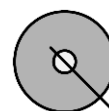


Hydraulische Nachweise



RÜB 2

Bei dem Regenüberlaufbecken 2 handelt es sich um ein geplantes Bauwerk, das den bestehenden Regenüberlauf 2 ersetzen soll. Das Regenüberlaufbecken wird als Stauraumkanal mit unten liegender Entlastung ausgebildet. Die Anordnung des Regenauslasskanals erfolgt im Zulaufbereich zum derzeit noch bestehenden Regenüberlauf RÜ 2 in der Buchstraße. Die Entlastung erfolgt in den bestehenden Regenwasser- bzw. Regenauslasskanal.

1. Nachweise Zulaufkanal

Der Zulaufkanal zu dem Stauraumkanal wird neu gebaut. Als Profil wird ein Drachenprofil DN 1.400 gewählt; die Länge des geplanten Zulaufkanals beträgt 20 m.

Haltungsdaten des Zulaufkanals:

Haltungsnummer:	72.1
Haltungslänge:	22,00 m
Höhendifferenz:	0,52 m
Durchmesser:	Drachenprofil DN 1.400
Gefälle:	2,60 %
$Q_{T,aM}$:	3,36 l/s
Q_{voll} :	7,487 m ³ /s
V_{voll} :	5,603 m/s

Nachweis der Schleppspannung

Bei Trockenwetterabfluss ist nach der Neufassung des Arbeitsblatts DWA-A 166 vom November 2013 für den Trockenwetterabfluss $Q_{T(a110)}$ die Einhaltung einer Mindest-Wandschubspannung T_{min} von 1,0 N/m² nachzuweisen. Der Nachweis wird mit dem mittleren Trockenwetterabfluss geführt.

Die vorhandene Wandschubspannung wird berechnet zu

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

Beim mittleren Trockenwetterabfluss von 3,36 l/s beträgt die Fließtiefe ca. 3,1 cm und der hydraulische Radius ca. 1,96 cm. Damit errechnet sich die vorhandene Wandschubspannung zu:

$$T_{vorh} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0196 \cdot 0,0260 = 5,00 \text{ N/m}^2 > T_{min}$$

Die vorhandene Wandschubspannung ist ausreichend. Im Zulaufkanal ist nicht mit der Bildung von Ablagerungen zu rechnen.

2. Nachweise Entlastungskanal

Die Nachweise werden hier für den bestehenden Entlastungskanal ab der vorhandenen Entlastungsschwelle geführt. Es wird überprüft, ob dieser ausreichend dimensioniert ist, um die anfallenden Entlastungsmengen abzuleiten.

Haltungsdaten des bestehenden Entlastungskanals:

Haltungsnummer:	174
Haltungslänge:	55,83 m
Höhendifferenz:	0,03 m
Durchmesser:	DN 1.000
Gefälle:	0,05 %
Q_{voll} :	0,542 m ³ /s
V_{voll} :	0,690 m/s

Als Entlastungsabfluss wurden beim 2-jährlichen Modellregen unter Berücksichtigung der neuen Planung ein maximaler Durchfluss von 2.016 l/s berechnet. Die Leistung des Regenauslasskanals bei Vollfüllung ist nicht ausreichend, um die anfallenden Wassermengen im Freispiegelabfluss ableiten zu können.

Im Zuge des Vorentwurfs wurde untersucht, ob eine Entlastung in den unteren Bereich des Auslasskanals möglich ist, der ein wesentlich größeres Gefälle aufweist. Auf Grund der Höhenlage (der Regenauslasskanal liegt im Böschungsbereich, der deutlich höher liegt als der Straßenbereich) ist eine Einleitung in diesem Bereich nicht möglich. Die ersten Haltungen des Entlastungskanals können zudem wegen der fehlenden Überdeckung nicht mit einem größeren Gefälle neu verlegt werden. Daher wird der bestehende Regenauslasskanal weiterhin genutzt.

3. Nachweise Stauraumüberlauf

Aus der Entlastungsmenge von 2.016 l/s beim Bemessungsniederschlag und der zulässigen spezifischen Schwellenbelastung von 300 l/(s· m) ergibt sich eine erforderliche Schwellenlänge von 6,72 m. Gewählt wurde eine Schwellenlänge von 7 m.

