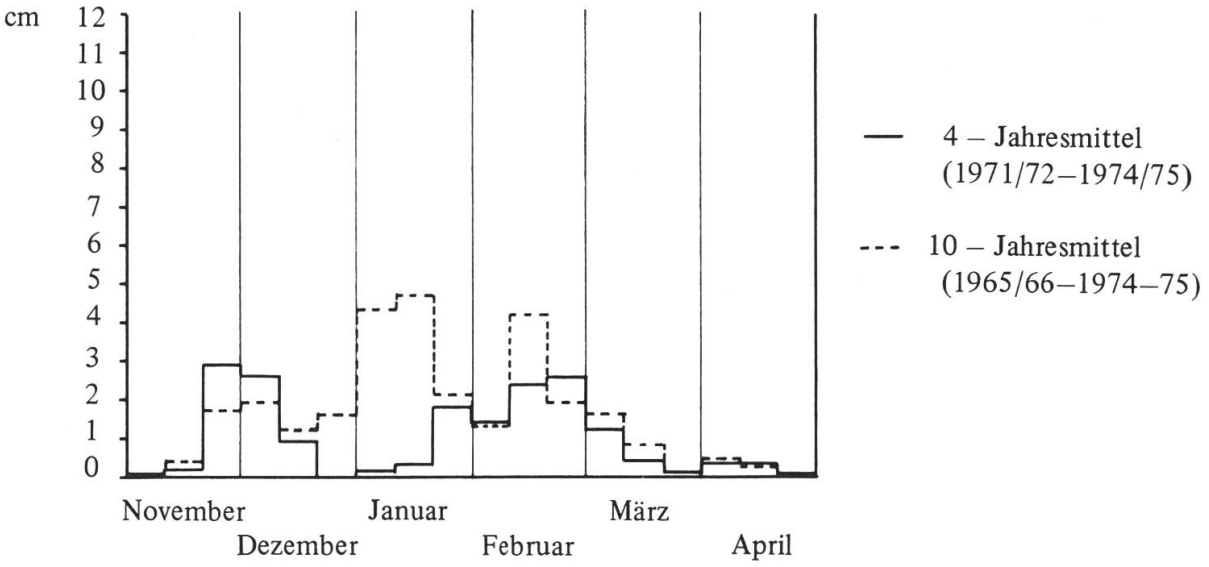
Öschberg-Koppigen (Fig. 3.10):

Zur besseren Beurteilung des Winterablaufs sind die Monate November und April zu den bisherigen vier Monaten dazugenommen worden.

Bei so geringen Schneehöhen, die doch sehr zufällig zustande kommen können, ist ein Vergleich etwas gesucht. Dennoch lassen sich Unterschiede zwischen den Reihen feststellen, die in ähnlicher Form auch bei den höhergelegenen Vergleichsstationen auftreten.

In der kurzen Reihe können, ohne Berücksichtigung derjenigen Dekaden, die in der 10-Jahresreihe 1 cm mittlere Schneehöhe nicht erreichen, von Ende November bis Anfang Dezember grössere, und vom 21. Dezember bis zum 20. Januar und nochmals vom 11.–20. Februar kleinere mittlere Schneehöhen als in der langen Reihe festgestellt werden.

Figur 3.10: Dekadenmittel der Schneehöhen von November bis April Oeschberg – Koppigen

