

## Tafel 3.11 Mittlere Schneehöhen 1983–2002

### Einleitung

Niederschlag bei genügend tiefen Temperaturen fällt in Form von Schnee. Im Alpenraum beträgt der Schneeanteil am Niederschlag oberhalb von 2000 m ü.M. durchschnittlich mehr als 70 %, auf 1500 m sind es knapp 45 % und auf 500 m noch rund 15 % [1].

Grosse Gebiete der Schweiz liegen während Monaten unter einer geschlossenen Schneedecke. Die Mächtigkeit dieser Schneedecke hängt von verschiedenen Faktoren wie Jahreszeit oder Höhe über Meer ab; sie ist deshalb lokal wie regional sehr unterschiedlich (vgl. Tafel 3.6).

An rund 300 Stationen wird die Schneedecke gemessen und untersucht. Anhand dieser punktuellen Messungen können flächendeckende Aussagen gemacht werden, welche Abschätzungen der Schneehöhen an Stellen ohne Messungen ermöglichen. Schneehöhenkarten bilden eine wichtige Grundlage für die Lawinenwarnung; sie sind aber auch für touristische Aussagen bezüglich Schneesicherheit, für hydrologische Abflussmodellierungen und für schneeklimatologische Untersuchungen wichtig [5].

Die vorliegende Tafel beruht auf einer Berechnungsmethode, mit welcher die Schneehöhenverteilung im schweizerischen Alpenraum kartographisch dargestellt werden kann [1].

### Daten

Die Grundlagendaten stammen aus dem Messnetz des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) und demjenigen von MeteoSchweiz (s. Tafel 3.1<sup>2</sup>) [4]. Alle Stationen wurden so ausgewählt, dass sie in einem repräsentativen, horizontalen Feld liegen. Sie liefern nur Schneehöhen für diesen Bereich, also für das flache Feld. Einflüsse wie Hangneigung, Exposition, Wind und Vegetationsbedeckung (insbesondere Wald), welche die Schneehöhenverteilung entscheidend modifizieren können, werden nicht berücksichtigt.

Für die vorliegende Untersuchung wurde die 20-jährige Messperiode von 1983–2002 gewählt, welche im Verhältnis zu anderen Perioden des 20. Jahrhunderts einen schneearmen Zeitraum beschreibt. In Höhenlagen unterhalb 1000 m lag während dieser Messperiode je nach Monat 20–40 % weniger Schnee als in den Jahrzehnten davor. Im Hochgebirge (oberhalb 2000 m) waren die prozentualen Abweichungen weniger gross [1,2].

Da flächenhafte Aussagen gemacht werden sollen, ist es von grosser Bedeutung, eine möglichst grosse Stationsdichte – gerade auch in hohen Lagen – zu erhalten. Deshalb wurden auch die im hochalpinen Raum gelegenen automatischen Stationen, welche erst seit Mitte der 1990er Jahre Daten liefern, mitberücksichtigt (s. Tab. 1). Die Daten dieser Stationen wurden mit parallel gemessenen langjährigen Datenreihen verglichen und dann auf die hier verwendete Periode 1983–2002 extrapoliert. Insgesamt konnten die Daten von 173 Stationen verwendet werden [1].

### Regionalisierungsansatz

Für die Regionalisierung der mittleren Schneehöhen wurde ein Ansatz angewandt, der sowohl den dominanten Einfluss der Höhenlage eines Standorts auf die Schneehöhe als auch die lokalen und regionalen Besonderheiten berücksichtigt [1]. Der Regionalisierungsansatz umfasst im wesentlichen zwei Teilschritte, deren Resultate kombiniert werden:

- 1) Für die Ausprägung der Schneehöhe ist in erster Linie die Höhenlage eines Standortes ausschlaggebend. Dieser Zusammenhang wird mit zwei gesamtschweizerisch gültigen, nach Höhenbereichen differenzierten linearen Funktionen beschrieben, welche als Ergebnis eine Abschätzung der Schneehöhe ergeben. Auf der Basis eines digitalen Höhenmodells wird für jeden Rasterpunkt dieser sogenannte Grundwert (G) berechnet. Die räumliche Auflösung dieser Rasterpunkte beträgt 1 km • 1 km.

