

1

2

3



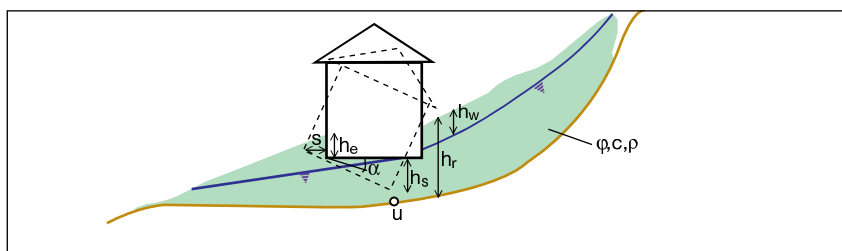
4

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.

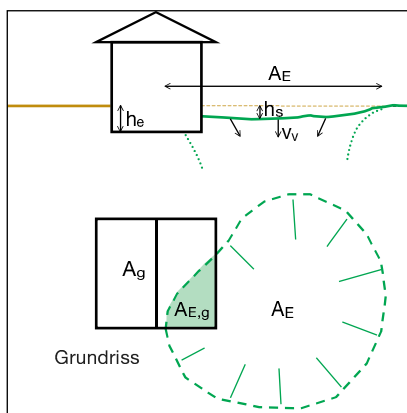
Bodenwasserspiegels

 $h_s$  [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 Schadegrad 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*.

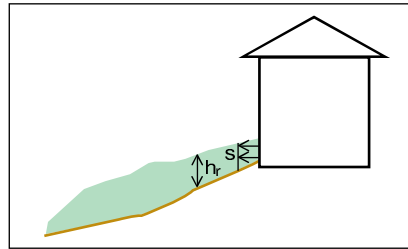
Bei Einstürzen bedarf es Angaben bezüglich der *Einsturztiefe* und der *Einsturzfläche*.

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

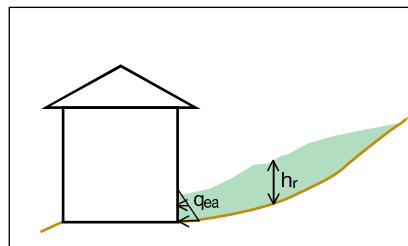


Da die Gleitfläche höher als das Fundament verläuft, ist die Gesamtstabilität der Baute in der Regel gegeben. Durch die Rutschbewegung entstehen Schäden in der Umgebung der Baute (Leitungen, Zufahrt, Stützkonstruktionen u.a.).

3

*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

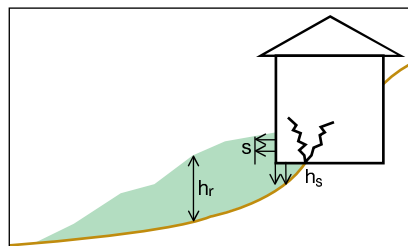


Grundsätzlich ist die Tragsicherheit von Aussenwänden gefährdet. Bei grossen bewegten Erdmassen und geringer Eigenlast der Baute kann jedoch auch die Kipp- oder Gleitsicherheit gefährdet sein.

5

*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

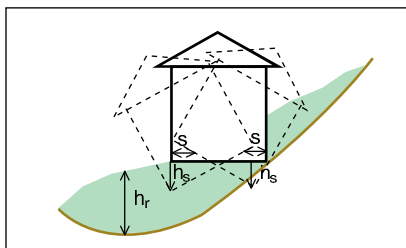


7

*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.

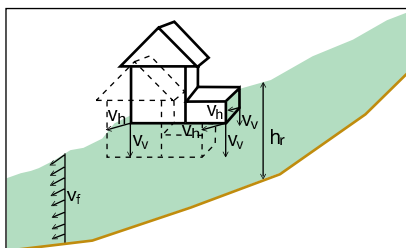
## Gefährdungsbild 4



*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.

## Gefährdungsbild 5

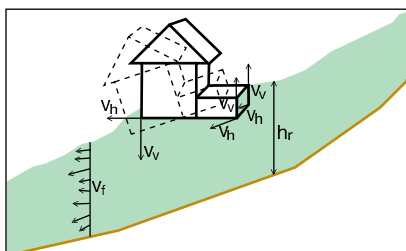


*Tiefgründige Rutschung gleichförmiger geringer Geschwindigkeit*  
Die gesamte Baute ist von der Rutschbewegung erfasst.

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.

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.

