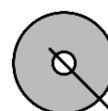


Hydraulische Nachweise

DR. RESCH + PARTNER



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

RÜ Bahnhofstraße

Der Regenüberlauf Bahnhofstraße soll gebaut werden, um die Überstausituation in dem Sammler von der Bahnhofstraße Richtung Kläranlage zu entschärfen. Die Entscheidung für den geplanten Standort wurde getroffen, da in diesem Bereich der Zusammenfluss zweier Sammler erfolgt, so dass eine wirksame Entlastung für die Wasserspiegellage in beiden Sammlern erreicht werden kann. Bei der Errichtung des Regenüberlaufs in Fließrichtung gesehen unterhalb würde es durch die hohen Wassermengen, die der weiterführende Sammler ableiten muss, und das dadurch bedingte Gefälle des Wasserspiegels im Bereich der Bahnhofstraße zu einem Wasseraustritt auf die Geländeoberfläche kommen. Daher ist es aus hydraulischen Gründen erforderlich, den Regenüberlauf im Bereich der Bahnhofstraße zu errichten. Darüber hinaus ist in der Bahnhofstraße bereits ein Regenwasserkanal vorhanden, in dem die entlasteten Wassermengen abgeführt werden können.

Der Regenüberlauf muss in die bestehende Kanalisation eingebunden werden. In Folge der Nutzung des Bestands müssen die hydraulischen Nachweise für die bestehende Kanalisation geführt werden. Da diese nicht entsprechend der Anforderungen des DWA-Arbeitsblatts A 166 ausgeführt wurde, lassen sich einige der geforderten Nachweise nicht erbringen.

Eine weitere Schwierigkeit besteht in der geringen Überdeckung des bestehenden Sammlers. Auf Grund der geringen verfügbaren Tiefe müssen Kanäle mit geringer Höhe verwendet werden, die aber trotzdem ein ausreichendes Ableitungsvermögen besitzen.

1. Nachweise Zulaufkanal

Als Zulaufkanal dient der bestehende Sammler von der Bahnhofstraße Richtung Kläranlage. Dieser weist folgende Haltungsdaten auf:

Durchmesser:	DN 800
Gefälle:	0,086 %
$Q_{T, aM}$:	2,56 l/s
Q_{voll} :	0,382 m ³ /s
V_{voll} :	0,759 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

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

Die Mindest-Wandschubspannung ergibt sich zu

$$T_{\text{min}} = 4,1 \cdot 0,00256^{1/3} = 0,56 \text{ N/m}^2$$

Die Fließtiefe bei Trockenwetter im Zulaufkanal beträgt ca. 4,7 cm und der hydraulische Radius ca. 3,02 cm. Damit errechnet sich die vorhandene Wandschubspannung zu:

$$T_{\text{vorh}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,03020 \cdot 0,00086 = 0,25 \text{ N/m}^2 < T_{\text{min}}$$

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

Bei größeren Abflüssen stellen sich ausreichende Werte hinsichtlich Fließgeschwindigkeit, Teilfüllungshöhe und Schleppspannung ein, was auf einen ablagerungsfreien Betrieb schließen lässt. Es ist davon auszugehen, dass es bei diesen größeren Abflüssen zum Lösen der bei Trockenwetter gebildeten Ablagerungen kommt.

Bei Regenabfluss werden die gelösten Ablagerungen mit dem ersten Spülstoß aufgenommen und durch die Rohrdrossel komplett in das weiterführende Kanalnetz zur Kläranlage weitergeleitet.

Abflussverhältnisse im Zulaufkanal

Die zukünftig an dem Zulaufkanal angeschlossene abflusswirksame undurchlässige Fläche beträgt 6,60 ha. Die Fließzeit wurde zu 2,6 Min bestimmt, der Trockenwetterabfluss im Eigeneinzugsgebiet beträgt 0,77 l/s und der Drosselabfluss aus oberhalb gelegenen Gebieten 67,1 l/s. Damit ergibt sich der kritische Mischwasserabfluss zu

$$\text{Neu: } Q_{\text{krit}} = 6,41 \cdot 15 \cdot 120 / (120 + 2,6) + 0,8 + 70 = 164,9 \text{ l/s}$$

Beim kritischen Mischwasserabfluss ergeben sich in der Zulaufhaltung folgende Abflusskenngrößen:

$$v = 0,732 \text{ m/s}$$

$$h = 0,367 \text{ m}$$

$$A = 0,225 \text{ m}^2$$

$$B = 0,666 \text{ m}$$

Mit diesen Größen ergibt sich die Froude-Zahl zu:

$$F_r = \frac{Q}{A \cdot \sqrt{\frac{g \cdot A}{b}}} = \frac{0,1649}{0,225 \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 0,225}{0,666}}} = 0,41$$

Die Froude'sche Zahl ist kleiner als 1. Daher herrscht strömender Abfluss und die Anordnung einer Beruhigungsstrecke ist nicht 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)	1,358
v (m/s)	2,702
h (m)	0,800
A (m²)	0,503
B _{mitt} (m)	0,628

Mit diesen Werten ergibt sich folgende Froude-Zahl:

$$F_r = \frac{Q}{A \cdot \sqrt{\frac{g \cdot A}{b}}} = \frac{1,358}{0,503 \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 0,503}{0,628}}} = 0,96$$

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 zwei Haltungen, von denen die erste neu gebaut wird. Sie erhält ein Profil mit einer Breite von 1,40 m und einer Höhe von 40 cm. Das Gefälle beträgt 1:179 und die Leistung bei Vollfüllung 930 l/s.

