



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 beschädigen.

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 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: 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  $30^\circ$  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

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

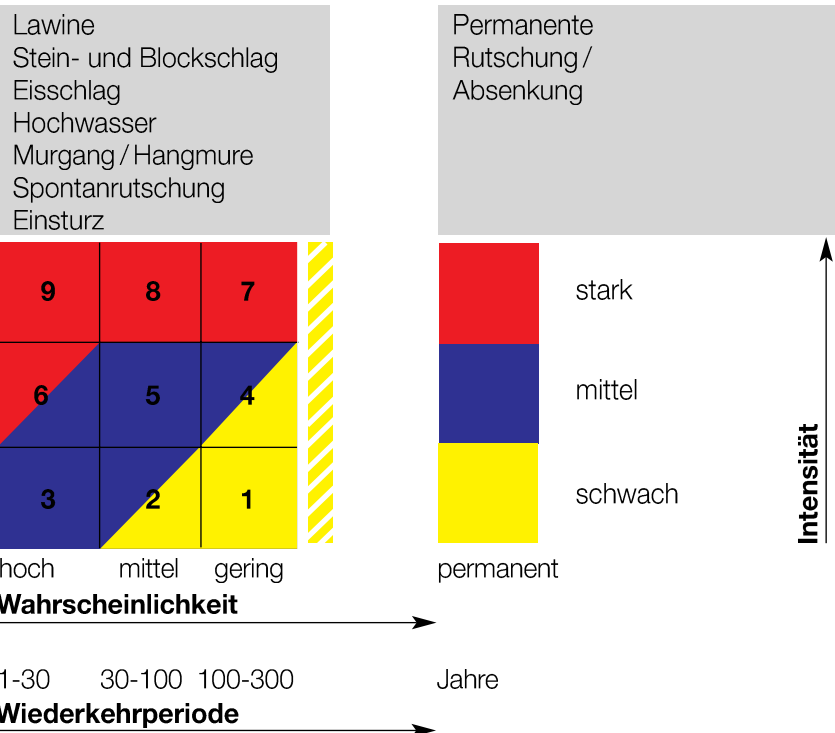
4

5

6

7

**Gültigkeit der Diagramme nach Prozessen**



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<sub>f</sub>: Fließhöhe  
h<sub>r</sub>: Tiefe der Gleitfläche  
h<sub>s</sub>: Setztiefe bei Einsturz

v<sub>f</sub>: Geschwindigkeit  
A<sub>E</sub>: Fläche von Einsturztrichtern  
h<sub>u</sub>: 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.

1

2

3

4

5

6

7

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

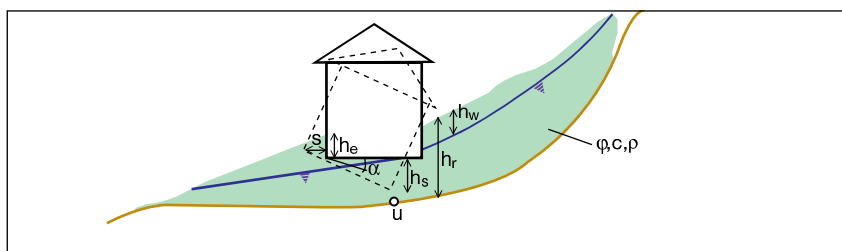
5

6

7



## 1 Bezeichnungen bei Rutschungen



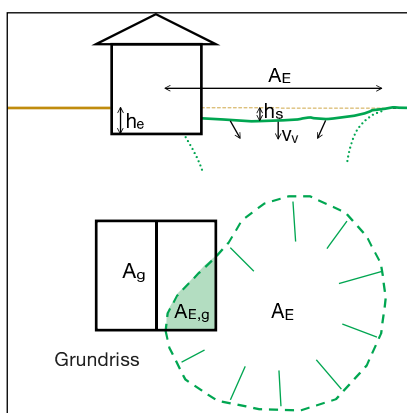
2

 $h_r$  [m] Tiefe der Gleitfläche $h_e$  [m] Einbindetiefe der Baute $h_w$  [m] Tiefe des Hang- resp. Bodenwasserspiegels $h_s$  [mm] Setzung pro Ereignis bei Spontanrutschungen $s$  [mm] Horizontalverschiebung pro Ereignis bei Spontanrutschungen $v_f$  [mm/Jahr] Geschwindigkeit bei Permanentrutschungen $v_h$  [mm/Jahr] Horizontalgeschwindigkeit bei Permanentrutschungen $v_v$  [mm/Jahr] Vertikalgeschwindigkeit bei Permanentrutschungen $\rho$  [t/m<sup>3</sup>] Dichte des Bodenmaterials $\alpha$  [°] Winkel der Gebäudeverkipfung $\varphi$  [°] Winkel der Scherfestigkeit des Bodenmaterials (Reibungswinkel) $c$  [kN/m<sup>2</sup>] Kohäsion des Bodenmaterials $u$  [kN/m<sup>2</sup>] Porenwasserdruck $q_{ea}$  [kN/m<sup>2</sup>] aktiver Erddruck