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.

Der Abfluss von 2.016 l/s beim Bemessungsregen kann nicht im Freispiegelabfluss abgeleitet werden; es stellt sich Druckabfluss ein. Es ergeben sich im Regenauslasskanal folgende Abflussgrößen:

Q (m ³ /s)	2,016
v (m/s)	2,567
h (m)	1,000
A (m ²)	0,785
B (m)	0,785

Mit diesen Größen ergibt sich folgende Froude-Zahl:

$$F_r = \frac{Q}{A \cdot \sqrt{\frac{g \cdot A}{b}}} = \frac{2,016}{0,785 \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 0,785}{0,785}}} = 0,82$$

Damit herrscht strömender Abfluss. Da die Froude-Zahl kleiner als 1 ist, liegt nach Arbeitsblatt A111 Fall 1 vor. Nach A-111 errechnet sich für diesen Fall der Wasserstand in der Entlastungskammer aus den Normalbedingungen zu

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

Da das Profil nicht in der Lage ist, den Abfluss beim Bemessungsregen im Freispiegelabfluss abzuleiten, entspricht die Normalwassertiefe h_N , die sich bei stationärem Abfluss einstellt, der Höhe des Profils. Die zugehörige Geschwindigkeit v_N beträgt 2,567 m/s. Damit errechnet sich der Wasserstand in der Entlastungskammer zu

$$h_o = 1,00 + (1 + 0,45) \frac{\left(2,57 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} = 1,49 \text{ m}$$

Die Schwellenoberkante wurde zu 341,41 m ü NN gewählt (s. Erläuterung zum Entwurf). Damit beträgt der Abstand zwischen Schwellenoberkante und Sohle 0,73 m und es stellt sich unvollkommener Überfall ein.

4. Drosselorgan

Es ist vorgesehen, den Abfluss über eine MID-gesteuerte Schieberregelung auf den Wert von 45 l/s einzustellen, der in der Schmutzfrachtberechnung vorgesehen war.

Nachweis Mindestdurchfluss

Durch eine MID-gesteuerte Schieberregelung wird der Abfluss aus dem RÜB zukünftig auf 45 l/s eingestellt. Dieser Wert ist höher als die minimale Abflussmenge von 10 l/s, die nicht unterschritten werden soll.

Nachweis des rückstaufreien Betriebs des Drosselorgans

Beim Drosselabfluss von 45 l/s stellt sich im Ablaufkanal ein Wasserstand von ca. 17,8 cm ein, sodass es zu einem Rückstau kommt. Hinsichtlich der Regelung des Abflusses hat dieser Rückstau keinen negativen Einfluss.

Nachweis der Rückstaufreiheit aus dem Drosselorgan ins Regenbecken

Der 1,2-fache maximale Trockenwetterabfluss soll keinen Rückstau ins Regenbecken verursachen. Der maximale Trockenwetterabfluss berechnet sich aus dem mittleren Schmutzwasserabfluss von 1,79 l/s, dem Fremdwasserabfluss von 1,57 l/s und dem Spitzenstundenfaktor von 15 zu:

$$Q_{T,h,max} = 24/15 \cdot 1,79 \text{ l/s} + 1,57 \text{ l/s} = 4,43 \text{ l/s}$$

Der 1,2-fache maximale Trockenwetterabfluss von $1,2 \cdot 4,43 \text{ l/s} = 5,32 \text{ l/s}$ ist geringer als der Drosselabfluss von 45 l/s, sodass es zu keinem Rückstau in den Stauraumkanal kommt.

Nachweis der Mindestnennweite

Im Mischsystem ist für das Drosselorgan eine Mindestnennweite von DN 200 vorgeschrieben. Für das Drosselorgan wird ein Durchmesser DN 300 vorgesehen, so dass die Forderung erfüllt ist.

