



1

2

3

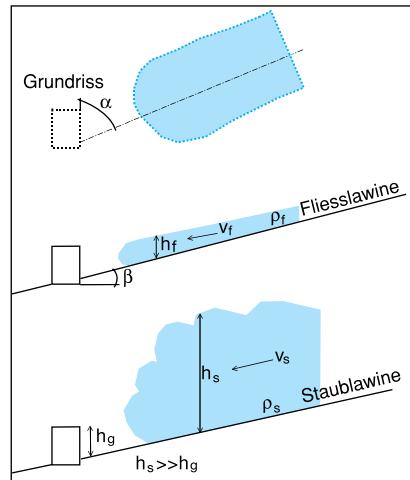
4

5

6

7

## 1 Bezeichnungen



$h_n$  [m] natürlich abgelagerte Schneehöhe  
 $h_f$  [m] Fließhöhe der Fließlawine  
 $h_s$  [m] Fließhöhe der Staublawine  
 $h_{\text{stau}}$  [m] Stauhöhe der Fließlawine  
 $v_f$  [m/s] Geschwindigkeit der Fließlawine  
 $v_s$  [m/s] Geschwindigkeit der Staublawine  
 $g$  [m/s<sup>2</sup>] Erdbeschleunigung (10 m/s<sup>2</sup>)  
 $l_h$  [m] Dicke der Stahlbetonwand  
 $l_s$  [m] Spannweite der Stahlbetonwand  
 $\rho_n$  [t/m<sup>3</sup>] Dichte des natürlich abgelagerten Schnees  
 $\rho_a$  [t/m<sup>3</sup>] Dichte des abgelagerten Lawinenschnees  
 $\rho_f$  [t/m<sup>3</sup>] Dichte der Fließlawine

$\rho_s$  [t/m<sup>3</sup>] Dichte der Staublawine  
 $h_g$  [m] Gebäudehöhe  
 $m$  [t] Masse einer Einzellast  
 $\alpha$  [°] Ablenkwinkel  
 $\beta$  [°] Hangneigung  
 $\gamma$  [°] Öffnungswinkel des Spaltkeils  
 $\delta$  [°] vertikaler Umlenkwinkel bei Ebenhöch  
 $l_u$  [m] Umlenkstrecke bei Ebenhöch  
 $q_n$  [kN/m<sup>2</sup>] Druck des natürlich abgelagerten Schnees  
 $q_f$  [kN/m<sup>2</sup>] Druck der Fließlawine  
 $q_s$  [kN/m<sup>2</sup>] Druck der Staublawine  
 $q_a$  [kN/m<sup>2</sup>] Druck des abgelagerten Lawinenschnees  
 $q_u$  [kN/m<sup>2</sup>] Druck der vertikalen Umlenkung bei Ebenhöch  
 $q_k$  [kN/m<sup>2</sup>] Druck infolge Schneegleiten und -kriechen  
 $q_{x,r}$  [kN/m<sup>2</sup>] spezifische Reibung  
 $q_e$  [kN/m<sup>2</sup>] statischer Ersatzdruck einer Einzellast (Anprall)  
 $c_d$  [-] Widerstandskoeffizient  
 $\mu$  [-] Reibungskoeffizient  
 $\lambda$  [-] Stauhöhenkoeffizient  
 $A$  [m<sup>2</sup>] Anprallfläche einer Einzellast  
 $N$  [-] Gleitfaktor  
 $K$  [-] Kriechfaktor  
 $Q_e$  [kN] statische Ersatzkraft einer Einzellast (Anprall)

3

4

5

## Charakterisierung

Im Auslaufgebiet verlangsamen sich die Fließlawinen durch das flachere Terrain und die Ausbreitung. Die Fließgeschwindigkeit reduziert sich unter 10 m/s und die Fließhöhen liegen in einem typischen Bereich von 2 bis 10 m. Die Fließhöhe von Staublawinen

erreicht im Auslaufgebiet oft mehr als 50 m. In den untersten 1 bis 5 m, in der sogenannten Saltationsschicht, führt eine Staublawine grössere Schneebrocken mit. Dadurch treten dort ähnliche Kräfte wie in einer Fließlawine auf.

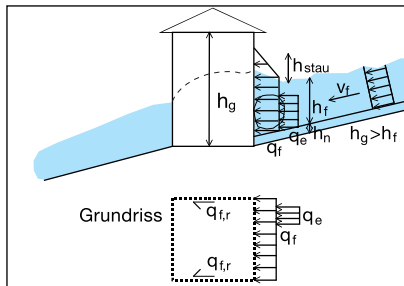
6

## 7 Intensitätsparameter zur Bemessung

Zur Bemessung von Objektschutzmassnahmen bedarf es Angaben zur *Fließhöhe*, *Geschwindigkeit* und *Dichte* der Fließlawine. Als Alternative zur Geschwindigkeit kann der *Druck* auf ein senkrecht zur Lawinenrichtung stehendes, ebenes und grosses Hindernis zur Bemessung verwendet werden.

Bei Staublawinen genügt als Bemessungskriterium ein Richtwert bezüglich des zu erwartenden *Staudruckes*. Diese Angaben können aus den Intensitätskarten und dem technischen Bericht abgeleitet werden. Existieren keine Intensitätsangaben, so sind diese durch einen Gefahrenfachmann zu bestimmen.