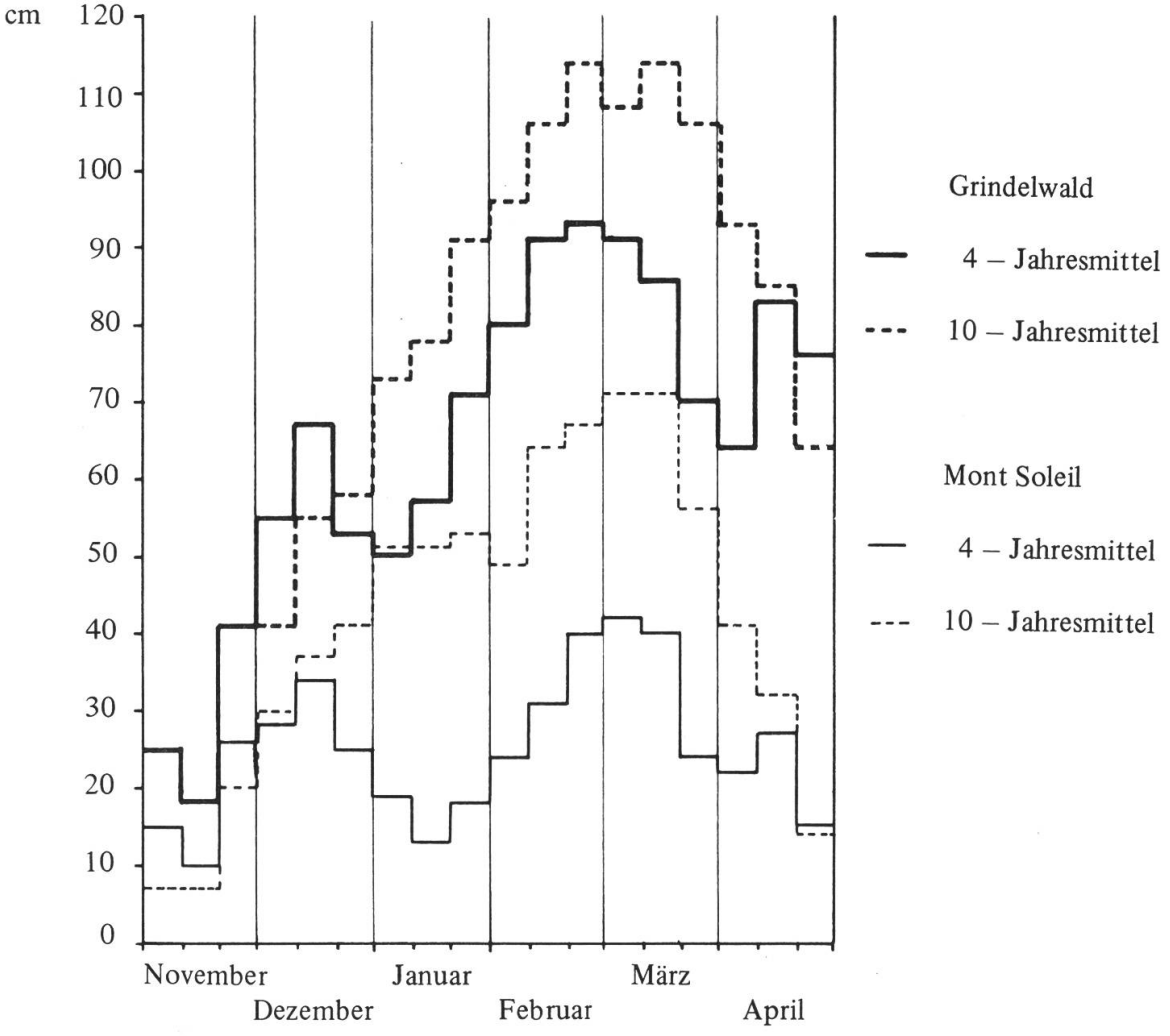


Wieder kommt das im Mittel der vier Winter bestehende Januarloch zum Vorschein. Diese schneearme Periode fällt auch deshalb auf, weil die unmittelbar vorher und nachher anschliessenden Dekaden die Werte der 10-Jahresreihe erreichen oder gar übertreffen.

Mont Soleil (Fig. 3.11):

In grösseren Höhenlagen mit regelmässigeren und vermehrten Schneefällen im Winter wird noch deutlicher, dass die vier fraglichen Winter ein Manko an Schneehöhe zeigen. Bei dieser Station kommen einzig der November und die letzte Aprildekade in der 4-Jahresreihe auf grössere Schneehöhen als in der 10-Jahresreihe. Sonst sind vom Dezember bis April namhafte Fehlbeträge zu verzeichnen. Ab 21. Dezember bis zum 10. April kann nur etwa mit der Hälfte der Schneehöhen der 10-jährigen Reihe gerechnet werden. Im ganzen Januar sind es sogar nur etwa ein Drittel oder ein Viertel. Diese Station befindet sich, im Gegensatz zu der noch zu behandelnden Station Grindelwald-Bort, offensichtlich in einer Höhenlage, in der schneearme Winter sich besonders stark auswirken. Das Bild der kernlosen Winter hat sich hier verdeutlicht.

