

Ortsgemeinde Hilst

Oberflächenentwässerung „Untere Straße“

III. Hydraulische Berechnungen

1. Berechnungsregen

Zur Ermittlung der maßgebenden Wassermengen werden die Kostra Regenreihen KOSTRA 2020 des Deutschen Wetterdienstes herangezogen.

2. Berechnung der Versickerungsbecken

Bei der Berechnung der Versickerungsbecken wird von folgenden Eingabewerten ausgegangen.

Versickerungsbeiwert k_f

Für den Versickerungsbeiwert wird ein Mischwert in Ansatz gebracht. Da bei 2 Bohrungen der Wert $k_f = 10^{-4}$ und bei einer Bohrung der k_f Wert 4×10^{-6} ermittelt wurde und das Becken verschiedene Schichten durchschneidet wird im Mittel ein Wert von $6,8 \times 10^{-5}$ zur Berechnung nach A 138 in Ansatz gebracht. Bei der Umsetzung der Maßnahme ist die Versickerungsfläche durch einen Baugrundgutachter abnehmen zu lassen.

Angeschlossene Fläche A_u

Für die abflusswirksame angeschlossene Fläche wird der Endausbau herangezogen. In der Studie wird von einer Fläche von insgesamt 7,52 ha bei 30 % Befestigungsgrad ausgegangen.

Daraus ergibt sich eine angeschlossene abflusswirksame Fläche von 22.560 m².

Anmerkung zum Abflussbeiwert:

Der Abflussbeiwert wurde sehr konservativ abgeschätzt. Eine genaue Ermittlung ist nicht möglich, da das Oberflächenwasser aus privaten Grundstücken teilweise zurückgehalten, verwertet und breitflächig versickert wird. Aufgrund des Verschlechterungsverbotes soll sich daran auch nichts ändern. Eine genaue Ermittlung dieser Werte ist nicht möglich. Der Verfasser geht davon aus, dass der tatsächliche Wert zwischen 25 und 30 % liegt. Würden alle Grundstücke mit zulässigen 40% bebaut werden und alles angeschlossen werden läge der %-Satz bei ca. 45%.

Versickerungsfläche A_v

Nach A 138-1 wurde die Sohl- und die benetzte Böschungsfläche als Versickerungsfläche in Ansatz gebracht. Bei Becken 1 ergibt sich eine Fläche von ca. 470 m² und bei Becken 2 ergeben sich ca. 780 m². Insgesamt stehen 1.250 m² Versickerungsfläche zur Verfügung.

Die Verteilung auf die beiden Erdbecken, die aufgrund der Topographie höhenversetzt angeordnet sind, erfolgt durch ein Verbindungsrohr mit Entleerungsschieber für den Basisabfluss.

Das Kaskadenbecken wurde als ein Becken nachgewiesen.

Volumen des Versickerungsbeckens V

Das erforderliche Volumen für das Versickerungsbecken ergibt sich aus der folgenden Berechnung. Das geplante Volumen ermittelt sich über (Fläche Wasserspiegel + Fläche Beckensohle)/2 mal die Einstauhöhe.

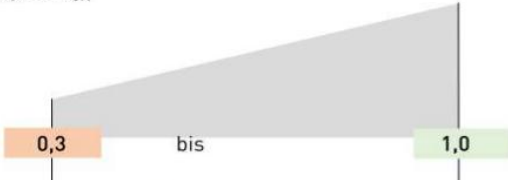
Projekt: Genehmigungsplanung Oberflächenentwässerung "Untere Straße"

Ermittlung der bemessungsrelevanten Infiltrationsrate k_i :

Gemessener k_f -Wert = 6,80E-05 [m/s]

1) Wahl des Korrekturfaktors örtlicher Einflussfaktoren f_{ort} :

Tabelle 10: Beispiele Kriterien zur Festlegung von f_{ort}



Beispiele Bewertungskriterien	0,3	bis	1,0
Informationsstand Bodenverhältnisse:	Informationslage sehr lückenhaft	...	fundierte, ausreichende Informationen/Untersuchungen liegen vor
Anzahl Versuche und Variabilität Bodenverhältnisse:	Mindestanforderungen bzgl. Anzahl Versuche erfüllt; keine Information zur Variabilität Bodenverhältnisse	...	Anzahl Versuche ist vorliegender Variabilität Bodenverhältnisse angepasst
Baupraktische Bewertung ermittelter Durchlässigkeitsbeiwerte:	wahrscheinlich starke Beeinflussung Durchlässigkeit durch Bautätigkeit (z. B. durch Aushub)	...	keine erwartete Beeinflussung Durchlässigkeit durch Bautätigkeit
Fachkenntnisse bei Ermittlung der Infiltrationsrate/ k_i -Wert:	Privatperson ohne Fachkenntnisse	...	Fachbüro für Baugrundgutachten, Geotechnik etc.
...	...	...	...

