

18.1 Hydraulische Berechnung der geplanten Regenwasserkanäle im Zuge der Beseitigung von Hochwasserschäden in Müggendorf - Am Elbdeich nach DWA-A 118

18.1.1 Grundlagen und Durchführung der hydraulischen Berechnung der RW-Kanalisation sowie Darstellung der Ergebnisse

18.1.1.1 Grundlagen für die hydraulische Berechnung der RW-Kanalisation

Allgemeines

Die Grundlage für die Planung und Bemessung der RW-Kanalisation bilden die Regelwerke der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) und hier insbesondere die Arbeitsblätter A 118 "Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen" (3/2006) und A 110 "Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen" (8/2006).

Berechnungsverfahren

Bei den hier durchzuführenden hydraulischen Berechnungen handelt es sich um die **Neubemessung** von RW-Kanälen. Entsprechend DWA-A 118 stehen hierfür die folgenden Berechnungsmethoden zur Verfügung:

- Fließzeitverfahren (stationäre Nachweisverfahren)
- hydrologische Abflussmodelle
- hydrodynamische Abflussmodelle (instationäre Nachweisverfahren)

Bei der Wahl des Berechnungsverfahrens sind, in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung und den Randbedingungen des Entwässerungssystems, grundsätzlich die in DWA-A 118 aufgeführten Kriterien zu beachten.

Danach ist bei der Neubemessung kleinerer (einfacher) Entwässerungsnetze (Einzugsgebiet $A_{E,k} \leq 200$ ha oder Fließzeit ≤ 15 min) die Dimensionierung mittels Fließzeitverfahren (Zeitbeiwertverfahren) und Blockregen im Allgemeinen ausreichend. Der resultierende Bemessungswert für den Regenwasserabfluss soll dabei in der Regel max. 90 % des Abflussvermögens des gewählten Kanalprofils betragen (DWA-A 110). Lediglich bei geplanten größeren Netzen wird empfohlen, die Dimensionierung durch eine Nachweisrechnung (Nachweis der Überstauhäufigkeit) abzusichern.

Im vorliegenden Fall handelt es sich um ein relativ kleines Einzugsgebiet ($A_{E,k} \cong 0,332$ ha) mit einer Fließzeit von ca. 9 min. Die Anwendung des Fließzeitverfahrens nach den Tabellen 8 und 9 (DWA-A 118) ist daher hier möglich und wird angewandt. Auf den empfohlenen, aber nicht zwingend vorgeschriebenen Nachweis der Überstauhäufigkeit mittels hydrodynamischer Berechnungsmethoden wird hier verzichtet.

Festlegung der Überschreitungshäufigkeit bzw. Wiederkehrzeit (Jährlichkeit)

Um den Anforderungen an den Überflutungs- und Umweltschutz sowie der Gefährdungshaftung des Anlagenbetreibers gerecht zu werden, müssen bei der Planung von Neuanlagen zur Oberflächenentwässerung (sowie bei der Nachrechnung bestehender Systeme) die entsprechenden Kriterien bezüglich Bemessungshäufigkeit und Anforderungen aus dem Gewässerschutz definiert und festgelegt werden. Die Bestimmung der Überschreitungshäufigkeit n [1/a] bzw. der Wiederkehrzeit T_n [a] ergibt sich aus DIN-EN 752 "Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 2: Anforderungen" bzw. DWA-A 118 (3/2006). Nach Tabelle 2 (DWA-A 118) werden für den Entwurf von Entwässerungsnetzen (ohne Nachweisführung) u.a. die folgenden Häufigkeiten des Bemessungsregens und der Überflutungen empfohlen:

Ort	Häufigkeiten (1-mal in "n"-Jahren)	
	Bemessungsregen	Überflutungen
Ländliche Gebiete	1 in 1	1 in 10
Wohngebiete	1 in 2	1 in 20
Stadtzentren, Industrie- u. Gewerbegebiete	1 in 2*	1 in 30

*mit Überflutungsprüfung

Der Ausbaubereich innerhalb der Ortslage Müggendorf ist nach Tabelle 2 als ländliches Gebiet einzustufen.

