



Die beiden «Wegleitungen Objektschutz» gegen meteorologische und gegen gravitative Naturgefahren wurden 2015/2016 inhaltlich überarbeitet und auf den aktuellsten Stand der Technik gebracht. Sie sind auf der Plattform «Schutz vor Naturgefahren» online abrufbar:

Die von Ihnen gewünschten Empfehlungen und Hintergrundinformationen können Sie über die Druckfunktion herunterladen. Das vorliegende PDF entspricht der Wegleitung von 2005.

www.schutz-vor-naturgefahren.ch



Naturgefahren?

Diese Wegleitung beschäftigt sich mit folgenden Naturgefahren:

- Lawinen
- Hochwasser
- Rutschungen
- Murgänge (Rüfen)
- Steinschlag

Diese Gefahrenarten treten jährlich auf und verursachen teils erhebliche Schäden an Gebäuden. Wenn immer möglich wird versucht, diesen Gefahren im Raum auszuweichen.

Denkt man an Überschwemmungen, so wird klar, dass gerade das Ausweichen vor dieser Gefahr in unserem beschränkten Kulturraum schwierig wird. Kann die Gefährdung nicht mittels verhältnismässigen Mitteln reduziert werden, so sind Gebäude mit Massnahmen des Objektschutzes zu sichern.

Objektschutz?

Der Objektschutz stellt eine effiziente Lösung dar, um das Personen- und Sachwertrisiko zu reduzieren. Das Gebäude wird unempfindlich ausgebildet, so dass einwirkende Gefahren der Baute nur gering Schaden zufügen können. Oftmals lässt sich bei Neubauten durch kleinste Anpassungen ein Schaden zweckmässig verhindern.

Gerade bei einer Gefährdung durch Überschwemmung lassen sich so ohne Nutzungseinschränkung und Mehrkosten wesentliche Schäden verhüten. Verallgemeinert dargestellt kommen folgende Objektschutz-Strategien in Frage:

| Gefährdungsart | Baute | Objektschutz-Strategien |
|----------------|-----------|---|
| Lawine | bestehend | <ul style="list-style-type: none"> · Verstärkungsmassnahmen an Öffnungen und Aussenwänden · Dammkonstruktionen oder Spaltkeil zur Abschirmung |
| | Neubau | <ul style="list-style-type: none"> · Ort von Öffnungen, Formgestalt, Verstärkungen · Dammkonstruktionen, Spaltkeil oder Ebenhöch |
| Hochwasser | bestehend | <ul style="list-style-type: none"> · Rückstauschutz Kanalisation, Verankerung Öltanks · Lichtschächte anheben, Dämme und Mauern · Abdichtung von Öffnungen und Aussenwänden |
| | Neubau | <ul style="list-style-type: none"> · Erhöhte Lage des Erdgeschosses resp. der Öffnungen · Angepasstes Nutzungskonzept von Innenräumen · Anordnung auf einer Anschüttung oder Dämmen und Mauern |

1

2

3

4

5

6

7

| Gefährdungsart | Baute | Objektschutz-Strategien |
|-------------------------|-----------|---|
| Rutschung/Einsturz | bestehend | <ul style="list-style-type: none"> · Flexible Leitungsanschlüsse, Abführung Meteorwasser · Stabilisierung der Rutschmasse, Gebäudeausrichtung |
| | Neubau | <ul style="list-style-type: none"> · Terraingestaltung, Standortwahl, Steifigkeit der Baute · Stabilisierungs- und Verstärkungsmassnahmen, Lastabtragung |
| Murgang/Hangmure | bestehend | <ul style="list-style-type: none"> · Verstärkungsmassnahmen an Öffnungen und Aussenwänden · Dammkonstruktionen oder Spaltkeil zur Abschirmung |
| | Neubau | <ul style="list-style-type: none"> · Formgestalt, Ort und Höhenlage von Öffnungen, Verstärkungen · Dammkonstruktionen, erhöhte Anordnung oder Spaltkeil |
| Steinschlag/Blockschlag | bestehend | <ul style="list-style-type: none"> · Verschalungs- und Verstärkungsmassnahmen · Damm-, Mauer- und Netzkonstruktionen zur Abschirmung |
| | Neubau | <ul style="list-style-type: none"> · Ort von Öffnungen und Nutzungskonzept des Aussenraumes · Verschalungs- und Verstärkungsmassnahmen an Aussenwänden · Damm-, Mauer-, Netzkonstruktionen oder Ebenhöch |

Neben diesen Möglichkeiten ist auch auf die fachtechnischen Grenzen des Objektschutzes hinzuweisen. Diese werden bei ausserordentlich intensiven Ereignissen erreicht (erhebliche Gefährdung gemäss Gefahrenkarte). Den auftretenden Beanspruchungen kann mittels üblichen Verstärkungen

nicht begegnet werden. Es wären eigentliche Bunkerkonstruktionen notwendig. Unabhängig von der Gefährdung des Gebäudes muss darauf hingewiesen werden, dass der Zugang zum Grundstück während Ereignissen mit Risiken verbunden ist und unpassierbar sein kann.

Wer ist wann angesprochen?

Diese Wegleitung wendet sich an Ingenieure, Architekten und Baubehörden. Durch die Darstellungen und Hinweise sollte es möglich sein, für Neubau-, Umbau- oder allgemein zu schützende Objekte eine massgeschneiderte Lösung zu erarbeiten. Die lokalen Baubehörden prüfen im Rahmen des Bewilligungsverfahrens die Zweckmässigkeit der vorgesehenen Vorkehrungen. Zur Zeit liegen je nach Kanton erste Gefahrenkarten vor, welche Art und Grad der Gefährdung im Siedlungsgebiet darstellen.

