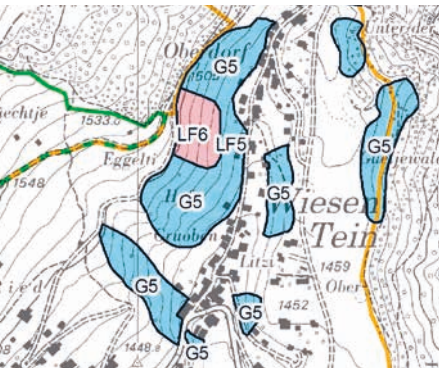













Heft 47, 2016

**WSL Berichte**

ISSN 2296-3456

# Ausscheiden von Schneegleiten und Schneedruck in Gefahrenkarten

Stefan Margreth

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL
CH-8903 Birmensdorf

Verantwortlich für die Herausgabe der Schriftenreihe
Prof. Dr. Konrad Steffen, Direktor WSL

Verantwortlich für dieses Heft
Dr. Jürg Schweizer

Zitierung
Margreth, S., 2016: Ausscheiden von Schneegleiten und Schneedruck in Gefahrenkarten.
WSL Ber. 47. 16 S.

ISSN 2296-3456 (online)

PDF Download www.wsl.ch/publikationen/pdf/15700.pdf

Kontakt
WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF
Stefan Margreth
Flüelastrasse 11
CH-7260 Davos Dorf
E-Mail: margreth@slf.ch

Fotos Umschlag:
1. Gleitschneegebiet in Jenaz
2. Gleitschneelawine in Davos Frauenkirch
3. Lawinengefahrenkarte, wo Schneegleiten ausgeschieden wurde.
4. Diskussion von möglichen Massnahmen gegen Schneegleiten in Valzeina
5. Dreibeinböcke
6. Die gleitende Schneedecke gefährdet ein Gebäude in Alt St. Johann

Fotos 1, 2, 4 und 5 von Stefan Margreth
Foto 3 AWN Graubünden
Foto 6 von Peter Diener

© Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL
Birmensdorf, 2016

## Zusammenfassung

Eine Lawinengefahrenkarte zeigt das Ausmass und die Intensität von Lawinen. Zusätzlich sollen in Gefahrenkarten auch durch Schneegleiten gefährdete Gebiete dargestellt werden. Für die Beurteilung der Lawinengefahr bestehen etablierte Verfahren. Die Frage, ob in Gefahrenkarten bei kleinen Hängen Schneegleiten, Lawinen oder gar keine Gefährdung ausgeschieden werden soll, ist schwierig. Der Winter 2011/12, als Schneegleiten vielerorts eine langanhaltende Gefahr darstellte, war der Auslöser, den vorliegenden Bericht zu erarbeiten. Im vorgeschlagenen Verfahren wird die Gefährdung durch Schneegleiten auf Grund von sieben Faktoren beurteilt. Eine Gefährdung durch Lawinen wird in einer Gefahrenkarte typischerweise ausgeschieden, wenn der dynamische Lawinendruck grösser ist als der statische Schneedruck. Eine Gefährdung durch Schneegleiten kann oft mit einfachen baulichen Massnahmen behoben werden.

## Summary

Avalanche hazard maps describe the extent and intensity of snow avalanches. In addition, hazard maps should indicate areas prone to snow gliding. The procedure for the assessment of extreme avalanches is relatively well defined. However, the criteria whether the hazard on a small hillside should be handled as an avalanche area, as a snow gliding area or whether the hazard can even be neglected at all are not well established. During winter 2011/12 snow gliding was a widespread threat in the Swiss Alps, showed the need to establish some guidelines and triggered this report. The proposed procedure is based on seven factors how the hazard of snow gliding can be assessed. Typically, an avalanche hazard is specified in a hazard map, if the dynamic pressure of an avalanche is greater than the static snow pressure. The snow gliding hazard on hillsides can often be mitigated by relatively simple structural measures.

# Ausscheiden von Schneegleiten und Schneedruck in Gefahrenkarten

**Die Frage, ob in Gefahrenkarten bei kleinen Hängen Schneegleiten, Lawinen oder gar keine Gefährdung ausgeschieden werden soll, ist schwierig. Der Bericht liefert entsprechende Kriterien. Weiter werden einfache Methoden für die Abschätzung von Schneedruckeinwirkungen aufgezeigt und mögliche Schutzmassnahmen dargestellt.**

## 1 Einleitung

Auf der Grundlage der Bundesgesetze über den Wasserbau und den Wald sind die Kantone verpflichtet, Gefahrenkarten für Hochwasser, Lawinen, Rutschungen sowie Sturzprozesse zu erstellen und diese bei raumwirksamen Tätigkeiten zu berücksichtigen. Eine Gefahrenkarte unterteilt das Gelände detailliert in Teilgebiete mit einer unterschiedlichen Gefährdung, die mit fünf Gefahrenstufen (rot, blau, gelb, gelb-weiss gestreift und weiss) dargestellt wird. Die Gefahrenstufe leitet sich aus der Intensität und der Wiederkehrdauer eines Prozess gemäss dem Gefahrenstufendiagramm (Abb. 1) ab.

Bei Fliesslawinen gelten beispielsweise die folgenden Kriterien, um die Gefahrenstufen festzulegen (BFF und SLF 1984):

- Ein Gebiet wird als rot bezeichnet, wenn es einerseits von Lawinen mit einer Wiederkehrdauer von 30 Jahren erreicht wird, andererseits, wenn bei einer Lawine mit einer Wiederkehrdauer von 300 Jahren ein Lawinendruck von 30 kN/m$^2$ überschritten wird. Bei einem Lawinendruck von 30 kN/m$^2$ wird einerseits ein normales Gebäude aus Mauerwerk zerstört, andererseits kann bis zu einem solchen Druck ein Gebäude mit einem noch vertretbaren Aufwand verstärkt werden. Rotes Gebiet bedeutet erhebliche Gefährdung und Bauen ist im Allgemeinen nicht gestattet.
- Blaues Gebiet wird von 300-jährlichen Lawinen mit einem Lawinendruck kleiner als 30 kN/m$^2$ erfasst. Man spricht von einer mittleren Gefährdung. Eine beschränkte Bautätigkeit mit Auflagen ist gestattet. Falls gewisse Auflagen bezüglich Bauweise beachtet werden, sind im blauen Gebiet während der Lebensdauer eines Gebäudes Gebäudezerstörungen nicht zu erwarten.