Figur 3.11: Dekadenmittel der Schneehöhen von November bis April Mont Soleil und Grindelwald Bort



Grindelwald-Bort (Fig. 3.11):

Für diese Station präsentiert sich das Bild ähnlich, wenn auch etwas abgeschwächt. Sowohl die absoluten als auch die prozentualen Fehlbeträge zeigen ein günstigeres Bild als im Jura. Die Resultate bringen klar zum Ausdruck, dass in höheren Lagen die Verhältnisse auch in schlechteren Wintern stabiler werden. Für den Monat November fehlen die Angaben der 10-Jahresreihe. Im Dezember und vom 11.–30. April sind die mittleren Schneehöhen der kurzen Reihe leicht höher oder praktisch gleich hoch wie in der 10–jährigen Reihe. In der Zeit vom Januar bis zum 10. April machen die Werte der 4-Jahresreihe ca. zwei Drittel bis vier Fünftel der 10-Jahresreihe aus, wobei der Februar und die erste Märzdekade mehr als vier Fünftel erreichen.

Zusammenfassend kann folgendes bemerkt werden:

Die Mittellandstationen von der Höhenlage von Öschberg-Koppigen zeigen trotz der mehr oder weniger zufälligen Schneehöhen für die 4-Jahresreihe geringere mittlere Schneehöhen als für die 10-Jahresreihe. Ebenfalls geringere Höhe sind hauptsächlich für die eigentlichen Wintermonate bei den beiden anderen Stationen festzustellen. Die Mittel der vier Beobachtungswinter charakterisieren diese als unterdurchschnittlich, was die Schneehöhen angeht. Für die Jurahöhen um 1200 m bedeuten solch schlechte Winter eine starke Verminderung der Schneehöhen mit entsprechend ungünstigen Verhältnissen. Für die Alpengebiete mit ca. 1500 m Höhenlage bedeuten solche Winter zwar ebenfalls einen Rückgang der mittleren Schneehöhen, jedoch in weit geringerem Ausmass als für die weniger hoch gelegenen Juragebiete. In höhergelegenen Gebieten kann also auch in solch schneearmen Wintern mit einer gewissen Beständigkeit der Verhältnisse gerechnet werden.

3.9.2. Die Schneesicherheit (15/30)

Nach dem Vergleich der mittleren Schneehöhen in den verschieden langen Beobachtungsreihen ist es nun interessant zu sehen, wie weit sich die festgestellten Unterschiede auf die Schneesicherheit auswirken. Es werden wiederum Schneesicherheit (15) und Schneesicherheit (30) gesondert behandelt (Tab. 3.13/3.14). In diesen Tabellen ist nebst der Schneesicherheitsklasse die Anzahl der Tage in % angegeben, die in der betreffenden Dekade 15 bzw. 30 cm Schneehöhe erreichen oder übertreffen.

Schneesicherheit (15):

Die Tabelle 3.13 gibt die Schneesicherheit (15) der drei Stationen für die 4- und die 10–jährige Reihe wieder. Es ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei den mittleren Schneehöhen. Die grössten Unterschiede von Reihe zu Reihe sind bei der Jurastation festzustellen.

Die Mittellandstation erreicht nie auch nur 10 % Schneesicherheit (d.h. eine relative Häufigkeit von einem Tag mit Schneehöhen von 15 cm oder mehr).

Tabelle 3.13: Schneesicherheit (15) in der 4- und in der 10jährigen Beobachtungsreihe

a = mittlerer Prozentsatz der Tage an denen 15 oder mehr cm Schneehöhe erreicht werden (Wahrscheinlichkeit in %)
b = entsprechende Schneesicherheitsklasse

Oeschberg – Koppigen

Dekade		1. Dezember	2.	3.	1. Januar	2.	3.	1. Februar	2.	3.	1. März	2.	3.
4 Jahre	a	7.5	0	0	0	0	0	0	0	3.0	0	0	0
	b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10 Jahre	a	3.0	0	0	6.0	7.0	0.9	1.0	7.0	1.2	2.0	0	0
	b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Mont Soleil