3

4

## Bezeichnungen bei Einstürzen

 $h_s$  [mm] Einsturz- resp. Absenktiefe der Terrainoberfläche $v_v$  [mm/Jahr] Absenkgeschwindigkeit bei permanenten Phänomenen $A_E$  [m<sup>2</sup>] Fläche des Einsturz-/ Absenktrichters $A_{E,g}$  [m<sup>2</sup>] eingestürzte Fläche innerhalb der Gebäudegrundfläche $A_g$  [m<sup>2</sup>] Gebäudegrundfläche

5

6

## Charakterisierung

Rutschungen werden aufgrund der Tiefe ihrer Gleitfläche unterschieden. Wie im Kapitel Einführung dargestellt, unterscheidet man zwischen flachgründigen ( $h_r < 2$  m), mittelgründigen ( $2$  m  $< h_r < 10$  m) und tiefgründigen ( $h_r > 10$  m) Rutschungen. Bei Spontanrutschungen beeinflusst die Grösse der Verschiebung und Setzung massgeblich den Schadengrad an der Baute und ihrer Umgebung. Bei permanenten Rutschungen ist es die Geschwindigkeit der Bewegung.

Hohe Schäden sind zu erwarten, wenn Betrag und Richtung der Geschwindigkeitsvektoren sich örtlich und zeitlich stark unterscheiden. Zur Charakterisierung der Wirkung der Geschwindigkeit werden in der Tabelle auf der folgenden Seite mögliche Schadenwirkungen in verallgemeinerter Form wiedergegeben.

7

Geschwindigkeit* $v_f$	Mögliche Schäden an Gebäuden und Aussenraum
1 – 5 mm/Jahr	Keine Schäden bis leichte Rissbildungen am Gebäude je nach Konstruktions- und Fundationsart, leichte Setzungs- und Hebungserscheinungen im Aussenraum.
10 – 50 mm/Jahr	Leichte bis grössere Rissbildungen und/oder Verkippungen am Gebäude, Setzungen und Stauchungen verursachen mittelfristig sichtbare Terrainveränderungen im Aussenraum, erdverlegte Leitungen erleiden Schäden.
200 – 1000 mm/Jahr	Grosse Rissbildungen und/oder Verkippungen am Gebäude, Setzungen und Stauchungen verändern den Aussenraum nachhaltig, erdverlegte Leitungen bedürfen eines jährlichen Unterhaltes damit ihre Funktionstüchtigkeit gewährleistet bleibt.

\* Die schadhafte Wirkung dieser Geschwindigkeiten ergibt sich durch Unterschiede in deren Betrag und Richtung innerhalb der Rutschung. Sind die Geschwindigkeiten in Betrag und Richtung innerhalb der Rutschung homogen, treten die Schäden am Rutschungsrand auf (Scherränder). Als Mass für Setzungsdifferenzen gilt meistens die Winkelverdrehung  $\tan\alpha$ . Folgende typischen Grenzwerte sind zu beachten:

$\tan\alpha = 1/750$   
*Probleme mit empfindlichen maschinellen Einrichtungen*  
 $\tan\alpha = 1/500$   
*Beginn von Rissbildungen am Bauwerk*  
 $\tan\alpha = 1/250$   
*Verkippung von hohen Bauwerken wird sichtbar*  
 $\tan\alpha = 1/150$   
*Schäden an der Bauwerksstruktur*

## Intensitätsparameter zur Bemessung

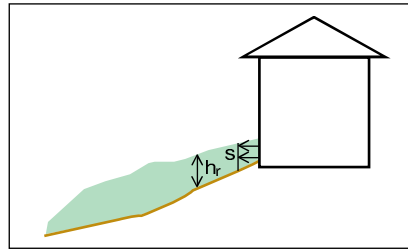
Zur Bemessung von Objektschutzmassnahmen gegen Rutschungen bedarf es Angaben zur *Tiefe der Gleitfläche*. Bei Spontanrutschungen interessieren im Weiteren der Verlauf des *Hangwasserspiegels*, die Grösse der *Bodenkennwerte* und allfällige *Porenwasserüberdrücke*.  
 Bei Permanentrutschungen interessiert zudem die durchschnittliche *Bewegungsrate*.  
 Bei Einstürzen bedarf es Angaben bezüglich der *Einsturztiefe* und der *Einsturzfläche*.

Einzelne dieser Intensitätsparameter können den Intensitätskarten entnommen werden. Die übrigen notwendigen Parameter sind durch einen Gefahrenfachmann zu bestimmen.

1

Bei Spontanrutschungen kann es zu einem schnellen Abgleiten der Erdmasse auf der Terrainoberfläche kommen. Dieses Gefährdungsbild entspricht den Ausführungen unter Kapitel Murgänge.

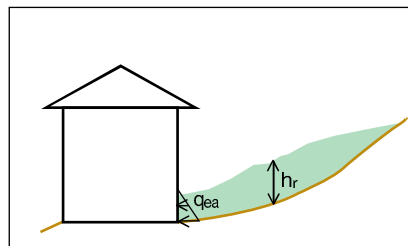
2 Gefährdungsbild 1



Da die Gleitfläche höher als das Fundament verläuft, ist die Gesamtstabilität der Baute in der Regel gegeben. Durch die Rutschbewegung entstehen Schäden in der Umgebung der Baute (Leitungen, Zufahrt, Stützkonstruktionen u.a.).