Bei der vorliegenden Maßnahme wäre also eine Häufigkeit des Bemessungsregens von $n = 1/a$ bzw. eine Wiederkehrzeit von $T_n = 1$ Jahr ausreichend. Die konkrete Festlegung ist jedoch in jedem Fall auch von den örtlichen Gegebenheiten (z.B. Sicherstellung der schadlosen Abführung des Wassers bei Überfüllung) abhängig zu machen.

In diesem Fall ist von einem normalen Gefährdungs- und Schadenspotenzial bei Überstau auszugehen. Es wird daher hier die gem. Tabelle 3 (DWA-A 118) empfohlene Häufigkeit (Überstauhäufigkeit bei Neuplanung) für ländliche Gebiete ($T = 1$ Jahr; $n = 1$) der Berechnung und Bemessung der RW-Kanalisation zu Grunde gelegt.

Neben der Bemessung der RW-Kanäle für den o.a. 1-jährigen Regen wird jedoch auch der hydraulische Nachweis geführt, dass das so geplante RW-Netz in der Lage ist, das anfallende Regenwasser für das 10-jährige Ereignis (für ländliche Gebiete gem. der o.a. Tabelle) schadlos, d.h. ohne Überstau im Kanalnetz (Wasserspiegellage muss unterhalb der geplanten Schachtdeckelhöhe bleiben), abzuführen. Die weiteren Einzelheiten zu den verschiedenen hydraulischen Lastfällen (Regenereignisse) sind Pkt. 18.1.1.2 zu entnehmen.

Dieser zusätzliche Nachweis entspricht auch neueren Rechtsprechungen, die von den Straßenbaulastträgern erhöhte Sicherheiten bei der Bemessung von Kanalnetzen fordern.

Maßgebende kürzeste Regendauer

In Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten (Geländeneigung, Befestigungsgrad, Fließzeiten) können kürzere oder längere Regendauerzeiträume für die Bemessung von Kanalnetzen maßgebend werden. Die kürzeste zu betrachtende Regendauer ist nach Tabelle 4 (DWA-A 118) anhand der Geländeneigung und des Befestigungsgrades festzulegen.

Im Ausbaubereich der Straße "Am Elbdeich" und der in Richtung Cumlosen anschließenden OV "Hinter den Höfen" liegt die Geländelängsneigung zwischen 0,1 und 5,0 %. Der Befestigungsgrad beträgt im Straßenverlauf deutlich mehr als 50 % ($\Sigma \psi_{s,m} = 0,793$). Nach Tabelle 4 ist danach eine maßgebende kürzeste Regendauer von 10 min anzusetzen.

Regenspendelinie (Blockregen)

Für die Ermittlung der Regenspende in Abhängigkeit von Häufigkeit und Dauer ist entsprechend DWA-A 118, Pkt. 5.2.1 auf die Auswertung der "Starkniederschlagshöhen für Deutschland - KOSTRA" (DWD, 2000) zurück zu greifen. Die entsprechenden Daten für den Raum Perleberg (s. Pkt. 18.1.3.3) sind also als Grundlage zur Berechnung des Regenabflusses anzusetzen. Die im KOSTRA-Datenblatt empfohlenen Toleranzwerte bei Verwendung der Daten für Planungszwecke (+ 10 bis + 20 %) wurden hier, als zusätzliche Sicherheit, berücksichtigt.

Die hier verwendeten Regenparameter stellen sich wie folgt dar:

- maßgebendes Regenereignis (2010 - KOSTRA)
 - zur Bemessung: $r_{10;1} = 128,06 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$
 - zum Überflutungsnachweis: $r_{10;0,1} = 243,75 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$

Spitzenabflussbeiwerte

Der für die Berechnung entscheidende Spitzenabflussbeiwert $\psi_{s,m}$ wurde, entsprechend DWA-A 118 Pkt. 5.3.1.2, für jede Haltung getrennt ermittelt (siehe Pkt. 18.1.2). Dabei wurden nicht die pauschalen

Ansätze nach Tabelle 6 (DWA-A 118) verwendet, sondern alle unterschiedlichen Befestigungsarten, entsprechend ihrem tatsächlichen Flächenanteil, differenziert berücksichtigt.