Die Erstellung solcher Karten wird stark vorangetrieben. Dort wo Gefahrenkarten fehlen soll aufgrund von Aufzeichnungen bezüglich historischer Ereignisse oder durch einen Gefahrenfachmann die Gefährdung abgeschätzt werden.

Naturgefahren

Die bedeutendsten in der Schweiz auftretenden Naturgefahren können folgendermassen klassiert werden:

| Klasse | Gefahrenarten |
|----------------------|--|
| Gravitative Gefahren | Lawine, Hochwasser, Rutschung, Murgang, Stein-schlag, Blockschlag, Felssturz, Bergsturz, Eisschlag |
| Klimatische Gefahren | Trockenheit, Hitze, Kälte, Sturm, Hagel, Blitz Starkregen, Schnee |
| Tektonische Gefahren | Erdbeben |

Die Klasse der gravitativen Gefahren weist eine ausgeprägte Standortgebundenheit auf. Das heisst, diese Gefahren treten nicht überall auf. Sie sind raumgebunden. Bereiche hoher Gefährdung und Bereiche ohne Gefährdung liegen oft sehr nahe nebeneinander. Diese Gefahrenarten besitzen daher eine entsprechend hohe raumplanerische Bedeutung. Wenn im Rahmen von Richt- und Nutzungsplänen (Gemeindezonenplänen) von 'Gefahrengebieten' gesprochen wird, so handelt es sich hierbei um die Gefährdung durch gravitative Gefahren. Ihr Hauptantrieb ist die Gravitationskraft und das Wirkungsgebiet wird in den meisten Fällen durch die Topographie begrenzt. Aus dieser Charakterisierung geht hervor, dass den gravitativen Gefahren im Raum ausgewichen werden kann. Dies gilt nur in viel geringerem Mass für die klimatischen und tektonischen Gefahren in der Schweiz. Jedes Gebäude ist zum Beispiel einer Erdbebengefährdung ausgesetzt.

Aus diesem Grund sind Objektschutzmassnahmen gegen Erdbebeneinwirkungen standardmässig in die allgemeinen fachtechnischen Baunormen eingeflossen. Einwirkungen durch gravitative Gefahren sind dagegen lediglich bei Bauvorhaben in Gefahrengebieten zu berücksichtigen (vgl. «Mustervorschrift für Baureglemente» am Schluss dieses Kapitels). Wo sich diese Gebiete befinden, wird im Rahmen von Gefahrenanalysen untersucht und in Gefahrenkarten dargestellt. Deren Ergebnisse fliessen in die Raumplanung und entsprechend in die Bauvorschriften der betroffenen Gebiete ein.

1

Die folgende Charakterisierung der gravitativen Gefahren beruht auf der Sichtweise der Gefährdung betroffener Objekte.

Es wird also nicht die Auslösung oder der Ablauf des Naturprozesses in den Mittelpunkt gestellt, sondern dessen Art der Einwirkung.

2

Lawinen

Lawinen können nach sehr unterschiedlichen Kriterien klassiert werden. Hinsichtlich zu ergreifender Objektschutzmassnahmen ist die Unterscheidung in Fliesslawinen und Staublawinen von Interesse.

Als weiteres Phänomen, welches Objektschutzmassnahmen verlangt, wird Schneegleiten betrachtet.

3

Lawinen: Fließlawine

Die Schneemassen stürzen vorwiegend fließend oder gleitend auf der Unterlage ab. Die mehr oder weniger grossen Schollen bleiben während der Bewegung mit dem Boden in Kontakt. Die Dichte einer Fließlawine ist mit jener der natürlich abgelagerten Schneedecke vergleichbar. Befindet sich beim Abbruch die Gleitfläche in der Schneedecke, spricht man von Oberlawinen. Bei Bodenlawinen befindet sich die Gleitfläche auf der Bodenoberfläche. Man spricht von Grundlawinen, wenn eine nasse,

mit Fremdmaterial durchsetzte Frühjahrslawine in meist runsenförmiger Sturzbahn auftritt. Die Geschwindigkeiten von Fließlawinen betragen in der Sturzbahn rund 10 bis 40 m/s. Dadurch entstehen Staudrücke, welche Gebäude zerstören können.

4



5

Lawinen: Staublawine

Staublawinen entwickeln sich immer aus Fließlawinen. Sie bestehen aus einer aufgewirbelten Schneewolke, die sich stiebend durch die Luft bewegt. Reine Staublawinen ohne Fließanteil entstehen nur dann, wenn die Fließlawine beim steilen Absturz vollständig suspendiert wird oder wenn sich Fließ- und Staubanteil aufgrund der Geländebeziehungen trennen. Ihre Dichte ist viel kleiner und die Fließhöhe grösser als bei der Fließlawine. Die Geschwindigkeiten von Staublawinen betragen 20 bis 80 m/s. Sie können selbst bei Gegengefälle noch auf grossen Strecken Schaden anrichten. Der durch die Staublawine erzeugte Staudruck vermag Bäume und Leitungsmasten zu knicken sowie Fenster und Dächer von Gebäuden schwer zu schädigen.

An der Gebäudefassade bleibt der angepresste Schneestaub sichtbar.



6

7

Lawinen: Schneegleiten

An glatten, stark besonnten Böschungen kann es zu anhaltenden Kriech- und Gleitbewegungen der Schneedecke kommen. Starkes Schneegleiten kann zu einem typischen, sichelförmigen Aufreissen der Schneedecke führen. Hinter Gebäuden bilden sich hier-

durch grosse Schneedruckkräfte.



Hochwasser

Hochwasser gefährden sowohl durch Ufererosionen entlang des Gerinnes, wie auch durch Überschwemmung. Hinsichtlich des Objektschutzes sind neben der Wirkung des Wassers auch die

mitgeführten Feststoffe (Geschiebe, Sedimente, Treibholz u.a.) von Bedeutung.