Flachgründige Rutschung bewegt sich von Baute weg  
Die Rutschung bewegt sich um die Verschiebung  $s$  von der Baute weg. Es vermindert sich der bestehende Erddruck auf Aussenwände.

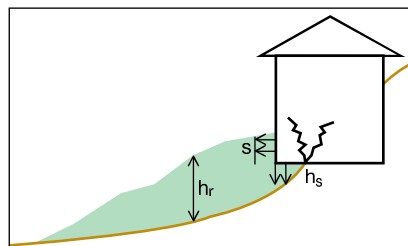
4 Gefährdungsbild 2



Grundsätzlich ist die Tragsicherheit von Aussenwänden gefährdet. Bei grossen bewegten Erdmassen und geringer Eigenlast der Baute kann jedoch auch die Kipp- oder Gleitsicherheit gefährdet sein.

Flachgründige Rutschung bewegt sich auf Baute zu  
Die Rutschung bewegt sich auf die Baute zu und es entstehen erhöhte Erddrücke  $q_{ea}$  an den Stirnwänden.

6 Gefährdungsbild 3

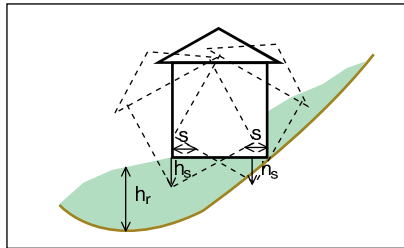


Mittelgründige Rutschung erfasst einen geringen Teil des Gebäudes  
Die Rutschung verursacht Setzungen  $h_s$  und Verschiebungen  $s$ . Je nach Art der Foundation und statischem Konzept ist die Tragsicherheit dieses Teils der Baute

gefährdet. Die Gesamtstabilität ist gewährleistet, sofern der betroffene Gebäudeteil gering bleibt.

7

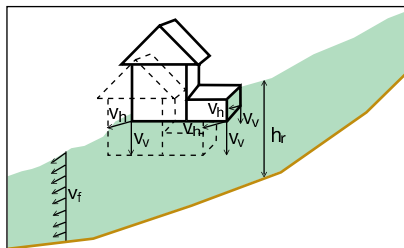
Gefährdungsbild 4



*Mittelgründige Rutschung erfasst das ganze Gebäude*  
 Die Tragsicherheit, die Gesamtstabilität und die Gebrauchstauglichkeit der Baute sind infolge differenzieller Setzungen  $h_s$  und Verschiebungen  $s$  bedroht.

Je nach Art der Foundation und Ausbildung des Tragwerkes wird sich das Mass und die Art der Verformungen (Setzungen/Hebungen, Verkippung, Rissbildung) an der Baute einstellen.

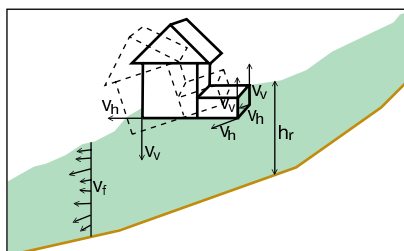
Gefährdungsbild 5



*Tiefgründige Rutschung gleichförmiger geringer Geschwindigkeit*  
 Die gesamte Baute ist von der Rutschbewegung erfasst.

Die Bewegungsrate ist jedoch gering und die Geschwindigkeitsvektoren (Horizontal- und Vertikalgeschwindigkeit) im Bereich der Einbindetiefe von gleichem Betrag und gleicher Richtung. Dadurch entstehen keine Differenzen in der Horizontal- und Vertikalbewegung. Schäden entstehen an Scherrändern der Rutschung oder im Bereich von Mulden und Kuppen.

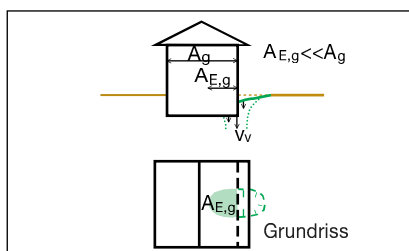
Gefährdungsbild 6



*Tiefgründige Rutschung ungleichförmiger hoher Geschwindigkeit*  
 Die gesamte Baute ist von der Rutschbewegung erfasst. Die Bewegungsrate ist hoch und die Geschwindigkeitsvektoren im Bereich der Einbindetiefe sind von unterschiedlichem Betrag und unterschiedlicher Richtung. Dadurch kommt es zu ausgeprägten Differenzen in der Horizontal- und Vertikalbewegung der Baute. Die Tragsicherheit, die Gesamtstabilität (Verkippen) und die Gebrauchstauglichkeit sind stark gefährdet.



1 Gefährdungsbild 7



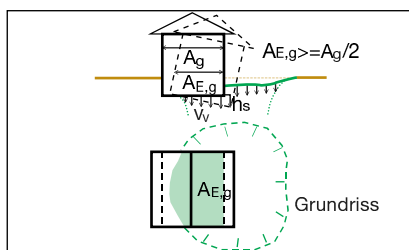
*Kleinflächiger Einsturz*

Vom Einsturz betroffen ist lediglich ein geringer Teil der Gebäudegrundfläche. Durch den Einsturz resp. die Absenkung kommt es zu einer kleinräumigen Setzungsercheinung unter dem Gebäude.