5. Nachweise Ablaufkanal

Haltungsdaten des Ablaufkanals:

Haltungsnummer:	176.1
Haltungslänge:	18,35 m
Höhendifferenz:	0,09 m
Durchmesser:	DN 300
Gefälle:	0,49 %
$Q_{T,aM}$:	3,36 l/s
Q_{voll} :	0,0684 m ³ /s
V_{voll} :	0,968 m/s

Nachweis der Schleppspannung

Bei Trockenwetterabfluss ist die Einhaltung einer Mindest-Wandschubspannung T von $1,0 \text{ N/m}^2$ nachzuweisen. Der Nachweis wird mit dem mittleren Trockenwetterabfluss geführt.

Die vorhandene Wandschubspannung wird berechnet zu

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

Beim mittleren Trockenwetterabfluss von $3,36 \text{ l/s}$ beträgt die Fließtiefe ca. $4,5 \text{ cm}$ und der hydraulische Radius ca. $2,80 \text{ cm}$. Damit errechnet sich die vorhandene Wandschubspannung zu:

$$T_{\text{vorh}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0280 \cdot 0,00490 = 1,35 \text{ N/m}^2 > T_{\text{min}}$$

Die vorhandene Wandschubspannung ist ausreichend.

Die Leistungsfähigkeit der Drosselstrecke muss größer oder gleich dem 1,5-fachen des Drosselabflusses $= 1,5 \cdot 45 \text{ l/s} = 67,5 \text{ l/s}$ sein. Die Leistungsfähigkeit des Ablaufkanals beträgt $68,4 \text{ l/s}$ und ist ausreichend.

Der geplante Ablaufkanal weist einen Durchmesser DN 300 auf. Damit ist die Mindestnennweite von DN 300 nach DWA-A 166 erfüllt.

6. Nachweise Stauraumkanal

Nachweis der Schleppspannung

Das RÜB 2 ist als Stauraumkanal vorgesehen, der aus drei Haltungen mit einem Drachenprofil DN 1.400 besteht. Das Gefälle wird in den drei Haltungen einheitlich zu $0,50 \%$ gewählt.

Für die Schleppspannung im Stauraumkanal soll gelten:

$$\text{mindestens: } T_{\text{min}} = 1,3 \text{ N/m}^2$$

$$\text{anzustreben: } T \geq 2 \text{ N/m}^2$$

Die vorhandene Wandschubspannung wird berechnet zu

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

Beim mittleren Trockenwetterabfluss von 3,36 l/s beträgt die Fließtiefe ca. 4,6 cm und der hydraulische Radius ca. 2,82 cm. Damit errechnet sich die vorhandene Wandschubspannung zu

$$T_{\text{vorh}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0282 \cdot 0,0050 = 1,38 \text{ N/m}^2 > T_{\text{min}}$$

Dieser Wert ist größer als die Mindest-Wandschubspannung, so dass die Forderung erfüllt ist. Die Einhaltung der anzustrebenden Wandschubspannung hätte zur Folge, dass der Stauraumkanal mit einem höheren Gefälle verlegt werden müsste. Damit müsste der Stauraumkanal um mehr als 40 m länger ausgeführt werden, um das erforderliche Mindestspeichervolumen zu erreichen.

Nachweis der Teilfüllungsgeschwindigkeit

Für die Teilfüllungsgeschwindigkeit beim maximalen Trockenwetterabfluss $Q_{T,h,max}$ soll gelten:

mindestens: $v_t = 0,5 \text{ m/s}$

anzustreben: $v_t \geq 0,80 \text{ m/s}$

Der maximale Trockenwetterabfluss beträgt 4,43 l/s. Für diesen Abfluss ergibt sich in dem Stauraumkanal eine Teilfüllungsgeschwindigkeit von 0,55 m/s; dieser Wert ist größer als der Mindestwert und ist somit ausreichend.

Nachweise Wasserspiegel

Die Berechnung mit dem Modellregen hat einen Wasserspiegel ergeben, der mehr als 60 cm unter Geländeoberkante liegt. Damit ist die Gefahr von Wasseraustritt nicht gegeben.