$f_{ort} = 0,6$

2) Wahl des Korrekturfaktors Bestimmungsmethode Wasserdurchlässigkeit $f_{Methode}$:

Tabelle 11: Korrekturfaktoren Infiltrationsrate (Quelle: in Anlehnung an BAKEMAN et al. 2014)

Bestimmungsmethode	Korrekturfaktoren $f_{Methode}$
Großflächige Feldversuche in Testgrube/Probeschurf ($\geq 1 \text{ m}^2$)	1
Kleinflächige Feldversuche	
– kleine Testgrube/ Probeschurf ($< 1 \text{ m}^2$)	0,9
– Doppelzylinder-Infiltrrometer	0,9
– Open-End-Test	0,8
Laborverfahren mit ungestörten Proben (z. B. Permeameter)	0,7
Laborverfahren mit gestörten Proben/ Sieblinienauswertung für Sandböden	0,1

$f_{Methode} = 0,9$

→ Korrekturfaktor Wasserdurchlässigkeit $f_k = f_{\text{Ort}} \cdot f_{\text{Methode}} \leq 1$

$$f_k = \underline{\underline{0,54}}$$

→ bemessungsrelevante Infiltrationsrate $k_i = k_f \cdot f_k$

$$k_i = \underline{\underline{3,67E-05 \text{ [m/s]}}}$$

Ermittlung der spezifischen Versickerungs- und Abflussleistung $q_{S,AC}$:

$$AC = \underline{\underline{2,256 \text{ [ha]}}}$$

$$k_i = \underline{\underline{3,67E-05 \text{ [m/s]}}}$$

$$A_{S,\text{mittel}} = \underline{\underline{1250 \text{ [m}^2\text{]}}}$$

$$Q_{Dr} = \underline{\underline{0 \text{ [l/s]}}} \quad \text{nur bei kombinierten Systemen (z.B. Mulden-Rigolen-System mit Anschluss an Kanal)}$$

$$q_{S,AC} = \frac{k_i \cdot A_{S,m} \cdot 1000 + Q_{Dr}}{AC} \cdot 10^4 \geq 2 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$$

$$q_{S,AC} = \underline{\underline{20,35 \text{ [l/s} \cdot \text{ha]}}} \quad \checkmark$$

Projekt: -

Berechnungstabelle zur Bestimmung des spezifischen Speichervolumens eines Versickerungsbeckens nach DWA-A 138-1

$A_{E,a} = \underline{\underline{7,5200 \text{ [ha]}}}$	$\underline{\hspace{2cm}}$ = Eingabefeld	
$C_m = \underline{\underline{0,3 \text{ [-]}}}$		
$AC = \underline{\underline{2,256 \text{ [ha]}}}$	$= A_{E,a} \cdot C_m$	→ Wenn $AC > 800 \text{ m}^2$, dann ist ein Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100 durchzuführen
$q_{S,AC} = \underline{\underline{20,35 \text{ [l/s} \cdot \text{ha]}}}$		

Jährlichkeit = $\underline{\underline{20 \text{ [a]}}}$	
$f_A = \underline{\underline{1 \text{ [-]}}}$	i.d.r. bei Versickerung → $f_A = 1$
$f_z = \underline{\underline{1 \text{ [-]}}}$	bei $q_{S,AC} \leq 5 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$ → $f_z = 1,2$

$A_{S,\text{min}} = \underline{\underline{1250 \text{ [m}^2\text{]}}}$	
$A_{S,\text{max}} = \underline{\underline{1250 \text{ [m}^2\text{]}}}$	$\approx A_{VA}$
$A_{S,m} = \underline{\underline{1250 \text{ [m}^2\text{]}}}$	
$k_i = \underline{\underline{3,67E-05 \text{ [m/s]}}}$	Bei Mulden-Rigolen-Systemen hier den Wert des Austauschbodens zwischen Mulde und Rigole händisch eintragen, mit $k_f \geq 1 \cdot 10^{-5}$

Regenspenden korrekt eingetragen ✓

$$Q_S = k_i \cdot A_S \cdot 10^3$$

mit

Q_S l/s Versickerungsleistung

k_i m/s bemessungsrelevante Infiltrationsrate nach Gl. (5)