Eine Gefahrenkarte ist das Resultat verschiedener Beurteilungsschritte. Zuerst wird der Ereigniskataster analysiert, dann wird das Gelände beurteilt, bei einer Begehung gewinnt der Gutachter einen persönlichen Eindruck von der Situation, die massgebenden Wetter- und Klimaverhältnisse werden untersucht und sehr entscheidend ist schliesslich die Definition von Szenarien, die

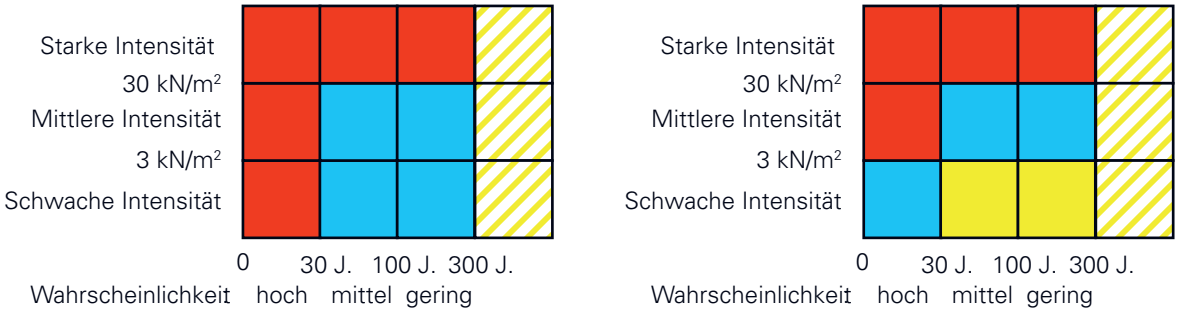



Abb. 1: Gefahrenstufendiagramm für Fliesslawinen (links) und Staublawinen (rechts) in Anlehnung an BFF und SLF (1984).

mit Lawinenberechnungen quantifiziert werden. Bei einer Gefahrenbeurteilung ist die gutachterliche Interpretation und Gewichtung der Resultate der verschiedenen Beurteilungsschritte von grosser Bedeutung.

Für Fliess- und Staublawinen sind die Abgrenzungskriterien und Beurteilungsschritte klar und nachvollziehbar festgelegt. Anders sieht es bei Schneegleiten aus. Einheitliche Abgrenzungskriterien und Methoden fehlen weitgehend. Die Frage, ob in Gefahrenkarten bei kleinen Hängen Schneegleiten, Lawinen oder gar keine Gefährdung ausgeschieden werden soll, ist schwierig. Nach dem Winter 2011/12, als die stark überdurchschnittlichen Schneehöhen und der verbreitet nicht gefrorene Boden zu einer ausgeprägten Gleitschneesituation führten und zahlreiche Verkehrswege und Gebäude betroffen waren, wurde der vorliegende Bericht für die Ausscheidung von Schneegleiten und Schneedruck in Gefahrenkarten erarbeitet.

# 2 Gefährdung durch Schneegleiten

## 2.1 Prozesse

Unter Schneegleiten versteht man eine talwärts gerichtete, langsame Bewegung der gesamten Schneedecke auf dem Untergrund (Abb. 2). Wesentliche Voraussetzung dafür ist eine glatte Bodenoberfläche und ein nicht gefrorener Boden. Meist besteht eine nasse Schmierschicht zwischen Boden und Schneedecke. Die Schneedecke ist nicht am Boden festgefroren. Schneegleiten kann bereits bei Hangneigungen von 15° einsetzen. Starkes Schneegleiten tritt meist an Hängen auf, die steiler als 25° sind, eine kleine Bodenrauhigkeit und einen vernässten Untergrund aufweisen, sowie südexponiert sind. Grosse Schneehöhen und langanhaltende Wärmeperioden verschärfen das Schneegleiten.

Schneegleiten kann auch zu sogenannten Gleitschneelawinen führen (Abb. 3). Diese unterscheiden sich von Schneebrettlawinen dadurch, dass die Ablösung nicht durch einen Initialbruch in einer Schwachschicht erfolgt, sondern durch eine plötzliche Beschleunigung der langsam gleitenden Schneedecke. Starke Gleitschneeaktivität erkennt man an Gleitrissen (Fischmaul). Die gleitende Schneetafel ist nach unten durch den Stauchwall begrenzt. Am Stauchwall wird die Schneedecke nach oben gedrückt und gefaltet. Der Stauchwall befindet sich oft am Hangfuss oder bei Diskontinuitäten im Hang (Neigungsänderung, kleine Terrasse oder Fussweg). Wenn sich ein festes Objekt wie zum Beispiel ein Gebäude in der gleitenden Schneedecke befindet, wird dort lokal die Bewegung der Schneedecke gebremst und es treten Schneedruckkräfte auf (Abb. 2).

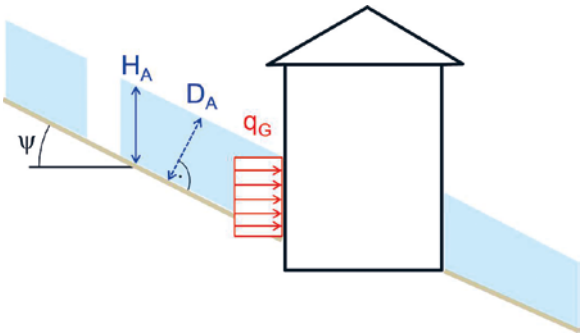



Abb. 2: Schneedruck $q_G$ infolge Gleiten und Kriechen der Schneedecke wirkt auf ein Gebäude. Beim Gleiten verschiebt sich die gesamte Schneedecke auf dem Boden. Der Schneedruck ist über die Schneehöhe konstant.