Die anschließende Haltung weist einen Durchmesser DN 600 auf und eine Leistung bei Vollfüllung von 688 l/s. Die Nachweise werden für diese Haltung geführt, da sie das geringere Leistungsvermögen aufweist:

Durchmesser:	DN 600
Gefälle:	1,26 ‰
Q _{voll} :	0,688 m³/s
V _{voll} :	2,43 m/s

Als Entlastungsabfluss wurde beim 2-jährlichen Modellregen ein maximaler Durchfluss von 759 l/s berechnet. Die Leistung des Regenauslasskanals ist nicht ausreichend, um die anfallenden Wassermengen im Freispiegelabfluss ableiten zu können.

3. Nachweise Überlaufbauwerk

Die Schwellenlänge wurde zu 4,00 m gewählt. Die entlastete Wassermenge beträgt 759 l/s. Damit ergibt sich die spezifische Schwellenbelastung zu $759 \text{ l/s} / 4,00 \text{ m} = 189,8 \text{ l/(s} \cdot \text{m)}$. 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.

Zunächst muss überprüft werden, ob strömender oder schießender Abfluss herrscht. Für den Abfluss von 759 l/s beim Bemessungsregen ergeben sich folgende Abflussgrößen:

Q (m³/s)	0,759
v (m/s)	2,682
h (m)	0,600
A (m²)	0,283
B (m)	0,471

Mit diesen Größen ergibt sich folgende Froude-Zahl:

$$Fr = \frac{Q}{A \cdot \sqrt{\frac{g \cdot A}{b}}} = \frac{0,759}{0,283 \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 0,283}{0,471}}} = 1,10$$

Damit herrscht schießender Abfluss. Nach A-111 errechnet sich der Wasserstand in der Entlastungskammer aus den Grenzbedingungen zu

$$h_o = h_{Gr} + (1+0,45) \frac{v_{Gr}^2}{2g}$$

Die Grenzwassertiefe h_{Gr} wird nach Gleichung 5b des ATV-Arbeitsblatts A111 berechnet. Bei der iterativen Berechnung der Grenzwassertiefe h_{Gr} zeigte sich, dass sich im Freispiegelbereich bei Ableitung des Bemessungsabflusses die Grenzbedingungen nicht einstellen. Daher wurde der Wasserspiegel in der Entlastungskammer aus der Fließgeschwindigkeit von 2,682 m/s und der Fließtiefe von 0,600 m bei Normalabfluss berechnet. Damit ergibt sich der Wasserstand in der Entlastungskammer zu

$$h_o = 0,60 + (1 + 0,45) \frac{\left(2,68 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} = 1,13 \text{ m}$$

Der Wasserstand in der Entlastungskammer stellt sich unter den getroffenen Annahmen deutlich über Schwellenoberkante ein, so dass unvollkommener Überfall vorliegt.

4. Nachweise Drosselstrecke

Eine ausgewiesene Drosselstrecke ist nicht vorhanden; die Drosselung erfolgt durch die zu geringe Abflussleistung des weiter führenden Kanals. Da die Höhe der Schwelle auf Grund der sehr geringen Überdeckung des Sammlers nicht über dem Rohrscheitel angeordnet werden kann, erfolgt die Entlastung bereits bei Freispiegelabfluss. Die Leistung der weiterführenden Haltung bei Anspringen der Schwelle wird unter der Annahme berechnet, dass in dieser Haltung Normalabfluss herrscht. Zusätzlich wird ein Einlaufverlust von 0,45 berücksichtigt.

Kenndaten der weiter führenden Haltung (Drosselstrecke):

Durchmesser:	DN 800
Gefälle:	0,086 %
$Q_{T,aM}$:	2,56 l/s
Q_{voll} :	0,382 m³/s
V_{voll} :	0,759 m/s

4.1 Nachweis der Ablagerungsfreiheit

Bei Trockenwetterabfluss ist die Einhaltung einer Mindest-Wandschubspannung von

$$T_{min} = 4,1 Q^{1/3} \text{ (N/m}^2\text{)} = 4,1 \cdot 0,00256^{1/3} = 0,56 \text{ N/m}^2$$

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

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

Die Fließtiefe bei Trockenwetter im Zulaufkanal beträgt ca. 4,7 cm und der hydraulische Radius ca. 3,02 cm. Damit errechnet sich die vorhandene Wandschubspannung zu:

$$T_{vorh} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,03020 \cdot 0,00086 = 0,25 \text{ N/m}^2 < T_{min}$$

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

Bei größeren Abflüssen stellen sich ausreichende Werte hinsichtlich Fließgeschwindigkeit, Teilfüllungshöhe und Schleppspannung ein, was auf einen abgelagerungs-

freien Betrieb schließen lässt. Es ist davon auszugehen, dass es bei diesen größeren Abflüssen zum Lösen der bei Trockenwetter gebildeten Ablagerungen kommt.