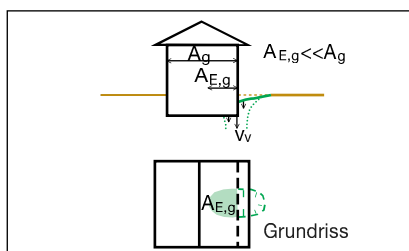
## Gefährdungsbild 6



*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



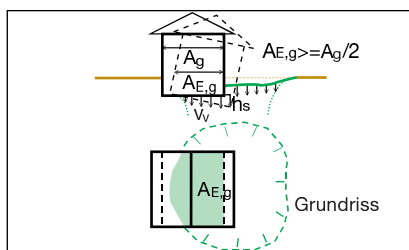
*Kleinflächiger Einsturz*

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 Erdrücke, 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 Verkipfung 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-

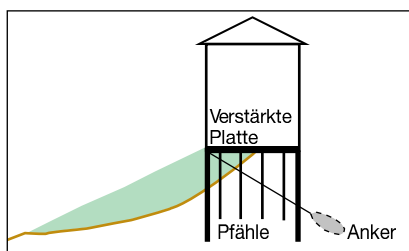
grund in die Baute. Als Projektierungshilfe wird auf die Richtlinien für Rohrleitungsanlagen hingewiesen (SVGW 2001, SVGW 2004).

## 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

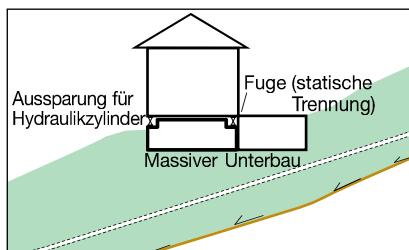


Mittels Scheiben oder Pfählen werden die Lasten des Gebäudes in das unbewegte Erdreich abgetragen. Diese Massnahme kann sowohl bei nicht sehr intensiver Rutsch- wie auch bei oberflächlicher Einsturzgefährdung ergriffen werden. Die Rutschmasse wird also an ihrer Bewegung nicht oder nicht stark gehindert. 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.

2

### 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.



4

5

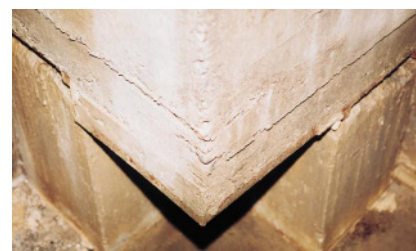
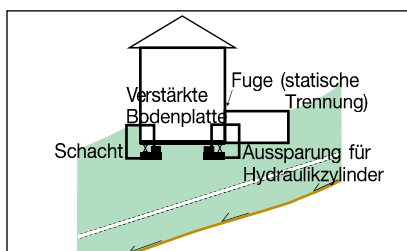
6

7

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 Verkippung der Baute kann der Obergeschossteil neu ausgerichtet werden. Das Untergeschoss verbleibt in seiner Schiefelage. Dieser Vorgang wird bei weiteren Verkippungen 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

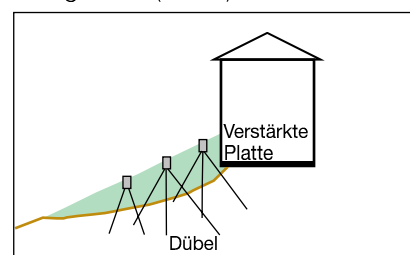
Weitere Details sind der SIA Norm V191 Vorspannte Boden- und Felsanker und der SIA 191/1 Ungespannte Boden- und Felsanker (Nägel) mit Vollverbund zu entnehmen.

#### 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

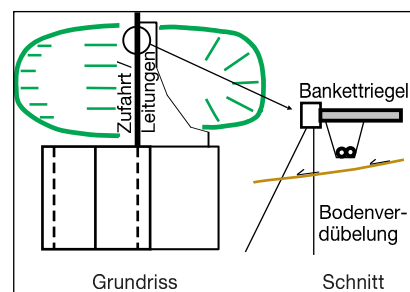
Objekte (Gebäude, Zufahrt etc.) ist die linienhafte Anordnung vorzuziehen.

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 Pfahloch 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 Foundation von Bauten im nichtbewegten Untergrund.

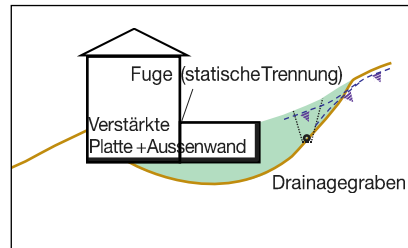
Detaillierte Angaben zur Bemessung von Pfählen finden sich in der SIA Norm V192.



### 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.