Gefährdungsbild 1

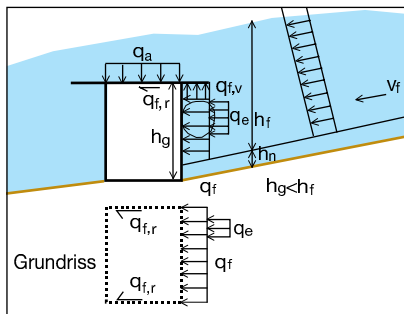


*Fließlawine umfließt rechteckiges Gebäude*

Die Fließlawine prallt auf die Stirnseite eines Gebäudes. Durch den Aufprall entsteht eine Stauhöhe  $h_{stau}$ , welche zusammen mit der Fließhöhe  $h_f$  und der natürlich abgelagerten Schneehöhe  $h_n$  die Gebäudehöhe nicht überragt.

Auf die Dachkonstruktion wird daher keine direkte Einwirkung ausgeübt. Der Druck  $q_f$  auf der Gebäudeaussen-seite stellt die Haupteinwirkung dar. Diese wird durch die Gebäudeform, die Schneedichte und die Lawinengeschwindigkeit beeinflusst. Die Lawinengeschwindigkeit wird als konstant über die Lawinenhöhe angenommen. Für die Seitenwände und alle schräg angeströmten Wände ist ein um den entsprechenden Ablenkwinkel  $\alpha$  reduzierter Druck zu berücksichtigen. Im weiteren wirken auf diese Wände Kräfte infolge Reibung  $q_{f,r}$ . Ist mit dem Niedergang von Baumstämmen oder Blöcken zu rechnen, so ist dies mittels eines statischen Ersatzdruckes  $q_e$  zu berücksichtigen.

Gefährdungsbild 2

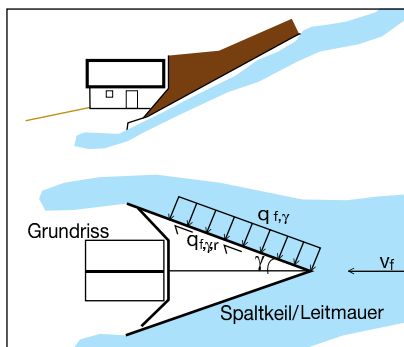


*Fließlawine überfließt rechteckiges Gebäude*

Die Fließhöhe  $h_f$  ist grösser als die Gebäudehöhe  $h_g$ . Es sind sowohl Drücke  $q_f$  auf die Wände als

auch auf vorspringende Dachbereiche von unten  $q_{f,v}$  zu berücksichtigen. Durch das Überfließen des Gebäudes entsteht eine vertikale Auflast  $q_a$ , welche zusätzlich zur natürlich abgelagerten Schneelast  $q_n$  für das Dach zu berücksichtigen ist. Im weiteren sind die Wände und das Dach der Reibung  $q_{f,r}$  ausgesetzt. Ist mit dem Niedergang von Baumstämmen oder Blöcken zu rechnen, so ist dies mittels eines statischen Ersatzdruckes  $q_e$  zu berücksichtigen.

Gefährdungsbild 3



*Fließlawine umfließt Gebäude mit Spaltkeil*

Dies stellt einen Sonderfall bezüglich des Gefährdungsbildes 1 dar.

Auf den Spaltkeil wirken Drücke infolge Umfließung und Reibung. Auf den Keil wirkt der um den Ablenkwinkel reduzierte Druck  $q_{f,\gamma}$ . Der Ablenkwinkel  $\gamma$  darf höchstens  $30^\circ$  betragen, da sonst die Ablenkungswirkung verloren geht und es sich um einen Anprall handelt (Gefährdungsbild 1). Der Spaltkeil muss überdies ausreichend in seiner Höhe bemessen sein, da ansonsten auch Einwirkungen infolge Überfließen zu berücksichtigen sind (Gefährdungsbild 2).

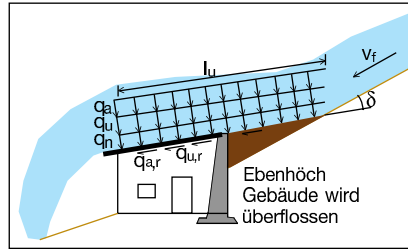
1

Ist mit dem Niedergang von Baumstämmen oder Blöcken zu rechnen, so ist dies mittels einer statischen Ersatzkraft in Form einer Einzellast zu berücksichtigen.

(Dieses Gefährdungsbild entspricht der Einwirkungsart, wie sie bei Leitmauern und -dämmen auftritt.)

2

Gefährdungsbild 4



Fließlawine überfließt Gebäude mit Ebenhöch

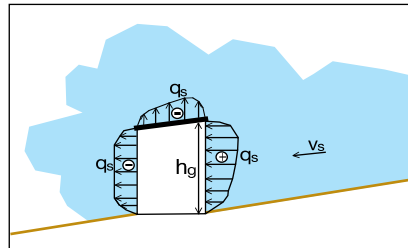
Dies stellt einen Sonderfall von Gefährdungsbild 2 dar. Auf das ebenerdig angeordnete Dach wirken die Auflast der Lawine  $q_a$  und

des natürlich abgelagerten Schnees  $q_n$ , sowie die Last infolge Umlenkung  $q_u$ . Die Belastung erfolgt in Form von normal und tangential (Reibung) angreifenden Kräften. Für die Seitenwände und allfällige schräg angeströmten Wände ist ein um den entsprechenden Ablenkwinkel  $\alpha$  reduzierter Druck und die Reibung zu berücksichtigen. (Dieses Gefährdungsbild entspricht der Einwirkungsart, wie sie bei Lawingalerien auftritt.)