Je nach Art der Fundation und statischem Konzept ist die Tragsicherheit dieses Teils der Baute gefährdet. Die Gesamtstabilität bleibt in der Regel gewährleistet.

2

3 Gefährdungsbild 8



*Grossflächiger Einsturz*

Vom Einsturz betroffen ist ein wesentlicher Teil der Gebäudegrundfläche. Die Gesamtstabilität der Baute ist nicht mehr gewährleistet.

Je nach Fundationsart und statischem Konzept wird das Gebäude kippen oder zerreißen.

4

5 Ermittlung der Einwirkungen

Die Einwirkungen durch Rutschungen sind Erddrücke, Wasserdrücke und Verformungen. Die Erfassung solcher Einwirkungen hat sich auf eine fachkundige, dem Bauwerk angemessene Baugrunderkundung und geotechnische Beurteilung abzustützen. Der Informationsgehalt in Gefahren- und Intensitätskarten bezüglich Rutschungen reicht in der Regel nicht aus, um eine Bemessung bezüglich Objektschutzmassnahmen vorzunehmen. Lediglich bei flachgründigen Rutschungen kann oft auf eingehendere Felduntersuchungen verzichtet werden.

Einwirkungen infolge von Rutschungen und Einsturz können nicht direkt mit Normwerten angegeben werden, sondern sind in Anpassung an die jeweiligen Verhältnisse nach den Regeln des Grundbaus zu bestimmen.

Dem Geotechnikfachmann stehen drei wesentliche Ansätze zur Ermittlung der Einwirkungen zur Verfügung: Mittels verschiedener *Feldanalysen* lassen sich die Tiefe einer bereits ausgebildeten Gleitfläche, die Geschwindigkeit, die Lagerungsdichte und die Bodenwasserverhältnisse bestimmen. Mit Hilfe von *Laboruntersuchungen* an entnommenem Erdmaterial kann die Dichte, der Winkel der Scherfestigkeit und die Kohäsion analysiert werden. Diese Grundlagen, sowie Angaben bezüglich der örtlichen Topographie erlauben es, mittels *Modellrechnungen* die Einwirkungen zu ermitteln. Anhand dieser Modelle kann zudem die Wirksamkeit der in Frage kommenden Objektschutzmassnahmen geprüft werden.

6

7

## Standortwahl

Bei einem Neubau in rutschungs- oder einsturzgefährdetem Gebiet kann mittels einer vorsichtigen Standortwahl innerhalb der Bauparzelle bereits ein Teil des Risikos reduziert werden. Bei der Terraingestaltung ist darauf zu achten, dass Anschüttungen und Einschnitte so erfolgen, dass sie als bremsende Kraft auf den Rutschmechanismus einwirken.

Dies gilt sowohl für die permanenten, wie auch für die temporären Erdverschiebungen während des Baus. Aus diesem Grund sind insbesondere ungünstige Bauzustände (z.B. Baugrubenaushub) von Anfang an in die Abklärungen einzubeziehen. Risiken, die nicht durch Bemessung abgedeckt werden, sind durch angemessene Kontrollen zu begrenzen.

## Statisches Konzept und Fundation

Das statische Konzept der Baute ist grundsätzlich dann vorteilhaft, wenn geringe Setzungen unter dem Gebäudekörper keine Schadenfolgen wie Risse nach sich ziehen. Aus diesem Grund ist eine monolithische Bauweise zu wählen. Anbauten sind immer statisch einwandfrei zu trennen. Die Fundationsart soll ebenfalls unempfindlich auf mögliche Setzungen oder Verschiebungen reagieren.

In der Regel bewährt sich eine Flachfundation mittels verstärkter Bodenplatte oder die Ausbildung des Untergeschosses als steifen Stahlbetonkasten. Je nach Rutschungsart werden weitere Anforderungen an die Fundation gestellt. Auf Details wird weiter unten eingegangen (vgl. Lastabtragung, Ausrichtung und Verstärkungsmassnahmen).

## Nutzungskonzept Innenräume

Das Nutzungskonzept der Innenräume muss bei tiefgründigen Rutschungen angepasst werden. Durch das Mitschwimmen der Baute auf dem Rutschkörper kann es zu einer Verkippung kommen. Je nach Art des statischen Konzeptes ist eine Neuausrichtung der Baute oder von Teilen davon möglich (vgl. weiter hinten).

Insbesondere bei Untergeschossen muss damit gerechnet werden, dass diese nicht neu ausgerichtet werden können und somit in einer Schiefelage verbleiben. Dieser Umstand sollte von Beginn weg bezüglich der Innenraumnutzung berücksichtigt werden.

