

## Projektierung von Steinschlagschutzdämmen

### Notwendige Nachweise

- a) Tragsicherheit ohne Steinschlag-Einwirkung.  
Standard-Nachweis nach SIA 267
- b) Tragsicherheit im Falle eines Steinschlag-Bemessungsereignisses.  
Aktuell werden Tragsicherheitsnachweise v.a. mit Hilfe folgender Ansätze gemacht:
  - > Ansatz nach Gerber und Volkwein 2012
  - > Ansatz nach ASTRA 2008 adaptiert auf Dämme
  - > Ansatz nach Hofmann und Mölk 2012 resp. ONR 24810
- c) Gebrauchstauglichkeit als Nachweis, dass ein Überrollen oder Überspringen des Dammbauwerks durch Sturzblöcke im Bemessungsereignis und auch bei häufigeren, kleineren Ereignissen (z. B. rollende Blöcke!) nicht möglich ist.  
Mit den Ansätzen nach b) kann ein Überrollen nicht ausgeschlossen werden. Dazu sind geeignete Methoden (z. B. Steinschlag-Simulationsmodelle) einzusetzen, welche die Rotation des Sturzkörpers und dessen Interaktion mit dem Damm korrekt berücksichtigen.
- d) Dauerhaftigkeit des Gesamtbauwerks auf die festgelegte Nutzungsdauer.

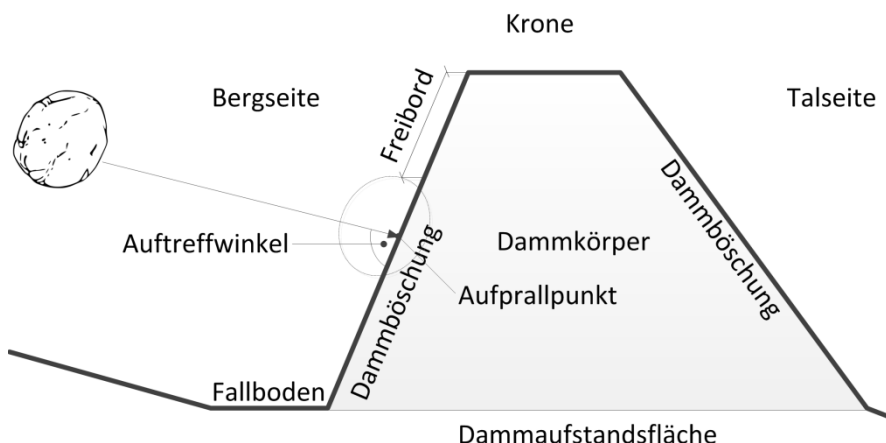


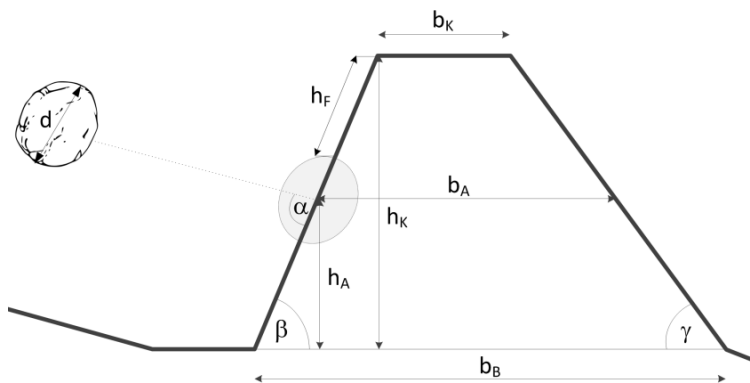
Die rechnerischen Nachweise sind mit verschiedenen geometrischen Variationen der Ausgangsbedingungen (z.B. Aufprallwinkel, Einschlaghöhe) zu führen. Falls der bergseitige Hang durch den Dammbau angeschnitten wird, ist darauf zu achten, dass keine ungünstige Geometrie entsteht, welche ein Abspringen der Blöcke auf Geländeknicken ermöglicht. Die gewählte Geometrie muss mittels Steinschlagsimulationen dahingehend untersucht werden, ob ein Überspringen des Damms möglich ist.

### Einordnung

Die vorliegende Zusammenstellung von Kriterien zur Ausgestaltung von Steinschlagschutzdämmen hat keinen verbindlichen Charakter und entbindet den Projektverfasser nicht davon, für das konkrete Projekt die notwendigen Nachweise rechnerisch zu erbringen. Für die Projektierung und Ausführung von Steinschlagschutzdämmen sind die Normen SIA 267 und SIA 267/1 sowie die dort aufgeführten Normen zur Bauausführung zu beachten. Die Kriterien dienen dazu, die wichtigsten Punkte aufzuführen, die bei der Bemessung von Steinschlagschutzdämmen zu beachten sind und sind eine erste Näherung zur Festlegung der Dammgeometrie.