4 Jahre	a	77.5	77.5	63.6	37.5	25	65.9	75	55	57.6	60	57.5	50
	b	2	2	3	4	4	3	2	3	3	3	3	3
10 Jahre	a	68	71	70.9	65	60	86.4	90	82	80.5	84	77	80
	b	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2

Grindelwald Bort

4 Jahre	a	85	87.5	75	75	87.5	100	100	100	100	100	90	75
	b	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2
10 Jahre	a	69	75	82.7	81	84	97.3	100	100	100	100	96	90
	b	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1

Der Jura liegt dort, wo geringere mittlere Schneehöhen (kurze Reihe) errechnet worden sind (Januar – März), in der 4-Jahresreihe durchwegs eine Sicherheitsklasse tiefer als in der 10-Jahresreihe. Umgekehrt haben die beiden ersten Dezemberdekaden in der kurzen Reihe mehr Schneesicherheit als in der langen Reihe.

Erfreulich liegen die Dinge in Grindelwald-Bort, wo ausser in den beiden randlichen Dekaden keine Veränderungen in den Schneesicherheitsklassen auffallen. Hier zeigt es sich, dass ab bestimmten mittleren Schneehöhen die minimale Schneehöhe von 15 cm ohne weiteres erreicht werden kann.

Schneesicherheit (30)

In Tabelle 3.14 ist die Schneesicherheit (30) für beide Reihen enthalten.

Auf die Werte der Mittellandstation brauchen wir hier nicht näher einzugehen.

Im Jura können wieder die stärksten Unterschiede zwischen den beiden Reihen gemeldet werden. Ausser in den beiden ersten Dezemberdekaden werden in allen Zeitabschnitten in der 4-Jahresreihe geringere Prozentwerte erreicht. Dennoch

Tabelle 3.14: Schneesicherheit (30) in der 4- und in der 10jährigen Beobachtungsreihe

a = mittlerer Prozentsatz der Tage an denen 30 oder mehr cm Schneehöhe erreicht werden (Wahrscheinlichkeit in %)

b = entsprechende Schneesicherheitsklasse

Oeschberg – Koppigen

Dekade		1. Dezember	2.	3.	1. Januar	2.	3.	1. Februar	2.	3.	1. März	2.	3.
4 Jahre	a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10 Jahre	a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	b	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Mont Soleil

4 Jahre	a	40	60	39	25	12.5	9	30	25	24	45	30	41
	b	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10 Jahre	a	48	62	51	60	55	53	62	65	61	63	63	66
	b	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Grindelwald Bort

4 Jahre	a	75	75	75	50	53	77	100	100	91	90	78	75
	b	2	2	2	3	3	2	1	1	1	1	2	2
10 Jahre	a	57	61	73	70	71	81	95	96	96	96	91	90
	b	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1

kommt die Station auch in der 10-Jahresreihe nie über die Schneesicherheitsklasse 3 (geringe Schneesicherheit) hinaus. Im Jura kann, wie das die 10-Jahresreihe beweist, weder mittlere noch grosse Schneesicherheit (30) in der in Frage stehenden Höhenlage erhofft werden.

Wiederum erfreulich fällt für die Station Grindelwald der Vergleich der Schneesicherheit (30) der zwei verschieden langen Zeitreihen aus. Bis zum 31. Dezember liegen die Werte der kurzen Reihe besser. Sie stützen sich z.T. auch auf grössere mittlere Schneehöhen. Das bei den mittleren Schneehöhen sich abzeichnende Januarloch vom 1.–20. Januar (bei der kurzen Reihe), ist ebenfalls bei der 10jährigen Reihe zu erkennen, wenn auch nicht ganz so ausgeprägt. Ab Januar sind die Schneesicherheitsklassen bis zum 10. März identisch, von da an schneidet die kürzere Reihe schlechter ab.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Unterschiede der verschieden langen Reihen kommen auch in Bezug auf die Schneesicherheit bei der Station im Jura am klarsten zum Vorschein. Doch genügt dort die durch die 10-Jahresreihe bedingte Verbesserung um eine Schneesicherheitsklasse noch nicht, um Verhältnisse mit guter oder auch nur mittlerer Schneesicherheit (30) zu schaffen. Bei der Station im Mittelland ist es bei dieser Einteilung der Schneesicherheitsklassen nicht von Bedeutung, ob wir die 4- oder die 10-Jahresreihe als Basis annehmen. Wir müssen mit der Sicherheitsklasse 4 rechnen.