## Aussenanschluss von Leitungen

Erdverlegte Leitungen werden im Bereich von stark differentiellen Rutschgeschwindigkeiten beschädigt. Solche Bereiche sind allgemein die Scherränder der Rutschung, sowie der Bereich der Leitungsdurchführung vom Unter-

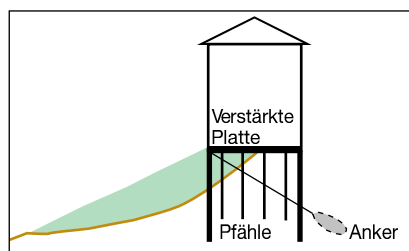
grund in die Baute. Als Projektierungshilfe wird auf die Richtlinien für Rohrleitungsanlagen hingewiesen (SVGW 2001, SVGW 2004).

## Abführung von Meteorwasser

Jegliches Oberflächenwasser wird mit Vorteil abgeführt und nicht versickert. Wasser stellt bei Rutschungen oftmals den bedeutendsten treibenden Faktor dar. Daher wird versucht, den Hangwasserspiegel so tief wie möglich zu halten.

Dachwasser sollte daher nicht versickert werden und Quellen sind zu fassen.

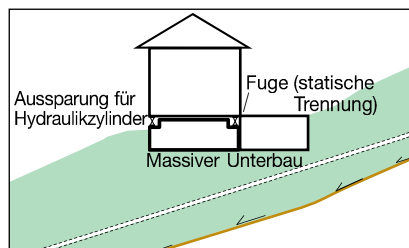
### 1 Lastabtragung unter die Gleitfläche



Mittels Scheiben oder Pfählen werden die Lasten des Gebäudes in das unbewegte Erdreich abgetragen. Diese Massnahme kann sowohl bei nicht sehr intensiver Rutsch- wie auch bei oberflächlicher Einsturzgefährdung ergriffen werden. Die Rutschmasse wird also an ihrer Bewegung nicht oder nicht stark gehindert. Die Baute steht ähnlich einer Brücke auf Pfeilern, welche sich im tragfähigen Untergrund abstützen. Bei der Wahl von Pfählen sind in der Regel umhüllende Schächte notwendig.

### 3 Ausrichtung des Gebäudes durch Anhebung

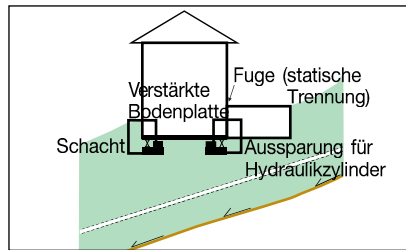
Die folgenden Massnahmen der Gebäudeanhebung werden bei mittel- bis tiefgründigen Rutschungen ergriffen, wenn sich der Rutschkörper aufgrund seiner Grösse nicht beeinflussen lässt.



a) *Statische Trennung des Untergeschosses von den Obergeschossen*  
Zwischen dem Untergeschoss und den Obergeschossen wird eine statische Trennung vorgenommen. Zudem werden Aussparungen für hydraulische Pressen angeordnet. Bei einer Verkipfung der Baute kann der Obergeschossteil neu ausgerichtet werden. Das Untergeschoss verbleibt in seiner Schiefelage. Dieser Vorgang wird bei weiteren Verkipfungen wiederholt.



*Verdeckte Aussparung für hydraulische Presse*



**b) Einzelfundamente als Auflager**  
Soll die gesamte Baute nach einer Verkippung neu ausgerichtet werden, so sind die entsprechenden Aussparungen für hydraulische Pressen im Fundamentbereich vorzusehen. Diese Variante beschränkt sich daher meistens auf Neubauten. Der Zugang zu diesen Auflagern erfolgt über statisch getrennt angeordnete Schächte an den Gebäudeecken. Bei Bedarf sind zusätzliche Auflager im Bereich der Aussenwände und unter der Baute anzuordnen.

**c) Anhebung mittels Kunstharzinjektion**  
Bei bestehenden Bauten kann mittels Kunstharzinjektionen unter dem Fundament eine Anhebung erreicht werden. Das Kunstharz wird mittels Spezialmaschinen über Bohrlöcher durch das Fundament in den Untergrund injiziert. Die Anhebung ergibt sich durch eine 15- bis 20-fache Volumenvergrösserung des Kunstharzes. Durch diese Expansion wird ein Druck von über 50 t/m<sup>2</sup> erreicht.



### Verstärkung von Bodenplatte und Aussenwänden

Eine Verstärkung von Bodenplatte und Aussenwänden stellt bei vielen aufgeführten Massnahmen eine Mindestanforderung dar. Eine Verstärkung in Neubauten kann mittels eines erhöhten Bewehrungsgehaltes bei Stahlbetontragwerken geschehen. Die Verstärkung in bestehenden Bauten erfolgt mittels Klebebewehrung oder zusätzlicher Bewehrung in Gunitschicht oder Vorsatzbeton.