3

4

Gefährdungsbild 5

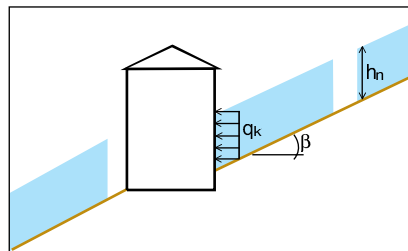


Staublawine wirkt auf Gebäude ein

Die Einwirkung einer Staublawine auf ein Gebäude ist mit der Einwirkung infolge Wind vergleichbar. Es gelten daher dieselben Ansätze wie nach SIA 261 Ziffer 6 (Wind).

5

Gefährdungsbild 6



Schneegleiten und -kriechen wirkt auf Gebäude ein

Das Schneegleiten und -kriechen wirkt sich als Schneedruck  $q_k$  auf die Stirnseite des Gebäudes aus. Diese Einwirkung ist im wesentlichen abhängig von der Dichte des Schnees, der Hangneigung, der Exposition, der Bodenbedeckung und der Schneehöhe.

6

7

Stauhöhe der Fließlawine

Die Stauhöhe errechnet sich bei Fließlawinen, welche auf Objekte aufprallen, zu:

$$h_{\text{stau}} = (v_f^2) / (2 * g * \lambda) \text{ [m]}$$

*Stauhöhe bei Fließlawinen*

$\lambda$  ist abhängig von der Beschaffen-

heit des Lawinenschnees:

$$\lambda = 1.5 \quad [-]$$

*leichte, trockene Lawinen*

$$2 \leq \lambda \leq 3 \quad [-]$$

*dichte Lawinen*

Druck der Fließ- und Staublawine

Der Druck infolge der dynamischen Beanspruchung ist abhängig von der Lawinengeschwindigkeit, der Dichte und der Form der umflossenen Baute, ausgedrückt durch den Widerstandskoeffizienten  $c_d$ .

$$q_f = 0.5 * c_d * \rho_f * v_f^2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

*Druck der Fließlawine*

Für Fließlawinen und Bauten mit rechteckiger Grundrissfläche gilt allgemein  $c_d = 2$  bis  $3$ .

$$\text{wobei } \rho_f = 0.3 \quad \text{[t/m}^3\text{]}$$

*Richtwert für Dichte von Fließlawinen*

Beispiel: Auf ein senkrecht zur Lawinenrichtung stehendes, ebenes und grosses Hindernis wird von einer Fließlawine mit  $v_f = 10 \text{ m/s}$  ein Druck von

$$q_f = 0.5 * 2 * 0.3 * 100 = 30 \text{ kN/m}^2$$

ausgeübt.

Für Flächen, welche nicht senkrecht zur Fließrichtung stehen, ist der Ablenkwinkel  $\alpha$  zu berücksichtigen:

$$q_{f,\alpha} = q_f * \sin^2 \alpha \quad \text{[kN/m}^2\text{]}$$

*Druck bei schräger Anströmung*



*Einwirkung durch Staublawine*

Parallel zur Fließrichtung stehende Seitenwände sind mit einem Lawinendruck zu bemessen, welcher sich bei einer Ablenkung der Schneemassen um  $\alpha = \pm 20^\circ$  ergibt.

Durch den Aufprall auf Wände können vertikal nach oben gerichtete Kräfte entstehen. Diese wirken zum Beispiel auf Dachvorsprünge und Balkonplatten ein und sind:

$$q_{f,v} = q_f * 0.4 \quad \text{[kN/m}^2\text{]}$$

*Druck auf vorspringende Gebäudeteile von unten*

Für *Staublawinen* können die  $c_d$ -Werte gemäss Norm SIA 261 Ziffer 6 (Wind) verwendet werden, wobei  $q$  als Staudruck zu interpretieren ist. Die grössere Dichte der Staublawine gegenüber derjenigen der Luft erhöht entsprechend den Staudruck. Als Richtwert des statischen Staudruckes kann bei Staublawinen vereinfacht angenommen werden:

$$q_s = 3 \text{ bis } 5 \quad \text{[kN/m}^2\text{]}$$

*Richtwert des Staudrucks bei Staublawinen*

Die Druckwirkung des der Staublawine vorausseilenden Luftstosses wird oft überschätzt. Die maximale Druckbelastung beträgt ca.  $5 \text{ kN/m}^2$ .

1 Vertikale Auflast

Die Auflast des natürlich abgelagerten Schnees ist:

$$q_n = h_n \cdot \rho_n \cdot g \quad [\text{kN/m}^2]$$

wobei  $\rho_n = 0.4 \quad [\text{t/m}^3]$

*Dichte natürlich abgelagerten Schnees (Richtwert)*

Die Auflast des Lawinenschnees auf Bauten ist:

$$q_a = (h_f - h_g) \cdot \rho_a \cdot g \quad [\text{kN/m}^2]$$

*Auflast von Lawinenschnee*

wobei  $\rho_a = 0.5 \quad [\text{t/m}^3]$

*Dichte für abgelagerten Lawinenschnee (Richtwert)*

2 Vertikale Umlenkung

Druck durch vertikale Umlenkung

$q_u$ : (Gefährdungsbild 4)

Der statische Druck infolge vertikaler Umlenkung auf Dachbauten (Ebenhöc) ist:

$$q_u = (\rho_f \cdot h_f \cdot v_f^2 \cdot \sin \delta) / (l_u) \quad [\text{kN/m}^2]$$