Die erstaunlich geringen Unterschiede in den Vergleichsreihen der Station Grindelwald müssen deutlich betont werden.

Die 4-jährige Reihe kann für die Schneesicherheitsklassen in tieferen und in höheren Lagen die 10-Jahresreihe ersetzen. In den mittleren Lagen darf damit gerechnet werden, dass die Verhältnisse leicht besser sind (bis zu einer Schneesicherheitsklasse) als sie durch die 4-Jahresreihe vorgegeben werden.

3.10. Schlussbemerkung

Die vorliegende Arbeit möchte sich als erste Möglichkeit zu einer differenzierteren Beurteilung der Schneedeckenverhältnisse im Kanton Bern verstanden wissen, obwohl sie in vielen Belangen nicht auf idealen Daten aufbauen konnte (Länge der Messreihe, Stationsauswahl, Stationsdichte usw.).

Dennoch oder gerade aus diesem Grund bleibt zu hoffen, dass darin genügend Anregungen enthalten sind, die zu künftigen Arbeiten auf diesem Gebiet und zur Klärung ungelöster Probleme führen könnten.

3.11. Literaturverzeichnis

3.11.1. Datenquellen

ANNALEN der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, Zürich: Jährlich, 1971–1974, 108.–111. Jahrgang

EIDGENÖSSISCHES Institut für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch-Davos: Schneehöhenwerte von Messstellen und Vergleichsstationen für 1974/75, vereinzelte von 1971/72–1974/75, Davos, unveröffentl.

GEOGRAPHISCHES Institut der Universität Bern: Winterbeobachtungen des Berner Klimamessnetzes, 1971/72–1974/75, Bern, unveröffentl.

KRAFTWERKE Oberhasli AG: Meldungen über Schnee- und Witterungsverhältnisse, 1971–1975, Innertkirchen, unveröffentl.

SCHWEIZERISCHE Meteorologische Zentralanstalt: Tägliche Beobachtungen der Meteorologischen Stationen (Klimatologischer Dienst) 1971/72–1974/75, z.T. 1965/66–1974/75, Zürich, unveröffentl.

WINTERBERICHTE des Eidg. Instituts für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch-Davos; Nr. 36–38, 1971/72–1973/74.

3.11.2. Zitierte Literatur

DIXON, W. J., 1975: BMDP Biomedical Computer Programs. University of California Press, Berkeley/Los Angeles/London 792 S.

GENSLER, G. A., 1968 a: Typische Schnee- und Witterungsverhältnisse im Herbst in den Alpen. Die Alpen, Heft 1: 165–171

– 1968 b: Typische Schnee- und Witterungsverhältnisse im Winter in den Alpen. Die Alpen, Heft 3: 235–242

JEANNERET, F., 1970 a: Sommer- und Winterprogramm. Beitr. z. klimatol. Grundlagenforschung, Nr. 1: 7–8

– 1970 b: Anleitung für klimatologische Beobachtungen im Winter. Geogr. Institut, Bern, 15 S.

KREYSZIG, E., 1975: Statistische Methoden und ihre Anwendungen. Verlag Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 451 S.

KRIPPENDORF, J., und ANNASOHN, K., 1976: Grundlagen zu den Leitlinien für die Berggebietsförderung, Ergänzungen 2. Eidg. Volkswirtschaftsdepartement, Bern, 109 S.

LEU, W., 1975: Die meisten Wintersportgäste sind motorisiert. Ein "AR" – Interview mit dem Vizedirektor der Schweizerischen Verkehrszentrale. Automobil Revue, Nr. 48: 41 S.

MAURER, R., KUNZ, S. und WITMER, U., 1975: Niederschlag, Hagel, Schnee. Die Niederschlagsverhältnisse in der Region Bern. Beitr. z. Klima d. Region Bern, Nr. 4, 155 S.

