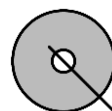


Hydraulische Nachweise

DR. RESCH + PARTNER



91781 Weißenburg
Holzgasse 28
Tel. (0 91 41) 85 21 - 0
Fax (0 91 41) 85 21 28

Regenüberlauf 9

1. Nachweise Zulaufkanal

Haltungsdaten des Zulaufkanals:

Haltungslänge:	26,50 m
Höhendifferenz:	1,31 m
Durchmesser:	DN 500
Gefälle:	4,94 ‰
$Q_{T,AM}$:	1,050 l/s
Q_{voll} :	0,845 m³/s
V_{voll} :	4,303 m/s

Nachweis der Schleppspannung

Bei Trockenwetterabfluss ist die Einhaltung einer Mindest-Wandschubspannung von

$$T_{\min} = 4,1 \cdot Q^{1/3} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

nachzuweisen (A 110, Kap. 7; A 111, Kap. 6.1.5). Der Nachweis wird mit dem mittleren Trockenwetterabfluss geführt. Die vorhandene Wandschubspannung wird berechnet nach

$$T_{\text{vorh}} = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot l_R \text{ (N/m}^2\text{)} \text{ mit } l_R = l_{so,U}$$

Die Mindest-Wandschubspannung ergibt sich zu

$$T_{\min} = 4,1 \cdot 0,00105^{1/3} = 0,42 \text{ N/m}^2$$

Die Fließtiefe bei Trockenwetter im Zulaufkanal beträgt ca. 1,35 cm und der hydraulische Radius ca. 0,89 cm. Damit errechnet sich die vorhandene Wandschubspannung zu:

$$T_{\text{vorh}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0089 \cdot 0,0494 = 4,29 \text{ N/m}^2 > T_{\min}$$

Die vorhandene Wandschubspannung ist größer als die Mindest-Wandschubspannung, so dass keine Gefahr von Ablagerungen besteht.

Abflussverhältnisse im Zulaufkanal

Die zukünftig an dem Zulaufkanal angeschlossene abflusswirksame undurchlässige Fläche beträgt 4,53 ha. Die Fließzeit wurde zu 3,5 Min bestimmt. Damit ergibt sich der kritische Mischwasserabfluss zu

$$Q_{\text{krit}} = 4,53 \cdot 15 \cdot 120 / (120 + 3,5) + 1,05 = 67,1 \text{ l/s}$$

Beim kritischen Mischwasserabfluss ergeben sich in der Zulaufhaltung folgende Abflusskenngrößen:

$$v = 2,592 \text{ m/s}$$

$$h = 0,095 \text{ m}$$

$$A = 0,026 \text{ m}^2$$

$$B = 0,272 \text{ m}$$

Mit diesen Größen ergibt sich die Froude-Zahl zu:

$$F_r = \frac{Q}{A \cdot \sqrt{\frac{g \cdot A}{b}}} = \frac{0,067}{0,026 \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 0,026}{0,272}}} = 2,69$$

Die Froude'sche Zahl ist größer als 1. Daher herrscht schießender Abfluss und die Anordnung einer Beruhigungsstrecke wäre erforderlich.

Nach DWA-A 111 darf im Zulaufkanal auf einer Strecke von $20 \cdot h_0$ die Froude-Zahl beim Bemessungsabfluss den Wert von 0,75 nicht überschreiten, um schießenden Abfluss zu vermeiden.

Beim Bemessungsabfluss ergeben sich in der Zulaufhaltung folgende Abflussgrößen:

Q (m³/s)	0,768
v (m/s)	4,849
h (m)	0,376
A (m²)	0,158
B (m)	0,421

Mit diesen Werten ergibt sich folgende Froude-Zahl:

$$F_r = \frac{Q}{A \cdot \sqrt{\frac{g \cdot A}{b}}} = \frac{0,768}{0,158 \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 0,158}{0,421}}} = 2,52$$

Die Forderung, dass die Froude-Zahl kleiner als 0,75 ist, wird nicht eingehalten. Daher wäre nach diesen Ergebnissen der Zulaufkanal zu vergrößern und flacher zu verlegen.

2. Nachweise Entlastungskanal

Der Entlastungskanal besteht aus vier Haltungen, die alle ein Profil DN 400 aufweisen. Die Nachweise werden für die Haltung geführt, die das geringste Gefälle aufweist:

Haltungslänge:	1,90 m
Höhendifferenz:	0,02 m
Durchmesser:	DN 400
Gefälle:	1,05 ‰
Q_{voll} :	0,216 m³/s
V_{voll} :	1,72 m/s

Als Entlastungsabfluss wurde beim 2-jährlichen Modellregen ein maximaler Durchfluss von 623 l/s berechnet. Die Leistung des Regenauslasskanals ist nicht ausreichend, um die anfallenden Wassermengen im Freispiegelabfluss ableiten zu können.