*Druck der Umlenkung*

3 Reibung

Die Reibung wird mit Hilfe eines Reibungskoeffizienten  $\mu$  berücksichtigt. Dieser beträgt:

$$\mu = 0.3 \quad [-]$$

*Kontakt: Schnee/Schnee*

$$\mu = 0.3 \quad [-]$$

*Kontakt: Schnee/Beton*

$$\mu = 0.4 \quad [-]$$

*Kontakt: Schnee/grober Boden resp. rauhe Flächen*

Die spezifische Reibung parallel zur Fläche  $q_{x,r}$  berechnet sich aus dem Druck senkrecht zur Fläche  $q_x$  wie folgt:

$$q_{x,r} = \mu \cdot q_x \quad [\text{kN/m}^2]$$

*Spezifische Reibung*

4 Anprallkraft von Einzelkomponenten

Können Baumstämme oder grössere Gesteine von der Lawine mitgerissen werden, so ist zusätzlich zum Druck der Lawine eine Anprallkraft solcher Einzelkomponenten zu berücksichtigen. Anhand der Berechnungsannahmen unter Kapitel Steinschlag kann mit folgenden statischen Ersatzkräften  $Q_e$  gerechnet werden, welche auf eine Betonwand mit Dicke  $l_h = 0.3 \text{ m}$  und Spannweite  $l_s = 2.5 \text{ m}$  einwirken: (Annahmen: duktiler Bruchverhalten, max. Durchbiegung 25 mm, keine Einspannung,  $C_k = 0.4, \gamma_Q = 1.0, \gamma_R = 1.0$ )

5

6

7

Masse des Blocks m	Lawinengeschwindigkeit $v_f$	Anprallfläche A	statische Ersatzkraft $Q_e$
0.1 t	5 m/s	0.30 m x 0.30 m	20 kN
0.5 t	5 m/s	0.50 m x 0.50 m	100 kN
1.0 t	5 m/s	0.65 m x 0.65 m	200 kN
0.1 t	10 m/s	0.30 m x 0.30 m	80 kN
0.5 t	10 m/s	0.50 m x 0.50 m	400 kN
1.0 t	10 m/s	0.65 m x 0.65 m	800 kN

Die statische Ersatzkraft kann für andere Wanddicken  $l_h$  und Spannweiten  $l_s$  folgendermassen ermittelt werden:

$$Q_e' = (Q_e * 2.5 * l_h) / (0.3 * l_s)$$

Diese Einzellast ist gleichzeitig wirkend mit der Belastung  $q_f$  der Flieslawine anzunehmen. Sie kann an beliebiger Stelle der Flieshöhe der Lawine auftreten und verteilt sich gleichmässig über die Anprallfläche  $A$ :

$$q_e = Q_e / A \quad [\text{kN/m}^2]$$

*statischer Ersatzdruck einer Einzellast (Anprall)*

Verhält sich die betroffene Wand nicht duktil sondern spröd (Durchstanzen der Einzellast), so sind entsprechend höhere statische Ersatzkräfte für die Bemessung massgebend (vgl. Kap. Steinschlag).

Druck infolge Schneegleitens und -kriechens

Der statische Druck infolge Schneegleitens und -kriechens beträgt:

$$q_k = \rho_n * g * K * N * h_n * 0.5 * \cos\beta$$

[kN/m<sup>2</sup>]

*Druck infolge Gleiten und Kriechen*

wobei  $K = 0.83 * \sin 2\beta$  [-]

Kriechfaktor für  $\rho_n = 0.4 \text{ t/m}^3$

Die Schneehöhe kann gemäss der Richtlinie BUWAL/WSL 1990/2000 bestimmt werden. Der berechnete Druck ist gültig für grosse Objektspannweiten. Bei kleinen Objekten und im Randbereich von grossen Objekten können erhöhte Randkräfte auftreten.

Der Gleitfaktor  $N$  ist abhängig vom Bodenbewuchs und der Exposition:

Bodenbedeckung	Exposition WNW-N-ENE	Exposition ENE-S-WNW
Grober Blockschutt/vereinzelte Felsblöcke	1.2	1.3
Geschlossene Gebüschrflächen/stark ausgebildete Höcker/grobes Geröll	1.6	1.8
Kurzalmige Grasnarbe/feines Geröll/schwach ausgebildete Höcker	2.0	2.4
Glatte, langalmige Grasnarbe/Glatte, anstehende Felsplatten	2.6	3.2

### 1 Einpassung in das Terrain



Eine gute Einpassung in das Terrain schützt die Bauten vor dem direkten Lawinenangriff. Dies geschieht durch eine vertiefte Anordnung des Gebäudekörpers. Die lawinenseitig zu schützende Aussenwandfläche verringert sich mit dieser Massnahme.

### 2 Formgestalt der Baute



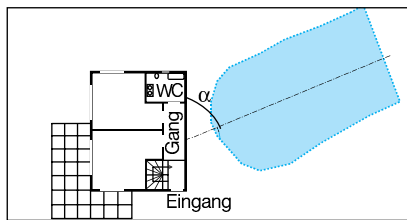
Die Formgestalt der Baute bestimmt die effektiv wirkenden Drücke auf die betroffenen Aussenwände. Keilförmige oder zumindest abgewinkelte Grundrissformen sind in Bezug auf die Hauptzuflussrichtung der Lawine günstig.