A_S m² erforderliche Versickerungsfläche, anlagenspezifisch

Dauerstufe D		Regenspende r [l/s*ha]	Zufluss Q_{zu} [l/s]	Versickerungs- leistung Q_s [l/s]	$Q_{zu} - Q_s$ [l/s]	Speichervolumen V [m³]
[min]	[h]	20-jährlich				
5	0,08	530,0	1261,93	45,90	1216,03	364,81
10	0,17	328,3	781,68	45,90	735,78	441,47
15	0,25	246,7	587,39	45,90	541,49	487,34
20	0,33	200,8	478,10	45,90	432,20	518,65
30	0,50	149,4	355,72	45,90	309,82	557,68
45	0,75	111,5	265,48	45,90	219,58	592,87
60	1,0	90,6	215,72	45,90	169,82	611,35
90	1,5	67,2	160,00	45,90	114,10	616,16
120	2,0	54,6	130,00	45,90	84,10	605,54
180	3,0	40,6	96,67	45,90	50,77	548,30
240	4,0	32,8	78,10	45,90	32,20	463,63
360	6,0	24,4	58,10	45,90	12,20	263,44
540	9,0	18,1	43,10	45,90	-2,80	-90,85
720	12,0	14,7	35,00	45,90	-10,90	-470,85
1080	18,0	10,9	25,95	45,90	-19,95	-1292,57
1440	24,0	8,8	20,95	45,90	-24,95	-2155,44
2880	48,0	5,3	12,62	45,90	-33,28	-5750,90
4320	72,0	4,0	9,52	45,90	-36,38	-9428,66
5760	96,0	3,2	7,62	45,90	-38,28	-13229,84
7200	120,0	2,7	6,43	45,90	-39,47	-17051,60
8640	144,0	2,4	5,71	45,90	-40,19	-20832,22
10080	168,0	2,1	5,00	45,90	-40,90	-24736,26

Muldenvolumen $V_M = \underline{\underline{616,16 \text{ [m}^3\text{]}}}$

$$V_M = [(AC + A_{VA}) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_{S,m} \cdot k_i] \cdot D \cdot 60 \cdot f_Z$$

Einstauhöhe $z_M = \underline{\underline{0,49 \text{ [m]}}}$

$$= V_M / A_{S,m}$$

Entleerungszeit $t_E = \underline{\underline{7,46 \text{ [h]}}} =$

$\underline{\underline{0,31 \text{ [d]}}}$

für 20-jährliches Ereignis

Entleerungszeit $t_E = \underline{\underline{2,66 \text{ [h]}}} =$

$\underline{\underline{0,11 \text{ [d]}}}$

für 1-jährliches Ereignis

(i.d.R. unkritisch bei $t_E \leq 84\text{h}$)

Nachweis, ob eine Reinigung über die bewachsene Bodenzone ausreichend ist:

Tabelle 6: Anforderungen an die Niederschlagswasserbehandlung bei Versickerung durch eine bewachsene Bodenzone

Flächengruppen und Belastungskategorie nach Tabelle 5		Mindestmächtigkeit bewachsene Bodenzone	
		≥ 20 cm	≥ 30 cm
D	I	[*]	
VW1		keine Anforderung an $AC / A_{S,m}$ bei Mulden-Rigolen: Überlauf in Rigole mit n_M max. 2/a	
V1			
BG1			
VW2	II	$AC / A_{S,m} \leq 30$ bei Mulden-Rigolen: Überlauf in Rigole mit n_M max. 1/a	$AC / A_{S,m} \leq 50$ bei Mulden-Rigolen: Überlauf in Rigole mit n_M max. 1/a
V2			
BF			
BG2			
BL	III	$AC / A_{S,m} \leq 15$ bei Mulden-Rigolen: Überlauf in Rigole mit n_M max. 1/a	$AC / A_{S,m} \leq 30$ bei Mulden-Rigolen: Überlauf in Rigole mit n_M max. 1/a
V3			
BG3			
SD1	II	[*]	
SD2	III		
SV bzw. SVW			
SF			
SL			
SG			
SA			
ANMERKUNG			
[*] Verwendungshinweis: Die Behandlungsanforderungen für die Kategorien D, SD1, SD2, SV, SVW, SF, SL, SG und SA richten sich nach den rechtlichen Anforderungen und sind ggf. mit der zuständigen Behörde abzustimmen.			

$$\begin{aligned} AC &= 2,256 \text{ [ha]} \\ A_{S,m} &= 1250 \text{ [m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$AC / A_{S,m} = \underline{\underline{18,048 \text{ [-]}}}$$

Das erforderliche Volumen für das Versickerungsbecken beträgt ca. 616,16 m³ bezogen auf einen 20-jährigen Berechnungsregen.