Hochwasser: Ufererosion

Bei Ufererosionen können zwei verschiedene Arten der Einwirkung unterschieden werden. Erstens durch den direkten Strömungsangriff und zweitens durch ein Abgleiten der Uferböschungen. Das entscheidende Sicherheitskriterium für Bauten und Anlagen ist bei direktem Strömungsangriff die Resistenz gegenüber dynamischen Einwirkungen des Wassers und mitgeführten Feststoffen. Für den Fall des Abgleitens der Uferböschung ist die Fundationstiefe der Baute entscheidend.

Besonders exponierte Stellen für Ufererosionen sind Prallhänge, Engstellen oder Hindernisse im Abflussbereich.



Hochwasser: Überschwemmung

Die Überschwemmung spielt sich unterschiedlich ab, je nach Topographie des betroffenen Geländes und der Art des Ausbruchs aus dem Gerinne. In flacheren, plateauähnlichen Gebieten und entlang von Seen ist die Fließgeschwindigkeit und der Anstieg der Wassertiefe des ausgetretenen Wassers meist relativ langsam. Der massgebende Schadenparameter ist die maximal erreichte Überschwemmungstiefe. Bei trogähnlicher oder steiler Topographie, sowie im Bereich von Engstellen von Siedlungen sind höhere Fließgeschwindigkeiten zu erwarten. Dies ist auch im Nahbereich von Dammbreschen der Fall. Die massgebenden Schadenparameter sind hier sowohl die Überschwemmungstiefe, wie auch die Fließgeschwindigkeit.

Lokal können innerhalb überschwemmter Bereiche auch Schäden durch Erosion und Feststoffablagerung entstehen. Schäden an Objekten entstehen durch dynamische Einwirkungen und durch die Nässe und den eingelagerten Schmutz.



1 Rutschungen

Rutschungen können nach sehr verschiedenen Kriterien klassiert werden. Aus der Sicht des Objektschutzes ist die Tiefenlage der Gleitfläche der wesentliche Parameter.

2 Rutschungen: Flachgründige Rutschungen

Als flachgründig werden Rutschungen mit einer Tiefe der Gleitfläche von max. 2 m bezeichnet. Das bewegte Feststoffvolumen ist beschränkt. Es handelt sich in der Regel um Rutschungen, welche bei ausserordentlichen Niederschlagsverhältnissen spontan losbrechen. Ein hoher Porenwasserdruck im Boden ergibt sich etwa nach intensiven Dauerniederschlägen. Bei sehr hoher Wassersättigung des Bodenkörpers kann sich aus der flachgründigen Rutschung eine Hangmure entwickeln (vgl. «Hangmure» auf der übernächsten Seite). Permanente Bewegungsraten werden bei flachgründigen Rutschungen selten angetroffen. Oft existieren jedoch flachgründige Kriechvorgänge, dabei bildet sich

keine eigentliche Gleitschicht aus. Die Einwirkung auf Bauten erfolgt durch die Stosswirkung der bewegten Erdmasse. Bei Gebäuden handelt es sich dabei in der Regel um Einwirkungen auf Aussenwände ohne die Fundation zu beeinflussen.



3

4

5 Rutschungen: Mittel- bis tiefgründige Rutschungen

Rutschungen mit einer Tiefe der Gleitfläche von 2 bis 10 m werden mittelgründig und solche mit mehr als 10 m Tiefe als tiefgründig bezeichnet. Die Art der Ausbildung der Gleitfläche, sowie das Bewegungsverhalten können sehr unterschiedlich sein. Zwischen den beiden extremen Ausbildungen einer permanenten Bewegung und einer einmaligen Spontanbewegung sind viele Übergangsformen möglich. Die Rutschfläche kann sich ähnlich einer Halbkugel rotationsförmig ausbilden oder als Schublade mit ebener Gleitfläche. Hierbei sind wieder je nach Art des Bodenaufbaus vielfältige Übergangsformen möglich. Bei solchen Rutschbewegungen handelt es sich um exponentiell grössere bewegte Feststoffvolumen als bei flachgründigen Rutschungen.

Die auftretenden Erddruckkräfte nehmen daher schnell Grössenordnungen an, welche sich nicht mehr oder nur mittels sehr aufwendiger Stützkonstruktionen beeinflussen lassen. Gebäude werden bei solchen Rutschungen in der Regel vollständig von der Bewegung erfasst. Die Grösse und die Homogenität der Bewegungsgeschwindigkeit über den gesamten Rutschkörper beeinflussen das Mass der auftretenden Schäden.



7

Rutschungen/Einsturz: Einsturz- und Absenkungsphänomene

Einsturz- und Absenkungsphänomene treten auf, wenn unterirdisch Feststoffmaterial entfernt wird. Dies geschieht durch Auslaugung eines löslichen Untergrundes (Gips, Rauhwacke, Kalk) oder

durch Ausschwemmung feiner Kornfraktionen (innere Erosion). Der Vorgang macht sich an der Oberfläche als allmähliche (Absenkung) oder spontane (Einsturz) Einsinkbewegung bemerkbar.



Murgänge

Murgänge können in grober Vereinfachung als Zwischenform von Hochwassern und Rutschungen bezeichnet werden. Der Prozess wird auch als Mure, Schlammstrom, Schlammlawine, Geröll-Lawine oder im Dialekt «Rüfe» bezeichnet. Murgänge treten in steilen Gerinnen und steilen Hängen auf (Hangmure). In Gerinnen löst ein Murgangstoss oft eine erhebliche Tiefen- und Seitenerosion aus.