Sehr ungünstig wirken sich einspringende Ecken aus und Auswölbungen wie zum Beispiel Erker oder Kamine.

Im weiteren ist zu beachten, dass sich an der direkt betroffenen Aussenfassade keine Leitungen befinden (Dachwasserleitung, Öltankentlüftung u.a.). Diese würden beim Lawinenanprall beschädigt oder abgerissen.

### 3

### 4 Nutzungskonzept der Innenräume



Das Personenrisiko in Gebäuden wird durch eine angepasste Raumnutzung reduziert. Im Bereich der direkt betroffenen Aussenwand werden Räume mit allgemein kurzer Aufenthaltsdauer von Personen angeordnet.

### 5 Lage von Öffnungen im Gebäudegrundriss

Gebäudeöffnungen wie Fenster und Türen stellen die markanteste Schwachstelle bei der Lawineneinwirkung dar. Daher werden Fenster in der lawinenseitigen Aussenwand vermieden oder zumindest sehr klein gehalten.

Solche Öffnungen bedürfen immer einer Verstärkung (vgl. weiter hinten). Lawinenseitige Eingänge sind nur in begründeten Ausnahmefällen möglich, sofern sie durch geeignete Massnahmen permanent geschützt sind.

### 6 Nutzungskonzept des Aussenraumes



Intensive Nutzungsformen im Bereich des Aussenraumes sollen sich in den durch die Baute geschützten Partien befinden. Sitzplätze und Balkone sind daher im Bereich des lawinenabgewandten Aussenraumes anzuordnen. Ebenso ist darauf zu achten, dass die Zufahrt und der Zugang zum Gebäude geschützt angeordnet werden.

### 7



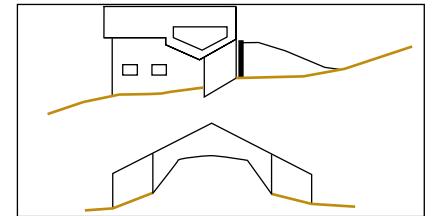
Sämtliche Tragelemente, welche im Einflussbereich der Lawine liegen, müssen gegen Druck- und Reibungskräfte sowie gegen nach oben und unten gerichtete Vertikalkräfte bemessen sein.

### Verstärkung und Anschüttung von Aussenwänden



Die betroffenen Aussenwände sind nach dem wirkenden Druck zu bemessen. Dies erfordert in der Regel eine wesentliche Verstärkung dieser Aussenwände (vgl. detaillierte Angaben im Kapitel Steinschlag). Die wirkende Reibung verhindert in der Regel die Verwendung von Fassadenverkleidungen (Schindeln aus Holz oder Kunststoff). Zum Schutz von seitlichen Wänden kann als Alternative zur Verstärkung eine Flügelmauer angeordnet werden.

Durch eine Anschüttung kann die direkt betroffene Aussenwandfläche verringert werden. Im Bereich der Anschüttung wirkt lediglich ein reduzierter Lawinendruck, dagegen ist der zusätzliche Erddruck zu berücksichtigen.



### Schutz von Öffnungen



Lawinenseitige Fenster und Türen sind gemäss dem wirkenden Druck zu bemessen. Türen sind von aussen anzuschlagen. Bei Fenstern muss die auftretende Last über die Scheibe auf den Rahmen und von diesem auf die angrenzende Konstruktion abgetragen werden können. Bei schwachen Drücken (Staublawinen) sind mittels teilvor gespanntem Glas schlanke Konstruktionen möglich. Bei mittleren und hohen Drücken (Flieslawinen) sind die Öffnungen klein zu wählen. Mittels Sprossen, Prallplatten oder Dammbalken kann die Einwirkung reduziert werden. Diese Massnahmen sind zwingend notwendig, wenn mit dem Anprall von Einzellasten (Blöcke, Baumstämme) gerechnet werden muss.

1

Die Schutzfunktion von Klappläden, Rollläden und Schutzschildern muss am Fenster mit einem Hinweis vermerkt sein, so dass diese bei akuter Gefährdung geschlossen werden.

Die folgende Tabelle vermittelt eine Übersicht empfohlener Glasprodukte mit ihren Mindestdicken, sowie der entsprechenden Bemessung (Quelle: Schweiz. Institut für Glas am Bau):

2

<b>Einfachglas</b> 4-seitig gelagert, Abmessungen	<b>Druck <math>q_s</math> der Staublawine</b>	
100 x 100 cm	3 kN/m <sup>2</sup>	5 kN/m <sup>2</sup>
120 x 100 cm	VSG aus 2x5 mm TVG	VSG aus 2x5 mm TVG
150 x 100 cm	VSG aus 2x5 mm TVG	VSG aus 2x6 mm TVG
150 x 60 cm	VSG aus 2x6 mm TVG	VSG aus 2x8 mm TVG
	VSG aus 2x4 mm TVG	VSG aus 2x5 mm TVG

3

<b>Einfachglas</b> 4-seitig gelagert, Abmessungen	<b>Druck <math>q_f</math> der Fliesslawine</b>	
30 x 30 cm	10 kN/m <sup>2</sup>	30 kN/m <sup>2</sup>
	VSG aus 2x4 mm Float	VSG aus 2x6 mm Float
	VSG aus 2x4 mm TVG	VSG aus 2x5 mm TVG
60 x 60 cm	VSG aus 2x6 mm Float	VSG aus 2x12 mm Float
	VSG aus 2x5 mm TVG	VSG aus 2x8 mm TVG

VSG: Verbundsicherheitsglas nach EN 12543 Teil 2

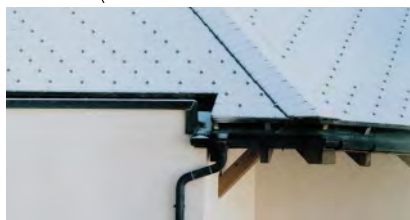
Float: Spiegelglas nach EN 572-Teil 2

TVG: Teilvorgespanntes Glas nach EN 1863

Im Weiteren wird auf die Österreichischen Normen ÖNORM B 5301 und B 5302 (Lawinenschutzfenster und -türen) verwiesen.

