

Bemessung der luftseitigen Dammböschung

nach: Überströmbare Dämme und Dammscharten, Heft 90, LFU 2004
und Ergänzung zum LfU-Leitfaden, Heft 90, 2014

Steinschüttung als Deckwerk

Bemessung

Bemessungsabfluss für die Dammscharte	BHQ =	4,6	[m³/s]
spezifischer Abfluss (Abfluss pro Breitereinheit)	BHq =	0,05	[m³/sm]
Sicherheitsbeiwert Deckwerk	η_{DS} =	1,6	[-]
Auftriebssicherheitsbeiwert	$\eta_A \geq$	1,0	[-]
Gleitsicherheitsbeiwert	$\eta_G \geq$	1,3	[-]

Eingangswerte

Sohlbreite der Dammscharte	b =	89,5	[m]
Neigung der luftseitigen Dammböschung 1 : m	m =	7,6	[-]
Neigungswinkel der luftseitigen Dammböschung gewählt: Schüttsteinklasse 0	α =	7,50	[°]
Steindurchmesser bei 10 Gew. % Siebdurchgang	d ₁₀ =	0,11	[m]
Steindurchmesser bei 50 Gew. % Siebdurchgang	d ₅₀ =	0,14	[m]
Steindurchmesser bei 60 Gew. % Siebdurchgang	d ₆₀ =	0,15	[m]
Steindurchmesser bei 100 Gew. % Siebdurchgang	d ₁₀₀ =	0,20	[m]
Anzahl der Steine in der oberen Steinlage je m² Deckwerksfläche	R =	30	[1/m²]
Deckwerksstärke	d _D =	0,35	[m]
Porenanteil des Deckwerks (Schüttsteinklassen 0-V 0,4 bis 0,45)	n =	0,40	[-]
Dichte der Deckwerkssteine	ρ_s =	2600	[kg/m³]
Dichte des Wassers	ρ_w =	1000	[kg/m³]
Reibungswinkel zwischen Deckwerk und Unterbau	φ' =	35	[°]

Definition der verwendeten Parameter

Abflusstiefe auf der Überströmstrecke	y	0,07	[m]
Fließgeschwindigkeit im Deckwerk	v _D		[m/s]
Korrekturfaktor	ζ		[-]
Reibungsbeiwert im Deckwerk	λ_D		[-]
ideeller hydraulischer Radius im Deckwerk	r _{hy,D}		[m]
Ungleichförmigkeitszahl	U =	d₆₀/d₁₀	[-]
Formfaktor der Steine (für kantige Steine: K = 0,56)	K =	0,56	[-]
Überströmanteil am gesamten spezifischen Abfluss q	q _ü		[m³/sm]
Durchströmanteil von q durch das Deckwerk	q _D		[m³/sm]
Luftgehaltsparameter	σ		[-]
mittlere Fließgeschwindigkeit oberhalb des Deckwerks	v _m		[m/s]
hydraulische Rauheit (k = 0,33 * d ₅₀)	k	0,05	[m]
Rauheitsparameter	Φ =	0,69	[-]
Hohlraumanteils, im Allgemeinen k _{max} = 0,8 - 1,0 d ₅₀	k _{max} =	0,13	[m]
dynamischer Kraftbeiwert (hier: c _{fy} = 0,4 - 0,6)	c _{fy} =	0,6	[-]
Formfaktor (hier: κ = 0,5 bis 0,7)	κ =	0,6	[-]

Für unregelmäßige Steinformen gilt:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 3,2 \cdot \log \left(\frac{1}{\sigma \cdot (0,425 + 2,025 \cdot \Phi \cdot \sin \alpha)} \cdot \frac{y}{k} \right)$$

$$\sigma = 1 - 1,3 \cdot \sin \alpha + 0,08 \cdot \frac{y}{k} \leq 1$$

$$\Phi = k_{\max} \cdot \sqrt{R}$$

$$k_{\max} = 0,9 \cdot D_{50}$$

$$q = v_m \cdot y \cdot \sigma$$

$$v_m = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot y \cdot \tan \alpha}$$

Nachweis der Erosionssicherheit

$$\eta_A = \frac{1}{\frac{\rho_w}{\rho_s} \cdot \left(1 + c_{fy} \cdot \frac{\eta_{Ds} \cdot v_m^2}{2 \cdot g \cdot \kappa \cdot d_{50} \cdot \cos \alpha} \right)} \geq 1,0$$

Nachweis der Gleitsicherheit

$$\eta_G = \frac{\frac{\tan \varphi'}{\tan \alpha}}{1 + \frac{\rho_w}{(\rho_s - \rho_w) \cdot (1 - n)} \cdot \left(1 + \frac{y}{d_D} \right)} \geq 1,3$$

d_D	y	q_D	$r_{hy,D}$	λ_D	ζ	$1/\lambda^{0,5}$	σ	v_m	BHq,soll	BHq,ist	η_A	η_G	
[m]	[m]	[m³/sm]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s]	[m³/sm]	[m³/sm]	[-]	[-]	
0,35	0,06	0,00	0,02	5,62	1,83	1,15	0,93	0,91	0,05	0,05	1,75	2,40	
bei Begrünung										BHq,soll = BHq,ist		$\geq 1,0$	$\geq 1,3$

Als Deckwerk wird eine Steinschüttung aus der Steinklasse CP63/180 (nach TLW 2003) gewählt.

Nachweis Gleitsicherheit für die Gleitfuge zwischen Filterschicht und Unterbau:

$$\eta_G = \frac{T_{res}}{T_W + F_{SD} + H' + F_{SD,F} + H'_F} \geq 1,3$$

η_G [-]
2,46
$\geq 1,3$

mit:

$$F_{SD} = \gamma_w * d_D * \sin \alpha * \Delta L$$

$$H' = \gamma_{D'} * d_D * \sin \alpha * \Delta L = (\gamma_S - \gamma_w) * d_D * (1 - n) * \sin \alpha * \Delta L$$

$$T_W = \gamma_w * y * \sin \alpha * \Delta L$$

$$F_{SD,F} = \gamma_w * d_F * \sin \alpha * \Delta L$$

$$H'_F = \gamma_F * d_F * \sin \alpha * \Delta L$$

$$T_{res} = (\gamma'_D * d_D + \gamma'_F * d_F) * \cos \alpha * \Delta L * \tan \varphi'$$

Schubkraft aus Überströmung	$T_W =$	1565	[N/m]
Strömungskraft im Deckwerk	$F_{SD} =$	9132	[N/m]
Hangabtriebskraft des Deckwerks unter Auftrieb	$H' =$	8496	[N/m]
Strömungskraft in der Filterschicht	$F_{SD,F} =$	5218	[N/m]
Hangabtriebskraft der Filterschicht unter Auftrieb	$H'_F =$	5218	[N/m]
Wichte des Filtermaterials unter Auftrieb	$\gamma'_F =$	10000	[N/m³]
Stärke der Filterschicht	$d_F =$	0,20	[m]
Reibungswinkel in der Gleitfuge zwischen Filterschicht/Unterbau	$\varphi' =$	35	[°]
Wichte des Wassers	$\gamma_w =$	10000	[N/m³]
Länge des betrachteten Deckwerkelements	$\Delta L =$	20	[m]
Reibungskraft in der Gleitfuge	$T_{res} =$	72980	[N/m]