

Anlage 5.2.2

Stand: 10.11.2017

Erosionsstabilität Steinsatz - Uferböschung

Bauteile

M4.10.L, M4.30.L, M4.40.L

Eingangsgrößen:

| | |
|--------------------------------|--|
| $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ | ... Fallbeschleunigung |
| $l = 66,00 \%$ | ... Neigung des Steinsatzes |
| $\rho_S = 2750 \text{ kg/m}^3$ | ... Dichte der Wasserbausteine |
| $\rho_W = 1000 \text{ kg/m}^3$ | ... Dichte des Wassers |
| $d_S = 0,50 \text{ m}$ | ... äquivalenter Steindurchmesser |
| $c_W = 0,5$ | ... Formwiderstandsbeiwert |
| $v = 3,2$ | ... max. Geschw. Fluss-km 3+620 bis 4+020 (Mittelwert Achsengeschw. aus BHQ 75 m³/s Plan-Zustand) |
| $\phi = 35,00^\circ$ | |

Nachweis der direkten Erosionssicherheit

Scherkraft $F = 0,5 \cdot c_W \cdot A^* \cdot \rho_S \cdot v^2$

$A^* = 0,10 \text{ m}^2$... 50% der senkrechten Steinfläche
 $F = 691,15 \text{ N/m}^2$

Widerstandskraft $R = \tan(\phi) \cdot (\rho_S - \rho_W) \cdot g \cdot V$

$V = 0,0654 \text{ m}^3$
 $R = 786,76 \text{ N/m}^2$

$\frac{F}{R} = 0,88 < 1$ - Nachweis erfüllt

Dimensionierung Wasserbaustein

$$m_S = \frac{\rho_S \cdot \pi \cdot d_S^3}{6}$$

Setzpack, Kantenlänge gewählt

$m_S = 180,0$
 $l_S = 1,6 \cdot d_S = 0,8$ Kantenlänge > 0,80 m
 $b_S = 0,8 \cdot d_S = 0,4$

Anlage 5.2.2

Stand: 10.11.2017

Erosionsstabilität Steinsatz - Uferböschung

Nachweis der mechanischen Filterwirksamkeit

| | Flussschotter | Bettung 16/120 mm | Steinsatz |
|---------------|---------------|-------------------|-----------|
| d_{10} [mm] | 0,2 | 10 | 300 |
| d_{50} [mm] | 6 | 65 | 500 |
| d_{60} [mm] | 10 | 75 | 600 |
| U | 50 | 7,5 | 2 |

Filterstabilität Bettung gegen Steinsatz

$$A_{50,vorh} = 7,7$$

$$A_{50,zul} = 12 \quad (\text{aus Diagramm nach Cistin / Ziems})$$

$$\frac{A_{50,vorh}}{A_{50,zul}} = 0,6 < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

Filterstabilität Bettung gegen Untergrund

$$A_{50,vorh} = 10,8$$

$$A_{50,zul} = 20 \quad (\text{aus Diagramm nach Cistin / Ziems})$$

$$\frac{A_{50,vorh}}{A_{50,zul}} = 0,5 < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

Nachweis der hydraulischen Filterwirksamkeit

$$\frac{d_{50}}{D_{50}} \geq 1 \quad \frac{2 \cdot d_{10}}{D_{10}} \geq 1$$

Filterstabilität Bettung gegen Steinsatz

$$\frac{d_{50}}{D_{50}} = 0,13 < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

$$\frac{2 \cdot d_{10}}{D_{10}} = 0,07 < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

Filterstabilität Bettung gegen Untergrund

$$\frac{d_{50}}{D_{50}} = 0,09 < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

$$\frac{2 \cdot d_{10}}{D_{10}} = 0,04 < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

Anlage 5.2.2

Stand: 10.11.2017

Erosionsstabilität Steinsatz - Gewässersohle

Bauteile **M4.50.L, M4.60.L, M4.70.L**
M4.10.R, M4.20.R, M4.30.R

Eingangsgrößen:

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$... Fallbeschleunigung
 $l = 0,50 \%$... Neigung des Steinsatzes
 $\rho_S = 2750 \text{ kg/m}^3$... Dichte der Wasserbausteine
 $\rho_W = 1000 \text{ kg/m}^3$... Dichte des Wassers
 $d_S = 0,37 \text{ m}$... äquivalenter Steindurchmesser
 $c_W = 0,5$... Formwiderstandsbeiwert
 $v = 2,8$... max. Geschw. Fluss-km 3+880 bis 4+020
 (Mittelwert Achsengeschw. aus BHQ 75 m³/s Plan-Zustand)
 $\phi = 35,00^\circ$

Nachweis der direkten Erosionssicherheit

Scherkraft $F = 0,5 \cdot c_W \cdot A^* \cdot \rho_S \cdot v^2$

$A^* = 0,05 \text{ m}^2$... 50% der senkrechten Steinfläche
 $F = 289,77 \text{ N/m}^2$