Die Einwirkung ist in diesem Fall vergleichbar mit der Ufererosion bei Hochwasser. Tritt der Murgang aus dem Gerinne aus, so spricht man von der Übermurgung.

Murgänge: Übermurgung ausgehend von Gerinnen

Die massgebliche Einwirkung der Übermurgung ist die Stosskraft der mitgeführten Feststoff-Wasserfracht.

Je nach Topographie und Gestalt der betroffenen Bauten handelt es sich lediglich um ein Umfließen und Überfließen oder um einen Aufprall.



1 Murgänge: Übermürung ausgehend von Hängen (Hangmure)

Hangmuren bilden sich an relativ steilen Hängen. Das Losbrechen der wassergesättigten Lockergesteinsfracht erfolgt plötzlich. Der hohe Wasseranteil begünstigt ein schnelles Weiterfließen was zu einer vollständigen Umlagerung des Bodenkörpers führt. Die Einwirkung auf Bauten kann mit der Übermürung ausgehend von Gerinnen verglichen werden.



2

3 Sturzprozesse

Als Sturzprozesse werden im folgenden Stein- und Blockschlag behandelt. Eisschlag ist synonym zu behandeln, wobei lediglich die unterschiedliche Dichte zu berücksichtigen ist.

Nicht weiter behandelt werden der Felssturz und der Bergsturz. Bei diesen Sturzprozessen sind die auftretenden Massen und Energien so gross, dass Objektschutzmassnahmen versagen.

4 Sturzprozesse: Steinschlag, Blockschlag

Es handelt sich um mehr oder weniger isolierte Stürze von Steinen (mittl. Durchmesser $< 0.5\text{ m}$) und Blöcken (mittl. Durchmesser $> 0.5\text{ m}$). Dieser wiederholt oder mit saisonalen Spitzen ablaufende Prozess dokumentiert den stetigen, durch Geologie und Verwitterung bestimmten Zerfall einer Ablösungsquelle, z.B. Felswand. Die Sturzeschwindigkeiten liegen im Bereich von 5 bis über 30 m/s. Bei der Bewegungsform ist zwischen Gleiten, Rollen, Springen und Fallen zu unterscheiden.

Bei Hangneigungen von weniger als 30° werden Steine und Blöcke im allgemeinen langsam abgebremst. Dabei verkleinert sich die momentane Sprungweite laufend. Eine dichte Bestockung (Wald) kann zusätzlich mehr oder weniger Energie abbauen. Die Einwirkung auf Objekte geschieht durch die Stosskraft der Einzelkomponenten. Hierbei sind die Geschwindigkeit und die Masse massgebend.

5

6

7



Methodik der Gefahrenkarten

Grundlage für die nachfolgenden Ausführungen sind die folgenden Richtlinien und Empfehlungen des Bundes:

- Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten, Bundesamt für Forstwesen, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, 1984
- Empfehlungen, Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bundesamt für Raumplanung, Bundesamt für Wasserwirtschaft, 1997

Umwelt, Wald und Landschaft, 1997

- Empfehlungen, Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bundesamt für Raumplanung, Bundesamt für Wasserwirtschaft, 1997

Die Gefahrenkarte besteht aus einem Kartenteil plus einem erläuternden Bericht. Die Karte stellt den Grad der Gefährdung dar. Der Textteil liefert die notwendigen Erläuterungen und Begründungen.

Gefährdungsstufen

Die Gefahrenkarte gibt mit den Farben rot, blau, gelb und weiss die raumplanerische Bedeutung wieder, wie sie in erster Linie für die Nutzung durch Gebäude gelten sollen:

| Gefahrenbereich | sachliche Bedeutung | raumplanerische Bedeutung |
|-----------------|--|---------------------------|
| rot | erhebliche Gefährdung | Verbotsbereich |
| blau | mittlere Gefährdung | Gebotsbereich |
| gelb | geringe Gefährdung | Hinweisbereich |
| gelb-weiss | Restgefährdung (Intensität gross, Wahrscheinlichkeit sehr klein) | Hinweisbereich |
| weiss | nach derzeitigem Kenntnisstand keine oder vernachlässigbare Gefährdung | keine Einschränkungen |

Dieses einfache Schema ist auf die Nutzungsform von Wohngebäuden ausgerichtet.

Die Farben nach Gefahrenbereich ergeben sich aus dem Zusammenhang von Intensität und Wahrscheinlichkeit (Häufigkeit oder Wiederkehrperiode). Um den teils sehr unterschiedlichen Prozessen Rechnung zu tragen, gelten für die verschiedenen Prozesse unterschiedliche Diagramme.

1

2

3

4

5

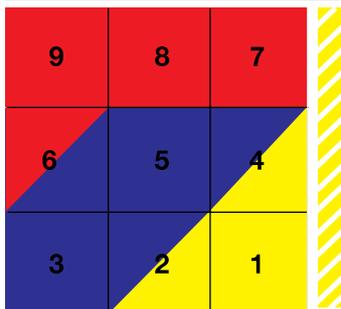
6

7

Gültigkeit der Diagramme nach Prozessen

Lawine
Stein- und Blockschlag
Eisschlag
Hochwasser
Murgang / Hangmure
Spontanrutschung
Einsturz

Permanente
Rutschung /
Absenkung



hoch mittel gering

permanent

Wahrscheinlichkeit

1-30 30-100 100-300

Jahre

Wiederkehrperiode

Bei allen Prozessen, die nicht permanent auftreten, ist grundsätzlich die Möglichkeit gegeben, die Restgefährdung in der Gefahrenkarte darzustellen.

Die Zahlen in den Matrixfeldern bezeichnen den Zusammenhang von Intensität und Wahrscheinlichkeit. Die Intensitätsstufen für die einzelnen Gefahrenarten sind auf der folgenden Seite dargestellt.