2) Im Ausgleichswert (A) werden die regionalen Abweichungen vom gesamtschweizerischen Modell erfasst. Dazu werden an den drei Messstationen, die dem Rasterpunkt, für welchen die Schneehöhe abgeschätzt werden soll, am nächsten liegen, die Abweichungen zwischen dem effektiven Messwert und dem berechneten Grundwert bestimmt. Diese Abweichungen werden dann distanzgewichtet auf den Rasterpunkt übertragen (siehe Formel):

$$A_j = \frac{h_j}{\sum_{i=1}^3 \left( \frac{1}{d_{ji}} \right)} * \sum_{i=1}^3 \left[ \frac{1}{d_{ji}} \frac{(HS_i - G(h_i))}{h_i} \right]$$

mit:

$A_j$ : Ausgleichswert am Rasterpunkt [cm]

$h_j$ : Höhe des Rasterpunktes [m ü.M.]

$d_{ji}$ : Distanz zwischen Rasterpunkt und Messstation [km]

$HS_i$ : effektiv gemessene Schneehöhe an der Messstation [cm]

$G(h_j)$ : modellierte Schneehöhe an der Messstation; Grundwert [cm]

$h_i$ : Höhe der Messstation [m ü.M.]

$j$ : j-ter Rasterpunkt

$i$ : i-te Messstation

Die Abschätzung der Schneehöhe ergibt sich aus der Addition von Grundwert und Ausgleichswert. Mit diesem Regionalisierungsansatz lassen sich auch andere Parameter, welche eine starke Höhenabhängigkeit aufweisen, abschätzen, wie z.B. die Neuschneehöhe, die maximale Schneehöhe, der Gesamtwasserwert der Schneedecke aber auch die Lufttemperatur oder der Niederschlag.

### Schneehöhen in der Schweiz

Auf dem vorliegenden Kartenblatt dargestellt sind der Mittelwert des Winters (November–April), welcher einen allgemeinen Überblick über die räumliche Verteilung der Schneehöhen gibt, sowie die Mittelwerte der Monate Dezember, Februar und April, welche den Verlauf der Schneehöhenentwicklung im Laufe eines Winters schildern.

Winter (November – April): Die Karte verdeutlicht einerseits die ausgeprägte Höhenabhängigkeit der Schneehöhe. Andererseits weisen die langjährigen Mittelwerte der Schneehöhen auf beträchtliche regionale Unterschiede hin. Im allgemeinen liegt im Bedrettal, im Gotthard- und Grimselgebiet bis hin zu den Glarner und St. Galler Alpen rund 20 bis 70 Prozent mehr Schnee als für die jeweilige Höhenzone im gesamtschweizerischen Mittel zu erwarten wäre. Verhältnismässig schneearme Gebiete sind die Walliser Südtäler, die Surselva, Mittelbünden sowie das Engadin.

Dezember: Die Abhängigkeit der Schneehöhe von der Höhenlage ist bereits zu Beginn des Winters ausgeprägt. In den Voralpen (oberhalb von 800 m ü.M.) liegen 10 bis 30 cm Schnee; sie grenzen sich deutlich vom Mittelland mit weniger als 10 cm Schnee ab. Die mittlere Schneehöhe beträgt in den hochalpinen Regionen, ausser im Gotthard- und Grimselgebiet sowie den Gipfelregionen im Oberwallis, kaum mehr als 150 cm.

Februar: Die meisten Gebiete der Schweiz liegen unter einer geschlossenen Schneedecke. In den Regionen unterhalb 1500 m werden im Februar saisonal die grössten Schneehöhen erreicht. Am meisten Schnee liegt mit mehr als 250 cm in der Gotthard- und Grimselregion.

April: Das Mittelland und viele Alpentäler sind schon weitgehend schneefrei. In Gebieten oberhalb von 2000 m wird erst im April die maximale Schneehöhe erreicht, weshalb in dieser Zeit auch die

grössten Gradienten der Schneehöhen anzutreffen sind. Oberhalb von etwa 2800 m sind mittlere Schneehöhen von mehr als 3 m keine Seltenheit.

Die räumlichen Muster der Schneehöhenkarten zeigen eine gute Übereinstimmung zu den Darstellungen in den SIA-Normen 261 [3] und den Niederschlagskarten des europäischen Alpenraums (s. Tafeln 2.6, 2.7), welche auf anderen Regionalisierungsansätzen beruhen.

### Regionale Verteilung der Schneehöhen

Die Kartierung des Ausgleichswertes erlaubt es, die regionalklimatologischen Unterschiede in der Schneehöhenverteilung zu erfassen. Es lassen sich Gebiete erkennen, die im Vergleich zum gesamtschweizerischen Mittel überdurchschnittliche oder unterdurchschnittliche Schneehöhen aufweisen (Fig.1).