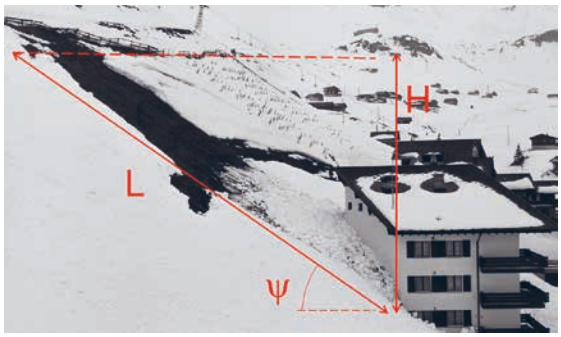



Abb. 3: Die gesamte Schneetafel ist als Gleischneelawine angebrochen. Hier handelt es sich um einen Grenzfall, ob in der Gefahrenkarte eine Gefährdung infolge Schneegleiten oder Lawine ausgewiesen werden soll (L = Hanglänge, H = Höhenunterschied des Hanges, ψ = Hangneigung).

## 2.2 Ausscheiden von Schneegleiten in Gefahrenkarten

Es gibt keine exakten Regeln, ob Schneegleiten in einer Gefahrenkarte zu berücksichtigen ist oder nicht (Abb. 3, 4 und 5). Im Folgenden werden sieben massgebende Faktoren aufgeführt, von denen die Intensität resp. Gefährdung durch Schneegleiten abhängt. Die verschiedenen Faktoren werden mit 1 bis 3 Punkten bewertet (Tab. 1). Je höher die Gesamtpunktzahl ist, desto wahrscheinlicher und intensiver kann das Schneegleiten sein. Beträgt die Summe mehr als 10 Punkte, kann die Ausscheidung von Schneegleiten in einer Gefahrenkarte angezeigt sein. Beträgt die Summe mehr als 16 Punkte, kann starkes Schneegleiten auftreten und es muss im Allgemeinen Schneegleiten ausgeschieden werden. Generell soll in einer Gefahrenkarte immer Schneegleiten ausgeschieden werden, wenn entsprechende Ereignisse dokumentiert sind. Bei einer Hanglänge L (Abb. 3) von weniger als 10 bis 15 m kann in der Regel auf eine Ausscheidung von Schneegleiten verzichtet werden.



Abb. 4: Kurzer (Hanglänge L < etwa 20 m) und rund 40° geneigter Steilhang im Siedlungsgebiet. Die Bewertung ergibt 13 Punkte. Das Ausscheiden von Schneegleiten ist angezeigt. Auf das Gebäude wirken Schneedruckkräfte. Lawinen können vernachlässigt werden.



Abb. 5: Mehr als 50 m lange und bis 45° steile, teilweise mit Wald und Kleinsträuchern durchsetzte Hänge am Rande des Siedlungsgebietes. In diesem Gebiet sind Lawinen massgebend.

## 2.3 Gefahrenstufen und Wiederkehrdauer von Schneegleiten in einer Gefahrenkarte

Die Gefährdung durch Schneegleiten kann typischerweise so charakterisiert werden, dass eine ständige Benutzung von Siedlungsflächen weder unmöglich ist, noch durch einen unverhältnismässig grossen Aufwand möglich wird. Deshalb ist eine Zuordnung von Gebieten mit Schneegleiten zum blauen Gebiet (mittlere Intensität, Schneedruck < 30 kN/m$^2$) normalerweise ausreichend. Die Ausarbeitung von Intensitätskarten für Schneegleiten mit mehreren Intensitätsstufen ist nicht zielführend, da die Schneedruckeinwirkungen stark von der kleinräumigen Topographie und Objektgeometrie abhängen. Die Intensität von Schneegleiten soll objektspezifisch gemäss Kapitel 3 ausgeschieden werden. Es ist schwierig, dem Schneegleiten eine exakte Wiederkehrdauer zuzuordnen. Es empfiehlt sich bei der Festlegung der Gefahrenstufe wie folgt vorzugehen (Abb. 6):

1. Schneegleiten ist im Ereigniskataster dokumentiert: Es kann eine Wiederkehrdauer des Schneegleitens je nach Anzahl Beobachtungen von 0 bis 30 Jahren (eventuell 30 bis 100 Jahre) angenommen werden, was einer hohen oder mittleren Wahrscheinlichkeit entspricht. Die Intensität des Schneedruckes liegt in der Regel zwischen 3 und 30 kN/m$^2$. Folglich kann blaues Gebiet ausgeschieden werden (Abb. 7).
2. Schneegleiten ist potentiell möglich, wurde aber bisher nie beobachtet: Es kann eine Wiederkehrdauer des Schneegleitens von 100 bis 300 Jahren angenommen werden, was einer geringen Wahrscheinlichkeit entspricht. Die Intensität des Schneedruckes liegt in der Regel zwischen 3 und 30 kN/m$^2$. Folglich kann gelbes Gebiet ausgeschieden werden.

Tab. 1: Faktoren für die Bewertung der Intensität und Gefährdung durch Schneegleiten (in Anlehnung an Ingenieure Bart AG, 2004).

| Faktor | | Kriterium | Bewertung |
|---|---|---|---|
| **1 Bodenrauhigkeit** | | Gleitfaktor N = 3,2 (siehe Anhang 2) | 3 |
| | | Gleitfaktor N = 2,5 (siehe Anhang 2) | 2 |
| | | Gleitfaktor N =1,8 (siehe Anhang 2) | 1 |
| **2 Exposition** | >1000 m ü. M. | ENE-S-WNW | 2 |
| | | WNW-N-ENE | 1 |
| | <1000 m ü. M. | Alle Expositionen | 2 |
| **3 Schneehöhe $H_A$** | | > 2,0 m | 3 |
| | | 1,0–2,0 m | 2 |
| | | < 1,0 m | 1 |
| **4 Hangneigung $\psi$** | | > 35° | 3 |
| | | 25°–35° | 2 |
| | | < 25° | 1 |
| **5 Hanglänge L** | | > 30 m | 3 |
| | | 15–30 m | 2 |
| | | < 15 m | 1 |
| **6 Geländeform** | | Flächig, eben | 3 |
| | | Muldenförmig, konkav | 2 |
| | | Geländebuckel, konvex | 1 |
| **7 Bodenfeuchtigkeit** | | Sumpfig, Rinnsal | 2 |
| | | Trocken | 1 |

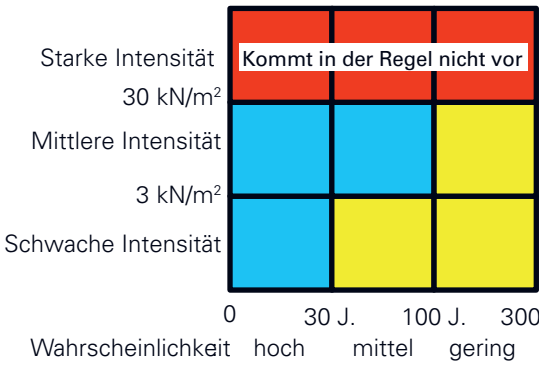



Abb. 6: Gefahrenstufendiagramm Schneegleiten.