### Begriffe





- $b_A$  [m] Breite am Aufschlagpunkt
- $b_B$  [m] Breite der Dammbasis
- $b_K$  [m] Kronenbreite
- $d$  [m] Blockdurchmesser (a-Achse)
- $h_A$  [m] Höhe Aufschlagpunkt (Zentrum)
- $h_F$  [m] Freibordhöhe (Oberkante Block – Oberkante Damm)
- $h_K$  [m] Höhe Damm (bergseitig)
- $\alpha$  [°] Auftreffwinkel
- $\beta$  [°] Neigung bergseitige Böschung
- $\gamma$  [°] Neigung talseitige Böschung

### Geometrische Richtgrößen

Kronenbreite

$$b_K \geq 1.0 \dots 1.2 \cdot d \quad [m]$$

Wobei insbesondere bei Erddämmen mit freier Böschung eine Kronenbreite von 1.50 m nicht unterschritten werden sollte.

Dammstärke am Aufprallort

$$b_A \geq 2.5 \dots 3.3 \cdot d \quad [m]$$

Dammhöhe

$$h_K \geq 1.33 \dots 1.50 \cdot h_A \quad [m]$$

Die Höhe Einschlagpunkt zu Dammhöhe deckt sich teilweise mit dem Freibord (siehe unten). Es ist von Fall zu Fall zu entscheiden, welchem Kriterium mehr Gewicht gegeben wird.

Freibord

Das Freibord wird parallel zur bergseitigen Dammböschung gemessen (nicht lotrecht).

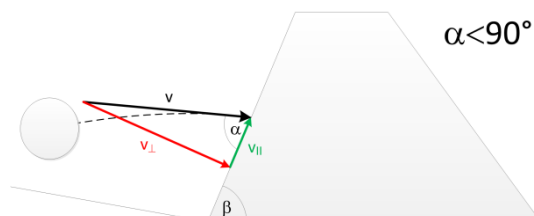
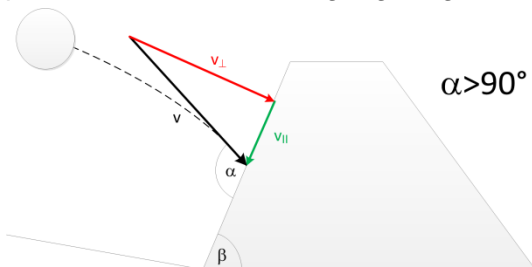
Allgemeiner Grundsatz: mindestens halbe Länge der grössten Blockachse, aber mindestens 1.0 m

$$h_F \geq 0.5 \dots 1.0 \cdot d \quad [m]$$

Aufgrund der in Versuchen beobachteten grösseren Steighöhe von Einschlägen auf Geogitter, empfiehlt sich insbesondere bei Geogitterdämmen ein Freibord von mindestens dem Blockdurchmesser.

Aufprallwinkel zur Dammeigung bergseits

$$\alpha > 90^\circ$$



Neigung bergseitige Dammböschung

$$\beta \geq 60^\circ$$

Neigung talseitige Dammböschung

- freie Böschung  $\leq 2:3$  ( $\gamma \leq 34^\circ$ )
- Blocksteinmauer 2:1 bis 5:1 ( $\gamma \approx 63^\circ \dots 79^\circ$ )
- Geogitter 2:1 bis 3:1 ( $\gamma \approx 63^\circ \dots 72^\circ$ )

## Hinweise zur Konstruktion

Je schlanker der Damm ist, desto grösser ist der Bruchkörper auf der talseitigen Böschung. Deshalb sollte zumindest der obere Dammbereich auch auf der talseitigen Böschung mit Geogittern verstärkt werden.