Die Karten zeigen, dass sich ein schneereicher Bogen vom Nordtessin über die Gotthard- und Grimselregion, das Goms, die Zentralschweiz, die Glarner Alpen gegen das Toggenburg und den Alpstein erstreckt. Weitere schneereiche Gebiete sind das Prättigau, das Chablais, das Saanenland sowie die Berner Voralpen. Regionen, deren Schneehöhen unter dem Schweizer Mittel liegen, sind die Bündner Südtäler, das Engadin, Mittelbünden und die Surselva, die Jungfrau- und die Aletschregion sowie das Wallis südlich der Rhone. Dies liegt darin begründet, dass die Hauptströmungen der niederschlagsbringenden Wetterlagen aus dem Nord- oder Südsektor erfolgen und infolgedessen zu hohen Schneemengen an der Nord- bzw. an der Südabdachung der Alpen führen, während sie in den inneralpinen Gebieten nur noch in geschwächter Form in Erscheinung treten. Da sich die nord- und südalpinen Hauptniederschlagsregimes im Gotthardgebiet überlagern, sind dort die grössten Schneehöhen anzutreffen.

Da grundsätzlich im Dezember noch wenig Schnee liegt, betragen die regionalen Unterschiede der Schneehöhe kaum mehr als 50 cm. Im Februar und im April sind sie stärker ausgeprägt; so liegt beispielsweise im Engadin und in den Walliser Südtälern markant weniger Schnee als im gesamtschweizerischen Flächenmittel der entsprechenden Höhenlage. Zur gleichen Zeit sind die Schneehöhen auf der Alpennordseite vielerorts überdurchschnittlich [1].

### Zeitreihen

Verschiedene SLF-Stationen verfügen über langjährige Zeitreihen der Schneehöhen von bis zu siebzig Jahren [4]. Die Figur 2 zeigt die Zeitreihen der mittleren Schneehöhen der winterlichen Schneeperiode von anfangs November bis Ende April. Die Stationen Weissfluhjoch (2540 m), Davos (1560 m) und Küblis (810 m) liegen zwar sehr nahe beieinander (Distanz < 10 km), decken aber einen breiten Höhenbereich ab. Die Diagramme belegen die Zunahme der Schneehöhe mit ansteigender Höhe über Meer; sie veranschaulichen aber auch die unterschiedlichen klimatischen Bedingungen innerhalb der verschiedenen Höhenbereiche: Während die 5-jährigen gleitenden Mittel der Stationen Davos und Küblis seit Anfang der 1980er Jahre einen starken Rückgang der Schneehöhen aufzeigen, kann dieser Trend bei der Station Weissfluhjoch nicht festgestellt werden. Hier haben die Schneehöhen eher wieder zugenommen [1,2].

Die ähnlich hoch gelegenen Stationen Trübsee (1770 m), Zermatt (1600 m) und Zuoz (1710 m) können unterschiedlichen Klimaregionen zugeordnet werden. Die Zeitreihen ihrer Schneehöhen dokumentieren die regional unterschiedlichen Schneeverhältnisse in den Alpen. Die Station Trübsee veranschaulicht den relativen Schneereichtum der nördlichen Alpen und Voralpen gegenüber den niederschlagsarmen Verhältnissen in den inneralpinen Tälern, so in Zermatt im M Mattertal und in Zuoz im Engadin. Die gleitenden Mittel zeigen auch bei diesen drei Zeitreihen einen markanten temperaturbedingten Rückgang der Schneehöhen seit dem Beginn der 1980er Jahre.

An allen sechs Stationen fallen die grossen Schwankungen der Schneehöhen von Jahr zu Jahr auf, welche bis zu 350 % des langjährigen Mittelwertes betragen können – ein Beweis für die Komplexität der Gebirgsklimatologie.

## Literatur

- [1] **Auer, M. (2003):** Regionalisierung von Schneeparametern – Eine Methode zur Darstellung von Schneeparametern im Relief. Publikation Gewässerkunde Nr. 304, Bern.
- [2] **Latenser, M. (2002):** Snow and avalanche climatology of Switzerland. Diss. ETH No. 14493, Zürich.
- [3] **SIA (2004):** Grundlagen der Projektierung von Tragwerken; Einwirkungen auf Tragwerke: Bemessungsbeispiele zu den Normen SIA 260 und 261. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich.
- [4] **SLF (2002):** Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen Winter 1997/98. Winterbericht Nr. 62, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos.
- [5] **Witmer, U. (1984):** Eine Methode zur flächendeckenden Kartierung von Schneehöhen unter Berücksichtigung von reliefbedingten Einflüssen. Geographica Bernensia G21, Bern.