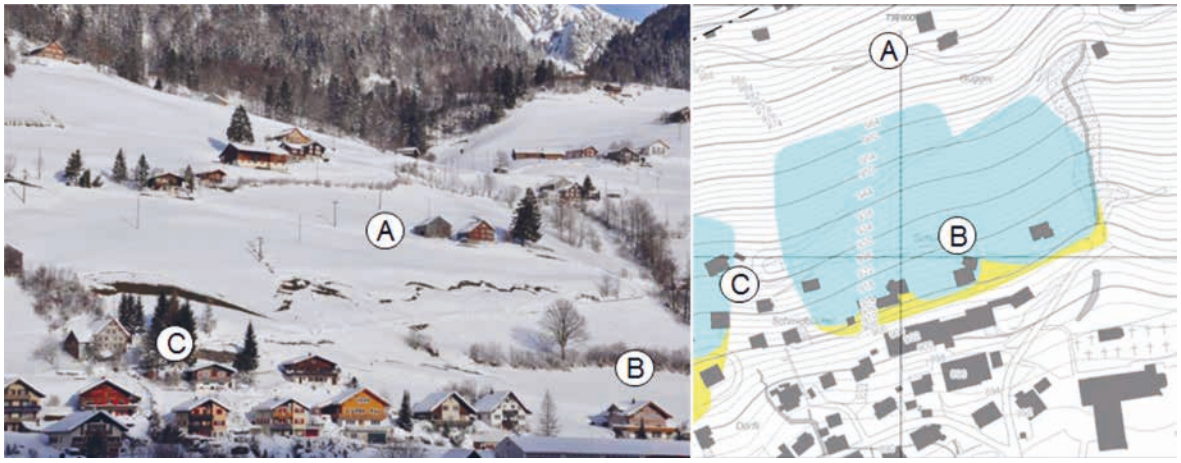



Abb. 7: Beispiel für eine Gefahrenkarte, wo Schneegleiten ausgeschieden wurde. Im blauen Gebiet wurde Schneegleiten dokumentiert. Als Abgrenzungskriterium wurden eine Wiederkehrdauer von 30 bis 100 Jahren und eine mittlere Intensität angenommen. Im gelben Gebiet wurde Schneegleiten nicht beobachtet. Als Abgrenzungskriterium wurden eine Wiederkehrdauer von 100 bis 300 Jahren und eine schwache Intensität angenommen (Gemeinde Wildhaus – Alt St. Johann, Gefahrenkarte: Naturgefahrenkommission des Kantons St. Gallen, 2011).

## 2.4 Abgrenzung zwischen Schneegleiten und Lawinen in einer Gefahrenkarte

Eine exakte Abgrenzung, wann in einer Gefahrenkarte Schneegleiten respektive Lawinen auszuscheiden sind, ist nicht möglich. Eine Gefährdung durch Lawinen wird in der Gefahrenkarte typischerweise ausgeschieden, wenn der dynamische Lawinendruck grösser ist als der statische Schneedruck gemäss Kapitel 3. Dies ist typischerweise der Fall, wenn die Kriterien in Tabelle 2 erfüllt sind.

Tab. 2: Kriterien für die Abgrenzung zwischen Schneegleiten und Lawinen.

| Kriterium, dass Lawine massgebend wird: | | Begründung: |
|---|---|---|
| **Meereshöhe** | > 700 m | Die Schneehöhen nehmen zu und die Schneedecke ist weniger feucht. |
| **Hangneigung** $\psi$ | > 28° | Mit zunehmender Hangneigung wird die Anbruchwahrscheinlichkeit einer Lawine grösser. |
| **Höhenunterschied des Hanges H** | > 30 m | Mit zunehmender Hanglänge und Steilheit nimmt die Lawinenintensität zu. |
| **Hanglänge L** | > 50 m | |

# 3 Berechnung Schneedruck

Der hangparallele statische Schneedruck, der durch die lokale Abbremsung der Kriech- und gegebenenfalls Gleitbewegung der Schneedecke hervorgerufen wird, hängt von der Schneedichte $\rho$, der Hangneigung $\psi$, der lotrechten Schneehöhe $H_A$, dem Kriechfaktor K und dem Gleitfaktor N ab. Der Schneedruck $q_G$ auf eine breite, senkrechte Fläche (z. B. ein Gebäude) kann vereinfacht gemäss Formel (1) berechnet werden.