Bezüglich Spontanrutschungen und Einstürzen werden in den Bundesempfehlungen keine Intensitätsparameter vorgeschlagen.

Intensitätsstufen

| Prozess | schwache Intensität | mittlere Intensität | starke Intensität |
|--------------------------------------|--|--|--|
| Lawinen | $q < 3 \text{ kN/m}^2$ | $3 \text{ kN/m}^2 < q < 30 \text{ kN/m}^2$ | $q > 30 \text{ kN/m}^2$ |
| Überschwemmung | $h_f < 0.5 \text{ m}$ oder | $0.5 \text{ m} < h_f < 2 \text{ m}$ oder | $h_f > 2 \text{ m}$ oder |
| inkl. Übersarung | $v_f * h_f < 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$ | $0.5 < v_f * h_f < 2 \text{ m}^2/\text{s}$ | $v_f * h_f > 2 \text{ m}^2/\text{s}$ |
| Ufererosion | $h_u < 0.5 \text{ m}$ | $0.5 \text{ m} < h_u < 2 \text{ m}$ | $h_u > 2 \text{ m}$ |
| Murgänge und Hangmuren | kommt nicht vor | $h_f < 1 \text{ m}$ oder $v_f < 1 \text{ m/s}$ | $h_f > 1 \text{ m}$ und $v_f > 1 \text{ m/s}$ |
| Stein- und Blockschlag | $E < 30 \text{ kJ}$ | $30 \text{ kJ} < E < 300 \text{ kJ}$ | $E > 300 \text{ kJ}$ |
| Rutschung / Absenkung permanent | $v_f \leq 2 \text{ cm/Jahr}$ | $2 \text{ cm/Jahr} < v_f < 1 \text{ dm/Jahr}$ | $v_f > 1 \text{ dm/Jahr}$ oder starke differentielle Bewegungen |
| Rutschung spontan / Uferrutschung | $h_r < 0.5 \text{ m}$ | $0.5 \text{ m} < h_r < 2 \text{ m}$ | $h_r > 2 \text{ m}$ |
| Einsturz | kommt nicht vor | $h_s < 0.5 \text{ m}$ und $A_E < 1 \text{ Are}$ | $h_s > 0.5 \text{ m}$ oder $A_E > 1 \text{ Are}$ |

E: kinetische Energie (Translations-
plus Rotationsenergie)
q: Druck
h_f: Fließhöhe
h_r: Tiefe der Gleitfläche
h_s: Setztiefe bei Einsturz

v_f: Geschwindigkeit
A_E: Fläche von Einsturztrichtern
h_u: Tiefe der Ufererosion

Häufigkeitsklassen

Bezüglich der Wahrscheinlichkeit resp. der Wiederkehrperiode sind gemäss den erwähnten Bundesempfehlungen bei Gefahrenbeurteilungen folgende 4 Häufigkeitsklassen zu berücksichtigen:

| Wahrscheinlichkeit | Wiederkehrperiode |
|---------------------------|--------------------------|
| hoch | 1 bis 30 Jahre |
| mittel | 30 bis 100 Jahre |
| gering | 100 bis 300 Jahre |
| sehr gering | über 300 Jahre |

Intensitätskarten

Für jede untersuchte Häufigkeitsklasse werden sogenannte Intensitätskarten erstellt. Die Intensitätskarten geben die drei Intensitätsstufen gemäss Bundesempfehlung als Umhüllende aller innerhalb einer Häufigkeitsklasse betrachteten

Ereignisse flächenhaft wieder. Aus diesen Intensitätskarten können die massgebenden Einwirkungen für die Bemessung der Objektschutzmassnahmen entnommen werden.

1 Bezug zur Norm SIA 260

Die vorliegende Wegleitung ergänzt die Normen SIA 260, 261 und 261/1 in Bezug auf die Einwirkung von gravitativen Gefahren auf Gebäude. Sie legt das Vorgehen zur Bestimmung der Einwirkungen fest und vermittelt einheitliche Projektierungsunterlagen.

Andererseits stellt die Norm SIA 260 die Grundlage für diese Wegleitung dar hinsichtlich des zu wählenden Bemessungskonzepts.

Die Schutzziele sind in der Nutzungsvereinbarung zu umschreiben. Das Schutzkonzept ist in der Projektbasis festzuhalten

Tragsicherheit:

In Anlehnung an vergleichbare, ergänzende Werke zu den SIA Normen 260, 261 und 261/1 können folgende Festlegungen getroffen werden:

2

3

Wiederkehrperiode **Bezug zur Norm SIA 260**

| | |
|-----------------------|--|
| 1 bis 30 Jahre | Die berechneten Intensitäten (= Einwirkungen) in Intensitätskarten entsprechen dem Kennwert F_d gemäss Norm SIA 260, Ziffer 4.4.2.1 $\gamma_F = 1.5$ (Lastbeiwert) |
| über 30 bis 100 Jahre | Die berechneten Intensitäten (= Einwirkungen) in Intensitätskarten werden um folgende Lastfaktoren erhöht, damit sie dem Kennwert A_d gemäss Norm SIA 260, Ziffer 3.2.2.8 entsprechen: $\gamma_F = 1.3$ Lastbeiwert für Lawinen, Murgänge, Steinschlag $\gamma_F = 1.2$ Lastbeiwert für Hochwasser und Rutschungen |
| über 100 Jahre | Die berechneten Intensitäten (= Einwirkungen) in Intensitätskarten werden um folgende Lastfaktoren erhöht, damit sie dem Kennwert A_d gemäss Norm SIA 260, Ziffer 3.2.2.8 entsprechen: $\gamma_F = 1.2$ Lastbeiwert für Lawinen, Murgänge, Steinschlag $\gamma_F = 1.1$ Lastbeiwert für Hochwasser und Rutschungen |

F_d : normale Einwirkung

A_d : aussergewöhnliche Einwirkung

Gebrauchstauglichkeit:

Die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und die Einwirkungen für deren Nachweis sind gemeinsam vom Projektverfasser und Bauherrn festzulegen und in der Projektbasis gemäss SIA 260 festzuhalten.