### 1 Stabilisierung mittels eingebrachten Stützelementen

2

3

4

5

6

7

#### a) Boden- und Felsanker

Mittels Anker wird eine instabile Boden- oder Felszone gegen eine stabile Boden- oder Felszone verankert. Bei Bodenankern liegt die Verankerungszone im Lockergestein; Kornaufbau und Lagerungsdichte bestimmen die äussere Tragkraft des Ankers aufgrund der mobilisierbaren Mantelreibung zwischen Ankerkörper und Untergrund. Bei Felsankern liegt die Verankerungszone im Felsgestein; die Felsart (Festigkeit, Härte, Rauigkeit, Klüftung, Schichtung etc.) bestimmen die äussere Tragkraft. Je nach Anwendung unterscheidet man:

- voll vorgespannte Anker, mit Anspannung auf die verlangte Gebrauchskraft
- teilweise vorgespannte Anker, mit Anspannung auf einen Teil der Gebrauchskraft
- ungespannte Anker; diese spannen sich erst über Deformationen des Ankerkopfes

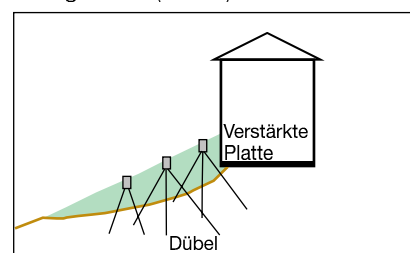
Weitere Details sind der SIA Norm V191 Vorspannte Boden- und Felsanker und der SIA 191/1 Ungespannte Boden- und Felsanker (Nägel) mit Vollverbund zu entnehmen.

#### b) Dübel

Bei der Bodenverdübelung werden in der vorhandenen Gleitfläche durch die Dübel (Stahlrohre) Schubkräfte aktiviert, die ein Abgleiten des Erdkörpers verhindern. Die reine Schubbeanspruchung tritt auf, wenn die Gleitfläche zwischen zwei festen Schichten verläuft. In weichen Böden tritt eine Biegezugbeanspruchung auf. Bei Rutschungssanierungen werden die einzelnen Dübel durch Nachfolgebewegungen im Gleitflächenbereich verbogen und ihre Hauptwirkung beruht auf Zugkraftübertragung. Dübel werden über ihre ganze Länge vermörtelt. Sie können flächenhaft oder linienhaft über den Rutschkörper angeordnet werden. Zur Sicherung einzelner

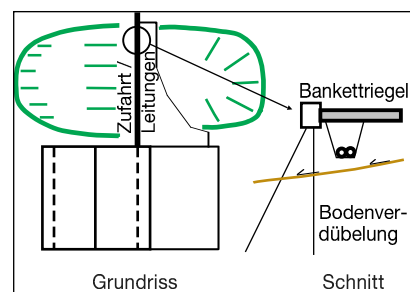
Objekte (Gebäude, Zufahrt etc.) ist die linienhafte Anordnung vorzuziehen.

2 oder 3 Dübel werden immer zu einem statischen Element zusammengefasst (Bock).



Der Vorteil einer Bodenverdübelung ist die einfache Ausführung ohne grosse Installationen. Die Verdübelung ist ferner ein biegeweiches System, das sich möglichen grossräumigen Kriechbewegungen anpassen kann, ohne dass gleich ein Systemversagen eintritt.

Die Grenze der Anwendung liegt vor allem in der Tiefe und Ausdehnung (Volumen) der Rutschung. Bei Tiefen der Gleitfläche über ca. 6 bis 8 m oder bei aufzunehmenden Schubkräften über zirka 300 kN/m<sup>2</sup> (Gesamtkraft) wird die Verdübelung gegenüber Lösungen mit vorgespannten Ankern und Pfählen im allgemeinen unwirtschaftlich. Mittels Dübel und Bankettriegel lassen sich zudem erdverlegte Leitungen und Zufahrten effizient schützen.



c) Pfähle

Pfähle werden im allgemeinen nach den folgenden vier wesentlichen Unterscheidungsmerkmalen definiert:

Unterscheidungsmerkmal	Name	Beschreibung
Art und Ort der Herstellung	Fertigpfahl	Vorfabrizierter Pfahl
	Ortspfahl	Der Pfahl wird im Boden mittels Ortsbeton oder Injektionsgut erstellt
Art und Weise des Einbringens in den Boden	Rammpfahl	Der Pfahl wird durch rammen, vibrieren oder durch statischen Druck (Presspfahl) in den Baugrund eingebracht (Verdrängung des Bodenmaterials).
	Bohrpfahl	Das Pfahlloch entsteht durch entfernen des Bodenmaterials.
Art des Lasttransportes	Spitzenpfahl	Die Lastabtragung in den Boden erfolgt vorwiegend über die Pfahlspitze (Spitzenwiderstand).
	Reibungspfahl	Die Lastabtragung in den Boden erfolgt vorwiegend über den Pfahlumfang (Mantelreibung).
Art der Beanspruchung	Druckpfahl	Vorwiegend auf Druck beanspruchter Pfahl, welcher z.B. für Tiefgründungen verwendet wird.
	Zugpfahl	Vorwiegend auf Zug beanspruchter Pfahl, welcher z.B. für Auftriebsicherungen verwendet wird (vgl. Kapitel «Massnahmen gegen Hochwasser»)
	Biegepfahl	Vorwiegend auf Biegung und Schub beanspruchter Pfahl, welcher z.B. für Rutschungssicherungen verwendet wird.