Widerstandskraft $R = \tan(\phi) \cdot (\rho_S - \rho_W) \cdot g \cdot V$

$V = 0,0265 \text{ m}^3$
 $R = 318,81 \text{ N/m}^2$

$\frac{F}{R} = 0,91 < 1$ - Nachweis erfüllt

Dimensionierung Wasserbaustein

$$m_S = \frac{\rho_S \cdot \pi \cdot d_S^3}{6}$$

$m_S = 72,9$

$l_S = 1,6 \cdot d_S = 0,592$

$b_S = 0,8 \cdot d_S = 0,296$

Setzpack, Kantenlänge gewählt

Kantenlänge > 0,60 m

Anlage 5.2.2

Stand: 10.11.2017

Erosionsstabilität Steinsatz - Gewässersohle

Nachweis der indirekten Erosionssicherheit

(Ansatz nach *Whittaker* und *Jäggi*)

$$q = 14,47 \cdot \sqrt{g} \cdot \left(\frac{\rho_{S,rel} - 1}{\rho_S} \right)^{2,35} \cdot d_S^{-0,85} \cdot \beta^{2,35} \cdot \frac{d_{65}^2}{d_S} \cdot I^{-1,9}$$

$$\rho_{S,rel} = 2,70 \text{ kg/m}^3$$

$$\beta = 1,6 \cdot d_S = 0,59 \text{ m} \quad \dots \text{ Belegungsdichte des eingebrachten Steinsatzes}$$

$$d_{65} = 100 \text{ mm} \quad \dots \text{ Bettung 16/120 gebrochene Natursteine}$$

$$q_{zul} = 15,24 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$$

$$q_{vorh} = 5,00 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$$

$$\frac{q_{vorh}}{q_{zul}} = 0,33 < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

Nachweis der mechanischen Filterwirksamkeit

| | Flussschotter | Steinschüttung | Steinsatz |
|---------------|---------------|----------------|-----------|
| d_{10} [mm] | 0,2 | 10 | 300 |
| d_{50} [mm] | 6 | 65 | 500 |
| d_{60} [mm] | 10 | 75 | 600 |
| U | 50 | 7,5 | 2 |

Filterstabilität Bettung gegen Steinsatz

$$A_{50,vorh} = 7,7$$

$$A_{50,zul} = 12 \quad (\text{aus Diagramm nach } Cistin / Ziems)$$

$$\frac{A_{50,vorh}}{A_{50,zul}} = 0,6 < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

Filterstabilität Bettung gegen Untergrund

$$A_{50,vorh} = 10,8$$

$$A_{50,zul} = 20 \quad (\text{aus Diagramm nach } Cistin / Ziems)$$

$$\frac{A_{50,vorh}}{A_{50,zul}} = 0,5 < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

Anlage 5.2.2

Stand: 10.11.2017

Erosionsstabilität Steinsatz - Gewässersohle

Nachweis der hydraulischen Filterwirksamkeit

$$\frac{d_{50}}{D_{50}} \geq 1 \quad \frac{2 \cdot d_{10}}{D_{10}} \geq 1$$

Filterstabilität Bettung gegen Steinsatz

$$\frac{d_{50}}{D_{50}} = 0,13 < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

$$\frac{2 \cdot d_{10}}{D_{10}} = 0,07 < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

Filterstabilität Bettung gegen Untergrund

$$\frac{d_{50}}{D_{50}} = 0,09 < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

$$\frac{2 \cdot d_{10}}{D_{10}} = 0,04 < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

Anlage 5.2.2

Stand: 10.11.2017

Erosionsstabilität Steinschüttung / Deichfuß

$$D_{50} = C_{Isb} \cdot C_{Bö} \cdot \frac{v_{max}^2}{g} \cdot \frac{1}{\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}}$$

(Nach BAW-Mitteilung Nr. 87)

Eingangsgrößen:

| | | |
|-------------|------------------------|---|
| $C_{Isb} =$ | 0,7 | ... Faktor nach Isbash |
| $\beta =$ | 26,57° | ... Böschungswinkel bei Neigung 1:2 |
| $\phi_D' =$ | 55,00° | ... Innerer Reibungswinkel der Steinschüttung, $\phi_D' = 55^\circ$ bei üblichem Deckschichtmaterial nach BAW-Mitteilung Nr. 87 |
| $v_{max} =$ | 2,4 m/s | ... maximale Fließgeschwindigkeit Bauwerk M4.40.R |
| | 2,4 m/s | ... maximale Fließgeschwindigkeit Bauwerk M4.80.L |
| | 2,0 m/s | ... maximale Fließgeschwindigkeit Bauwerk M4.90.L |
| $g =$ | 9,81 m/s ² | ... Fallbeschleunigung |
| $\rho_s =$ | 2750 kg/m ³ | ... Dichte der Wasserbausteine |
| $\rho_w =$ | 1000 kg/m ³ | ... Dichte des Wassers |

$$C_{Bö} = \frac{1}{\cos \beta \cdot \sqrt{1 - \frac{(\tan \beta)^2}{(\tan \phi_D')^2}}}$$

| | |
|--------------------|------|
| $\cos \beta =$ | 0,89 |
| $\tan^2 \beta =$ | 0,25 |
| $\tan^2 \phi_D' =$ | 2,04 |
| $C_{Bö} =$ | 1,19 |