Das Becken 1 hat ein Volumen von ca. (36 x 8 x 1,1) 320 m³ und das Becken 2 hat ein Volumen von ca. (45 x 10 x 1,5) 675 m³. Das ergibt ein Gesamtvolumen von fast 1.000 m³ mehr als 616 m³. Die Einstauhöhe beträgt im Becken 1 ca. 1,1 m und in Becken 2 ca. 1,5 m.

Der Bereich „Untere Straße“, der im ersten Schritt an das Versickerungsbecken angeschlossen werden soll, hat eine Flächengröße von max. 2 ha und damit ca. 27% der Gesamtfläche im Endausbau. Deshalb reicht im ersten Abschnitt theoretisch der Bau des Becken 1. Dennoch sollen beide Becken gebaut werden.

3. Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Rohre

Untere Straße (nördlicher Teil)

Angeschlossene Fläche:	1,1 ha
Abflussbeiwert:	0,35
Abflusswirksame Fläche:	0,39 ha
Q ab (T=1 / 115,6 l/s x ha):	45,08 l/s
Q ab (T=2/ 148,5 l/s x ha):	57,91 l/s
Rohrdurchmesser:	300 mm
Gefälle:	1:150
Rauhigkeitsbeiwert:	1,5 mm
Q voll:	79,9 l/s
V voll:	1,13 m/s

Untere Straße (südlicher Teil)

Angeschlossene Fläche:	6,42 ha
Abflussbeiwert:	0,35
Abflusswirksame Fläche:	2,25 ha
Q ab (T=1 / 115,6 l/s x ha):	260,10 l/s
Q ab (T=2/ 148,5 l/s x ha):	334,13 l/s*
Rohrdurchmesser:	500 mm
Gefälle:	1:150
Rauhigkeitsbeiwert:	1,5 mm
Q voll:	309,0 l/s
V voll:	1,57 m/s

* Bei Abfluss eines 2 jährigen Berechnungsregens herrscht leichter Druckabfluss

Untere Straße (Beckenzufluss)

Angeschlossene Fläche:	7,52 ha
Abflussbeiwert:	0,35
Abflusswirksame Fläche:	2,63 ha
Q ab (T=1 / 115,6 l/s x ha):	304,03 l/s
Q ab (T=2/ 148,5 l/s x ha):	390,56 l/s
Rohrdurchmesser:	500 mm
Gefälle:	1:35
Rauhigkeitsbeiwert:	1,5 mm
Q voll:	641,0 l/s
V voll:	3,27 m/s

Im Schachtbauwerk vor dem Versickerungsbecken ist eine Energieumwandlung (z.B. durch eine Prallwand) vorzunehmen.

5. Nachweis der Notüberläufe

Untere Straße (Beckenzufluss)

Angeschlossene Fläche:	7,52 ha
Abflussbeiwert:	0,35
Abflusswirksame Fläche:	2,63 ha
Q ab (T=1 / 115,6 l/s x ha):	304,03 l/s
Q ab (T=2/ 148,5 l/s x ha):	390,56 l/s
Rohrdurchmesser:	500 mm

5.1 Notüberlauf von Becken 1 nach Becken 2

Maximale Menge: 450 l/s (T= 3a) (Mehr kann das Rohrsystem nicht leisten)

Breite Notüberlauf: 5 m (Mindestmaß)

Überströmhöhe: 20 cm

Durchflussquerschnitt: 1 m² (Mindestquerschnittsfläche)

Die Energiehöhe bei v= 0,5 m/s beträgt ca. 1 cm.

Damit können mindestens 450 l/s über den Notüberlauf abgeführt werden.

Der Notüberlauf begrenzt den Wasserspiegel in Becken 1 und ist mit Wasserbausteinen gesichert, da die Überströmhöhe im Maximalfall 20 cm betragen kann.

5.2 Notüberlauf von Becken 2 in unterhalb liegende Fläche (Eigentum des Betreibers)

Maximale Menge: 450 l/s (T= 3a) (Mehr kann das Rohrsystem nicht leisten)

Breite Notüberlauf: 20 m (Mindestmaß)

Überströmhöhe: 5 cm

Durchflussquerschnitt: 1 m² (Mindestquerschnittsfläche)

Die Energiehöhe bei v= 0,5 m/s beträgt ca. 1 cm.

Damit können mindestens 450 l/s über den Notüberlauf abgeführt werden.

Der Notüberlauf liegt auf einer Höhe und ist im Lageplan zwischen den Profilen IIIb und IIIc dargestellt. Aufgrund der geringen Überströmhöhe kann das Wasser über die gewachsene Grasnarbe abfließen ohne Schäden am „Damm“ anzurichten.