4

### Verstärkung und Ausbildung des Daches



Bergseitige Dachvorsprünge sind zu vermeiden, wenn mit der vertikal von unten gerichteten Lawineneinwirkung gerechnet werden muss (Gefährdungsbild 2). Das Dach ist in die lawinenseitige Aussenmauer zu versenken (vgl. Fotos).

5



Dachvorsprünge sind lediglich bei Seitenwänden erlaubt, wenn sie genügend geschützt sind.


Dachpfetten und Sparren dieser seitlichen Vorsprünge sind im Mauerwerk zu verankern. Ist mit einem teilweisen Überfließen des Daches zu rechnen (Gefährdungsbild 2), so ist die gesamte Dachkonstruktion auf die wirkende Belastung infolge Druck, Reibung und Auflast zu bemessen. In diesem Fall ist zu prüfen, ob die gesamte Konstruktion nicht eher als Ebenhöch (vgl. weiter hinten) auszubilden ist. Bei Staublawinengefährdung sind Dachvorsprünge zu vermeiden oder es ist eine schützende Verschalung vorzusehen. Es sind möglichst schwere Dachziegel zu wählen oder Befestigungsarten, welche dem Über- und Unterdruck standhalten.

6



7


Einzelne Abschirmungsmassnahmen können einen massgebenden Einfluss auf die Ausbreitung der Gefährdung ausüben. Solche Massnahmen dürfen nur ergriffen werden, wenn sich durch deren Einsatz die Gefährdung von

benachbarten Objekten nicht erhöht. Dieses Symbol  soll auf diese Problematik hinweisen.

### Damm



a) Auffangdamm  
Ein Auffangdamm kann im Objektschutz als Massnahme gegen Schneerutsche oder kleinere Lawinen eingesetzt werden. Als Schutz gegen grössere Lawinen im Auslaufbereich wird dieses Bauwerk meistens in Kombination mit Bremsverbauungen wie etwa Bremshöcker verwendet. Ein Auffangdamm soll eine Lawine oder gegebenenfalls mehrere Lawinen vollständig aufhalten können. Die dazu erforderliche Dammhöhe muss grösser sein als die Summe aus natürlich abgelagerter Schneehöhe, Fliesshöhe und Geschwindigkeitshöhe der Lawine. Die Staukapazität für das Volumen der Lawine muss ebenfalls nachgewiesen werden. Die statische Bemessung des Dammes richtet sich nach dem wirkenden Druck und dem Nachweis bezüglich Gleiten.

b) Ablenkdam   
Mit Hilfe eines Ablenkdammes kann die Lawine in eine gewünschte Richtung umgelenkt werden. Ablenkdamme mit Ablenkwinkeln von 20° bis 30° können noch mit einem vertretbaren Aufwand erstellt werden. Sind die Umlenkwinkel grösser, so werden die erforderlichen Bauwerkshöhen sehr gross und zudem ist das Abfliessen der Lawine nicht mehr gewährleistet. Als Objektschutzmassnahme kommen Ablenkmauern oder -dämme vor allem am Rande von Siedlungen zum Einsatz. Die Höhe des Ablenkdammes bemisst sich analog zum Auffangdamm, wobei die Geschwindigkeitskomponente senkrecht zur Bauwerksachse massgebend ist.

### Ebenhöch



Als Ebenhöch werden Bauten genannt, deren Dach bergseits nahtlos an das Terrain oder eine Anschüttung anschliesst. Die Lawine fliesst dadurch über die Baute hinweg. Besondere Beach-

tung muss hierbei der konstruktiven Ausbildung der Dachabschlüsse gewidmet werden. Eine spezielle Lösung muss zudem für Kamine gesucht werden (z.B. in Form eines ersetzbaren Leichtaufbaus). Die statische Belastung ist in Gefährdungsbild 4 dargestellt. Die Seitenwände sind auf Druck und Reibung zu bemessen, sofern nicht auch hier der nahtlose Anschluss an das umliegende Terrain ausgebildet wird.

### 1 Spaltkeil →



### 2



### 3

Spaltkeile dienen als Objektschutz von Gebäuden und Masten. Der Keil wird direkt am Objekt oder in unmittelbarer Nähe davon angeordnet. Die Schneemassen werden geteilt und links und rechts am zu schützenden Objekt vorbeigeleitet. Der maximale Öffnungswinkel darf  $60^\circ$  nicht überschreiten. Die statische Belastung des Keiles ist in Gefährdungsbild 3 dargestellt. Der Keil muss ausreichend hoch ausgebildet sein, damit er nicht überflossen wird. Dabei sind die natürliche Schnee-

ablagerungshöhe und die Fliesshöhe der Lawine zu berücksichtigen. Wird der Keil in Form von Flügelmauern seitlich des Objektes verlängert, so sind keine weiteren Objektschutzmassnahmen am Objekt vorzunehmen. Ansonsten sind die üblichen Einwirkungen aus Druck und Reibung für die Seitenwände zu berücksichtigen.