4

5

6

7

Die auf Seite 17 dargestellte Einteilung in drei Gefährdungsstufen mit ihren raumplanerisch-baurechtlichen Bedeutungen erhält die Verbindlichkeit durch die folgende Mustervorschrift für Baureglemente (Beispiel Kanton St.Gallen):

Als Naturgefahrengebiete werden Gebiete bezeichnet, die durch Hochwasser, Murgänge, Lawinen, Rutschungen, Steinschlag, Blockschlag, Felssturz und Eissturz bedroht sind.

In den Naturgefahrengebieten haben Bauten und Anlagen besonderen Anforderungen an den Personen- und Sachwertschutz zu genügen. Massgebend ist die Wegleitung «Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren» der Kantonalen Gebäudeversicherungen. Für die einzelnen Gefahrengebiete gelten folgende Vorschriften:

a) Gefahrengebiet rot: Bestehende Bauten und Anlagen dürfen unterhalten und zeitgemäss erneuert werden. Weitergehende Massnahmen wie z.B. die Pflicht zur Ausführung von Objektschutzmassnahmen bleiben vorbehalten. Die Erstellung von neuen Bauten und Anlagen ist untersagt.

b) Gefahrengebiet blau: Bestehende Bauten und Anlagen dürfen unterhalten und zeitgemäss erneuert werden. Bauliche Veränderungen, die darüber hinausgehen (Umbauten, Erweiterungen, Ersatzbauten, Neubauten), sind nur zulässig, wenn für das Bauvorhaben die notwendigen Objektschutzmassnahmen getroffen werden.

c) Gefahrengebiet gelb: Umbauten, Erweiterungen, Ersatzbauten und Neubauten sind zulässig. Für

öffentliche Bauten und Anlagen sowie besondere Bauvorhaben wie Bauten für grosse Menschenansammlungen, mit hohen Sachwerten oder hohem Folgeschadenpotential sind die Objektschutzmassnahmen verbindlich einzuhalten. Für die übrigen Bauten und Anlagen gelten die Objektschutzmassnahmen als Empfehlung.

d) Bei Bauvorhaben, die ausserhalb des Gefahrenkartenperimeters liegen, ist die Gefahrenhinweiskarte zu beachten. Weist diese auf eine Gefährdung hin, ist im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens eine objektbezogene Beurteilung vorzunehmen. Die Objektschutzmassnahmen sind verbindlich.

Der Objektschutz kann bei Neubauten oft durch eine erhöhte Anordnung des Erdgeschosses realisiert werden. Folgende Bestimmung im Baureglement ermöglicht diese Vorkehrung (Beispiel Kanton Nidwalden):

Wo das Erdgeschoss mit Rücksicht auf den Gefahrenschutz so hoch über dem gewachsenen Terrain angeordnet werden muss, dass das Kellergeschoss als Vollgeschoss zählt, kann der Gemeinderat die max. zulässige Vollgeschosszahl um ein Vollgeschoss erhöhen.

Der Objektschutz angrenzend an Seen kann durch die Festlegung einer Überschwemmungshöhe im Baureglement durchgesetzt werden.

In den Kantonen bestehen für Bauvorhaben in Gefahrenzonen unterschiedliche Regelungen. Bitte erkundigen Sie sich vor der Projektierung bei Ihrer Kantonalen Gebäudeversicherung.

| Arbeitsschritt | Bauherr | Projektverfasser | Naturgefahren-fachmann | Baubehörde | Gebäude-versicherung |
|----------------|--|---|--|---|--|
| Vorprojekt | definiert seine Projektvorstellungen | konsultiert Zonenplan und Baureglement | | gibt Auskunft über bestehende Unterlagen bezüglich Gefahrenabklärungen | |
| | lässt bei fehlenden Gefahrengrundlagen eine Einzelabklärung durchführen | konsultiert Gefahrenkarte/Intensitätskarten und Bericht; prüft, ob andere Massnahmen geplant oder in Ausführung sind | erläutert bei Bedarf die Ergebnisse der Gefahrenkarte oder führt bei fehlenden Gefahrengrundlagen eine Einzelabklärung durch | | berät den Planer in der Elementarschadenverhütung |
| Projektierung | definiert im Rahmen der Nutzungsvereinbarung die Schutzziele für jeden Raum im Gebäude | erstellt zusammen mit dem Bauherrn die Nutzungsvereinbarung, wählt das Tragwerkkonzept und umschreibt die Projektbasis | gibt bei Bedarf Auskunft über bewährte Objektschutzmassnahmen | | |
| | | ermittelt die Gefährdungsbilder und bestimmt die Beanspruchungen | | | |
| Projekt | wählt definitive Projektvariante aus | bestimmt die definitive Gestalt von Gebäude, Umgebung und Objektschutzmassnahmen | | | |
| | | führt die Bemessung auf Tragsicherheit durch und weist die Gebrauchstauglichkeit nach | | | |
| Baubewilligung | | deklariert gegenüber der Baubehörde und der Gebäudeversicherung den erreichten Schutzgrad gegen gravitative Naturgefahren | unterstützt bei Bedarf die Baubehörde bei ihrer Prüfung | prüft das Projekt hinsichtlich der getroffenen Objektschutzmassnahmen | berät die Baubehörde in der Elementarschadenverhütung |
| | | | | erteilt die Baubewilligung evtl. unter Vorbehalt weiterer Bauauflagen | kann auf Versicherungsausschlüsse hinweisen (kantonale Unterschiede) |
| Bauausführung | nimmt einzelne Augenscheine | begleitet die Bauausführung, überwacht die korrekte Anordnung der Objektschutzmassnahmen | | führt Baukontrollen durch | kann bei sensiblen Objekten Baukontrollen durchführen (kantonale Unterschiede) |
| Baubahnahme | übernimmt das Bauwerk | | | kontrolliert die Ausführung der vorgeschriebenen Objektschutzmassnahmen | versichert das Bauwerk, evtl. mit Vorbehalten |