Schneedruck $q_G = \rho \cdot g \cdot H_A^2 \cdot ½ \cdot K \cdot N / D_A$ [kN/m²] (1)

$\rho$ = Schneedichte (für 100-jährliche Schneehöhe gemäss Tab. 3 = 0,3 t/m³; bei reduzierten Schneehöhen bis 0,4 t/m³; in der Technischen Richtlinie für den Lawinenverbau im Anbruchgebiet wird für die Schneedichte t/m³ und nicht die SI-Einheit kg/m³ verwendet)
g = Erdbeschleunigung 10 m/s²
$H_A$ = Schneehöhe [m] (vgl. Tab. 3)
K = Kriechfaktor in Abhängigkeit von der Schneedichte $\rho$ und der Hangneigung $\psi$: für $\rho$ = 0,3 t/m³ ist K = 0,76 · sin2$\psi$ und für $\rho$ = 0,4 t/m³ ist K = 0,83 · sin2$\psi$.
$\psi$ = mittlere Hangneigung (i.d.R. > 25 °; siehe Abb. 3)
N = Gleitfaktor gemäss Anhang 2 (resp. Technische Richtlinie für den Lawinenverbau im Anbruchgebiet Tab. 5).
$D_A$ = Schneemächtigkeit = $H_A \cdot \cos \psi$ [m]

Beim Schneedruck $q_G$ handelt es sich um eine gleichförmig verteilte Flächenlast (kN/m²; siehe Abb. 2). Der Schneedruck $q_G$ kann vereinfacht mit den Diagrammen im Anhang 1 bestimmt werden. In den Diagrammen von Anhang 1 ist der Schneedruck $q_G$ in Funktion des Gleitfaktors N, der Schneehöhe $H_A$ und der Hangneigung $\psi$ angegeben. Die Formel (1) und die Diagramme im Anhang 1 sind nicht für schmale Hindernisse oder solche mit einer komplexen Geometrie (z. B. grosse Fachwerkstütze) gültig. Weiter können in den Randbereichen eines Objektes grosse Randkräfte auftreten, die ebenfalls nicht berücksichtigt sind. Zusätzlich ist in den Diagrammen im Anhang 1 als minimaler Wert der Ruhedruck $q_H$ angegeben, der bei horizontalem Gelände infolge Setzung der Schneedecke entsteht (Abb. 8 und 9). Der horizontal wirkende Ruhedruck $q_H$ ist dreieckförmig verteilt mit einem maximalen Wert am Boden. Er kann vereinfacht gemäss Formel (2) berechnet werden.

Horizontaler Ruhedruck $q_H = \rho \cdot g \cdot H_A \cdot m$ [kN/m²] (2)

$\rho$ = Schneedichte (für 100-jährliche Schneehöhe gemäss Tab. 3 = 0,3 t/m³; bei reduzierten Schneehöhen bis 0,4 t/m³)
g = Erdbeschleunigung 10 m/s²
$H_A$ = Schneehöhe [m] (vgl. Tab. 3)
m = Ruhedruckbeiwert, der von der Schneeart abhängig ist und zwischen 0,20 und 0,33 variiert.

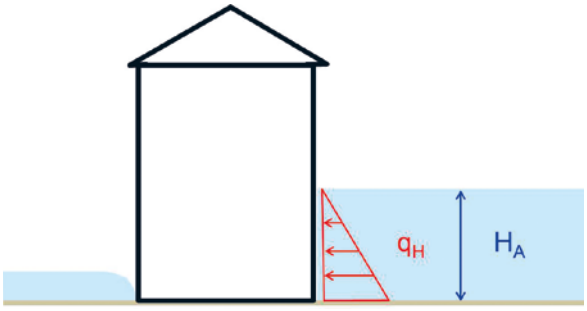



Abb. 8: Ruhedruck $q_H$ wirkt bei horizontalem Gelände auf eine vertikale Gebäudewand.



Abb. 9: Infolge Windeinwirkung hat sich vor den Gebäuden eine meterhohe Schneeablagerung gebildet. Auf die Fassade wirkt der Ruhedruck, der z. B. Fenster oder Türen eindrücken kann.

Falls keine lokalen Messungen der Schneehöhe vorliegen, kann die 100-jährliche extreme Schneehöhe $H_{100A}$ für die jeweilige Zone (vgl. Anhang 1.4) in Funktion der Meereshöhe Z gemäss Tab. 3 berechnet werden (MARGRETH 2007).

Tab. 3: Berechnung der 100-jährlichen Schneehöhe in Funktion der Meereshöhe Z mit Anwendungsbeispielen (siehe Anhang 1.4).

| Zone: | Berechnungsformeln (3): | Anwendungsbeispiele: | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Ort: | 100-jährliche Schneehöhe $H_{100A}$ gemäss Berechnungsformeln (3): | 100-jährliche Schneehöhe $H_{100A}$ ermittelt aus extrapolierten Messwerten von Versuchsfeldern (Gumbel-Methode): |
| 1 | $H_{100A} = 1{,}00 \cdot (0{,}15 \cdot Z – 20)$ | Ardez, 1432 m | $H_{100A}$ = 1,95 m | $H_{100A}$, Gumbel = 1,78 m |
| 2 | $H_{100A} = 1{,}30 \cdot (0{,}15 \cdot Z – 20)$ | Davos, 1560 m | $H_{100A}$ = 2,78 m | $H_{100A}$, Gumbel = 2,37 m |
| 3 | $H_{100A} = 1{,}65 \cdot (0{,}15 \cdot Z – 20)$ | St. Antönien, 1510 m | $H_{100A}$ = 3,41 m | $H_{100A}$, Gumbel = 3,19 m |
| 4 | $H_{100A} = 2{,}00 \cdot (0{,}15 \cdot Z – 20)$ | Braunwald, 1310 m | $H_{100A}$ = 3,53 m | $H_{100A}$, Gumbel = 3,70 m |

Die 30- und 300-jährliche Schneehöhen können aus der 100-jährlichen Schneehöhe wie folgt berechnet werden: $H_{30A} = 0{,}84 \cdot H_{100A}$ und $H_{300A} = 1{,}14 \cdot H_{100A}$.

**Beispiel: Berechnung des Schneedrucks auf ein Gebäude in Davos**
Meereshöhe: 1550 m → Zone 2 in Anhang 1.4: $H_{100A} = 1{,}30 \cdot (0{,}15 \cdot 1550 – 20) = 276$ cm

- Hangneigung $\psi = 45°$
- Schneedichte $\rho = 0{,}3$ t/m³
- Schneehöhe $H_A = 2{,}76$ m
- Schneemächtigkeit $D_A = H_A \cdot \cos \psi = 1{,}95$ m
- Kriechfaktor $K = 0{,}76 \cdot \sin 2\psi = 0{,}76$
- Gleitfaktor N = 2,5

→ Schneedruck:
$q_G = \rho \cdot g \cdot H_A^2 \cdot ½ \cdot K \cdot N / D_A = 0{,}3 \cdot 10 \cdot 2{,}76^2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}76 \cdot 2{,}5 / 1{,}95 =$ **11,1 kN/m²**

Auf die bergseitige Gebäudewand (vgl. Abb. 2) wirkt ein Schneedruck von 11 kN/m² über eine Höhe von 2,8 m (100-jährliche Schneehöhe). Der Schneedruck kann auch gemäss dem Diagramm in Anhang 1.2 bestimmt werden (Abb. 10).

