



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



1

2

3

4

5

6

7

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

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.



6

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 Übermuring.

### Murgänge: Übermuring ausgehend von Gerinnen

Die massgebliche Einwirkung der Übermuring 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: Übermurgang 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 Übermurgang 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  $30^\circ$  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

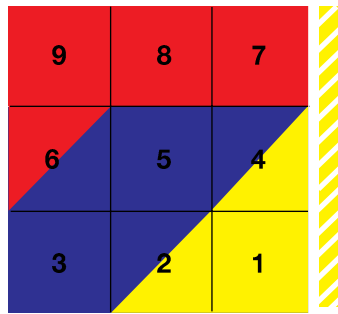
6

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**

<b>Prozess</b>	<b>schwache Intensität</b>	<b>mittlere Intensität</b>	<b>starke Intensität</b>
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

$h_s$ : Setzungstiefe 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 Bundes-  
empfehlungen bei Gefahrenbe-  
urteilungen folgende 4 Häufigkeits-  
klassen zu berücksichtigen:

<b>Wahrscheinlichkeit</b>	<b>Wiederkehrperiode</b>
hoch	1 bis 30 Jahre
mittel	30 bis 100 Jahre
gering	100 bis 300 Jahre
sehr gering	über 300 Jahre

**Intensitätskarten**

Für jede untersuchte Häufigkeits-  
klasse werden sogenannte Inten-  
sitätskarten erstellt. Die Intensitäts-  
karten geben die drei Intensitäts-  
stufen gemäss Bundesempfehlung  
als Umhüllende aller innerhalb einer  
Häufigkeitsklasse betrachteten

Ereignisse flächenhaft wieder. Aus  
diesen Intensitätskarten können die  
massgebenden Einwirkungen für  
die Bemessung der Objektschutz-  
massnahmen 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 Vollgeschosshöhe 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
<b>Unterhalt</b>	kontrolliert periodisch die Funktionstüchtigkeit der Objektschutzmassnahmen oder delegiert diese Kontrolle an einen Fachspezialisten,				
	erteilt Fachspezialisten den Auftrag zur Reparatur der erkannten Mängel				
<b>Schadenereignis</b>	führt während dem Ereignis schadenmindernde Massnahmen durch				führt nach dem Ereignis die Schadenaufnahme durch
<b>Schadenbehebung</b>	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

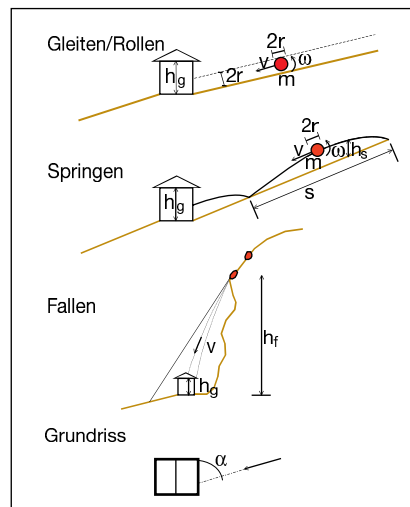
4

5

6

7

## 1 Bezeichnungen



2

3

$h_f$  [m] Freie Fallhöhe der Sturzkomponente

$h_g$  [m] Gebäudehöhe

$h_s$  [m] Sprunghöhe der Sturzkomponente

$s$  [m] Sprungweite der Sturzkomponente

$r$  [m] Radius der Ersatzkugel mit gleichem Volumen und gleicher Masse wie der massgebenden Sturzkomponente

$l_h$  [m] Dicke der Stahlbetonwand

$l_c$  [m] Seitenlänge des Ersatzprismas der massgebenden Sturzkomponente

$l_w$  [m] Verschiebung des Durchstanzkonus bei Stahlbetonwänden

$l_d$  [m] Eindringtiefe der Ersatzkugel in das Eindeckungsmaterial

$l_e$  [m] Mächtigkeit der Eindeckung

4

5

$m$  [t] Masse der für die Bemessung massgebenden Sturzkomponente

$v$  [m/s] Geschwindigkeit der Sturzkomponente (Translationsgeschwindigkeit)

$\omega$  [1/s] Eigenrotation der Sturzkomponente (Rotationsgeschwindigkeit)

$I$  [t\*m<sup>2</sup>] Massenträgheitsmoment

$E_{trans}$  [kJ] Translationsenergie

$E_{rot}$  [kJ] Rotationsenergie

$E_{max}$  [kJ] maximal aufnehmbare Energie bei Stahlbetonwänden

$\alpha$  [°] horizontaler Ablenkwinkel der Flugbahn in Bezug auf das Objekt

$\varphi$  [°] innerer Reibungswinkel des Eindeckungsmaterialies

$M_E$  [kN/m<sup>2</sup>] statischer Zusammendrückungsmodul des Eindeckungsmaterialies

$a_s$  [mm<sup>2</sup>/m] Querschnitt der Bewehrung der Stahlbetonwand (in beiden Richtungen)

$A$  [m<sup>2</sup>] Fläche der einwirkenden Einzellast (Anprall)

$C_k$  [-] Konstruktionsbeiwert

$C_p$  [-] Beiwert der plastischen Deformation der Sturzkomponente

$g$  [m/s<sup>2</sup>] Erdbeschleunigung (10 m/s<sup>2</sup>)

$q_e$  [kN/m<sup>2</sup>] statischer Ersatzdruck der Einzellast (Anprall)

$Q_e$  [kN] statische Ersatzkraft der Einzellast (Anprall)

$R$  [kN] Durchstanz-Bruchkraft der Stahlbetonwand

Im folgenden wird jeweils nur mehr das Wort Steinschlag für diese möglichen Sturzkompartimentsgrößen und Materialarten verwendet.