Erforderlicher Steindurchmesser

| | | |
|------------|--------|-----------------|
| $D_{50} =$ | 0,28 m | Bauwerk M4.40.R |
| | 0,28 m | Bauwerk M4.80.L |
| | 0,19 m | Bauwerk M4.90.L |

Gewählter Steindurchmesser

| | | |
|------------------------|--------|----------------------|
| $\rightarrow D_{50} =$ | 0,27 m | LMB _{10/60} |
| \rightarrow | 0,27 m | LMB _{10/60} |
| $\rightarrow D_{50} =$ | 0,27 m | LMB _{10/60} |

Gewählte Schichtdicke

$$d = (1,50 \dots 2,00) \cdot D_{50}$$

(Nach BAW-Mitteilung Nr. 87)

| | | |
|-------|--------|-----------------|
| $d =$ | 0,50 m | Bauwerk M4.40.R |
| | 0,50 m | Bauwerk M4.80.L |
| | 0,50 m | Bauwerk M4.90.L |

Anlage 5.2.2

Stand: 10.11.2017

Nachweis der Filterstabilität nach BAW (MAK)

Eingangsgrößen

| Auelehm, SU* | Unterer Rand Körnungsband |
|----------------------|------------------------------|
| d ₁₀ [mm] | 0,01 |
| d ₁₅ [mm] | 0,03 |
| d ₅₀ [mm] | 0,5 |
| d ₆₀ [mm] | 0,7 |
| d ₈₅ [mm] | 10 |
| U | 70,0 |

| Filter | 1. Schicht Kiessand 0/16 | 2. Schicht Bettung 8/120 |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| d ₁₀ [mm] | 1,5 | 10 |
| d ₅₀ [mm] | 4 | 65 |
| d ₆₀ [mm] | 5 | 80 |
| U | 3,3 | 8,0 |

| Deckschicht: | LMB _{10/60} |
|----------------------|----------------------|
| d ₁₀ [mm] | 166 |
| d ₅₀ [mm] | 245 |
| d ₆₀ [mm] | 261 |
| U | 1,6 |

Nachweis Filterstabilität

Nachweis Filterstabilität Untergrund / 1. Filterschicht

| | Auelehm, SU* | 1. Filterschicht Kiessand 0/16 |
|----------------------|--------------|-----------------------------------|
| d ₁₀ [mm] | 0,01 | 1,5 |
| d ₅₀ [mm] | 0,5 | 4 |
| d ₆₀ [mm] | 0,7 | 5 |
| U | 70,0 | 3,3 |

$$A_{50,vorh} = 8,00$$

$$A_{50,zul} = 10,00 \quad (\text{Diagramm nach Cistin / Ziems})$$

$$\frac{A_{50,vorh}}{A_{50,zul}} = 0,80$$

< 1 - Nachweis erfüllt

Anlage 5.2.2

Stand: 10.11.2017

Nachweis der Filterstabilität nach BAW (MAK)

Nachweis Hydraulische Filterwirksamkeit Untergrund / 1. Filterschicht

Dynamische Belastung des Filters

Nachweis:

$$\begin{array}{rcl} D_{50} \text{ (Filterschicht)} & > & d_{50} \text{ (Dammkörper)} \\ 4,00 \text{ mm} & > & 0,50 \text{ mm} \end{array}$$

Nachweis erfüllt

$$\begin{array}{rcl} D_{10} \text{ (Filterschicht)} & > & 2 \times d_{10} \text{ (Dammkörper)} \\ 1,50 \text{ mm} & > & 0,02 \text{ mm} \end{array}$$

Nachweis erfüllt

Nachweis Filterstabilität 1. Filterschicht / 2. Filterschicht

| | 1. Filterschicht Kiessand 0/16 | 2. Filterschicht Bettung 16/120 |
|---------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| d_{10} [mm] | 1,5 | 10 |
| d_{50} [mm] | 4 | 65 |
| d_{60} [mm] | 5 | 80 |
| U | 3,3 | 8,0 |

$$A_{50,vorh} = 16,25$$

$$A_{50,zul} = 24,00 \quad (\text{Diagramm nach Cistin / Ziems})$$

$$\frac{A_{50,vorh}}{A_{50,zul}} = 0,68 \quad < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