Die einzelnen Spitzenabflussbeiwerte wurden dabei gemäß den einschlägigen Regelwerken (RAS-Ew 2005, DWA-A 117, DWA-M 153 bzw. DIN 1986-100) wie folgt angenommen:

- wasserdichte Flächen (Straße) $\psi_s = 0,90$ (Asphalt)
- Pflasterflächen (Straße) $\psi_s = 0,75$ (Fahrbahn, Rinnen und Nebenanlagen)
- befestigte Nebenflächen (Straße) $\psi_s = 0,40$ (Ableitung über zwischenliegende Grünstreifen, Schotterrasen u.ä. mit Teilversickerung)
- unbefestigte Flächen (Straße) $\psi_s = 0,10$
- angeschlossene Dachflächen $\psi_s = 1,00$

Flächen- und Abflussbeiwertermittlungen

Die tabellarischen Auswertungen der Flächen- und Abflussbeiwertermittlungen für den Ausbau der Straße "Am Elbdeich" sind unter Pkt. 18.1.2.1 und 18.1.2.2 erfasst.

Die Anteile der befestigten und unbefestigten Straßen- sowie Grundstücksflächen (entsprechend den o.g. Differenzierungen) wurden digital, anhand der Entwurfsplanung (Lageplan), ermittelt. Im beiliegenden RW-Einzugsgebietsplan ist das zu berücksichtigende Teilentwässerungsgebiet dargestellt.

Anschlussgrad (Straße, Grundstücke)

Die Straßenflächen im Ausbaubereich einschl. mehrerer Teilflächen von Grundstückszufahrten für die keine andere Vorflut besteht werden an den herzustellenden RW-Kanal angeschlossen.

Gefällegrenzwerte für ablagerungsfreien Betrieb

Entsprechend DWA-A 110, Pkt. 7, sind, zur Vermeidung von Ablagerungen, die Gefällegrenzwerte einzuhalten. Dies ist sichergestellt bei Wandschubspannungen von $\tau \geq 1,0$ N/mm². Die entsprechenden Grenzwerte gem. Tab. 12 (DWA-A 110) sind einzuhalten (Auswertung siehe Pkt. 18.1.1.3).

Zusammenfassung der Berechnungsparameter

Die hydraulischen Berechnungen nach DWA-A 118 wurden hier somit unter Zugrundelegung der folgenden Parameter durchgeführt:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| • Berechnungsverfahren | Zeitbeiwertverfahren (stationäres Nachweisverfahren) |
| • Regenhäufigkeit | |
| - für die Bemessung | $n = 1$ (1-Jahresregen) |
| - für Nachweis Überflutungssicherheit | $n = 0,1$ (10-Jahresregen) |
| • kürzeste Regendauer (generell) | $D = 10$ min |
| • Regenspendelinie | KOSTRA-Blockregen (mit Toleranzwerten) |
| • Anschlussgrad | 100 % der Straßenflächen sowie Teilflächen von Grundstückszufahrten |

18.1.1.2 Durchführung der Kanalnetzberechnung

Die Neubemessung des geplanten Systems erfolgte mit Unterstützung des EDV-Programmes "HYKAS", Version 10.3, des Ing.-Büros Rehm.

Die Berechnungsformel zur Ermittlung des Regenabflusses lautet gem. DWA-A 118 (10):

$$Q_r = r_{(D,n)} \cdot \psi_{s,m} \cdot A_{E,k} \quad [l/s]$$

Bei dieser EDV-gestützten Kanalnetzberechnung werden nur die Regenspenden (Niederschlagshöhen in mm) für die Dauerstufen 15 und 60 Minuten und die Wiederkehrzeiten $T = 1$ und $T = 100$ Jahre in die

Berechnungsmatrix eingegeben. Diese Werte dienen als Ausgangsdaten zur Ermittlung der Regenspenden für alle vorkommenden Regenhäufigkeiten und Dauerstufen. Die Ermittlung der maßgebenden Regenspende erfolgt dann softwareintern durch hyperbolische Interpolation der Eingabewerte. Dieser Ansatz entspricht den Empfehlungen des Deutschen Wetterdienstes (DWA).