(resp. des Radius der Ersatzkugel) und der Translationsgeschwindigkeit (resp. der entsprechenden freien Fallhöhe). Die Rotationsenergie der Sturzkomponente wird in dieser Tabelle vernachlässigt.

## Begriff der Sturzkomponente

6

Als Sturzkomponenten werden Steine (Durchmesser < 0.5 m) und Blöcke (Durchmesser > 0.5 m) aus Felsmaterial und entsprechend grosse Kompartimente aus Eis verstanden.

7

## Charakterisierung

Sturzprozesse können am besten durch die Betrachtung von frei fallenden Massenkörpern charakterisiert werden. Die folgende Tabelle zeigt die Translationsenergie von kugelförmigen Sturzkomponenten in Abhängigkeit ihrer Masse

**Translationsenergie  $E_{trans}$  [kJ] kugelförmiger Sturzkomponenten**

Masse $m$ [t]	Radius $r$ [m]	Freie Fallhöhe $h_f$ [m]								
		0.3	1	5	12	20	32	46	62	82
		Translationsgeschwindigkeit $v$ [m/s]								
		2.5	5	10	15	20	25	30	35	40
0.001	0.04	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8
0.01	0.10	0.0	0.1	0.5	1	2	3	5	6	8
0.05	0.16	0.2	0.6	3	6	10	16	23	31	40
0.10	0.21	0.3	1	5	11	20	31	45	61	80
0.17	0.25	0.5	2	9	19	34	53	77	104	136
0.25	0.28	0.8	3	13	28	50	78	113	153	200
0.50	0.35	2	6	25	56	100	156	225	306	400
1.00	0.45	3	13	50	113	200	313	450	613	800
1.40	0.50	4	18	70	158	280	438	630	858	1120
2.00	0.56	6	25	100	225	400	625	900	1225	1600
3.00	0.65	9	38	150	338	600	938	1350	1838	2400
4.00	0.71	13	50	200	450	800	1250	1800	2450	3200
5.00	0.76	16	63	250	563	1000	1563	2250	3063	4000
6.00	0.81	19	75	300	675	1200	1875	2700	3675	4800
7.00	0.86	22	88	350	788	1400	2188	3150	4288	5600
11.00	1.00	34	138	550	1238	2200	3438	4950	6738	8800
22.00	1.25	69	275	1100	2475	4400	6875	9900	13475	17600
38.00	1.50	119	475	1900	4275	7600	11875	17100	23275	30400

Translationsenergie $E_{trans}$	Zerstörungspotenzial	Energieaufnahmevermögen von Fangkonstruktionen
0 bis 10 kJ	Zerstörung von Holzschichtwänden	Stahlstützen mit Fichtenrundholz
10 bis 30 kJ	Zerstörung von Fichtenrundholzwänden	Stahlstützen mit Eichenholz Drahtgeflechte mit einfacher Torsion
30 bis 100 kJ	Zerstörung von Stahlbetonwänden der Dicke 0.2 bis 0.3 m	Einfache Drahtseilnetzverbauungen
100 bis 300 kJ	Zerstörung von Stahlbetonwänden der Dicke 0.4 bis 0.5 m	Verbesserte Drahtseilnetzverbauungen
300 bis 1000 kJ		Drahtseilringnetze mit Brems- elementen
1000 bis 3000 kJ		Spezielle Drahtseilnetz- konstruktionen
über 3000 kJ		Erddämme

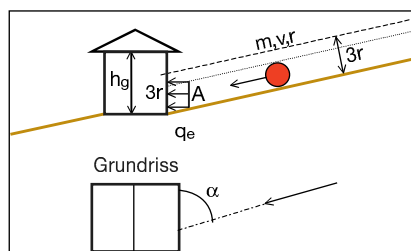
**Intensitätsparameter zur Bemessung**

Zur Bemessung von Objektschutzmassnahmen bedarf es Angaben zu *Bewegungsform, Sprunghöhe, Masse und Translationsgeschwindigkeit* der Sturzkomponenten. Als Alternative zu Masse und Translationsgeschwindigkeit können die zu erwartende *Translations- und Rotationsenergie* zur Bemessung verwendet werden.

Diese Angaben können aus den Intensitätskarten und dem technischen Bericht abgeleitet werden. Existieren keine Intensitätsangaben, so sind diese durch einen Gefahrenfachmann zu bestimmen.



1 Gefährdungsbild 1

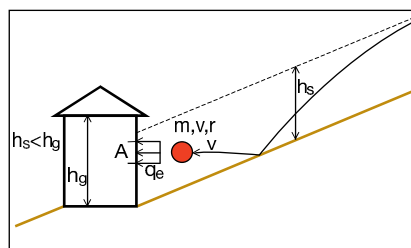


Sturzkomponenten rollen oder gleiten

Die Sturzkomponenten bewegen sich rollend oder gleitend auf die Baute zu. Beim Gleiten bildet sich die Bewegungsenergie allein aus der Translationsenergie, während-

dem beim Rollen die Rotationsenergie hinzukommt. Als Einwirkung ist die Anprallkraft der bewegten Masse  $m$  auf die Baute zu berücksichtigen. Diese wird durch einen statischen Ersatzdruck  $q_e$  repräsentiert, welcher über eine Fläche  $A$  einwirkt. Der vertikale Wirkungsbereich wird ab Terrainoberfläche bis zur Wandhöhe  $3*r$  angenommen. Aufgrund des Ablenkwinkels  $\alpha$  ist zu eruieren, welche Wände von der Einwirkung betroffen sind.