- Dammaufstandsfläche
- > Die Standsicherheit eines Dammbauwerks erfordert eine sorgfältige Vorbereitung des Dammauflagers: Räumung, Entwässerung, Überprüfung der Tragsicherheit und ggf. Austausch- bzw. Anpassungsmassnahmen.
  - > Gerade in Hanglagen ist eine ausreichende Verzahnung von Dammkörper und Untergrund nötig.
  - > Dammaufstandsfläche ist geologisch-geotechnisch aufzunehmen und zu dokumentieren.
  - > Die Abflussverhältnisse im Dammbereich sind abzuklären und zu beurteilen. Gegebenenfalls sind Massnahmen zu planen und auszuführen, um Sicker- und Schichtwasser sowie Oberflächenwasser staufrei talwärts abzuleiten.
- Dammkörper
- > Die Eignung des Dammbaumaterials sowie des geplanten Verdichtungsverfahrens sind nachzuweisen. Ggf. sind Versuchsschüttungen und / oder Probeverdichtungen durchzuführen.
  - > Baustoffe mit unterschiedlichen Verdichtungs- und Konsolidierungseigenschaften dürfen beim Dammbau keinesfalls wahllos verwendet werden.
  - > Bei der Herstellung eines Damms ist das Material lagenweise einzubauen und zu verdichten. Die Mächtigkeit der Schüttlagen sollte dabei ca. 30 cm betragen. Der maximale Korndurchmesser des Baustoffs sollte nicht grösser sein als die Hälfte der losen Schichtdicken. Es ist auf einen guten Schichtenverbund zu achten. Ggf. ist die Oberfläche einer verdichteten Schicht vor dem Überschütten wieder aufzurauen.
  - > Für den Böschungsbereich, die Dammschultern und den obersten Meter einer Dammschüttung sollte ein gut abgestuftes Material verwendet werden. Die maximale Korngrösse sollte 150 mm betragen. Um Erosionen und Rutschungen vorzubeugen, ist eine sorgfältige Verdichtung der Böschungen und Dammschultern vorzunehmen. Gegebenenfalls sind im Böschungsbereich geringere Schütthöhen und leichtere Verdichtungsgeräte zu verwenden, um eine entsprechende Verdichtung zu erzielen.
  - > Damit eine ausreichende Verdichtung und Tragfähigkeit des Bauwerks gewährleistet ist, sollte eine Trockendichte von  $\geq 97\%$  der Proctordichte und ein ME-Wert von mindestens  $15 \text{ MN/m}^2$  oder besser  $30 \text{ MN/m}^2$  eingehalten werden. Bei gut verdichteten Dämmen ist mit Eigensetzungen von  $0.2\%$  bis  $1\%$  der Dammhöhe, bei schlecht verdichteten Dämmen von bis zu  $3\%$  zu rechnen.
  - > Die Verdichtung des Dammbaustoffs sollte beim optimalen Wassergehalt ( $-2\% \dots +1\%$ ) erfolgen.
  - > Bei Geogittern hat die Konstruktion genau nach Einbauvorschriften des Herstellers zu erfolgen und es ist auf eine rasche Begrünung des Dammkörpers zu achten.
- Fallboden
- > Eine Wasseransammlung im Fallboden ist zu verhindern. Optimal ist das Quergefälle des Fallbodens bergseits auszurichten, damit der Dammfuss nicht vernässt wird.
  - > Die Entwässerung des Fallbodens ist durch einen leichten Schrägverlauf des Damms zum Hang oder durch einen topographischen Tiefpunkt an einem Dammdende sicherzustellen.