Nachweis Filterstabilität 2. Filterschicht / Deckschicht

| | 2. Filterschicht Bettung 16/120 | Deckschicht LMB _{20/200} |
|---------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| d_{10} [mm] | 10 | 166,5 |
| d_{50} [mm] | 65 | 245,5 |
| d_{60} [mm] | 80 | 260,9 |
| U | 8,0 | 1,6 |

$$A_{50,vorh} = 3,78$$

$$A_{50,zul} = 9,00 \quad (\text{Diagramm nach Cistin / Ziems})$$

$$\frac{A_{50,vorh}}{A_{50,zul}} = 0,42 \quad < 1 - \text{Nachweis erfüllt}$$

Anlage 5.2.2

Stand: 10.11.2017

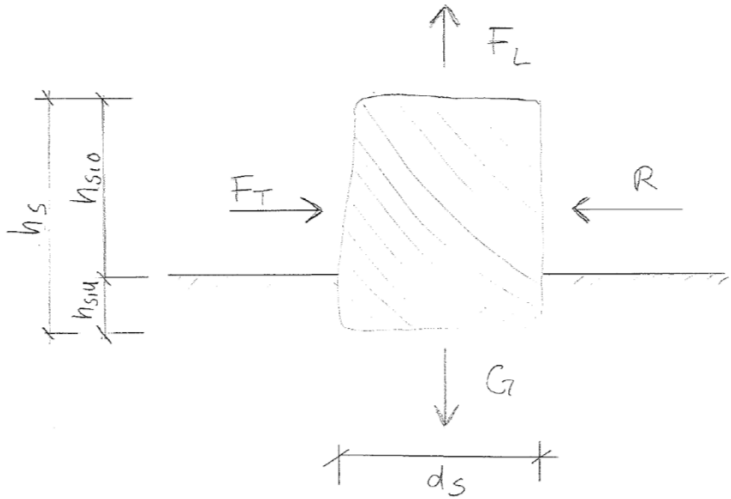
Bemessung Standsicherheit Störstein

Gewichtskraft unter Auftrieb: $G = (\rho_S - \rho_W) \cdot g \cdot \frac{\pi \cdot d_S^3}{6}$

Widerstandskraft: $R = (\rho_S - \rho_W) \cdot V \cdot g \cdot \tan(\varphi)$

Scherkraft: $F_T = \frac{1}{2} \cdot c_W \cdot A_S \cdot \rho_W \cdot v^2$

Liftkraft: $F_L = 2,5 \cdot F_T$
 $F_{L,Extrem} = 18 \cdot F_T$



Eingangsgrößen:

- $\rho_W = 1000,00 \text{ kg/m}^3$... Dichte v. Wasser
 $\rho_S = 2700,00 \text{ kg/m}^3$... Dichte v. Stein
 $\phi = 30,00^\circ$... Innerer Reibungswinkel
 $c_W = 1,2$... Formbeiwert für rechteckigen Stein