3 Gefährdungsbild 2

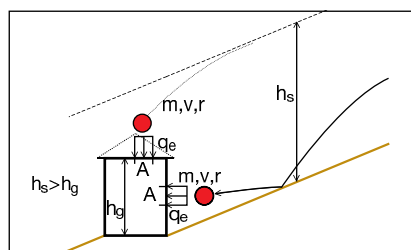


Sturzkomponenten springen bis Wandhöhe

Die Sturzkomponenten bewegen sich springend auf die Baute zu. Ihre Bewegungsenergie setzt sich aus Translations- und Rotationsenergie zusammen. Die Sprung-

höhe  $h_s$  ist kleiner als die Gebäudehöhe  $h_g$ . Dadurch sind ausschliesslich Wände der Baute betroffen. Als Einwirkung ist die Anprallkraft der bewegten Masse auf die Baute zu berücksichtigen. Diese wird durch einen statischen Ersatzdruck  $q_e$  repräsentiert, welcher über eine Fläche  $A$  einwirkt. Der vertikale Wirkungsbereich wird ab Terrainoberfläche bis zur Sprunghöhe  $h_s$  angenommen. Aufgrund des Ablenkwinkels  $\alpha$  ist zu eruieren, welche Wände von der Einwirkung betroffen sind.

5 Gefährdungsbild 3



Sturzkomponenten fallen oder springen über Gebäudehöhe

Die Sturzkomponenten bewegen sich springend oder fallend auf die Baute zu. Beim Fallen bildet sich die Bewegungsenergie allein aus der Translationsenergie, währenddem beim Springen die Rotationsenergie hinzukommt. Die Sprunghöhe  $h_s$ , resp. die Fallhöhe  $h_f$  ist grösser als die Gebäudehöhe  $h_g$ . Dadurch sind sowohl Wände wie auch das Dach der Baute durch das Ereignis betroffen.

Als Einwirkung ist die Anprallkraft der bewegten Masse auf die Baute zu berücksichtigen. Diese wird durch einen statischen Ersatzdruck  $q_e$  repräsentiert, welcher über eine Fläche  $A$  einwirkt. Aufgrund des Ablenkwinkels  $\alpha$  ist zu eruieren, welche Wände von der Einwirkung betroffen sind.

Translations- und Rotationsenergie

Gleiten:

Im Falle des Gleitens von Sturzkomponenten auf geneigter Ebene wirkt lediglich die Translationsenergie. Sie ist:

$$E_{Trans} = 0.5 * m * v^2 \quad [kJ]$$

*Translationsenergie*

Rollen:

Im Falle des Rollens auf geneigter Ebene wirkt neben der Translationsenergie auch die Rotationsenergie. Sie ist:

$$E_{Rot} = 0.5 * I * \omega^2 \quad [kJ]$$

*Rotationsenergie*

wobei  $I = 0.4 * m * r^2 \quad [t * m^2]$

*Massenträgheitsmoment einer Kugel*

Als Richtgrösse kann angenommen werden, dass die Rotationsenergie beim Rollen rund 20 % der Gesamtenergie beträgt.

Springen:

Die Bewegungsenergie setzt sich

beim Springen analog wie beim Rollen aus der Translations- und der Rotationsenergie zusammen. Als Richtgrösse kann angenommen werden, dass die Rotationsenergie beim Springen 10 % bis maximal 20 % der Gesamtenergie beträgt.

Während eines Stosses (Bodenkontakt, Baumkontakt) zwischen zwei Flugphasen wird ein Teil der Bewegungsenergie durch Reibungsvorgänge zwischen Boden und Stein und durch Verformungen des Bodens aufgezehrt.

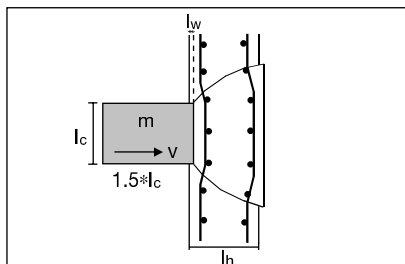
Fallen:

Die Bewegungsenergie berechnet sich beim Fallen ausschliesslich aus der Translationsenergie des freien Falles (vgl. Tabelle zu Beginn dieses Kapitels). Die Geschwindigkeit des freien Falles beträgt:

$$v = (2 * g * h_f)^{0.5} \quad [m/s]$$

*Geschwindigkeit des freien Falles.*

Anprallkraft bei ungeschützten Stahlbetonwänden



Beim Aufprall eines Steines oder Blockes auf eine Stahlbetonwand mit einer Geschwindigkeit von 2.5 m/s bis 40 m/s handelt es sich um den sogenannten harten Stoss. Es treten Kontaktdeformationen auf der Wandaussenseite und Abplatzungen auf der Wandinnenseite auf. Massgebendes Wandversagen ist in der Regel lokales Durchstanzen. Beim harten Stoss handelt es sich um ein sehr komplexes Problem. Bei den hier wiedergegebenen Bemessungsansätzen handelt es sich um grobe Näherungen. Die Grundlage für die folgenden Berechnungen stellt die unveröffentlichte Arbeit von Tissières 1996 dar. Als Einwirkung wird die Energie der Sturzkomponente berücksichtigt (Translationsenergie).