7. Nachweis Auslaufbauwerk Gewässer

Der Nachweis, dass die Schwellenoberkante über dem HQ10 liegt, wird mit Hilfe der Profile erbracht, die vom Wasserwirtschaftsamt Nürnberg übergeben wurden. Die Ermittlung der Wasserspiegellage erfolgte nach der Gleichung von Manning-Strickler

$$Q = A \cdot k_{St} \cdot r_{hy}^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

Der Fließquerschnitt A wurde für verschiedene Fließtiefen aus den übergebenen Profilen ermittelt, ebenso der hydraulische Radius r_{hy} . Als Gefälle wurde das mittlere Gefälle der Pegnitz im Bereich der Einleitungsstellen angesetzt. Dieses beträgt 1,10 ‰. Der Rauigkeitsbeiwert wurde zu 50 angenommen.

Für den Pegel am RÜ 1 wurde für HQ₁₀ ein Abfluss von 66,9 m³/s mitgeteilt. Eine iterative Berechnung der Fließtiefe bei diesem Abfluss mit den zuvor angegebenen Werten ergab einen Wert von 1,58 m. Die Sohle der Pegnitz am RÜ 1 weist eine Höhe von rd. 332,78 m ü NN auf. Damit stellt sich bei HQ₁₀ ein Wasserspiegel von 334,36 m ü NN ein. Dieser Wert liegt deutlich unterhalb der geplanten Schwellenoberkante im Überlaufbauwerk des Stauraumkanals mit einer Höhe von 341,41 m ü NN. Damit ist ein Eindringen von Hochwasser der Pegnitz über die Schwelle in das Kanalnetz beim 10-jährlichen Hochwasser nicht zu befürchten.

8. Nachweis Wasserspiegel Essiggraben

Der Regenauslasskanal des RÜB 2 nimmt ebenfalls den Abfluss aus dem Essiggraben auf, der den Abfluss aus einem Teil der nordwestlichen Außeneinzugsgebiete von Hersbruck aufnimmt und ableitet. Es ist der Nachweis zu erbringen, dass vom Essiggraben keine Wassermengen über die Entlastungsschwelle des Stauraumkanals in das Mischwassernetz der Stadt Hersbruck eindringen.

Seitens der Stadt Hersbruck wurde der Ingenieurgesellschaft Höhnen & Partner der Auftrag erteilt, ein Konzept für die Hochwasserfreilegung des Essiggrabens zu erarbeiten. Das Konzept sieht vor, vor dem Eintritt des Essiggrabens in die Verrohrung in der Breslauer Straße ein Rückhaltebecken anzulegen. Der Drosselabfluss aus dem Rückhaltebecken, der zukünftig in die Verrohrung in der Breslauer Straße eingeleitet wird, beträgt maximal 200 l/s. Bei Füllung des Beckens springt ein Überlauf an, der die zusätzlichen Wassermengen in einem Regenwasserkanal, der östlich der Stadt Hersbruck verläuft, in die Pegnitz ableiten soll.

Nach diesem Konzept wird somit der Regenwasserkanal in der Buchstraße, der die Wassermengen aus der Verrohrung in der Breslauer Straße aufnehmen muss, mit maximal 200 l/s beaufschlagt. Bei diesem Abfluss stellt sich in dem Regenauslasskanal ein Wasserspiegel von rd. 43 cm ein. Der Abstand zwischen Schwellenoberkante und Sohle des Regenauslasskanals beträgt 68 cm, so dass ein Eindringen von Niederschlagswasser aus dem Essiggraben in das Mischwassernetz der Stadt Hersbruck nicht zu befürchten ist.

9. Einrichtung zum Rückhalt von Feststoffen

Das Überlaufbauwerk wird mit einer Tauchwand ausgerüstet. Die Entlastungswassermenge beim einjährigen Modellregen beträgt 1.650 l/s und die Überfallhöhe 26,0 cm.

Der horizontale Mindestabstand zur Schwelle ergibt sich zu $2 \cdot 26,0 = 52,0$ cm. Die Tauchwand wird mit diesem Abstand zur Schwelle eingebaut.

Die Eintauchtiefe soll zwischen 26,0 und 52,0 cm liegen. Gewählt wird eine Eintauchtiefe von 30 cm.

Der Mindestabstand von der Sohle zur Unterkante Tauchwand soll 52,0 cm betragen. Bei der gewählten Eintauchtiefe von 30 cm beträgt der Abstand zwischen Unterkante der Tauchwand und der Sohle des Durchlaufgerinnes im Minimum 116 cm und ist somit größer als der Mindestabstand.