Die hydraulischen Berechnungen (Ergebnisdrucke unter Pkt. 18.1.3) bestehen aus folgenden Einzellisten:

- Abdruck der Berechnungsparameter (Berechnungseingabe)
- Berechnung des Einzel- und Gesamtabflusses (Blatt A)
- Hydraulischer Nachweis mit Wasserspiegellage, Fließgeschwindigkeit, Teilfüllungsgrad und ggf. Überstauhöhe über Rohrscheitel (Blatt B)
- Liste der Regentlastungen (Berechnung der Fließzeit)
- Bauzonenliste
- Rohrliste der vorhandenen und geplanten Kanäle

Die Abwasserzuflüsse werden haltungsweise ermittelt und aufsummiert. Der Nennweitenwechsel, unter Berücksichtigung der Mindestnennweite DN 300 (gem. DWA-A 118), tritt bei den geplanten Kanälen in der Regel bei 90 % Teilfüllung ein. Beim hydraulischen Nachweis wird u.a. auch die für den Nachweis der Leistungsfähigkeit entscheidende Wasserspiegellage berechnet und die Teilfüllungs- bzw. Überstauhöhe angegeben.

Die elektronische Berechnung der Staulinie erfolgt nach der Kontinuitätsbedingung mit folgender Formel:

$$\frac{v_o^2}{2g} + t_o + (I_s \cdot L) = \frac{v_u^2}{2g} + t_u + (I_e \cdot L)$$

- v_o = Geschwindigkeit im oberen Abschnitt
- v_u = Geschwindigkeit im unteren Abschnitt
- g = Erdbeschleunigung
- t_o = Fülltiefe oben
- t_u = Fülltiefe unten
- I_s = Sohlgefälle
- I_e = Energieliniengefälle
- L = Länge des betrachteten Abschnittes

Im Einzelnen wurden die folgenden hydraulischen Berechnungen durchgeführt:

- gem. Pkt. 18.1.3.1 Bemessung des geplanten RW-Kanals in der Straße "Am Elbdeich" sowie "Hinter den Höfen" für
 - T = 1 Jahr ($n = 1$)
 - D = 10 min
 - $r_{10;0,5}$ = 128,06 l/(s · ha)
 - $A_{E,k}$ = 0,332 ha
 - A_u = 0,258 ha
 - $Q_{r,max}$ = 33,1 l/s
 - DN_{max} = 300 (geplant)
- gem. Pkt. 18.1.3.2 Überflutungsnachweis des geplanten RW-Kanals in der Straße "Am Elbdeich" sowie "Hinter den Höfen" für
 - T = 10 Jahre ($n = 0,1$)
 - D = 10 min
 - $r_{10;0,1}$ = 243,75 l/(s · ha)
 - $Q_{r,max}$ = 63,0 l/s

18.1.1.3 Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse

Hydraulische Berechnung (Bemessung)

Die Ergebnisse der Kanalnetzrechnung (Neubemessung) sind unter Pkt. 18.1.3.1 aufgeführt. Zur besseren Verständlichkeit ist unter Pkt. 18.1.3.4 ein Erläuterungsblatt beigelegt, das die Aussagekraft der Berechnungsergebnisse verdeutlichen soll.

Die hydraulische Berechnung gem. Pkt. 18.1.3.1 ergibt, dass alle geplanten RW-Kanäle bis zum Auslauf in den Gräben I/140-1 hier ermittelten Abflussmengen rechnerisch ausreichend dimensioniert sind. Dies wird deutlich in den EDV-Ausdrucken beim Blatt B. In der 2. Spalte von rechts (Bel.grd) ist die Teilfüllung jeder Haltung ausgedrückt. Bei Werten über 100 % liegt eine Unterdimensionierung vor. Kritisch wird es aber erst, wenn die errechnete Wasserspiegellinie über der Schachtdeckelhöhe liegt. Theoretisch würde dies zu einer Überflutung der Straße bzw. des Geländes führen. Im vorliegenden Entwässerungsgebiet ist dies an keiner Stelle der Fall.