| Arbeitsschritt | Bauherr | Projektverfasser | Naturgefahrenfachmann | Baubehörde | Gebäudeversicherung |
|------------------------|--|---|---|--|---|
| Unterhalt | kontrolliert periodisch die Funktionstüchtigkeit der Objektschutzmassnahmen oder delegiert diese Kontrolle an einen Fachspezialisten, | | | | |
| | erteilt Fachspezialisten den Auftrag zur Reparatur der erkannten Mängel | | | | |
| Schadenereignis | führt während dem Ereignis schadenmindernde Massnahmen durch | | | | führt nach dem Ereignis die Schadenaufnahme durch |
| Schadenbehebung | veranlasst in Absprache mit der Gebäudeversicherung und der Baubehörde die Wiederherstellungsarbeiten und die notwendigen Objektschutzmassnahmen | überprüft die Projektbasis hinsichtlich des gewählten Schutzkonzeptes, passt dieses eventuell an und plant die Wiederherstellungs- und Objektschutzmassnahmen | überprüft die bestehende Gefahrenkarte oder führt bei fehlenden Gefahrengrundlagen eine Einzelabklärung durch | definiert die notwendigen Objektschutzmassnahmen | berät den Planer in der Elementarschadenverhütung |

1

2

3

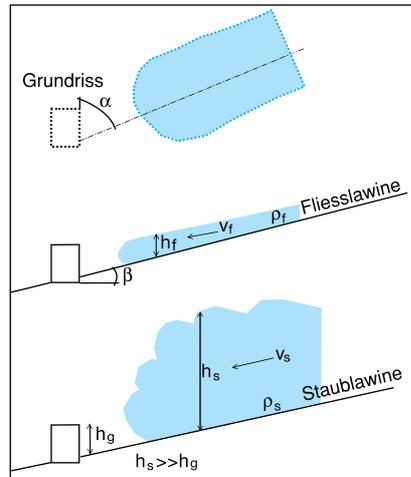
4

5

6

7

1 Bezeichnungen



h_n [m] natürlich abgelagerte Schneehöhe
 h_f [m] Fließhöhe der Fließlawine
 h_s [m] Fließhöhe der Staublawine
 h_{stau} [m] Stauhöhe der Fließlawine
 v_f [m/s] Geschwindigkeit der Fließlawine
 v_s [m/s] Geschwindigkeit der Staublawine
 g [m/s²] Erdbeschleunigung (10 m/s²)
 l_h [m] Dicke der Stahlbetonwand
 l_s [m] Spannweite der Stahlbetonwand
 ρ_n [t/m³] Dichte des natürlich abgelagerten Schnees
 ρ_a [t/m³] Dichte des abgelagerten Lawinenschnees
 ρ_f [t/m³] Dichte der Fließlawine

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

ρ_s [t/m³] Dichte der Staublawine
 h_g [m] Gebäudehöhe
 m [t] Masse einer Einzellast
 α [°] Ablenkwinkel
 β [°] Hangneigung
 γ [°] Öffnungswinkel des Spaltkeils
 δ [°] vertikaler Umlenkwinkel bei Ebenhöch
 l_u [m] Umlenkstrecke bei Ebenhöch
 q_n [kN/m²] Druck des natürlich abgelagerten Schnees
 q_f [kN/m²] Druck der Fließlawine
 q_s [kN/m²] Druck der Staublawine
 q_a [kN/m²] Druck des abgelagerten Lawinenschnees
 q_u [kN/m²] Druck der vertikalen Umlenkung bei Ebenhöch
 q_k [kN/m²] Druck infolge Schneegleiten und -kriechen
 $q_{x,r}$ [kN/m²] spezifische Reibung
 q_e [kN/m²] statischer Ersatzdruck einer Einzellast (Anprall)
 c_d [-] Widerstandskoeffizient
 μ [-] Reibungskoeffizient
 λ [-] Stauhöhenkoeffizient
 A [m²] Anprallfläche einer Einzellast
 N [-] Gleitfaktor
 K [-] Kriechfaktor
 Q_e [kN] statische Ersatzkraft einer Einzellast (Anprall)

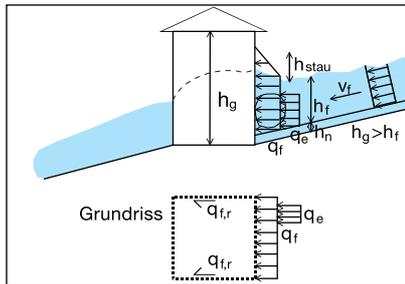
erreicht im Auslaufgebiet oft mehr als 50 m. In den untersten 1 bis 5 m, in der sogenannten Saltationsschicht, führt eine Staublawine grössere Schneebrocken mit. Dadurch treten dort ähnliche Kräfte wie in einer Fließlawine auf.

