

Ermittlung des Auslastungsgrades Scherebene Rekuschiht/Geotextile Trennlage

Böschungsneigung:	$\beta = 19,98^\circ (1 : 2,75)$
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 = 0,5 \text{ m}$
Bodenwichte:	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k = 30^\circ$
Adhäsion:	$a_k = 0$
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig) $\gamma_G = 1,00$
	Einwirkungen (veränderlich) $\gamma_Q = 1,20$
	Widerstände $\gamma_\delta = 1,15$

Einwirkungen:

Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma \cdot d_1) \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta$$

$$t_{B,d} = 19,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 1,0 \cdot \sin 19,98^\circ = 3,25 \text{ kN/m}^2$$

statische Belastung der Raupe:

$$t_{Rd,s} = (G_R/A) \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta$$

$$t_{Rd,s} = (195,0 \text{ kN} / 10,11 \text{ m}^2) \cdot 1,2 \cdot \sin 19,98^\circ = 7,91 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{mit } A = (2 \cdot l_R \cdot b_R) + (4 \cdot [l_R + b_R] \cdot d_1 \cdot \tan 30^\circ)$$

$$\text{mit } A = (2 \cdot 3,17 \text{ m} \cdot 0,86 \text{ m}) + (4 \cdot [3,17 \text{ m} + 0,86 \text{ m}] \cdot 0,5 \text{ m} \cdot \tan 30^\circ) = 10,11 \text{ m}^2$$

dynamische Belastung der Raupe:

$$t_{Rd,d} = ((G_R/g) \cdot a_v) \cdot \gamma_Q / A$$

$$t_{Rd,d} = (195,0 \text{ kN} / 9,81 \text{ m/s}^2) \cdot 0,435 \text{ m/s}^2 \cdot 1,2 / 10,11 \text{ m}^2 = 1,03 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{mit } a_v = 0,87 \text{ m/s} / 2,0 \text{ s} = 0,435 \text{ m/s}^2$$

Widerstände:

Reibungskraft (Boden):

$$t_f = (\gamma \cdot d_1) \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta$$

$$t_{f,d} = 19 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m} \cdot \cos 19,98^\circ \cdot (\tan 30^\circ) / 1,15 = 4,48 \text{ kN/m}^2$$

Reibungskraft aus Fahrzeug:

$$T_{Rd,h} = (G_R/A) \cdot \cos \beta \cdot \tan \beta / \gamma_\delta$$

$$T_{Rd,h} = (195,0 \text{ kN} / 10,11 \text{ m}^2) \cdot \cos 19,98^\circ \cdot (\tan 30^\circ) / 1,15 = 9,11 \text{ kN/m}^2$$

Verhältnis κ :

$$\kappa = t_{B,d} / t_{f,d} [/]$$

$$\kappa = 3,25 \text{ kN/m}^2 / 4,48 \text{ kN/m}^2 = 0,73 [/]$$

Berechnung des Auslastungsgrades μ :

$$\mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,0 [/]$$

$$\mu = (3,25+7,91+1,03)/(4,48+9,11) = 0,90$$

Der Nachweis ist damit erfüllt.

Ermittlung des Auslastungsgrades

Scherebene Flächendränage/Geotextile Schutzschicht

Böschungsneigung:	$\beta = 19,98^\circ (1 : 2,75)$
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 = 0,5 \text{ m}$ $d_2 = 0,3 \text{ m}$
Bodenwichte:	$\gamma_1 = 19,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_2 = 17,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{2'} = 9,5 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{r2} = 19,5 \text{ kN/m}^3$
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k = 32,5^\circ$
Adhäsion:	$a_k = 0$
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig) $\gamma_G = 1,00$ Einwirkungen (veränderlich) $\gamma_Q = 1,20$ Widerstände $\gamma_\delta = 1,15$

Einwirkungen:

Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma_1 \cdot d_1 + \gamma_2 \cdot d_2 / 2 + \gamma_{r2} \cdot d_2 / 2) \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta$$

$$t_{B,d} = (19 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m} + 17 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m} + 19,5 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m}) \cdot 1,0 \cdot \sin 19,98^\circ = 5,12 \text{ kN/m}^2$$

Strömungskraft:

$$s_{W,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta$$

$$s_{W,d} = 10 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot \sin 19,98^\circ = 0,62 \text{ kN/m}^2$$

statische Belastung der Raupe:

$$t_{Rd,s} = (G_R/A) \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta$$

$$t_{Rd,s} = (195,0 \text{ kN}/12,9 \text{ m}^2) \cdot 1,2 \cdot \sin 19,98^\circ = 6,20 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{mit } A = (2 \cdot l_R \cdot b_R) + (4 \cdot [l_R + b_R] \cdot (d_1 + d_2) \cdot \tan 30^\circ)$$

$$\text{mit } A = (2 \cdot 3,17 \text{ m} \cdot 0,86 \text{ m}) + (4 \cdot [3,17 \text{ m} + 0,86 \text{ m}] \cdot 0,8 \text{ m} \cdot \tan 30^\circ) = 12,90 \text{ m}^2$$

dynamische Belastung der Raupe:

$$t_{Rd,d} = ((G_R/g) \cdot a_v) \cdot \gamma_Q/A$$

$$t_{Rd,d} = (195,0 \text{ kN} / 9,81 \text{ m/s}^2) \cdot 0,435 \text{ m/s}^2 \cdot 1,2 / 12,9 \text{ m}^2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{mit } a_v = 0,87 \text{ m/s} / 2,0 \text{ s} = 0,435 \text{ m/s}^2$$

Widerstände:

Reibungskraft (Boden):

$$t_f = (\gamma_1 \cdot d_1 + \gamma_2 \cdot d_2 / 2 + \gamma_2' / 2) \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_s$$

$$t_{f,d} = (19 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m} + 17 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m} + 9,5 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m}) \cdot \cos 19,98^\circ \cdot (\tan 32,5^\circ) / 1,15 = 7,02 \text{ kN/m}^2$$

Reibungskraft aus Fahrzeug:

$$T_{Rd,h} = (G_R/A) \cdot \cos \beta \cdot \tan \beta / \gamma_s$$

$$T_{Rd,h} = (195,0 \text{ kN}/12,9 \text{ m}^2) \cdot \cos 19,98^\circ \cdot (\tan 32,5^\circ) / 1,15 = 7,87 \text{ kN/m}^2$$

Verhältnis κ :

$$\kappa = (t_{B,d} + s_{w,d}) / t_{f,d} \text{ []}$$

$$\kappa = (5,12 \text{ kN/m}^2 + 0,62 \text{ kN/m}^2) / 7,02 \text{ kN/m}^2 = 0,82 \text{ []}$$

Berechnung des Auslastungsgrades μ :

$$\mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,0 \text{ []}$$

$$\mu = (5,12 \text{ kN/m}^2 + 0,62 \text{ kN/m}^2 + 6,2 \text{ kN/m}^2 + 0,80 \text{ kN/m}^2) / (7,02 \text{ kN/m}^2 + 7,87 \text{ kN/m}^2) = 0,86 \text{ []}$$

Der Nachweis ist damit erfüllt.