Der Überflutungsnachweis unter Pkt. 18.1.3.2 mit einer Regenhäufigkeit von $T = 10$ Jahren ergab geringfügige Auslastungsüberschreitungen beim neu geplanten RW-Kanal DN 300, die zwischen 102 % und max. 116 % des Belastungsgrades liegen. Die daraus resultierenden Überstauungen führen aber bei keiner Haltung zu einer Überstauung über die entsprechenden Schachtdeckungen.

Gefällegrenzwerte

Die Einhaltung der Gefällegrenzwerte für den ablagerungsfreien Betrieb ist erst ab einer Teilfüllung des Rohrquerschnittes von $h_{r/d} \geq 0,1$ möglich, was bei einem Kanalquerschnitt DN 300 einer Wassertiefe $\geq 0,03$ m entspricht.

Der hierfür erforderliche Mindestabfluss wird in den Haltungen R 01 - R 02 (H0001x) und R 12 - R 11 (H0005x) unterschritten. Beispielhaft für alle anderen Haltungen des Kanalsystems erfolgt der Nachweis für die Haltung R 02 - R 03 (H0002x).

$$\begin{aligned}
 \text{R 02 - R 03:} \quad Q_t &= 4,9 \text{ l/s} \\
 I_s &= 3,00 \text{ ‰} \\
 &\text{DN 300} \\
 \\
 Q_v &= 53,4 \text{ l/s bei } k_b = 1,5 \text{ mm} \\
 v_v &= 0,76 \text{ m/s} \\
 \\
 Q_t/Q_v &= 0,092 \\
 h_t/d &= 0,202 \quad v_t/v_v = 0,637
 \end{aligned}$$

aus Tab. 12 (DWA-A 110) für $h_t/d \geq 0,20$:

$$\begin{aligned}
 \text{erf. } I_{s0,\text{min}} &= \underline{2,82 \text{ ‰}} < \text{vorh. } I_s = 3,00 \text{ ‰} \\
 \text{erf. } v_{\text{min}} &= \underline{0,46 \text{ m/s}} < \text{vorh. } v_t = 0,637 \cdot 0,76 = 0,48 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Tabelle der geplanten Abflussmengen (aus RW-Kanal "Am Elbdeich", "Hinter den Höfen")

Einzugsgebiet	Einzugsfläche	mittl. Abflussbeiwert	Gesamtabfluss
	$A_{E,k}$ [ha]	$\psi_{s,m}$ [-]	$Q_{r,\text{max}}$ [l/s]
"Am Elbdeich", "Hinter den Höfen"	0,332	0,793	33,1

18.1.1.4 Niederschlagswassermengen

Die an der Einleitungsstelle in den Gräben I/140-1 abzuführende Niederschlagswassermenge, bezogen auf verschiedene Zeitintervalle, wird im Folgenden dargestellt.

- sekundlich: siehe Tabelle unter Pkt. 18.1.1.3
- jährlich: Jahresabflussmenge für eine Niederschlagshöhe von 600 mm/a (undurchlässige Fläche im Ausbaubereich: $A_u = 0,258$ ha)

Entwässerungsgebiet in Müggendorf Bezeichnung	Einleitungsmengen für n = 1,0	
	sekündlich [l/s]	jährlich ca. [m³/a]
"Am Elbdeich", "Hinter den Höfen"	33,1	1.548

18.1.1.5 Nachweis der Vorflut

Der geplante RW-Kanal DN 300 mündet ca. 500 m nördlich der Ortslage Müggendorf in den Vorfluter I/140-1 aus, der die OV-Straße Müggendorf-Cumlosen "Hinter den Höfen" quert und das anfallende Oberflächenwasser in westliche Richtung zum Schöpfwerk Cumlosen ableitet.

Zur Verhinderung des Eintrages von Sand und Schmutz in den Vorfluter wird der Kontrollschacht R 16 als Sand- und Schlammfang in einer lichten Weite von 1.500 mm und mit zusätzlichem Tauchwandblech zur Rückhaltung von Leichtflüssigkeiten ausgebildet. Die Detailzeichnung des Schachtes ist als Unterlage 16.2.3 beigefügt.

Auf den Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Vorflut wird aufgrund der geringen Wassermenge verzichtet.