Die Energie aus Eigenrotation (Rotationsenergie) wird dabei vernachlässigt. Die aufnehmbare Energie der Stahlbetonwand ergibt sich aus dem Produkt von Bruchkraft  $R$  und Verschiebung  $l_w$  des Durchstanzkonus.

Es wird angenommen, dass der volle Bewehrungswiderstand erreicht wird, wenn die Verschiebung  $l_w$  eine Grössenordnung von 20 mm erreicht. Mit dieser Verschiebung kann auch die statische Ersatzkraft  $Q_e$  berechnet werden:

$$Q_e = (E_{trans} * C_k * C_p) / l_w = (0.5 * m * v^2 * C_k * C_p) / l_w \quad [kN]$$

*statische Ersatzkraft durch Anprall*

Der Konstruktionsbeiwert  $C_k$  berücksichtigt das Bruchverhalten und ist gemäss BFS 1998:

$$C_k = 0.4 \text{ bzw. } 0.6 \quad [-]$$

*duktiler Bruch (z.B. Biegebruch bewehrter Platten)*

$$C_k = 1.2 \quad [-]$$

*spröder Bruch (z.B. Durchstanzen ohne Schubbewehrung)*

Die plastische Deformation des Blocks  $C_p$  durch den Anprall vernichtet ihrerseits einen Teil der Translationsenergie.

1

Bei Blöcken wird angenommen, dass dieser Anteil ca. 15% beträgt.

$C_p = 0.85$

*Beiwert der plastischen Deformation der Sturzkomponente*

Die maximal aufnehmbare Energie  $E_{max}$  und die Bruchkraft  $R$  von Stahlbetonwänden ohne Schubbewehrung wird im folgenden für unterschiedliche Wanddicken  $l_h$  und für unterschiedliche Bewehrungsgehalte  $a_s$  betrachtet. Als Blockform wird ein Prisma mit quadratischer Seitenlänge  $l_c$  und Höhe

$1.5 \cdot l_c$  angenommen. Unter der Annahme eines spröden Bruchverhaltens ergeben sich folgende max. aufnehmbaren Energien und Bruchkräfte für innere, sowie innere und äussere Bewehrung: (Beton B 35/25, Stahl S 500,  $C_k = 1.2$ ,  $\gamma_Q = 1.0$ ,  $\gamma_R = 1.0$ ).

Berechnung, Jörg Rutz, GVA St.Gallen):

2

3

Querschnitt der Wandbewehrung $a_s$ [mm <sup>2</sup> /m]	Wanddicke $l_h$ [m]	Blockmasse $m$ [t]	Bruchkraft $R$ [kN]		max. aufnehmbare Energie $E_{max}$ [kJ]	
			innere Bewehrung	innere und äussere Bewehrung	innere Bewehrung	innere und äussere Bewehrung
393	0.2	0.1	780	1030	16	21
	0.2	0.5	1150	1590	23	32
	0.2	1.0	1390	1930	28	39
754	0.2	0.1	1080	1560	22	31
	0.2	0.5	1600	2430	32	49
	0.2	1.0	1920	2960	38	59
	0.3	0.1	1630	2110	33	42
	0.3	0.5	2280	3110	46	62
	0.3	1.0	2680	3730	54	75
	0.4	0.1	2270	2750	45	55
1340	0.4	0.5	3060	3890	61	78
	0.4	1.0	3550	4590	71	92
	0.2	0.1	1570	2430	31	49
	0.2	0.5	2310	3790	46	76
	0.2	1.0	2770	4630	55	93
	0.3	0.1	2220	3080	44	62
	0.3	0.5	3100	4580	62	92
	0.3	1.0	3650	5500	73	110
	0.4	0.1	2980	3830	60	77
	0.4	0.5	3990	5470	80	109
2010	0.4	1.0	4620	6480	92	130
	0.3	0.1	2910	4190	58	84
	0.3	0.5	4050	6260	81	125
	0.3	1.0	4750	7540	95	151
	0.4	0.1	3790	5070	76	101
	0.4	0.5	5060	7270	101	145
	0.4	1.0	5850	8630	117	173

4

5

6

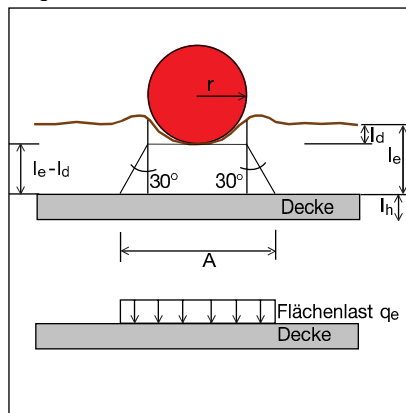
7

Für Wiederkehrperioden < 30 Jahre kann im Sinne eines Gebrauchstauglichkeits-Nachweises verlangt werden, dass der Anprall nicht zu Betonabplatzungen an der Wandinnenseite führt. Dieser Nachweis

kann z.B. nach Brown/Perry (vgl. CEB 1988) geführt werden. Es zeigt sich, dass Abplatzen nicht mit zusätzlicher Bewehrung, sondern mit grösserer Wanddicke vermieden wird.

Anprallkraft bei erdüberdeckten Stahlbetondecken

Für erdüberdeckte Betontragwerke konnte aufgrund von ausgedehnten Modellversuchen ein Bemessungsansatz hergeleitet werden (BFS 1998). Die statische Ersatzkraft wird durch die Wirkung eines Ersatzkörpers in Form einer Kugel mit der Masse  $m$  beschrieben. Die Lastverteilung infolge der Eindeckung wird unter der Annahme eines Ausbreitungswinkels von  $30^\circ$  angenommen.