Ermittlung des Auslastungsgrades

Scherebene Geotextile Schutzschicht/KDB

Böschungsneigung:	$\beta = 19,98^\circ (1 : 2,75)$
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 = 0,5 \text{ m}$ $d_2 = 0,3 \text{ m}$
Bodenwichte:	$\gamma_1 = 19,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_2 = 17,0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{2'} = 9,5 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{r2} = 19,5 \text{ kN/m}^3$
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k = 28,0^\circ$
Adhäsion:	$a_k = 4,0$
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig) $\gamma_G = 1,00$ Einwirkungen (veränderlich) $\gamma_Q = 1,20$ Widerstände $\gamma_\delta = 1,15$

Einwirkungen:

Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma_1 \cdot d_1 + \gamma_2 \cdot d_2 / 2 + \gamma_{r2} \cdot d_2 / 2) \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta$$

$$t_{B,d} = (19 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m} + 17 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m} + 19,5 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m}) \cdot 1,0 \cdot \sin 19,98^\circ = 5,12 \text{ kN/m}^2$$

Strömungskraft:

$$s_{W,d} = \gamma_w \cdot h_w \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta$$

$$s_{W,d} = 10 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m} \cdot 1,2 \cdot \sin 19,98^\circ = 0,62 \text{ kN/m}^2$$

statische Belastung der Raupe:

$$t_{Rd,s} = (G_R/A) \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta$$

$$t_{Rd,s} = (195,0 \text{ kN}/12,9 \text{ m}^2) \cdot 1,2 \cdot \sin 19,98^\circ = 6,20 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{mit } A = (2 \cdot l_R \cdot b_R) + (4 \cdot [l_R + b_R] \cdot (d_1 + d_2) \cdot \tan 30^\circ)$$

$$\text{mit } A = (2 \cdot 3,17 \text{ m} \cdot 0,86 \text{ m}) + (4 \cdot [3,17 \text{ m} + 0,86 \text{ m}] \cdot 0,8 \text{ m} \cdot \tan 30^\circ) = 12,90 \text{ m}^2$$

dynamische Belastung der Raupe:

$$t_{Rd,d} = ((G_R/g) \cdot a_v) \cdot \gamma_Q/A$$

$$t_{Rd,d} = (195,0 \text{ kN}/9,81 \text{ m/s}^2) \cdot 0,435 \text{ m/s}^2 \cdot 1,2 / 12,9 \text{ m}^2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{mit } a_v = 0,87 \text{ m}/2,0 \text{ s} = 0,435 \text{ m/s}^2$$

Widerstände:

Reibungskraft (Boden):

$$t_f (\gamma_1 \cdot d_1 + \gamma_2 \cdot d_2 / 2 + \gamma_2' / 2) \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta$$

$$t_{f,d} = (19 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m} + 17 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m} + 9,5 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m}) \cdot \cos 19,98^\circ \cdot (\tan 28^\circ) / 1,15 + 4,0 / 1,15 = 9,33 \text{ kN/m}^2$$

Reibungskraft aus Fahrzeug:

$$T_{Rd,h} = (G_R/A) \cdot \cos \beta \cdot \tan \beta / \gamma_\delta$$

$$T_{Rd,h} = (195,0 \text{ kN} / 12,9 \text{ m}^2) \cdot \cos 19,98^\circ \cdot (\tan 28^\circ) / 1,15 = 6,57 \text{ kN/m}^2$$

Verhältnis κ :

$$\kappa = (t_{B,d} + s_{w,d}) / t_{f,d} [/]$$

$$\kappa = (5,12 \text{ kN/m}^2 + 0,62 \text{ kN/m}^2) / 9,33 \text{ kN/m}^2 = 0,62 [/]$$

Berechnung des Auslastungsgrades μ :

$$\mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,0 [/]$$

$$\mu = (5,12 \text{ kN/m}^2 + 0,62 \text{ kN/m}^2 + 6,2 \text{ kN/m}^2 + 0,80 \text{ kN/m}^2) / (9,33 \text{ kN/m}^2 + 6,57 \text{ kN/m}^2) = 0,80 [/]$$

Der Nachweis ist damit erfüllt.