### 4

### 5

### 6 Gleitschneeschutzmassnahmen

Schneegleiten und -kriechen kann mittels einer Erhöhung der Bodenrauigkeit verhindert oder zumindest vermindert werden. Dies erfolgt mittels Bermentritt, verankerten Schwellen, Pfählung oder Dreibeinbock. Diese Massnahmen verbessern die Verzahnung zwischen Schneedecke und Boden (vgl. Leuenberger 2003).



### 7

Massnahmenkombinationen

Im Folgenden werden für jedes Gefährdungsbild mögliche Massnahmenkombinationen für bestehende Bauten und für Neubauten vorgestellt.

Nur durch die Kombination der vorgestellten Massnahmen der Konzeption, Verstärkung und Abschirmung ergibt sich eine wirkungsvolle Risikoverminderung.

Massnahmenkombination	Gefährdungsbild	Konzeption					Verstärkung Verschalung			Abschirmung Gleitschneeschutz		
		Einpassung in das Terrain	Formgestalt der Baute	Nutzungskonzept Innenräume	Ort von Öffnungen	Nutzungskonzept Aussenraum	Aussenwände	Öffnungen	Dach	Damm	Spaltkeil	Ebenhöch
<b>Bestehende Baute</b>												
A	1/6					•	•	•				
B	1/6							•		•		
C	2					•	•	•	•			
D	3/6			(•)		•					•	
E	5							•	•			
F	6							•				•
<b>Neubaute</b>												
G	1/6	•	•	•	•	•	•	•				
H	1/6				•	•				•		
I	2	•	•	•	•	•	•	•	•			
J	3/6	•	•	(•)		•					•	
K	4	•		•		•	•		•			•
L	5				•			•	•			
M	6				•	•						•

- |   |                                |   |   |
|---|--------------------------------|---|---|
| 1 | <b>Massnahmenkombination A</b> | An bestehenden Bauten wird bei dieser Kombination eine Verstärkung der Gebäudehülle und der betroffenen Öffnungen vorgenommen.  | Zu grosse Öffnungen, welche sich kaum ausreichend verstärken lassen, werden aufgehoben. Aussenraumnutzungen werden hinsichtlich ihres Ortes überprüft.                          |
| 2 | <b>Massnahmenkombination B</b> | Handelt es sich bei der Gefährdung lediglich um Schneerutsche oder kleine Lawinen, so kann ein Auffangdamm das bestehende Gebäude vor der direkten Einwirkung schützen.   | Öffnungen sind zu verstärken, wenn sich die Wirksamkeit des Damms nicht genug abschätzen lässt.   |
| 3 | <b>Massnahmenkombination C</b> | Der Schutz eines bestehenden Gebäudes, welches nach Gefährdungsbild 2 betroffen ist, gestaltet sich mit reinen Verstärkungsmassnahmen schwierig.  | Eine Verstärkung und konstruktive Anpassung von Gebäudehülle, Öffnungen und Dach ist im Zuge eines Totalumbaus am ehesten möglich.  |
| 4 | <b>Massnahmenkombination D</b> | Der Spaltkeil stellt für bestehende Bauten eine sehr wirksame und kostengünstige Massnahme dar. An der Baute selbst sind keine Anpassungen notwendig, wenn zwischen Spaltkeil und Gebäude ein Abstand verbleibt (Lichteinfall). | Anpassungen an der Aussenraumnutzung sind je nach Gestalt der Flügelmauern notwendig.   |
| 5 | <b>Massnahmenkombination E</b> | Bestehende Bauten, welche durch Staublawinen gefährdet sind, lassen sich mittels Massnahmen am Dach und an Öffnungen schützen. Bei Dächern werden im Zuge einer Dacherneuerung schwere Ziegel oder unempfindliche               | Konstruktionsarten verwendet. Öffnungen werden durch entsprechend dimensionierte Fensterkonstruktionen geschützt (verstärktes Glas, verstärkter Verbund Glas-Rahmen-Mauerwerk). |
| 6 | <b>Massnahmenkombination F</b> | Ist das Gebäude ausschliesslich durch Schneegleiten und -kriechen gefährdet, so wird mittels einer Pfählung oder mittels Dreibeinböcken die Gefährdung lokal reduziert.   | Hangseitige Fenster im Einflussbereich der natürlichen Schneedecke werden verstärkt oder temporär mittels Platten vor dem erhöhten Schneedruck geschützt.                       |

### Massnahmenkombination G

Bei Neubauten kann durch rein konzeptionelle Massnahmen das Personen- und Sachwertrisiko bereits erheblich gesenkt werden. Das Gebäude wird optimal geschützt in das Gelände eingepasst, Gebäudeform und -ausrichtung werden so gewählt, dass keine grossen Drücke auftreten.

Öffnungen werden in der lawinenseitigen Aussenwand vermieden oder zumindest klein gehalten. In diesem Bereich werden zudem Räume mit geringer Nutzungsintensität angeordnet. Aussenwände und Öffnungen bedürfen in der Regel einer verstärkten Bauweise.

### Massnahmenkombination H

Wird ausserhalb der Neubaute ein Auffang- oder Ablenkdammbauwerk angeordnet, so reduzieren sich die an der Baute vorzunehmenden Massnahmen erheblich.

Um das Restrisiko gering zu halten, sollen insbesondere Öffnungen in der lawinenseitigen Aussenwand vermieden oder zumindest gering gehalten werden.