Die für die Bemessung zu verwendende Flächenlast  $q_e$  wird auf der Einflussfläche als gleichmässig verteilt eingeführt.

Die erforderliche minimale Mächtigkeit der Eindeckung  $l_e$  soll grösser sein als die doppelte Eindringtiefe  $l_d$  resp. grösser als 0.5 m.

Die statische Ersatzkraft  $Q_e$  und die Eindringtiefe  $l_d$  werden wie folgt ermittelt:

$$Q_e = 2.8 * C_k * l_e^{-0.5} * r^{0.7} * M_E^{0.4} * \tan\varphi * (0.5 * m * v^2)^{0.6}$$

$$l_d = m * v^2 / Q_e$$

1

2

3

4

5

6

7

### 1 Einpassung in das Terrain



Eine gute Einpassung in das Terrain schützt die Baute vor dem direkten Steinschlagangriff. Dies geschieht durch eine erhöhte Anordnung des Gebäudekörpers bei rollenden oder gleitenden Sturzkomponenten.

Dadurch kann die direkt gefährdete Aussenwandfläche klein gehalten werden. Eine vertiefte Anordnung des Gebäudekörpers wird bei springenden Sturzkomponenten gewählt. Die bergseitig zu schützende Aussenwandfläche verringert sich mit dieser Massnahme.

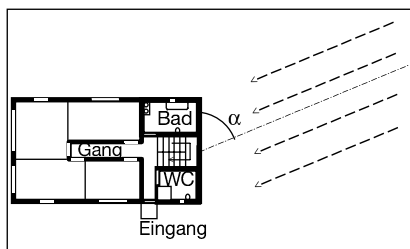
2

### 3 Formgestalt / Statisches Konzept der Baute

Die Gebäudefront, welche sich der Sturzrichtung entgegenstellt, ist kurz zu halten. Dadurch wird die Trefferwahrscheinlichkeit ebenfalls gering gehalten. Ferner sind Tragwerke der Baute

geschützt in Bezug auf die Sturzrichtung anzuordnen. Tragende Scheiben und Platten sind einer Skelettbauweise vorzuziehen.

### 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. So zum Beispiel Verbindungsgänge oder Nasszellen.

### 5 Ort von Öffnungen

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

Solche Öffnungen bedürfen immer einer Verstärkung (vgl. weiter hinten). Sturzseitige 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 sturzabgewandten Aussenraumes anzuordnen. Ebenso ist darauf zu achten, dass die Zufahrt und der Zugang zum Gebäude geschützt angeordnet werden.

7

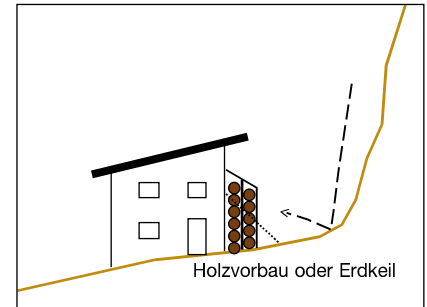


### Verschaltung von Wänden

**Verschaltung:**

Die Verschaltung von Wänden mit stossdämpfenden Materialien stellt eine sehr effiziente Massnahme dar. Das Tragelement wird so weitgehend vor der direkten Einwirkung geschützt. Die dämpfende Schicht soll die Stosskraft des Steins verringern. Dies geschieht durch eine Kraftaufnahme über einen möglichst langen Deformationsweg. Als Dämpfungsmaterialien kommen Holz oder künstlich hergestellte Produkte in Frage.

Mittels vorgesetzten Rundholzkonstruktionen lassen sich architektonisch gut integrierte Lösungen erzielen. Das Dämpfungsvermögen beträgt:



Rundholzdurchmesser	Holzart	Brucharbeit [kJ]
0.20 m	Fichte	1.5
0.20 m	Ahorn	2
0.20 m	Eibe	5
0.50 m	Fichte	9
0.50 m	Ahorn	15
0.50 m	Eibe	30
1.00 m	Fichte	35
1.00 m	Ahorn	50
1.00 m	Eibe	120



Bei geringen Sturzenergien kann eine Stückholzbeige die stossdämpfende Massnahme zum Schutz der Wände bilden.

### Anschüttung/Verstärkung von Wänden

**Anschüttung:**

Eine weitere Möglichkeit zum Schutz von stossempfindlichen Aussenwänden besteht darin, diese mittels Erdmaterial anzuschütten. Aufgrund der hervorragenden Dämpfungswirkung von Erdmaterial lassen sich selbst sehr hohe Sturzenergien bewältigen. Der Nachteil der Anschüttung besteht in ihrem vergleichsweise grossen Raumbedarf bei hohen zu schützenden Wänden. Diesem Nachteil kann mittels übersteilen armierten Boden-Geotextil-Konstruktionen begegnet werden.