3. Nachweise Überlaufbauwerk

Die Schwellenlänge beträgt 4,3 m und die entlastete Wassermenge 623 l/s. Damit ergibt sich die spezifische Schwellenbelastung zu $623 \text{ l/s} / 4,3 \text{ m} = 145 \text{ l/(s} \cdot \text{m)}$. Die zulässige spezifische Schwellenbelastung von $300 \text{ l/(s} \cdot \text{m)}$ wird eingehalten.

Zur Überprüfung, ob sich im Überlaufbauwerk unvollkommener Überfall einstellt, wird der Regenauslasskanal detailliert hydraulisch untersucht.

Der Auslasskanal besteht aus vier Haltungen, von denen keine ein ausreichendes Abflussvermögen hat, um den Abfluss beim Bemessungsregen bei Freispiegelabfluss abzuleiten.

Zunächst muss überprüft werden, ob strömender oder schießender Abfluss herrscht. Für den Abfluss von 623 l/s beim Bemessungsregen ergeben sich folgende Abflussgrößen:

Q (m³/s)	0,623
v (m/s)	4,958
h (m)	0,400
A (m²)	0,126
B (m)	0,315

Mit diesen Größen ergibt sich folgende Froude-Zahl:

$$Fr = \frac{Q}{A \cdot \sqrt{\frac{g \cdot A}{b}}} = \frac{0,623}{0,126 \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 0,126}{0,315}}} = 2,5$$

Damit herrscht schießender Abfluss. Zur Ermittlung des Wasserstands in der Überlaufkammer wurde die Berechnung in Anlehnung an Fall 4 des DWA-Arbeitsblatts A-111 durchgeführt.

Bei der Entlastungswassermenge von 623 l/s ergibt sich eine Geschwindigkeit von 4,95 m/s. Der Rohrscheitel der letzten Haltung des Regenauslasskanals liegt auf einer Höhe von 388,96 m ü NN. Damit ergibt sich ein Wasserspiegel in der Überlaufkammer von $390,72 + (88,9 \cdot 0,0875) + 1,45 \cdot (4,958 \cdot 4,958 / 19,62) = 400,31$ m ü NN.

Der Wasserstand in der Entlastungskammer stellt sich unter den getroffenen Annahmen deutlich über das Überlaufbauwerk ein. Die sich tatsächlich einstellende Wasserspiegellage sollte durch Feststellen der Schmutzränder in dem Bauwerk überprüft bzw. festgestellt werden.

4. Nachweise Drosselstrecke

Zur Zeit weist die Drosselstrecke einen Durchmesser DN 250 auf. Bei diesem Durchmesser kann der kritische Mischwasserabfluss abgeleitet werden

Kenndaten der Drosselstrecke:

Haltungslänge:	9,40 m
Höhendifferenz:	0,14 m
Durchmesser:	DN 250
Gefälle:	1,49 ‰
$Q_{T,AM}$:	0,980 l/s
Q_{voll} :	0,074 m³/s
V_{voll} :	1,502 m/s

4.1 Nachweis der Ablagerungsfreiheit

Bei Trockenwetterabfluss ist die Einhaltung einer Mindest-Wandschubspannung von

$$T_{min} = 4,1 Q^{1/3} \text{ (N/m}^2\text{)} = 4,1 \cdot 0,00098^{1/3} = 0,41 \text{ N/m}^2$$

nachzuweisen (A 110, Kap. 7; A 111, Kap. 6.1.5). Die vorhandene Wandschubspannung wird berechnet nach

$$T_{vorh} = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot l_R \text{ (N/m}^2\text{)} \text{ mit } l_R = l_{so,u}$$

Beim mittleren Trockenwetterabfluss von 0,98 l/s beträgt die Fließtiefe ca. 1,79 cm und der hydraulische Radius ca. 1,15 cm. Damit errechnet sich die vorhandene Wandschubspannung zu

$$T_{vorh} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0115 \cdot 0,0098 = 1,68 \text{ N/m}^2 > T_{min}$$

Die vorhandene Wandschubspannung ist größer als die Mindest-Wandschubspannung, so dass keine Gefahr von Ablagerungen besteht.