### Massnahmenkombination I

Kann die Neubaute nicht nur umflossen, sondern auch überflossen werden, so müssen die Massnahmen gemäss Kombination G durch eine verstärkte Dachkonstruktion ohne Vorsprünge ergänzt werden.

Dies stellt unter Umständen eine konstruktiv aufwändige Massnahme dar, so dass eher Kombination K (Ebenhöch) gewählt wird.

### Massnahmenkombination J

Der Spaltkeil stellt eine sehr effiziente Schutzmassnahme bei Neubauten dar. Verbleibt eine räumliche Trennung zwischen Keil und Gebäude, so sind die Anpassungen an der Baute gering.

Von Bedeutung ist eine gute Einpassung des Gebäudes in das Terrain, so dass sich keine Aussenwandfläche über den Keil erhebt.

### Massnahmenkombination K

Die Ausbildung eines Gebäudes als Ebenhöch stellt wie der Spaltkeil eine sehr effiziente Schutzmassnahme dar. Die Eingriffe an der Baute sind jedoch grösser. Der Lichteinfall ist zumindest an der lawinenseitigen Wand unterbunden oder zumindest nur mittels speziellen Lichtschächten (Beispiel Erdbauten) möglich.

Dies hat Auswirkungen auf die Nutzung der Innenräume. Das Dach ist zu verstärken, damit die dynamischen Kräfte des Überfließens und die statischen Kräfte der Schneeeablagerung aufgenommen werden. Die lawinenseitige Aussenwand ist gemäss dem wirkenden statischen Erd- und Schneedruck zu bemessen. Ungeschützte seitliche Aussenwände sind gemäss der dynamischen Wirkung der Lawine und der Reibung zu bemessen.

### 1 Massnahmenkombination L

Neubauten können mittels geringen Anpassungen effizient gegen die Einwirkung von Staublawinen geschützt werden. Dies geschieht, indem übergrosse Fensterflächen vermieden werden.

Fenster- und Dachflächen werden verstärkt ausgeführt, damit sie dem wirkenden Luftdruck standhalten. Überstände des Daches werden vermieden oder möglichst gering gehalten (Sogkräfte).

### 2 Massnahmenkombination M

Gleitschneeschutzmassnahmen (Pfählung, Dreibeinbock) im Hang vor dem Gebäude vermindern die Gefährdung erheblich.

Als zusätzlicher Schutz ist bei Neubauten die Lage der bergseitigen Fenster ausreichend hoch zu wählen. Aussenraumnutzungen, wie zum Beispiel Sitzplätze oder Spielplätze, sind talseitig anzuordnen.

3

4

5

6

7



---

## Impressum

Alle Rechte vorbehalten  
© 2005  
Vereinigung Kantonaler Feuerver-  
sicherungen VKF  
Bundesgasse 20  
CH-3001 Bern  
Fon: 031 320 22 11  
Fax: 031 320 22 99  
<http://www.vkf.ch>



Autor:  
Dr. Thomas Egli  
Egli Engineering  
Lerchenfeldstrasse 5  
CH-9014 St. Gallen  
<http://www.naturgefahr.ch>



**Egli Engineering**

Technische Zeichnungen:  
Christoph Roth  
Ingenieure Bart AG, St. Gallen

Dank:  
Der Autor dankt folgenden Perso-  
nen für ihre wertvollen Beiträge:  
Jörg Rutz  
Gebäudeversicherungsanstalt des  
Kantons St. Gallen  
Dieter Balkow  
Schweizerisches Institut für Glas  
am Bau, Zürich  
Urs Thali  
Ingenieurbüro, Göschenen  
Hans Züger  
AG Kraftwerk Wägital  
Johann Toggwiler  
Gebäudeversicherungsanstalt des  
Kantons Graubünden  
Familie Lieberherr, Necker  
Dr. Armin Petrascheck  
Bundesamt für Wasser und  
Geologie, Biel  
Stefan Margreth, Eidg. Institut für  
Schnee- und Lawinenforschung,  
Davos  
Werner Gerber, Eidg. Forschungs-  
anstalt für Wald, Schnee und Land-  
schaft, Birmensdorf

Prof. Dr. Dieter Rickenmann, Uni-  
versität für Bodenkultur, Wien

Grafik:  
wk st.gallen  
michael niederer / rosmarie winkler/  
remo gamper

Bildnachweis:  
Egli Engineering, St. Gallen  
Ingenieure Bart AG, St. Gallen  
US Army Corps of Engineers  
SLF, Davos  
Kantonsforstamt, Glarus  
WSL, Birmensdorf  
Tiefbauamt, Kanton St. Gallen  
Ingenieurbüro Thali, Göschenen  
Rüegger Geotechnik AG, St. Gallen  
Geo 7 AG, Bern  
Kellerhals & Haefeli AG, Bern  
Neo Vac AG, Oberriet  
Uretek, Giswil  
BWG, Biel  
GVB, Bern  
Fatzer AG, Romanshorn  
Service des forêts et de la faune,  
Givisiez  
Kessel GmbH, Lenting (D)

Zitiervorschlag:  
EGLI Thomas, Wegleitung Objekt-  
schutz gegen gravitative Natur-  
gefahren, Vereinigung Kantonaler  
Feuerversicherungen (Hrsg.),  
Bern, 2005.

ISBN Nr.: 3-033-00469-5  
ISBN Nr.: 3-033-00470-9  
(Französisch)