**Verstärkung:**

Eine Verstärkung von Wänden in Neubauten kann mittels eines erhöhten Bewehrungsgehaltes bei Stahlbetonwänden geschehen. Eine Erhöhung der Wandstärken ist möglich, dies stellt jedoch kaum eine kostengünstige Variante dar. Das Energieaufnahmevermögen steigt nur beschränkt im Vergleich zu den zusätzlichen Materialkosten. Die Verstärkung von Wänden in bestehenden Bauten erfolgt mittels Klebebewehrung durch Stahllamellen oder zusätzlicher

1

2

Wandbewehrung in Gunitschicht oder Vorsatzbeton. Stahllamellen weisen einen grossen Fliessbereich und dementsprechend ein grosses plastisches Energieaufnahmevermögen auf. Sie werden üblicherweise vertikal angeordnet (von Boden bis Decke). Vorteilhaft sind dünne Lamellen. In der Regel sind mechanische Endverankerungen (Schubanker, Zuganker) auf volle

Lamellen-Zugkraft erforderlich. Die minimal erforderliche Haftzugfestigkeit in Beton beträgt  $2.0 \text{ N/mm}^2$ . Bei Stein- und Blockschlageinwirkung sind zur Verhinderung des Durchstanzens entsprechend kleine Lamellenabstände erforderlich. Bei beiden Verstärkungsarten hat das gute Aufrauhnen der Betonoberfläche wesentliche Bedeutung.

3

### Schutz von Öffnungen

Der Schutz von Fenstern kann mittels Sprossen aus Stahl erfolgen. Der Abstand zwischen Sprossen und Fenster muss ausreichend gross gewählt werden, damit ein ausreichender Deformationsweg zur Verfügung steht.

Gefährdete Türen sind mittels Schutzmauern oder lokalen Dämmen vor der Einwirkung zu schützen.

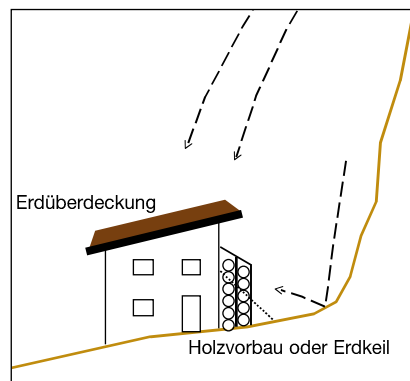
4

### Verstärkung / Überschüttung des Daches

Ein optimaler Schutz von Dachflächen wird mittels Erdüberdeckung erreicht. Als Konstruktionstyp eignen sich daher leicht geneigte Flachdächer.

Die Bemessung kann nach denselben Kriterien vorgenommen werden, wie sie speziell für Steinschlagschutzgalerien entwickelt wurden (vgl. BFS 1998).


5



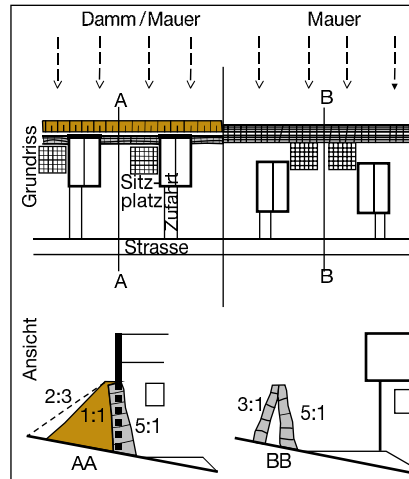
6

7

Einzelne Abschirmungsmassnahmen üben einen massgebenden Einfluss auf die Ausbreitung der Gefährdung aus. 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.

### Auffangdamm/Auffangmauer



Konstruktionsformen gewählt werden. Im Vordergrund stehen dabei Blockstein-, Steinkorb- oder Geotextilkonstruktionen.



Mittels Erddämmen können selbst Sturzenergien über 3000 kJ aufgenommen werden. Sie stellen somit die wirksamste Steinschlagschutzmassnahme dar, in Bezug auf die Energievernichtung. Ihr Anwendungsbereich wird durch den grossen Raumbedarf begrenzt. Insbesondere bei grossen Sprunghöhen der Sturzkomponenten wird die notwendige Dammgrundfläche sehr gross. Dieser Nachteil lässt sich minimieren, indem einseitig oder beidseitig des Dammes als Böschungsabschluss übersteile



### Drahtseilnetz

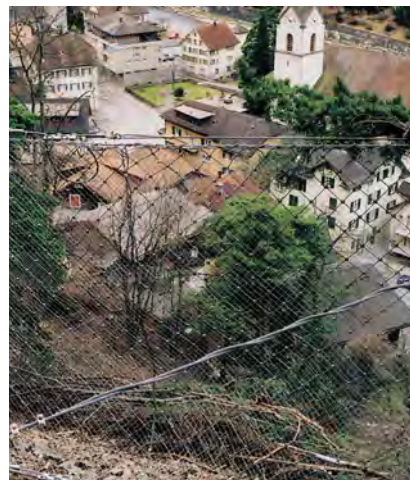


Im Bereich der Drahtseilnetzverbauungen hat in den letzten 15 Jahren eine eigentliche Innovation stattgefunden. Bis Mitte der Achziger Jahre konnten Energien bis rund 200 kJ aufgenommen werden.

Diese Grenze der Gebrauchslast konnte nun mit Hilfe neuerer Konstruktionen (Drahtseilringnetze) auf 3000 kJ angehoben werden. Die Bemessung der Schutznetze erfolgt mit einer Typenprüfung gemäss der vom BUWAL im Jahr 2001 herausgegebenen Richtlinie (BUWAL 2001). Die Prüfung umfasst Netze, die in 9 Energieklassen von 100 – 5000 kJ eingeteilt werden. Zur Bemessung der Fundation und Verankerungen werden die bei der Prüfung

1

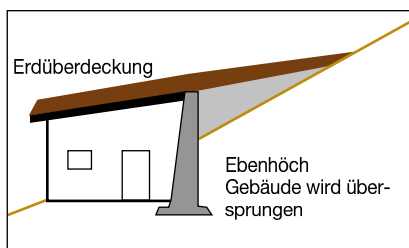
gemessenen maximalen Kräfte mit einem Zuschlag von 30% erhöht und diese Ersatzlast wird als charakteristischer Wert  $F_k$  gemäss Norm SIA 260 Ziffer 3.2.2.2 in die Berechnungen eingeführt.



