

Neubau* der Bundesautobahn* **B 404**
 Ausbau* Bundesstraße*

von Bau-km 72+460,000 bis Bau-km 76+520,000 Straßenbauverwaltung:
 von Netzknoten: 2228008 Land Schleswig Holstein
 bis Netzknoten: 2328001 Landesbetrieb Straßenbau und
 Nächster Ort: Todendorf Verkehr Schleswig-Holstein
 Niederlassung Lübeck
 Baulänge: 4,060 km
 Länge der Anschlüsse: _____

Planfeststellung

~~für eine Bundesfernstraßenmaßnahme*~~
~~für ein Bauwerk*~~
~~für einen Nebenbetrieb / eine Nebenanlage*~~
~~für eine Maßnahme zur Lärmsanierung*~~
~~für eine Betriebseinrichtung*~~

B 404 / Bau von Überholfahrstreifen zw. A 1 und A 24
 (1. BA)
zwischen AS Bargtheide (L 90) und AS Todendorf/Sprengel (K 37)

- Berechnungsergebnisse - zur wassertechnischen Untersuchung

<p>Aufgestellt: Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein, Niederlassung Lübeck</p> <p style="text-align: center;">gez. Lüth Lübeck, den 31.03.2017</p> <p>Planfeststellungsunterlage vom 31.03.2017</p>	
<p>Bearbeitet: Ingenieurgesellschaft für Bau- und Vermessungswesen W.Odermann – H.Krause Käthe-Krüger-Straße 17, 21337 Lüneburg</p> <p style="text-align: center;">gez. André Novotny Lüneburg, den 13.03.2017</p>	

*Nichtzutreffendes streichen

Inhaltsverzeichnis

1	Berechnungsannahmen	3
1.1.	Grundlagen	3
1.2.	Regenhäufigkeit	3
1.3.	Bemessungsregenspenden / Abflussspenden	3
1.4.	Abflussbeiwerte	4
1.5.	Berechnung des Abflusses	4
1.6.	Rohrleitungsdimensionierung	4
1.7.	Durchlässe	5
1.8.	Hydraulische Berechnung von Gräben/Mulden	5
1.9.	Versickerung	7
1.10.	Dimensionierung von Versickerungsanlagen nach Arbeitsblatt DWA-A 138	7
1.11.	Regenklärbecken	8
1.12.	Bemessung von Regenrückhalteräumen	8
2	Berechnungen	10
2.1.	Entwässerungsabschnitt 1.1	10
2.1.1	vorhandene Entwässerungsanlagen	10
2.1.2	Untergrundverhältnisse	10
2.1.3	geplante Entwässerungsanlagen	10
2.1.4	Flächenbilanz	11
2.1.5	Berechnung der abflusswirksamen Fläche	11
2.1.6	Dimensionierung der Versickerungsmulde	11
2.2.	Entwässerungsabschnitt 1.2	12
2.2.1	vorhandene Entwässerungsanlagen	12
2.2.2	Untergrundverhältnisse	12
2.2.3	geplante Entwässerungsanlagen	12
2.2.4	Flächenbilanz	12
2.2.5	Berechnung der abflusswirksamen Fläche	13
2.2.6	Dimensionierung der Versickerungsmulde	13
2.3.	Entwässerungsabschnitt 1.3	14
2.3.1	vorhandene Entwässerungsanlagen	14
2.3.2	Untergrundverhältnisse	14
2.3.3	geplante Entwässerungsanlagen	14
2.3.4	Flächenbilanz	14
2.3.5	Berechnung der abflusswirksamen Fläche	15
2.3.6	Dimensionierung der Versickerungsmulde	15
2.4.	Entwässerungsabschnitt 1.4	15
2.4.1	vorhandene Entwässerungsanlagen	15
2.4.2	Untergrundverhältnisse	16
2.4.3	geplante Entwässerungsanlagen	16
2.4.4	Flächenbilanz	16
2.4.5	Berechnung der abflusswirksamen Fläche	16
2.4.6	Dimensionierung der Versickerungsmulde	17
2.5.	Entwässerungsabschnitt 1.5	17
2.5.1	vorhandene Entwässerungsanlagen	17