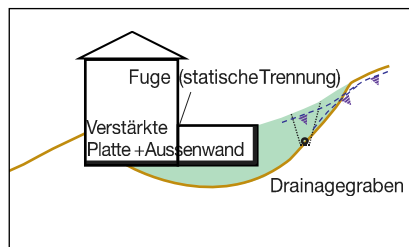
Ferner unterscheiden sich Pfähle aufgrund des Baustoffes in Holzpfähle, Stahlpfähle und Betonpfähle. Zur Stabilisierung von Rutschmassen werden Pfähle meist in Kombination mit Ankern eingesetzt. Das Haupteinsatzgebiet der Pfähle im Rahmen des Objektschutzes gegen Rutschungen liegt in der Fundation von Bauten im nichtbewegten Untergrund.

Detaillierte Angaben zur Bemessung von Pfählen finden sich in der SIA Norm V192.

### 1 Stabilisierung durch Verminderung des Porenwasserdruckes

2

Die folgenden Massnahmen kommen zur Anwendung, wenn eine Entwässerung des Bodenmaterials unter normalen hydrostatischen Verhältnissen möglich ist. Das Entwässerungssystem muss periodisch hinsichtlich seiner Funktionstüchtigkeit geprüft werden.



3

#### a) Drainagegräben

Eine Stabilisierung mittels Drainagegräben kommt zur Anwendung, wenn die zu entwässernden Schichten nahe der Oberfläche liegen (1 bis 3 m Tiefe). Der Vorteil dieser Entwässerungsmassnahme liegt darin, dass beim Aushub der Gräben die effektiven Verhältnisse beurteilt werden können und so das Entwässerungssystem während dem Bau optimal an die tatsächlichen Verhältnisse angepasst werden kann.

4

### 5 Stabilisierung mittels einer Veränderung der Topographie

6

#### a) Gegengewichtsschüttung

Das Aufbringen einer Gegengewichtsschüttung wird sehr oft als Notfallmassnahme bei Rutschungen angewendet. Diese Massnahme kann auch als Vorbeugung zur Verhinderung einer Rutschung angewandt werden. Effektiv wirksam ist diese Massnahme nur, wenn die Schüttmasse direkt auf den Körper der potenziellen Rutschung einwirken kann. Es ist daher zu prüfen, ob Gleitflächen möglich sind, welche durch die Schüttung nicht beeinflusst werden.

7

#### b) Horizontalbohrungen vom Gelände aus

Ist das Gelände geneigt und die zu entwässernden Schichten in einer Tiefe, welche mittels offenen Drainagegräben nicht erreicht werden, so bieten sich Horizontalbohrungen an. Mittels sternförmiger Anordnung, ausgehend von einem Sammelschacht, werden Horizontalbohrungen ausgeführt. Diese werden nach verschiedenen Techniken mit einem Drainrohr und äusserer Filterschicht versehen.

#### c) Brunnen (Vertikalschächte) mit Horizontaldrainagen

Befinden sich die zu entspannenden Bodenschichten in grösserer Tiefe, so ist die Anordnung von Brunnen mit Horizontaldrainagen vorzusehen.

#### b) Abflachung

Die Abflachung übersteiler Hangpartien stellt eine mögliche Massnahme zur Vermeidung von oberflächlichen Spontanrutschungen dar (insbesondere in der Folge von Starkniederschlägen). Diese Massnahme stellt einen wesentlichen Eingriff in die vorherrschende Topographie dar und sollte daher möglichst frühzeitig in den Planungsprozess einbezogen werden.

Massnahmen-  
kombinationen

Massnahmenkombination	Gefährdungsbild	Konzeption					Lastabtragung Ausrichtung Verstärkung				Stabilisierung		
		Standortwahl	Statikkonzept / Fundation	Nutzungskonzept Innenräume	Aussenanschluss Leitungen	Abführung Meteorwasser	Lastabtragung unter Gleitfläche	Ausrichtung durch Anhebung	Verstärkung Aussenwände	Verstärkung Bodenplatte	Stützelemente	Verminderung Porenwasserdruck	Veränderung Topographie
<b>Bestehende Baute</b>													
A	1/2					•					•		
B	1/2					•					•		
C	1/2					•						•	
D	2				•	•		•					
E	3				•	•	•			•			
F	4				•	•		•		•	•		
G	4				•	•		•		•	•		
H	5/6				•	•		•	•	•			
I	7					•				•			
J	8				•	•	(•)	•		•			
<b>Neubaute</b>													
K	1	•			•	•							
L	2	•			•	•			•				
M	1/2	•				•					•		
N	1/2	•				•						•	
O	1/2	•				•						•	
P	3	•	•		•	•	•			•			
Q	4	•	•			•		•		•	•		
R	4	•	•			•		•		•	•		
S	5		•	•	•	•		•		•			
T	6		•	•	•	•		•	•	•			
U	7	•	•			•				•			
V	8	•	•		•	•	(•)	•		•			