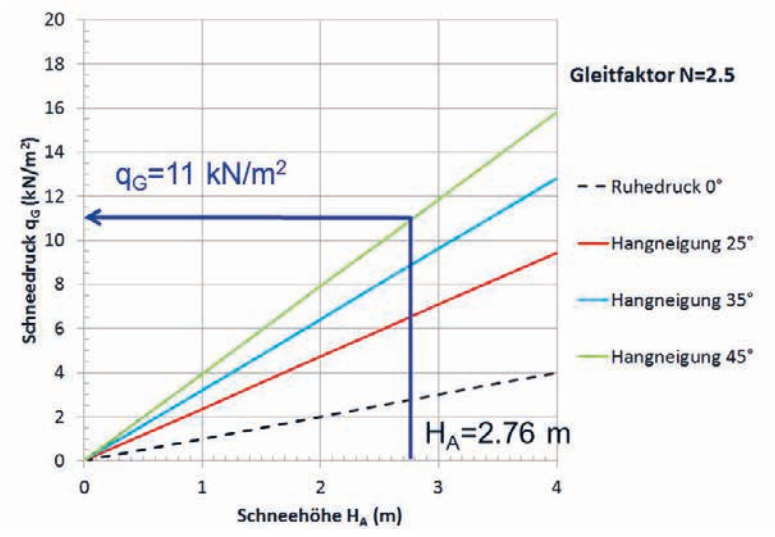



Abb. 10: Bestimmung des Schneedruckes im Beispiel gemäss dem Diagramm in Anhang 1.2. Für eine Schneehöhe von 2,76 m und eine Hangneigung von 45° resultiert ein Schneedruck $q_G$ von 11 kN/m².

# 4 Massnahmen gegen Schneegleiten

a) Objektschutz: Ein Gebäude kann mit auf Schneedruck bemessenem Objektschutz (z. B. in Form einer verstärkten Gebäudehülle ohne Öffnungen) geschützt werden (Abb. 11 und 12).
b) Gleitschneeschutzmassnahmen: Schneegleiten kann aber auch mit baulichen Massnahmen wie Bermen, Verpfählungen, Holzschwellen, Dreibeinböcken oder Stützwerken verhindert werden (Abb. 13, 14 und 15). Eine Bemessung des gefährdeten Objektes auf Schneedruck ist dann oft nicht mehr erforderlich. Der Effekt dieser Massnahmen besteht in einer Erhöhung der Bodenrauhigkeit. Gleitschneeschutzmassnahmen können mit Aufforstungen kombiniert werden.
c) Geländeanpassungen: Durch die angepasste Überbauung eines Hanges kann die Gefährdung durch Schneegleiten oft behoben werden (Abb. 16; Terrassierung des Hanges durch Zufahrten, Stützmauern, Gartensitzplätze, Zugangswege usw.; breitere, ungeschützte Gassen zwischen der Terrassierung, die in der Hangfalllinie verlaufen, sind zu vermeiden).
d) Bewirtschaftung: Kurz geschnittenes Gras ist günstiger als langhalmiges Gras – Schneegleiten kann jedoch trotzdem nicht ausgeschlossen werden. Das Ausbringen von Stallmist im Herbst kann das Schneegleiten hemmen (Erhöhung Bodenrauhigkeit).



Abb. 11: Blockhaus wird durch eine Betonmauer geschützt. Beim Schneegleiten hat die Höhe der Mauer der extremen Schneehöhe zu entsprechen (typischerweise für 100 Jahre).



Abb. 12: Wohnhaus am Fuss eines Gleitschneehanges. Zugang und Terrasse sind mit Betonmauern geschützt. Das Erdgeschoss weist bergseitig keine Fenster auf.



Abb. 13: Ein kurzer Steilhang im Siedlungsgebiet wurde mit Pfählen gesichert und aufgeforstet. Bei starkem Schneegleiten ist eine Verpfählung oft nicht ausreichend (z. B. Kombination mit Dreibeinböcken oder Berme).



Abb. 14: Ein kurzer Steilhang im Siedlungsgebiet wurde mit Stützwerken gesichert.



Abb. 15: Dreibeinböcke verhindern das Gleiten und Kriechen der Schneedecke. Sie werden flächenhaft eingesetzt (Raster etwa 2,0–2,5 m). Kosten etwa CHF 250.– pro Bock.



Abb. 16: Durch eine Terrassierung kann die Schneedecke am Gleiten gehindert werden. Eine Terrassierung kann ein Schneegleitproblem permanent lösen.

# 5 Literatur

BFF und SLF, 1984: Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei Raumwirksamen Tätigkeiten, Bundesamt für Forstwesen und Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung. 21 S.

LEUENBERGER, F., 2003: Bauanleitung Gleitschneeschutz und temporärer Stützverbau. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos.

MARGRETH, S., 2007: Lawinenverbau im Anbruchgebiet. Technische Richtlinie als Vollzugshilfe. Umwelt-Vollzug Nr. 0704. Bundesamt für Umwelt, Bern, WSL Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos. 101 S.

VKF, 2005: Wegleitung Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren.

Ingenieure Bart AG, 2004: Ermittlungsmodell für Schneegleiten.

## Dank

Die Erarbeitung des Berichtes wurde vom Amt für Wald und Naturgefahren des Kantons Graubünden finanziell unterstützt.