| | Fließquerschnitt | | Gewählter Störstein | | | | | | | | Haltende Kräfte | | Treibende Kräfte | | | Nachweise | | |
|---|------------------|---|-------------------------------|---|---|---------------------------------|----------------------|--------------------|---|---|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| | Station | Fließge- schwindigkeit v [m/s] | Höhe h _s [m] | Einbinde- tiefe h _{s,u} [m] | Höhe ü. Sohle h _{s,o} [m] | Breite d _s [m] | Volumen V [m³] | Masse m [kg] | Äquivalenter Steindurchmesser d _s * [m] | Angeströmte Fläche A _s * [m²] | Gewichts- kraft G [N] | Widerstands- kraft R [N] | Scherkraft F _T [N] | Liftkraft | | (1) F _T / R | (2) F _L / G | (3) F _{L,Extrem} / G |
| | | | | | | | | | | | | | | F _L [N] | F _{L,Extrem} [N] | | | |
| Einbindetiefe 40 cm, Steinhöhe 80 cm HMB 300/1000 | 3+620 | 2,068 | 0,80 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,13 | 345,60 | 0,50 | 0,20 | 1091,51 | 1232,44 | 243,63 | 609,08 | 4385,35 | 0,20 | 0,56 | 4,02 |
| | 3+669 | 2,62 | 0,80 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,13 | 345,60 | 0,50 | 0,20 | 1091,51 | 1232,44 | 308,66 | 771,65 | 5555,91 | 0,25 | 0,71 | 5,09 |
| | 3+722 | 2,823 | 0,80 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,13 | 345,60 | 0,50 | 0,20 | 1091,51 | 1232,44 | 332,58 | 831,44 | 5986,38 | 0,27 | 0,76 | 5,48 |
| | 3+770 | 2,865 | 0,80 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,13 | 345,60 | 0,50 | 0,20 | 1091,51 | 1232,44 | 337,52 | 843,81 | 6075,45 | 0,27 | 0,77 | 5,57 |
| | 3+821 | 2,845 | 0,80 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,13 | 345,60 | 0,50 | 0,20 | 1091,51 | 1232,44 | 335,17 | 837,92 | 6033,04 | 0,27 | 0,77 | 5,53 |
| | 3+869 | 2,434 | 0,80 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,13 | 345,60 | 0,50 | 0,20 | 1091,51 | 1232,44 | 286,75 | 716,87 | 5161,48 | 0,23 | 0,66 | 4,73 |
| Einbindetiefe 20 cm, Steinhöhe 60 cm LMB60/300 | 3+919 | 2,116 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 140,22 | 350,56 | 2524,01 | 0,15 | 0,76 | 5,48 |
| | 3+971 | 2,569 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 170,24 | 425,61 | 3064,36 | 0,18 | 0,92 | 6,65 |
| | 4+018 | 2,239 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 148,37 | 370,93 | 2670,73 | 0,16 | 0,81 | 5,80 |
| | 4+069 | 1,691 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 112,06 | 280,15 | 2017,06 | 0,12 | 0,61 | 4,38 |
| | 4+120 | 2,076 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 137,57 | 343,93 | 2476,30 | 0,15 | 0,75 | 5,38 |
| | 4+172 | 1,928 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 127,76 | 319,41 | 2299,76 | 0,14 | 0,69 | 4,99 |
| | 4+221 | 1,978 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 131,08 | 327,70 | 2359,40 | 0,14 | 0,71 | 5,12 |
| | 4+274 | 1,914 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 126,84 | 317,09 | 2283,06 | 0,14 | 0,69 | 4,96 |
| | 4+319 | 2,038 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 135,05 | 337,64 | 2430,97 | 0,15 | 0,73 | 5,28 |
| | 4+374 | 1,699 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 112,59 | 281,47 | 2026,61 | 0,12 | 0,61 | 4,40 |
| | 4+420 | 1,884 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 124,85 | 312,12 | 2247,28 | 0,14 | 0,68 | 4,88 |
| | 4+470 | 1,159 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 76,80 | 192,01 | 1382,48 | 0,08 | 0,42 | 3,00 |
| | 4+520 | 1,091 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 72,30 | 180,75 | 1301,37 | 0,08 | 0,39 | 2,83 |
| | 4+572 | 1,191 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 78,93 | 197,31 | 1420,65 | 0,09 | 0,43 | 3,09 |
| | 4+620 | 1,5 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 99,40 | 248,50 | 1789,24 | 0,11 | 0,54 | 3,89 |
| Einbindetiefe 40 cm, Steinhöhe 80 cm HMB 300/1000 | 4+669 | 1,732 | 0,60 | 0,20 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 259,20 | 0,38 | 0,11 | 460,48 | 924,33 | 114,78 | 286,94 | 2065,97 | 0,12 | 0,62 | 4,49 |
| | 4+722 | 2,097 | 0,80 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,13 | 345,60 | 0,50 | 0,20 | 1091,51 | 1232,44 | 247,05 | 617,62 | 4446,85 | 0,20 | 0,57 | 4,07 |
| | 4+771 | 2,297 | 0,80 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,13 | 345,60 | 0,50 | 0,20 | 1091,51 | 1232,44 | 270,61 | 676,52 | 4870,96 | 0,22 | 0,62 | 4,46 |
| | 4+820 | 2,489 | 0,80 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,13 | 345,60 | 0,50 | 0,20 | 1091,51 | 1232,44 | 293,23 | 733,07 | 5278,11 | 0,24 | 0,67 | 4,84 |
| | 4+869 | 2,48 | 0,80 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,13 | 345,60 | 0,50 | 0,20 | 1091,51 | 1232,44 | 292,17 | 730,42 | 5259,03 | 0,24 | 0,67 | 4,82 |
| | 4+922 | 3,069 | 0,80 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,13 | 345,60 | 0,50 | 0,20 | 1091,51 | 1232,44 | 361,56 | 903,90 | 6508,04 | 0,29 | 0,83 | 5,96 |

Anlage 5.2.2

Stand: 10.11.2017

Abflussszenarien bauzeitliches Hochwasser

Fließformel nach *Gauckler-Manning-Strickler*: $v = k_{St} \cdot r_{Hy}^{2/3} \cdot \sqrt{I}$

HQ₂ = 19,48 m³/s

HQ₅ = 32,71 m³/s

Station 3+635.5, Maßnahme M4.10.L, Böschungssicherung mit Setzpack

Trapezprofil

b_s = 4,10 m ... Sohlbreite, bauzeitl. Querschnitt
m = 1,5 ... Neigung 1:m bestehende Böschung
H = 1,53 m ... vorhandene Böschungshöhe
k_{St} = 45,00 m^{1/3}/s ... Rauigkeitsbeiwert f. raues Gerinne
I = 0,0033 ... Sohlgefälle

| Wasser- stand h [m] | Fließquer- schnitt A [m²] | Benetzter Umfang l _U [m] | Hydraulischer Radius r _{Hy} [m] | Fließge- schwindigkeit v [m/s] | Abfluss Q [m³/s] |
|------------------------------|------------------------------------|--|---|---|------------------------|
| 0,50 | 2,24 | 5,50 | 0,41 | 1,42 | 3,18 |
| 1,00 | 4,85 | 6,90 | 0,70 | 2,04 | 9,91 |
| 1,50 | 7,83 | 8,30 | 0,94 | 2,49 | 19,48 |
| 1,53 | 8,03 | 8,39 | 0,96 | 2,51 | 20,16 |
| 1,75 | 9,47 | 9,00 | 1,05 | 2,67 | 25,32 |