Bei Regenabfluss werden die gelösten Ablagerungen mit dem ersten Spülstoß aufgenommen und durch die Rohrdrossel komplett in das weiterführende Kanalnetz zur Kläranlage weitergeleitet.

4.2 Nachweis der Schwellenhöhe

Für den Nachweis der Schwellenhöhe des Regenüberlaufs wurde die Drosselleistung des Regenüberlaufs dem Abfluss gleich gesetzt, bei dem der Wasserspiegel die Schwellenoberkante erreicht. Der Wasserspiegel im Bauwerk wurde dabei zusätzlich um den Eintrittsverlust erhöht; dieser wurde mit einem Beiwert von 0,45 bestimmt.

Die Schwellenoberkante wurde zu 386,27 m ü NN gewählt. Damit liegt sie 60 cm über der Rohrsohle.

Damit ergibt sich unter den getroffenen Annahmen folgende Bestimmungsgleichung für den Wasserspiegel und die Fließgeschwindigkeit in dem weiter führenden Kanal:

$$0,60 = h_N + 1,45 \cdot \frac{v_N^2}{19,62}$$

Es ergibt sich eine Fließtiefe von 54,8 cm und eine Geschwindigkeit von 0,842 m/s; der Abfluss beträgt 308,9 l/s und ist größer als der kritische Mischwasserabfluss von 164,8 l/s.

4.3 Konstruktive Nachweise nach A 111

- Mindestdurchmesser 200 mm, Höchstdurchmesser bei freiem Auslass 500 mm
- Mindestlänge 20 d_u, hier: 20 · 0,3 = 6,00 m
- maximale Länge 100 m
- maximales Sohlengefälle 3,0 ‰

Die konstruktiven Anforderungen werden nicht erfüllt, so dass der Nachweis des selbsttätigen Füllens geführt werden muss.

4.4 Nachweis des selbsttätigen Füllens

Eingangsgrößen:

$$\frac{Q_{krit}}{1000 \cdot d_u^{5/2} \cdot \sqrt{g}} = \frac{164,8}{1000 \cdot 0,8^{5/2} \cdot \sqrt{9,81}} = 0,092$$

$$\frac{I_S \cdot l_{Dr}}{d_u} = \frac{0,00086 \cdot 12,04}{0,8} = 0,013$$

Diagramm aus Hosang / Bischof „Abwassertechnik“: Der Rechenpunkt liegt unterhalb des zugehörigen Parameters $\frac{I_S \cdot l_{Dr}}{d_u}$. 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

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

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

$$\begin{aligned} h_u &= 0,047 \text{ m} \\ v_u &= 0,217 \text{ m/s} \\ I_{Eu} &= 0,00086 \\ h_o &= 0,047 \text{ m} \\ v_o &= 0,217 \text{ m/s} \\ I_{Eo} &= 0,00086 \\ l_{\ddot{u}} &= 4,00 \text{ m} \end{aligned}$$

Damit ergibt sich nach obiger Gleichung eine erforderliche Sohlhöhendifferenz Δs von 0,3 cm. Dieser Wert ist geringer als die Mindestdifferenz von 3 cm. Damit wird die Mindestdifferenz von 3 cm maßgebend.

Im Überlaufbauwerk ist eine Sohlhöhendifferenz von nur wenigen Millimetern vorhanden, so dass die Forderung nicht eingehalten wird.

4.6 Nachweis der Vermeidung von Lufteintrag

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

$$0,60 \geq 0,80 + 2 \cdot \frac{0,842^2}{19,62} = 0,87$$

Die Forderung nach der Vermeidung von Lufteintrag wird nicht eingehalten. Eine entsprechende Erhöhung der Schwelle ist wegen der geringen Überdeckung des Kanals nicht möglich.

4.7 Nachweis der Trennschärfe

Bei Anspringen der Schwelle beträgt der Drosselabfluss 309 l/s. Die Überfallhöhe bei Maximalabfluss beträgt rd. 23,2 cm; bei dieser Druckhöhe erhöht sich der Drosselabfluss auf rd. 370 l/s. Damit beträgt die Trennschärfe

$$\frac{370}{309} - 1 = 0,197 < 0,2$$

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

4.8 Einrichtung zum Rückhalt von Feststoffen

Auf der Schwellenoberkante wird eine Lamellentauchwand eingebaut.