- |   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| 1 | <b>Massnahmenkombinationen A, B, C</b> | Es handelt sich um eine Gefährdung durch flachgründige Rutschungen. Die bestehende Baute wird geschützt, indem die Rutschmasse stabilisiert wird.  | Dies erfolgt mittels Stützelementen, durch Drainagen oder durch ein Abflachen der Böschung.  |
| 2 | <b>Massnahmenkombination D</b>         | Die flachgründige Rutschung bewegt sich auf die Baute zu. Mittels einer Verstärkung der gefährdeten Aussenwand wird dem erhöhten Erddruck begegnet. Befinden sich erdverlegte Leitungen im Einflussbereich der Rutschung,            | so sind Sicherheitsvorkehrungen wie Bodenschieber, Rohrbruchsicherungen, Ausziehsicherungen und Kontrollschächte vorzusehen.   |
| 3 | <b>Massnahmenkombination E</b>         | Die Rutschung reicht unter die Fundationstiefe des Gebäudes und bewegt sich von ihm fort. Mittels Scheiben oder Mikropfählen werden die Lasten in das unbewegte Erdreich abgetragen. Dies erfordert unter Umständen eine Verstärkung | der Bodenplatte des Gebäudes. Erdverlegte Leitungen ausserhalb der Baute bedürfen ebenfalls weitergehender Sicherheitsvorkehrungen wie Bodenschieber, Rohrbruchsicherungen, Ausziehsicherungen und Kontrollschächte. |
| 4 | <b>Massnahmenkombinationen F und G</b> | Die Rutschung reicht unter die Fundationstiefe des Gebäudes. Mittels Stützelementen oder einer Tiefendrainage wird die Rutschmasse stabilisiert.   | Bis zum Erreichen dieses Zustandes kann es zu Setzungen und Verschiebungen kommen, so dass eine Verstärkung der Bodenplatte und eine Ausrichtung durch Anhebung notwendig sein kann.                                 |
| 5 | <b>Massnahmenkombination H</b>         | Es handelt sich um eine tiefgründige Rutschung, welche sich durch Stabilisierungsmassnahmen nicht beeinflussen lässt. Die bestehenden Bauten werden mittels hydraulischen Pressen neu ausgerichtet, wenn sie Verkippungen erleiden.  | Bei stark differentiellen Bewegungsgeschwindigkeiten (Gefährdungsbild 6) sind zudem Verstärkungen an Bodenplatte und Aussenwänden notwendig, wenn diese von der Konstruktionsart des Gebäudes her ausführbar sind.   |
| 6 | <b>Massnahmenkombination I</b>         | Ein kleinflächiger Einsturz gefährdet einen Teil der Baute. Mittels einer lokalen Verstärkung der Bodenplatte und eventuellen Fundamentvertiefungen z.B. mittels Pfählen kann die lokale Schwächezone gesichert werden.              |  |
| 7 | <b>Massnahmenkombination J</b>         | Der Untergrundeinsturz gefährdet die Gesamtstabilität der Baute. Falls es sich um einen langsam fortschreitenden Vorgang handelt, kann mit einer Neuausrichtung der Baute die Verkippung behoben werden.                             | Je nach Art des Einsturzes kann mittels Pfählen eine Lastabtragung in tragfähige Schichten vorgenommen werden.   |

### Massnahmenkombinationen K und L

Ein Neubau wird auf einer Parzelle erstellt, welche durch flachgründige Rutschungen gefährdet ist. Durch Standortwahl und Terraingestaltung wird versucht, die Gefährdung zu reduzieren.

In Bereichen, wo erhöhte Erddrücke befürchtet werden, sollen die Aussenwände entsprechend dimensioniert werden. Durch eine sorgfältige Abführung von Oberflächenwasser kann die Auslösewahrscheinlichkeit für Rutschungen reduziert werden.

Leitungen sind wenn möglich in nicht betroffenen Bereichen zu verlegen. Ansonsten sind von Beginn weg weitergehende Sicherheitsvorkehrungen vorzusehen.

### Massnahmenkombinationen M, N, O

Lässt sich die Rutschgefährdung nicht allein durch Standortwahl und Terraingestaltung genügend reduzieren, so sind stabilisierende Massnahmen am Rutschkörper notwendig.

### Massnahmenkombination P

Im Unterschied zur Massnahmenkombination E (bestehende Baute) können bei einer Neubaute von Beginn weg die notwendigen Vorkehrungen an Foundation (Lastabtragung in unbewegtes Erdreich) und Bodenplatte vorgenommen werden.

### Massnahmenkombinationen Q und R

Diese Kombination unterscheidet sich von der entsprechenden Variante bei bestehenden Bauten darin, dass Verstärkungen an der Bodenplatte von Beginn weg eingeplant werden.

### Massnahmenkombinationen S und T

Neubauten auf tiefgründigen Rutschungen sollen von Beginn weg so konzipiert sein, dass ein allfälliges Neuausrichten möglich ist. Dies bedarf eines entsprechenden statischen Konzeptes mit Aussparungen für hydraulische Pressen.

### Massnahmenkombinationen U und V

Der Einsturzgefahr kann bei einem Neubau unter Umständen mittels einer sorgfältigen Standortwahl ausgewichen werden. Ansonsten ist insbesondere die verstärkte Bodenplatte von Bedeutung und die Möglichkeit einer Anhebung der Baute.

---

## 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)