Station 3+810, Maßnahme M4.30 L, Gewässeraufweitung mit Böschungssicherung

Trapezprofil mit Vorland rechts

b_s = 4,25 m ... Sohlbreite, bauzeitl. Querschnitt
b_v = 2,43 m ... Vorlandbreite
m₁ = 0,74 ... Neigung 1:m bestehende Böschung
m₂ = 1,37
H_U = 1,09 m ... Höhe der Gerinneböschung
H = 3,41 m ... vorhandene Böschungshöhe
k_{St} = 45,00 m^{1/3}/s ... Manning-Strickler-Beiwert f. raues Gerinne
I = 0,005 ... Sohlgefälle

| Wasser- stand h [m] | Fließquer- schnitt A [m²] | Benetzter Umfang l _U [m] | Hydraulischer Radius r _{Hy} [m] | Fließge- schwindigkeit v [m/s] | Abfluss Q [m³/s] |
|------------------------------|------------------------------------|--|---|---|------------------------|
| 0,50 | 2,22 | 5,37 | 0,41 | 1,76 | 3,91 |
| 1,00 | 4,62 | 6,49 | 0,71 | 2,54 | 11,72 |
| 1,09 | 5,07 | 6,70 | 0,76 | 2,64 | 13,41 |
| 1,42 | 7,38 | 9,78 | 0,75 | 2,64 | 19,48 |
| 1,50 | 7,93 | 10,02 | 0,79 | 2,72 | 21,57 |
| 1,89 | 10,85 | 11,76 | 0,92 | 3,01 | 32,71 |

Anlage 5.2.2

Stand: 10.11.2017

Abflussszenarien bauzeitliches Hochwasser

Station 3+975, Maßnahme M4.70.L, Neubau HWS-Mauer

Trapezprofil

| | | |
|------------|--------|--|
| $b_s =$ | 4 | ... Sohlbreite, bauzeitl. Querschnitt |
| $m =$ | 1,44 | ... Neigung 1:m bestehende Böschung |
| $H =$ | 1,72 | ... vorhandene Böschungshöhe |
| $k_{St} =$ | 45 | ... Rauigkeitsbeiwert f. raues Gerinne |
| $I =$ | 0,0092 | ... Sohlgefälle |

| Wasser- stand h [m] | Fließquer- schnitt A [m ²] | Benetzter Umfang l_U [m] | Hydraulischer Radius r_{Hy} [m] | Fließge- schwindigkeit v [m/s] | Abfluss Q [m ³ /s] |
|--------------------------------|---|-------------------------------------|--|---|---------------------------------------|
| 0,50 | 2,18 | 5,38 | 0,41 | 2,36 | 5,15 |
| 1,00 | 4,72 | 6,75 | 0,70 | 3,40 | 16,04 |
| 1,12 | 5,41 | 7,10 | 0,76 | 3,60 | 19,48 |
| 1,50 | 7,62 | 8,13 | 0,94 | 4,13 | 31,50 |
| 1,53 | 7,83 | 8,22 | 0,95 | 4,18 | 32,71 |

Station 4+290, Maßnahme M4.80 L, Deichneubau mit BKD

Trapezprofil

| | | |
|------------|--------|--|
| $b_s =$ | 5,5 | ... Sohlbreite, bauzeitl. Querschnitt |
| $m =$ | 1,67 | ... Neigung 1:m bestehende Böschung |
| $H =$ | 1,52 | ... vorhandene Böschungshöhe |
| $k_{St} =$ | 45 | ... Rauigkeitsbeiwert f. raues Gerinne |
| $I =$ | 0,0103 | ... Sohlgefälle |

| Wasser- stand h [m] | Fließquer- schnitt A [m ²] | Benetzter Umfang l_U [m] | Hydraulischer Radius r_{Hy} [m] | Fließge- schwindigkeit v [m/s] | Abfluss Q [m ³ /s] |
|--------------------------------|---|-------------------------------------|--|---|---------------------------------------|
| 0,50 | 2,96 | 6,97 | 0,42 | 2,58 | 7,63 |
| 0,75 | 4,59 | 7,71 | 0,60 | 3,23 | 14,86 |
| 0,88 | 5,51 | 8,10 | 0,68 | 3,53 | 19,48 |
| 1,50 | 10,13 | 9,92 | 1,02 | 4,63 | 46,91 |
| 1,89 | 10,85 | 11,76 | 0,92 | 3,01 | 32,71 |