MOSIMANN, H. P., 1973: Die Abhängigkeit der Schneedauer von klimatischen Faktoren in den Berner und Walliser Alpen. Geographica Helvetica, Heft Nr. 4, 28. Jahrgang, 218–224

OBENLAND, E. und OBENLAND, L., 1952: Zum Entwicklungsgang der Schneedecken. Ber. des Dt. Wetterdienstes in der US-Zone, Nr. 42, Knoch-Heft: 186–190

RISCH et al., 1972: Fremdenverkehrseignungskataster und Entwicklungsprogramm für potentielle neue Fremdenverkehrsgebiete des Kantons Graubünden. Schweiz. Fremdenverkehrsverband Bern, Dokumentations- und Beratungsstelle, 173 S.

UTTINGER, H., 1951: Zur Höhenabhängigkeit der Niederschlagsmenge in den Alpen. Arch. f. Met., Geophys. und Biokl., Serie B, Heft 4: 360–382

VOLZ, R., 1977: Der Ablauf phänologischer Ereignisse im Kanton Bern und die sich daraus ergebende Gliederung des Raumes. Unveröffentl. Dipl.arb., Geogr. Institut, Bern

WANNER, H. und SPECK, H., 1975: Zum Problem der Schneesicherheit im Bergland zwischen Sense und Gürbe. Inform. u. Beiträge z. Klimaforschung, Nr. 14: 16–35

WITMER, U., 1977: Die mittleren Schneehöhen und die Schneesicherheit im Kanton Bern für die Jahre 1971/72–1974/75. Unveröffentl. Dipl.arb., Geogr. Institut, Bern

ZINGG, T., 1961: Übersicht über die Schneeverhältnisse im Gebiet der Schweizer Alpen in der Periode 1951–1960. I. Teil: Mittlere und maximale Schneehöhen. Winterbericht 1960/61, Nr. 25: 137–142

– 1973: Gutachten über die Schneeverhältnisse im Raum von Zermatt. Unveröffentl., 16 S.

3.12. Verzeichnis der Figuren und Tabellen

3.12.1. Verzeichnis der Figuren

3.1. Klassen der Schneesicherheit (15) in Höhenstufen von 100 zu 100 m: Jura, Mittelland, Saanenland und Frutigtal 76
3.2. Die Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Jura: Die Regressionsgeraden 79
3.3. Die Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Mittelland: Die Regressionsgeraden 83
3.4. Die Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Saanenland: Die Regressionsgeraden 87
3.5. Klassen der Schneesicherheit (15) in Höhenstufen von 100 zu 100 m: Lütschinentäler, Haslital 92
3.6. Die Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Lütschinentäler: Die Regressionsgeraden 94
3.7. Die Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Haslital: Die Regressionsgeraden 98
3.8. Schneesicherheit (15) in Klassen für Höhenstufen von 100 zu 100 m für das gesamte Beobachtungsgebiet 102
3.9. Schneesicherheit (30) in Klassen für Höhenstufen von 100 zu 100 m für das gesamte Beobachtungsgebiet 104
3.10. Dekadenmittel der Schneehöhen von November bis April: Oeschberg-Koppigen 105
3.11. Dekadenmittel der Schneehöhen von November bis April: Mont-Soleil und Grindelwald-Bort 106

3.12.2. Verzeichnis der Tabellen

3.1. Die Verteilung der Beobachtungsflächen nach Landesteilen und Messnetzen 63
3.2. Stationsdichte im Jura, Mittelland und Alpengebiet 63
3.3. Stationsliste 64
3.4. Die Verteilung der Beobachtungsflächen in Höhenstufen von 100 zu 100 m 67
3.5. Die Regionen und die ihnen zugehörigen Stationen 73
3.6. Statistische Angaben zur Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Jura 78
3.7. Statistische Angaben zur Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Mittelland 82
3.8. Statistische Angaben zur Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Saanenland 86
3.9. Statistische Angaben zur Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Frutigtal 90
3.10. Statistische Angaben zur Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Lütschinentäler 93
3.11. Statistische Angaben zur Abhängigkeit der mittleren Schneehöhe von der Meereshöhe in der Region Haslital 97
3.12. Stationen, die ausserhalb der mit der Regressionsrechnung erfassten Regionen liegen . 99
3.13. Schneesicherheit (15) in der 4- und in der 10jährigen Beobachtungsreihe 108
3.14. Schneesicherheit (30) in der 4- und in der 10jährigen Beobachtungsreihe 109