2

3

### Ebenhöch →



Ebenhöch werden Bauten genannt, deren Dach bergseits nahtlos an das Terrain oder eine Anschüttung anschliesst. Der Stein überspringt dadurch die Baute. Eine spezielle Lösung muss für Kamine gesucht werden (z.B. in Form eines ersetz-

baren Leichtaufbaus). Die statische Belastung ist mit derjenigen von erdüberdeckten Dächern zu vergleichen.

Diese Massnahme kann nur für alleinstehende Einzelbauten mit eingeschränkter Aussenraumnutzung von Interesse sein. Das Gebäude wird gut geschützt, der Aussenraum bleibt allerdings gefährdet. Die Steine werden in ihrer Bewegungsrichtung abgelenkt, so dass benachbarte Objekte zusätzlich gefährdet würden.

4

5

### Stabilisierung

Bei kleinräumigen Ausbruchbereichen direkt angrenzend an das gefährdete Objekt sind Stabilisierungsmassnahmen an der Sturzquelle von Bedeutung.

#### a) Verkleidung/Begrünung

Durch die Verkleidung oder Begrünung soll die Oberfläche vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Nach Möglichkeit ist die Felsböschung zu begrünen und zu bepflanzen. Bei steilen Böschungen sind aus Gründen der Oberflächenerosion Kombinationen aus Geotextil, Seilnetzen, Spritzbeton mit Ankern oder Nägeln notwendig.



#### b) Steinschlaggeflechte

Durch Geflechte werden einzelne, sich ablösende Steine aufgefangen, am Springen gehindert und kontrolliert nach unten zum Böschungsfuss geführt.

7

6



Diese Massnahme eignet sich insbesondere für verwitternde Nagelfluhwände. Als Material werden Geflechte aus verzinkten Drähten oder verknotetem Kunststoff verwendet. Die Geflechte werden in einem Abstand von 0.3 bis 0.4 m zur Felsoberfläche montiert. Dadurch wird verhindert, dass sich abgelöste Steine verfangen und Ablagerungen bilden, welche die Geflechte zerstören.



### c) Stützelemente /Anker

Zur Erhöhung der Standsicherheit können überhängende oder unterschrittene Felsmassen durch Beton- oder Stahlpfeiler abgestützt werden. Bei der Anordnung mehrerer Pfeiler empfiehlt es sich, einen horizontalen Betonriegel als Widerlager auszubilden. Zur Sicherung niedriger, senkrechter Böschungen können Stützmauern verschiedener Art angeordnet werden. Sie dienen der Erhöhung von Gleit- und Kippsicherheit oder der Verminderung der Verwitterungsanfälligkeit.

Die Standsicherheit einzelner Blöcke oder Böschungsabschnitte kann durch Felsanker erhöht werden. Bezüglich Bemessung und Korrosionsschutz wird auf die SIA Norm 267 (Geotechnik) verwiesen.

### d) Abflachung

Kleine Felsböschungen können durch Abflachung unter 40° in ihrem Gefahrenpotenzial reduziert werden. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass solche Böschungen infolge des veränderten Oberflächengefüges stärker verwittern.

### e) Drainagen

Drainagen sollen sowohl das Eindringen von Oberflächenwasser in die Böschung, als auch das Felskompartiment tiefgründig entwässern. Diese Massnahme hemmt die natürlichen Verwitterungsvorgänge und wird in Kombination mit anderen Stabilisierungsmassnahmen angewandt.

### f) Felsreinigung

Unter der Felsreinigung versteht man das Entfernen von absturzgefährdeten Steinen und Blöcken. Die Wirkungsdauer dieser Massnahme ist in der Regel beschränkt, da die Verwitterung weiter einwirkt. Das Reinigen verlangt ein gebirgsschonendes Vorgehen. Dieser Forderung wird oft nur der Handabtrag gerecht. Während der Durchführung der periodischen Reinigungsarbeiten sind temporäre Schutzmassnahmen im betroffenen Sturzgebiet anzuordnen.



1 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, Verschalung/Verstärkung und Abschirmung/Stabilisierung ergibt sich eine wirkungsvolle Risikoverminderung.

2


3

4

5

6

7

Massnahmenkombination	Gefährdungsbild	Konzeption					Verschalung Verstärkung			Abschirmung Stabilisierung		
		Einpassung in das Terrain	Formgestalt/ statisches Konzept	Nutzungskonzept der Innenräume	Ort von Öffnungen	Nutzungskonzept Aussenraum	Aussenwände	Öffnungen	Dach	Auffangdamm/ Auffangmauer	Steinschlagnetz	Ebenhöch 
<b>Bestehende Baute</b>												
A	1					•	•	(•)				
B	1					•			•			
C	1					•				•		
D	2					•	•	•				
E	2					•			•			
F	2					•				•		
G	3					•	•	•	•			
H	1/2/3					•						•
<b>Neubaute</b>												
I	1	•	•	•	•	•	•	(•)				
J	1				•	•			•			
K	1				•	•				•		
L	2	•	•	•	•	•	•	•				
M	2	•		•	•	•			•			
N	2	•		•	•	•				•		
O	3	•	•	•	•	•	•	•	•			
P	3	•	•	•	•	•	•	•			•	
Q	1/2/3				•	•						•

### Massnahmenkombination A

Die bestehende Baute befindet sich im Auslaufbereich einer Sturzquelle und wird durch rollende oder gleitende Steine gefährdet. Mit Hilfe einer Wandverstärkung oder Wandverschalung im Bereich der betroffenen Aussenwandflächen sowie

eines Schutzes allfälliger Öffnungen mittels Sprossen, kann das Risiko innerhalb des Gebäudes reduziert werden. Intensiv genutzte Aussenraumbereiche werden geschützt hinter der Baute angeordnet.