Anlage 5.2.2

Stand: 10.11.2017

Abflussszenarien bauzeitliches Hochwasser

Station 4+500, Maßnahme M4.90.L, Neubau Deich

Trapezprofil

| | | |
|------------|--------|--|
| $b_s =$ | 6 | ... Sohlbreite, bauzeitl. Querschnitt |
| $m =$ | 1,12 | ... Neigung 1:m bestehende Böschung |
| $H =$ | 1,89 | ... vorhandene Böschungshöhe |
| $k_{St} =$ | 45 | ... Rauigkeitsbeiwert f. raues Gerinne |
| $I =$ | 0,0041 | ... Sohlgefälle |

| Wasser- stand h [m] | Fließquer- schnitt A [m ²] | Benetzter Umfang l_u [m] | Hydraulischer Radius r_{Hy} [m] | Fließge- schwindigkeit v [m/s] | Abfluss Q [m ³ /s] |
|--------------------------------|---|-------------------------------------|--|---|---------------------------------------|
| 0,50 | 3,14 | 7,25 | 0,43 | 1,65 | 5,18 |
| 1,00 | 6,56 | 8,50 | 0,77 | 2,42 | 15,90 |
| 1,36 | 9,17 | 9,39 | 0,98 | 2,84 | 25,99 |
| 1,50 | 10,26 | 9,75 | 1,05 | 2,98 | 30,58 |
| 1,86 | 13,13 | 10,66 | 1,23 | 3,31 | 43,47 |

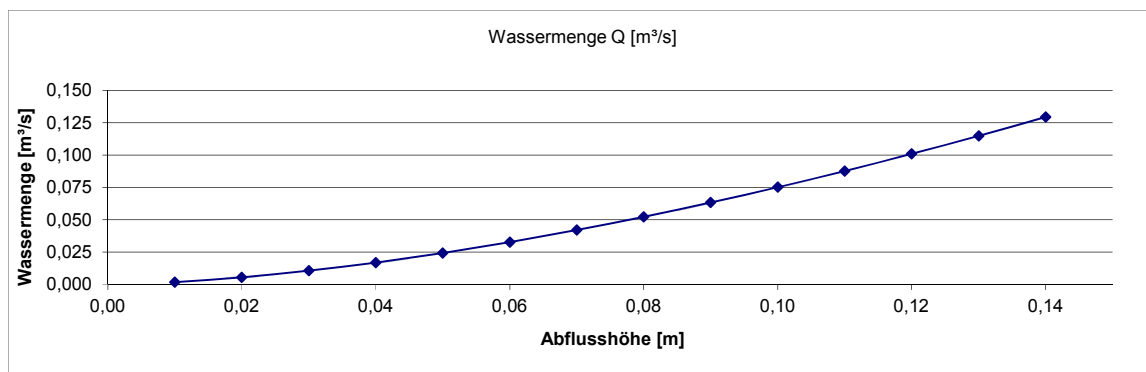
Anlage 5.2.2

Stand: 10.11.2017

Entlastungsbauwerk Hutholzbach / westlicher Umfluter Wasserstände bei Niedrig- und Mittelwasser

Durchfluss nach Strickler / stationär gleichförmig

| Globale Daten | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------|--|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Manningbeiwert | M | 24 | $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ | | | | | | | | | | | | |
| Sohlgefälle | Is | 1,50 | % | | | | | | | | | | | | |
| Abflusshöhe Schrittweite | dh | 0,01 | m | | | | | | | | | | | | |
| | | <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-between;"><div>1:m m = 1,00</div><div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 100px; position: relative;"><div style="position: absolute; top: 0; right: 0; width: 100%; height: 100%;"></div></div><div>1:m m = 0,00</div></div> | | | | | | | | | | | | | |
| Abflusshöhe | h [m] | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 |
| Abflussfläche | A [m²] | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| benetzter Umfang | U [m] | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 |
| hydraulischer Radius | r [m] | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Fließgeschwindigkeit | v [m/s] | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,7 |
| Wassermenge | Q [m³/s] | 0,002 | 0,005 | 0,010 | 0,017 | 0,024 | 0,033 | 0,042 | 0,052 | 0,063 | 0,075 | 0,088 | 0,101 | 0,115 | 0,129 |
| Froudezahl | Fr [1] | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| Geschwindigkeitshöhe | v²/2g [m] | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |



Hydraulischer Nachweis Öffnung Freigefälle - westlicher Umfluter

$$Q = A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot I \cdot d}{\lambda}}$$

Eingangsgrößen:

| | | |
|-----|---------|--|
| d = | 0,15 m | ... Rohrdurchmesser DN 150 |
| I = | 0,50 ‰ | ... angesetztes Gefälle |
| k = | 1,00 mm | ... Absolute Rauheit, Steinzeugrohr verkrustet |

Widerstandsbeiwert λ

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg\left(\frac{k/d}{3,71}\right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 5,49$$

$$A = 0,0177 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$$

Zulaufverlust

$$\zeta = 0,85 \text{ ... Verlustbeiwert für den Zulauf}$$

$$Q = 0,010 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ein Abfluss von 0,01 m³/s (10 l/s) wird bei Niedrig- und Mittelwasser im HHB in den westlichen Umfluter abgeschlagen.

Anlage 5.2.2

Stand: 10.11.2017

Entlastungsbauwerk Hutholzbach / westlicher Umfluter Nachweise bei HQ_{extrem}

Ein Abfluss von 0,05 m³/s (50 l/s) wird beim Hochwasser HHB in den westlichen Umfluter geleitet.