4.2 Nachweis der Schwellenhöhe

Der Nachweis der Schwellenhöhe des Regenüberlaufs erfolgt unter folgenden Annahmen:

- der Rauigkeitsbeiwert k_b in der Drosselstrecke beträgt 0,25
- der Einlaufverlust ξ_e ist 0,45
- der Wert m_D für die Lage der Drucklinie beträgt unter der Annahme freien Auslaufs 1,0

Die Höhe der Schwellenoberkante ergibt sich nach der Gleichung:

$$\Delta h = (\zeta_e + 1) \frac{v_u^2}{2g} + I_E \cdot l_D$$

Die Differenz Δh gibt den vertikalen Abstand zwischen Schwellenoberkante und Rohrscheitel der Drosselstrecke am unteren Ende der Drosselstrecke an. Diese beträgt $(392,26 - 391,94) = 0,32$ m. Bei diesem Höhenunterschied stellt sich in der Drosselstrecke eine Geschwindigkeit von 1,681 m/s ein; das Energieliniengefälle beträgt 0,01183

$$\Delta h = (0,45 + 1) \frac{1,681^2}{19,62} + 0,01183 \cdot 9,40 = 0,32$$

Der weiter geleitete Abfluss bei Anspringen der Schwelle beträgt 82,5 l/s. Dieser Wert ist höher als der kritische Mischwasserabfluss von 67 l/s. Damit ist die Leistungsfähigkeit der Drosselstrecke ausreichend, um den kritischen Mischwasserabfluss ableiten zu können.

4.3 Konstruktive Nachweise nach A 111

- Mindestdurchmesser 200 mm, Höchstdurchmesser bei freiem Auslass 500 mm
- Mindestlänge $20 d_u$, hier: $20 \cdot 0,25 = 5,00$ m
- maximale Länge 100 m
- maximales Sohlgefälle $3,0 \text{ ‰} < \text{Gefälle}_{\text{vor}} = 14,9 \text{ ‰}$

Die Forderungen hinsichtlich des maximalen Sohlgefälles werden nicht eingehalten, so dass der Nachweis des selbsttätigen Füllens geführt werden muss.

4.4 Nachweis des selbsttätigen Füllens

Eingangsrößen:

$$\frac{Q_{\text{krit}}}{1000 \cdot d_u^{5/2} \cdot \sqrt{g}} = \frac{67,0}{1000 \cdot 0,25^{5/2} \cdot \sqrt{9,81}} = 0,685$$

$$\frac{I_S \cdot l_{Dr}}{d_u} = \frac{0,0149 \cdot 9,40}{0,25} = 0,560$$

Diagramm aus Hosang / Bischof „Abwassertechnik“: Der Rechenpunkt liegt rechts vom zugehörigen Parameter $\frac{I_S \cdot l_{Dr}}{d_u}$. Die Drosselstrecke füllt sich nicht selbsttätig.

4.5 Nachweis der Sohlhöhendifferenz

In dem Überlaufbauwerk muss eine Sohlhöhendifferenz von 3 cm eingehalten werden. Zugleich ist für den mittleren Trockenwetterabfluss ein Nachweis nach der Gleichung

$$\Delta s = \left(h_u + \frac{v_u^2}{2g} + \frac{I_{Eo} + I_{Eu}}{2} \cdot l_{\bar{u}} \right) - \left(h_o + \frac{v_o^2}{2g} \right)$$

zu führen. Bei Trockenwetterabfluss nehmen die Größen folgende Werte an:

$$h_u = 0,018 \text{ m}$$

$$v_u = 0,622 \text{ m/s}$$

$$I_{Eu} = 0,0149$$

$$h_o = 0,013 \text{ m}$$

$$v_o = 0,697 \text{ m/s}$$

$$I_{Eo} = 0,0494$$

$$l_{\bar{u}} = 4,3 \text{ m}$$

Damit ergibt sich nach obiger Gleichung eine erforderliche Sohlhöhendifferenz Δs von 17,5 cm. Dieser Wert ist größer als die Mindestdifferenz von 3 cm und wird somit maßgebend.

Im Überlaufbauwerk ist eine Sohlhöhendifferenz von 3 cm vorhanden, so dass die Forderung nicht eingehalten wird.

4.6 Nachweis der Vermeidung von Lufteintrag

$$s_u \geq D_{Dr} + 2 \frac{v^2}{2g}$$

$$0,43 < 0,25 + 2 \cdot \frac{1,681^2}{19,62} = 0,54$$

Die Forderung nach der Vermeidung von Lufteintrag wird nicht eingehalten. Die Schwelle muss um rd. 12 cm erhöht werden, um die Anforderung einzuhalten.

4.7 Nachweis der Trennschärfe

Bei Anspringen der Schwelle beträgt der Drosselabfluss 82,5 l/s. Die Überfallhöhe bei Maximalabfluss beträgt rd. 16,7 cm; bei dieser Druckhöhe erhöht sich der Drosselabfluss auf 101,9 l/s. Damit beträgt die Trennschärfe

$$\frac{101,9}{82,5} - 1 = 0,235 > 0,2$$

Die geforderte Trennschärfe in der Drosselstrecke des Regenüberlaufs von 0,20 wird nicht eingehalten.

4.8 Einrichtung zum Rückhalt von Feststoffen

Eine Einrichtung zum Rückhalt von Feststoffen ist bisher nicht vorhanden.