## Fotos

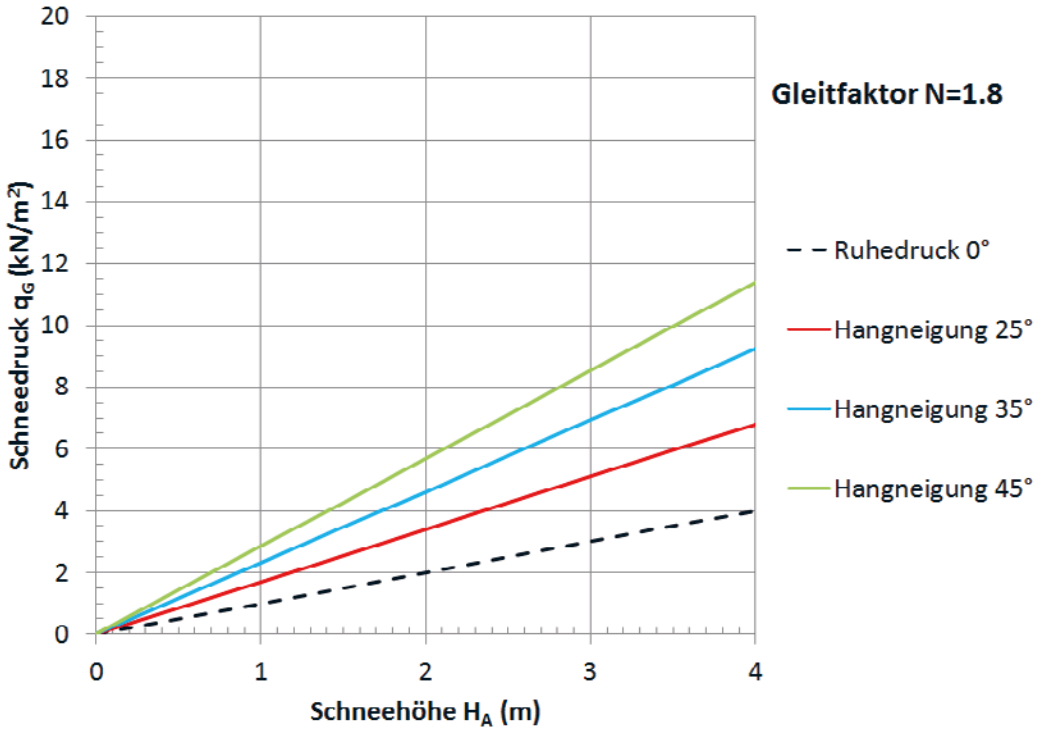
Amt für Wald, Natur und Landschaft des Fürstentums Liechtenstein (Abb. 2)
Stefan Margreth, SLF Davos (Abb. 3, 4, 5, 11, 12, 13, 14, 15, 16, Anhang 2)
Archiv SLF (Abb. 9)
Peter Diener (Abb. 7)

## Kontakt

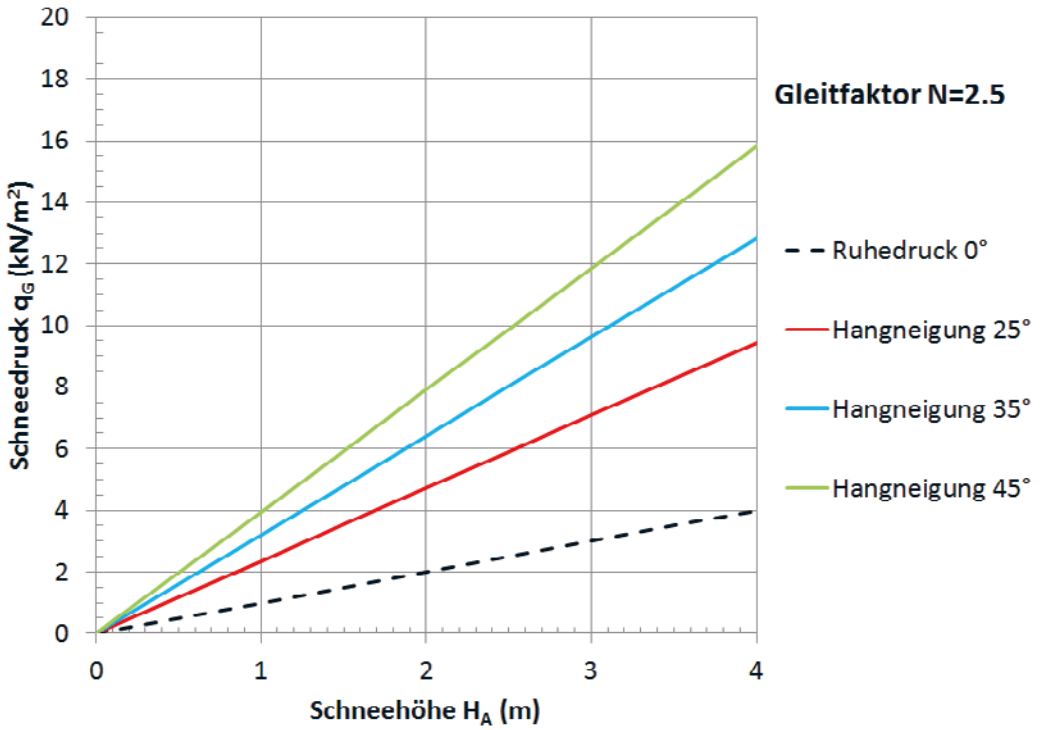
Stefan Margreth
WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF
CH-7260 Davos Dorf
margreth@slf.ch