Hydraulischer Nachweis Entlastung HHB bei HQ_{extrem} - westlicher Umfluter

Dimensionierung Streichwehr

Eingangsgrößen:

| | | |
|------------------------|-----------|---|
| HQ_{extrem} = | 4,00 m³/s | Hochwasserabfluss HQ_{extrem} |
| HQ_u = | 3,00 m³/s | Abschlag von 1,0 m³/s bei Hq_{extrem} über Streichwehr zur Entlastung HHB |
| Q = | 1,00 m³/s | Abfluss Streichwehr |
| h_u = | 0,82 m | Wasserstand unterwasser |
| w = | 0,35 m | Höhe feste Schwelle |
| h_1 = | 0,44 m | Überfallhöhe oberwasser Streichwehr, Ermittlung h_1 iterativ |
| h_2 = | 0,47 m | Überfallhöhe unterwasser Streichwehr ($h_u - w$) |
| h_m = | 0,46 m | mittlere Überfallhöhe Streichwehr |

Ermittlung Korrekturwert nach Bollrich, Technische Hydromechanik, Bild 9.26

| | | |
|---------------------|----------|---|
| $h_m / (h_m + w) =$ | 0,57 m | |
| $\zeta =$ | 0,85 | Korrekturbeiwert nach Bild 9.26 |
| $v_o =$ | 2,10 m/s | Fließgeschwindigkeit oberwasser |
| $v_u =$ | 1,96 m/s | Fließgeschwindigkeit unterwasser |
| $h_1 =$ | 0,44 m | Überfallhöhe oberwasser Streichwehr, |

Länge Streichwehr

$$l = \frac{Q}{0,95 \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g} \cdot h_m^{3/2}}$$

$l =$ 1,16 m Länge Streichwehr

| | | |
|--------------------------|---------------|--------------------|
| Länge Streichwehr | 1,50 m | ... gewählt |
|--------------------------|---------------|--------------------|

Ermittlung Abfluss Hutholzbach - Verrohrung DN 1000

Eingangsgrößen:

| | | |
|--------------------|---------------------------|--|
| $h_0 =$ | 0,95 m | ... Wasserstand HQ ₁₀₀ HHB |
| $h_2 =$ | 0,32 m | ... Wasserstand im Hutholzbach bei HQ ₁₀₀ |
| $a =$ | 0,2 m | ... Öffnungshöhe Absperrschieber |
| $r =$ | 0,5 m | ... Radius Verrohrung HHB |
| $d =$ | 1,0 m | ... Durchmesser Verrohrung HHB |
| $I_{\text{HHB}} =$ | 0,3 ‰ | ... Gefälle HHB Verrohrung |
| $k_{\text{st}} =$ | 110,0 m ^{1/3} /s | ... Rauigkeit Betonrohr |
| $g =$ | 9,81 N/m ² | ... Fallbeschleunigung |

Nachweis Abfluss Mittelwasser:

| | | |
|-------------|--------|---|
| $h/d =$ | 0,2 | ... Verhältnis zwischen Einstauhöhe und Durchmesser |
| $Q_T/Q_V =$ | 0,0903 | ... Verhältnis zwischen Voll- und Teilfüllung |

| | | |
|------------------|------------------------------------|---|
| $Q_V =$ | 1,18 m ³ /s | ... Abfluss Vollfüllung |
| <u>QT</u> | <u>0,11 m³/s</u> | <u>... Abfluss Teilfüllung DN 1000</u> |

Der Abfluss bei Mittelwasserstand und 0,20 m geöffnetem Absperrschieber beträgt 0,11 m³/s.

Nachweis Abfluss HQ₁₀₀:

$$A = \arccos\left(1 - \frac{h}{r}\right) r^2 - \sqrt{h(2r - h)(r - h)}$$

| | | |
|----------|---------------------|----------------------------------|
| $A =$ | 0,11 m ² | ... Fläche Schützöffnung |
| ψ | 0,62 | |
| μ_A | 0,58 | |
| $\chi =$ | 1,00 | ... freier Abfluss ohne Rückstau |

$$Q = \chi * \mu_A * A * \sqrt{2g * h_0}$$

| | | |
|------------------|------------------------------------|--|
| <u>Q=</u> | <u>0,28 m³/s</u> | <u>... Abfluss in Hutholzbach</u> |
|------------------|------------------------------------|--|

Der Abfluss bei Hochwasser und 0,20 m geöffnetem Absperrschieber beträgt 0,28 m³/s.

Ermittlung Abfluss Teileinzugsgebiet nördlich Würschnitztalstraße

Teileinzugsgebiet TG_Wu_02bl

Abfluss 3,20 m³/s

Fläche 1,55 km²

Angabe: IWS, NA-Modell Würschnitz

bei T=100a mit D=1h (größter Abfluss für HHB)

Fläche Teileinzugsgebiet nördlich Würschnitztalstraße

Fläche 0,14 km²

siehe nachfolgende Abbildung

Abfluss 0,28 m³/s

Der Abfluss aus dem Teileinzugsgebiet nördlich der Würschnitztalstraße bei T=100a (HHB) mit D=1h beträgt 0,28 m³/s.