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

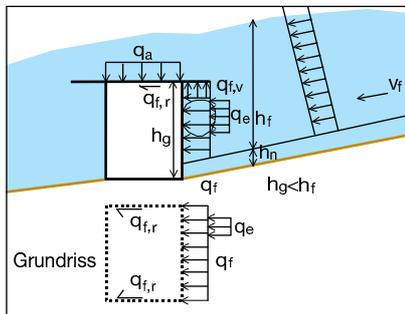


Fließlawine umfließt rechteckiges Gebäude

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 Gebäudeaussenseite 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 α 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

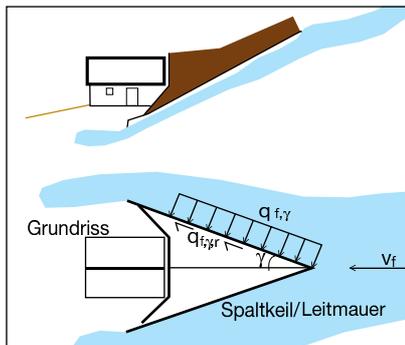


Fließlawine überfließt rechteckiges Gebäude

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 γ darf höchstens 30° betragen, da sonst die Ablenkung 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).

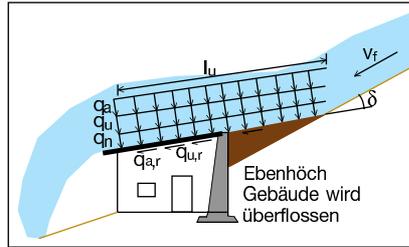
1

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

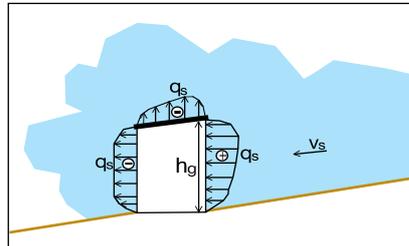
Dies stellt einen Sonderfall von Gefährdungsbild 2 dar. Auf das ebenerdig angeordnete Dach wirken die Auflast der Lawine q_a und

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 α reduzierter Druck und die Reibung zu berücksichtigen. (Dieses Gefährdungsbild entspricht der Einwirkungsart, wie sie bei Lawingalerien auftritt.)

3

4

Gefährdungsbild 5

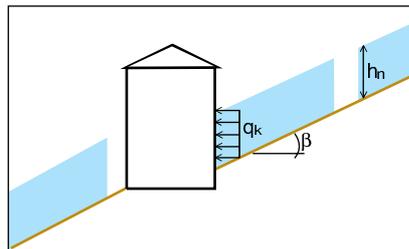


Staublawine wirkt auf Gebäude ein

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

λ 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 α 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 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 μ 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/m²]

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 Gebüschflächen/stark ausgebildete Höcker/grobes Geröll | 1.6 | 1.8 |
| Kurzhalme Grasnarbe/feines Geröll/schwach ausgebildete Höcker | 2.0 | 2.4 |
| Glatte, langhalmige 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

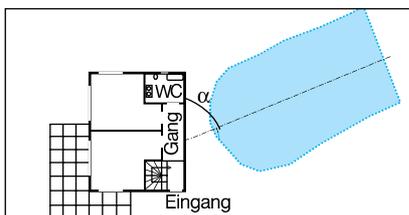


Die Formgestalt der Baute bestimmt die effektiv wirkenden Drücke auf die betroffenen Aussenwände. Keilförmige oder zumindest abgewinkelte Grundrissformen sind in Bezug auf die Hauptzuflussrichtung der Lawine günstig.

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 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.

4 Nutzungskonzept der Innenräume

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.

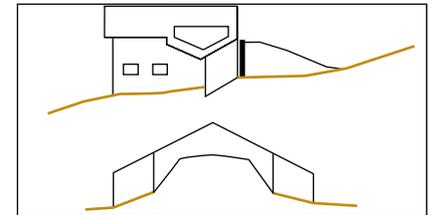
Sämtliche Tragelemente, welche im Einflussbereich der Lawine liegen, müssen gegen Druck- und Reibungskräfte sowie gegen nach oben und unten gerichtete Vertikalkräfte bemessen sein.

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

| Einfachglas 4-seitig gelagert, Abmessungen | Druck q_s der Staublawine | |
|---|---|---------------------|
| 100 x 100 cm | 3 kN/m ² | 5 kN/m ² |
| 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

| Einfachglas 4-seitig gelagert, Abmessungen | Druck q_f der Fliesslawine | |
|---|--|-----------------------|
| 30 x 30 cm | 10 kN/m ² | 30 kN/m ² |
| | 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 -damme 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

4

5

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° 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.

6 Gleitschneeschutzmassnahmen

7

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).



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 |
| | | | | | | | | | | | | |
| Bestehende Baute | | | | | | | | | | | | |
| A | 1/6 | | | | | • | • | • | | | | |
| B | 1/6 | | | | | | | • | | • | | |
| C | 2 | | | | | • | • | • | • | | | |
| D | 3/6 | | | (•) | | • | | | | | • | |
| E | 5 | | | | | | | • | • | | | |
| F | 6 | | | | | | | • | | | | • |
| Neubaute | | | | | | | | | | | | |
| G | 1/6 | • | • | • | • | • | • | • | | | | |
| H | 1/6 | | | | • | • | | | | • | | |
| I | 2 | • | • | • | • | • | • | • | • | | | |
| J | 3/6 | • | • | (•) | | • | | | | | • | |
| K | 4 | • | | • | | • | • | | • | | | • |
| L | 5 | | | | • | | | • | • | | | |
| M | 6 | | | | • | • | | | | | | • |

- | | | | |
|---|--------------------------------|---|---|
| 1 | Massnahmenkombination A | 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 | Massnahmenkombination 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 | Massnahmenkombination C | 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 | Massnahmenkombination D | 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 | Massnahmenkombination E | 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 | Massnahmenkombination F | 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 Kantonalen 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 Kantonalen
Feuerversicherungen (Hrsg.),
Bern, 2005.

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