# Anhang 1: Schneedruckermittlung

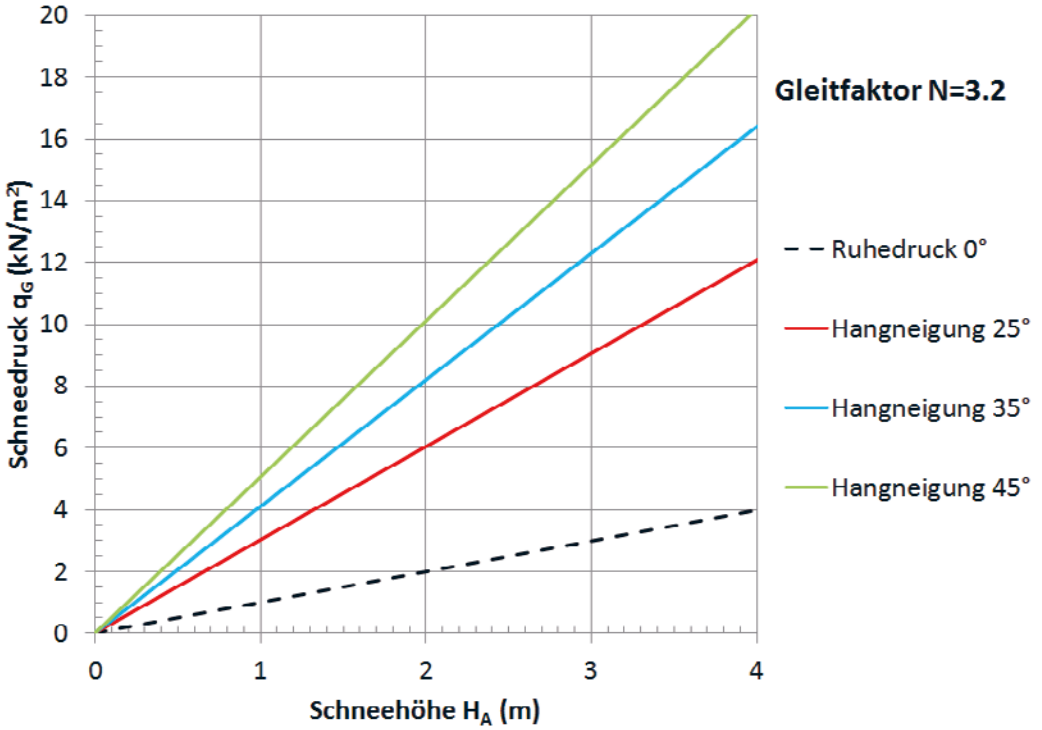
Die Diagramme der Anhänge 1.1 bis 1.3 gelten für durchschnittliche Verhältnisse und breite, senkrechte Hindernisse.



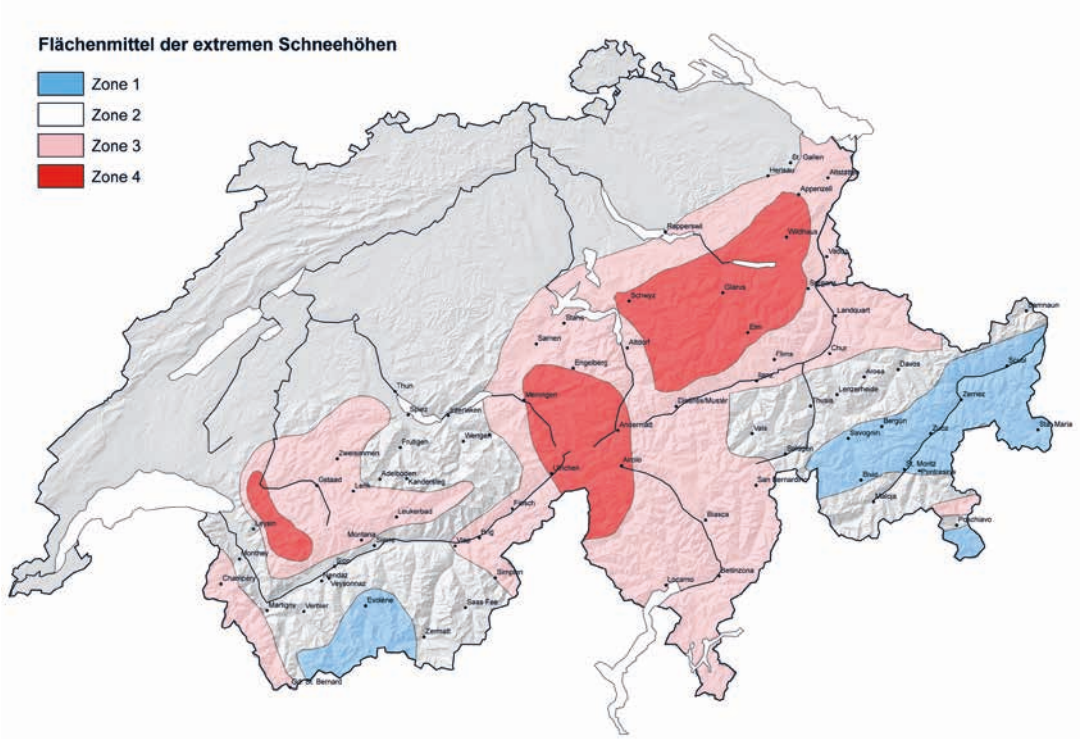

Anhang 1.1: Schneedruck $q_G$ auf ein grosses Hindernis für einen Gleitfaktor N = 1,8 und eine Schneedichte von 0,3 t/m³ in Funktion der Schneehöhe $H_A$ und der Hangneigung ψ.




Anhang 1.2: Schneedruck $q_G$ auf ein grosses Hindernis für einen Gleitfaktor N = 2,5 und eine Schneedichte von 0,3 t/m³ in Funktion der Schneehöhe $H_A$ und der Hangneigung ψ.




Anhang 1.3: Schneedruck $q_G$ auf ein grosses Hindernis für einen Gleitfaktor N = 3,2 und eine Schneedichte von 0,3 t/m³ in Funktion der Schneehöhe $H_A$ und der Hangneigung ψ.




Anhang 1.4: Zonen für die Ermittlung der 100-jährlichen extremen Schneehöhe $H_{100A}$ (MARGRETH 2007).

# Anhang 2: Abschätzung Gleitfaktor N





Gleitfaktor N = 1,8: Stark ausgebildete Kuhtritte; stark ausgebildete, von Grasnarbe und Kleinsträuchern überwachsene Höcker (> 50 cm); grobes Geröll (10–30 cm Durchmesser); grössere Erlenbüsche.





Gleitfaktor N = 2,5: Schwach ausgebildete Kuhtritte; kurzhalmige Grasnarbe mit Kleinsträucher (< 100 cm); feines Geröll (< 10 cm); schwach ausgebildete, von Grasnarbe und Kleinsträuchern überwachsene Höcker (< 50 cm).





Gleitfaktor N = 3,2: Glatte, langhalmige, geschlossene Grasnarbe; glatte, anstehende Felsplatten mit hangparalleler Schichtung; sumpfige Mulden; glatter, mit Erde vermischter Hangschutt.