### Massnahmenkombinationen B und C

Die Risikoreduktion wird mittels eines Auffangdammes, einer Auffangmauer oder eines Steinschlagnetzes erreicht. An der Baute und in deren Umgebung sind im Wirkungsbereich der Schutzmauer keine weiteren Massnahmen

notwendig. Lediglich ungeschützt verbleibende Aussenraumbereiche bedürfen einer angepassten Nutzung.

### Massnahmenkombination D

Es handelt sich um dieselben Vorkehrungen wie bei Kombination A. Da es sich um springende Steine handelt, müssen die Massnahmen in einem bedeutend höheren Wirkungsbereich an der Baute angeordnet werden.

### Massnahmenkombinationen E und F

Dieselben Vorkehrungen wie bei Kombination B. Der Schutzdamm, die Schutzmauer oder das Steinschlagnetz müssen ausreichend hoch bemessen werden, um die springenden Steine aufzuhalten.

Eine Restgefährdung bezüglich sehr hoch springenden Steinen kann nie ausgeschlossen werden. Daher sind zumindest im Bereich des Aussenraumes die Nutzungen dieser Restgefährdung anzupassen.

### Massnahmenkombination G

Die bestehende Baute ist durch fallende oder über die Gebäudehöhe springende Sturzkomponenten gefährdet. Am Dach, an den betroffenen Aussenwänden und Öffnungen werden Verstärkungen und v.a. Verschalungen angeordnet.

Nutzungen des Aussenraumes sind durch die Baute nicht geschützt. Aussenraumnutzungen sollen daher möglichst gering gehalten werden.

### Massnahmenkombination H

Der kleinräumige Ausbruchbereich der Sturzquelle liegt direkt angrenzend zum gefährdeten Objekt und kann mittels Stabilisierungsmassnahmen gesichert werden.

Am Objekt sind keine Massnahmen erforderlich. Bei verbleibender Restgefährdung sind Aussenraumnutzungen im Bereich der Sturzquelle zu minimieren.

### Massnahmenkombination I

Die Neubaute wird von Beginn weg an die Gefährdung durch rollende oder gleitende Sturzkomponenten angepasst. Dies geschieht durch einen erhöht angeordneten Gebäudkörper und eine angepasste Innenraumnutzung im exponierten Bereich des Erdgeschosses.

Öffnungen werden vermieden oder zumindest klein gehalten. Exponierte Aussenwände werden verstärkt ausgebildet oder zum Beispiel mit einer Rundholzkonstruktion verschalt. Aussenraumnutzungen werden von Beginn weg in geschützten Bereichen geplant.

1

**Massnahmenkombinationen J und K**

Diese Vorkehrungen liegen sehr nahe der Anordnungen bei bestehenden Bauten (Kombinationen B und C).

Lediglich die Öffnungen in den exponierten Aussenwänden des Erdgeschosses werden angepasst, um das Restrisiko weiter zu minimieren.

2

**Massnahmenkombination L**

Die Neubaute wird durch springende Sturzkomponenten bedroht. Mittels einer vertieften Anordnung des Gebäudekörpers sowie einer kurzen Gebäudefront werden die betroffenen Aussenwandflächen gering gehalten. Öffnungen im Bereich des exponierten Wirkungsraumes werden

vermieden oder zumindest klein gehalten. Die betroffenen Aussenwände werden verstärkt ausgebildet oder zum Beispiel mit einer Rundholzkonstruktion verschalt. Aussenraumnutzungen werden von Beginn weg in geschützten Bereichen geplant.

3

**Massnahmenkombinationen M und N**

Die massgebliche Risikoreduktion wird durch den Bau der Schutzdämme/-mauern oder die Drahtseilnetze erreicht. Eine weitere Risikominderung ist vorzusehen, wenn Sturzkomponenten diese

Schutzbauten überspringen. Dies erfolgt durch angepasste Nutzungskonzepte für die Innenräume und den Aussenraum.

4

**Massnahmenkombinationen O und P**

Die Neubaute ist im Bereich von Aussenwandflächen und des Daches bedroht. Als Schutzvorkehrungen werden Massnahmen gemäss Kombination L ergriffen. Zusätzlich wird das Dach durch

eine Dämpfungsschicht aus Erdmaterial geschützt. Wird das Gebäude als Ebenhöch ausgebildet, reduziert sich die Einwirkung auf Aussenwandflächen erheblich.

5

**Massnahmenkombination Q**

Der kleinräumige Ausbruchbereich der Sturzquelle liegt direkt angrenzend zum gefährdeten Objekt und kann mittels Stabilisierungsmassnahmen gesichert werden. Bei verbleibender Restgefährdung sind Aussenraumnutzungen im Bereich der Sturzquelle zu minimieren und Öffnungen im Bereich der betroffenen Aussenwände klein zu halten.

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)