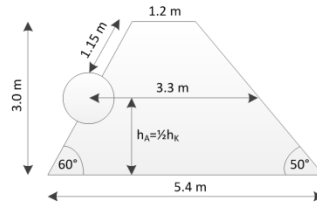
## Auswahl an Literatur

- [1] ASTRA 2015: Erarbeitung von Grundlagen zur Bemessung von Steinschlagschutzdämmen. Bericht der Hochschule Luzern – Technik & Architektur (HSLU). 295 S.
- [2] ASTRA 2008: Einwirkungen infolge Steinschlags auf Schutzgalerien, Richtlinie Ausgabe 2008 V2.03, BBL Bern Art.-Nr.: 806.317.d, 22 S.
- [3] Baumann P. 2008: Lastfälle und Bemessungsansatz bei Sturzprozessen. In: FAN-Herbstkurs 2008 Erddämme, Bellinzona, 7 S.
- [4] Gerber W. 2008: Einwirkungen bei Steinschlag. In: FAN-Herbstkurs 2008 Erddämme, Bellinzona, 7 S.
- [5] Gerber W., Volkwein A. 2012: Fallversuche auf Bodenmaterial – Messung der Verzögerung. In: 12th Congress INTERPRAEVENT 2012 – Grenoble / France, Conference Proceedings, 7 S.
- [6] Hofmann R., Mölk M. 2012: Bemessungsvorschlag für Steinschlagschutzdämme. In: Geotechnik 35 Heft 1 S. 22-33.
- [7] Kister B. 2016: Der Einfluss der Blockrotation auf die Konstruktion von Steinschlagschutzdämmen. 10. Kolloquium Bauen in Boden und Fels, Technische Akademie Esslingen, 19. und 20. Januar 2016. 12 S.
- [8] Lambert S., Bourrier F. 2013: Design of rockfall protection embankments: A review. In: Engineering Geology 154 (2013), S. 77-88
- [9] Lambert S., Heymann A., Gotteland P., Nicot F. 2014: Real-scale investigation of the kinematic response of a rockfall protection embankment. In: Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 14, S. 1269-1281.
- [10] Maegawa K., Yokota T. 2011: Experiments on Rockfall Protection Embankments with Geogrids and Cushions. Int. J. of GEOMATE , Oct. 2011, Vol. 1, No.1, S. 19-24
- [11] Österreichisches Normeninstitut 2013: ONR 24810: Technischer Steinschlagschutz – Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung. 100 S.
- [12] Plassiard J.-P., Donzé F. V., Plotto P. 2006: Modélisation par la méthode des éléments discrets d'impacts rocheux sur une structure de protection de type merlon. In: Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur - JN'GG' 2006 Lyon (France) Session 3 - Risques naturels en zone montagneuse III – 137
- [13] Plassiard J.-P., Donzé F. V. 2009: Rockfall Impact Parameters on Embankments: a Discrete Element Method Analysis. In: Structural engineering international. 25 S.
- [14] Usiro, T.; Kusumoto, M.; Onishi, K.; Kinoshita, K. 2006: An experimental study related to rockfall movement mechanism, Doboku Gakkai Ronbunshu FVOL. 62, No. 2, S. 377-386.

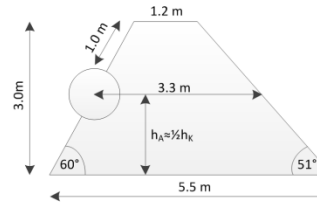
## Beispiele für Dammquerschnitte

Blockdurchmesser 1.0 m  
Dammhöhe 3.0 m  
Kronenbreite 1.2 Blockdurchmesser

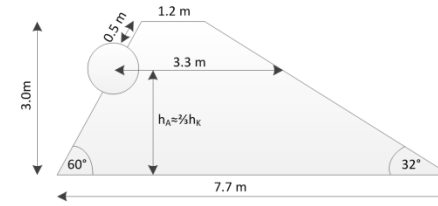
Einschlag auf halber Dammhöhe



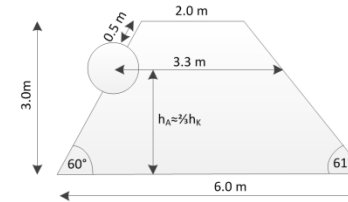
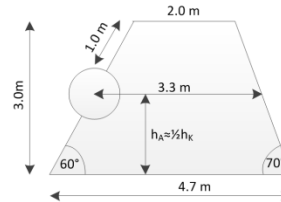
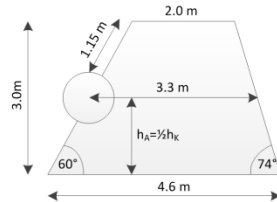
Einschlag mit Freibord  
Blockdurchmesser



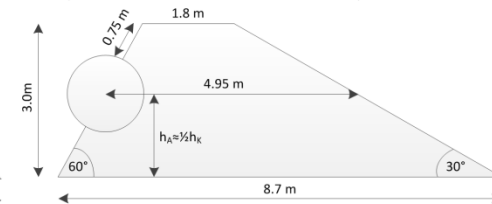
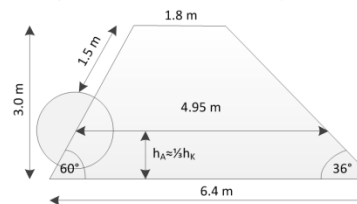
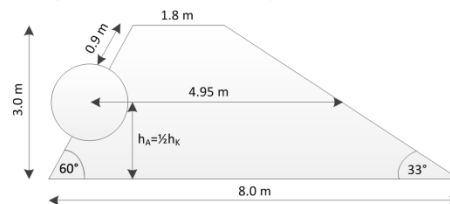
Einschlag mit Freibord halber Blockdurchmesser



Blockdurchmesser 1.0 m  
Dammhöhe 3.0 m  
Kronenbreite 2.0 m



Blockdurchmesser 1.5 m  
Dammhöhe 3.0 m  
Kronenbreite 1.2 Blockdurchmesser



Blockdurchmesser 2.0 m  
Dammhöhe 4.0 m  
Kronenbreite 1.2 Blockdurchmesser