Ermittlung des Auslastungsgrades

Scherebene KDB/GTD

Böschungsneigung:	$\beta = 19,98^\circ (1 : 2,75)$
Dicke der Bodenschichten:	$d_1 = 0,5 \text{ m}$
	$d_2 = 0,3 \text{ m}$
Bodenwichte:	$\gamma_1 = 19,0 \text{ kN/m}^3$
	$\gamma_2 = 17,0 \text{ kN/m}^3$
	$\gamma_{2'} = 9,5 \text{ kN/m}^3$
	$\gamma_{r2} = 19,5 \text{ kN/m}^3$
Kontaktreibungswinkel:	$\delta_k = 30^\circ$
Adhäsion:	$a_k = 0$
Teilsicherheitsbeiwerte:	Einwirkungen (ständig) $\gamma_G = 1,00$
	Einwirkungen (veränderlich) $\gamma_Q = 1,20$
	Widerstände $\gamma_\delta = 1,15$

Einwirkungen:

Schubkraft (Boden):

$$t_{B,d} = (\gamma_1 \cdot d_1 + \gamma_2 \cdot d_2 / 2 + \gamma_{r2} \cdot d_2 / 2) \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta$$

$$t_{B,d} = (19 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m} + 17 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m} + 19,5 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m}) \cdot 1,0 \cdot \sin 19,98^\circ = 5,12 \text{ kN/m}^2$$

statische Belastung der Raupe:

$$t_{Rd,s} = (G_R/A) \cdot \gamma_Q \cdot \sin \beta$$

$$t_{Rd,s} = (195,0 \text{ kN}/12,9 \text{ m}^2) \cdot 1,2 \cdot \sin 19,98^\circ = 6,20 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{mit } A = (2 \cdot l_R \cdot b_R) + (4 \cdot [l_R + b_R] \cdot (d_1 + d_2) \cdot \tan 30^\circ)$$

$$\text{mit } A = (2 \cdot 3,17 \text{ m} \cdot 0,86 \text{ m}) + (4 \cdot [3,17 \text{ m} + 0,86 \text{ m}] \cdot 0,8 \text{ m} \cdot \tan 30^\circ) = 12,90 \text{ m}^2$$

dynamische Belastung der Raupe:

$$t_{Rd,d} = ((G_R/g) \cdot a_v) \cdot \gamma_Q/A$$

$$t_{Rd,d} = (195,0 \text{ kN}/9,81 \text{ m/s}^2) \cdot 0,435 \text{ m/s}^2 \cdot 1,2 / 12,9 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{mit } a_v = 0,87/2,0 = 0,435 \text{ m/s}^2$$

Widerstände:

Reibungskraft (Boden):

$$t_f = (\gamma_1 \cdot d_1 + \gamma_2 \cdot d_2 / 2 + \gamma_{2'} / 2) \cos \beta \cdot (\tan \delta_k) / \gamma_\delta$$

$$t_{f,d} = (19 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m} + 17 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m} + 9,5 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,15 \text{ m}) \cdot \cos 19,98^\circ \cdot (\tan 30^\circ) / 1,15 = 7,31 \text{ kN/m}^2$$

Reibungskraft aus Fahrzeug:

$$T_{Rd,h} = (G_R/A) \cdot \cos \beta^* \tan \beta/\gamma_\delta$$

$$T_{Rd,h} = (195,0 \text{ kN}/12,9 \text{ m}^2) \cdot \cos 19,98^\circ \cdot (\tan 30^\circ)/1,15 = 7,13 \text{ kN/m}^2$$

Verhältnis κ :

$$\kappa = t_{B,d} / (t_{f,d} [/])$$

$$\kappa = 5,12 \text{ kN/m}^2 / 7,31 \text{ kN/m}^2 = 0,70 [/]$$

Berechnung des Auslastungsgrades μ :

$$\mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1,0 [/]$$

$$\mu = (5,12 \text{ kN/m}^2 + 6,2 \text{ kN/m}^2 + 0,80 \text{ kN/m}^2) / (7,3 \text{ kN/m}^2 + 7,13 \text{ kN/m}^2) = 0,84 [/]$$

Der Nachweis ist damit erfüllt.