2.5.2	Untergrundverhältnisse	17
2.5.3	geplante Entwässerungsanlagen	18
2.5.4	Flächenbilanz.....	18
2.5.5	Berechnung Bemessungsabfluss / Berechnung der abflusswirksamen Fläche	19
2.5.6	Dimensionierung der Versickerungsmulde	21
2.6.	Entwässerungsabschnitt 1.6	21
2.6.1	vorhandene Entwässerungsanlagen.....	21
2.6.2	Untergrundverhältnisse	22
2.6.3	geplante Entwässerungsanlagen	22
2.6.4	Flächenbilanz.....	22
2.6.5	Berechnung der abflusswirksamen Fläche	23
2.6.6	Dimensionierung der Versickerungsmulde	23
2.7.	Entwässerungsabschnitt 1.7	23
2.7.1	vorhandene Entwässerungsanlagen.....	23
2.7.2	Untergrundverhältnisse	23
2.7.3	geplante Entwässerungsanlagen	24
2.7.4	Flächenbilanz.....	24
2.7.5	Berechnung Bemessungsabfluss.....	24
2.7.6	Bemessung Regenklärbecken	25
2.8.	Entwässerungsabschnitt 1.8	27
2.8.1	vorhandene Entwässerungsanlagen.....	27
2.8.2	Untergrundverhältnisse	27
2.8.3	geplante Entwässerungsanlagen	27
2.8.4	Flächenbilanz.....	27
2.8.5	Berechnung Bemessungsabfluss.....	28
2.8.6	Bemessung Regenklärbecken	29
2.8.7	Bemessung der temporären Grundwasserabsenkung für den Bau des Regenklärbeckens	31
2.9.	Entwässerungsabschnitt 1.9	31
2.9.1	vorhandene Entwässerungsanlagen.....	31
2.9.2	Untergrundverhältnisse	31
2.9.3	geplante Entwässerungsanlagen	31
2.9.4	Flächenbilanz.....	32
2.9.5	Berechnung der abflusswirksamen Fläche	32
2.9.6	Dimensionierung der Versickerungsmulde	32

Anhang 13.1.1: Dimensionierung von Versickerungsanlage nach Arbeitsblatt DWA-A138, Entwässerungsabschnitt 1

Anhang 13.1.2: Dimensionierung von Versickerungsanlage nach Arbeitsblatt DWA-A138, Entwässerungsabschnitt 2

Anhang 13.1.3: Dimensionierung von Versickerungsanlage nach Arbeitsblatt DWA-A138, Entwässerungsabschnitt 3

Anhang 13.1.4: Dimensionierung von Versickerungsanlage nach Arbeitsblatt DWA-A138, Entwässerungsabschnitt 4

Anhang 13.1.5: Dimensionierung von Versickerungsanlage nach Arbeitsblatt DWA-A138, Entwässerungsabschnitt 5

Anhang 13.1.6: Dimensionierung von Versickerungsanlage nach Arbeitsblatt DWA-A138, Entwässerungsabschnitt 6

Anhang 13.1.7: DWA-A 117, Bemessung von Regenrückhalteräumen, Regenrückhalteraum für Entwässerungsabschnitt 7

Anhang 13.1.8: DWA-A 117, Bemessung von Regenrückhalteräumen, Regenrückhalteraum für Entwässerungsabschnitt 8

Anhang 13.1.9: Dimensionierung von Versickerungsanlage nach Arbeitsblatt DWA-A138, Entwässerungsabschnitt 9

Anhang 13.1.10: Hydrologische Berechnung der Grundwasserabsenkung für das Regenrückhaltebecken bei Bau-km 75+790

1 Berechnungsannahmen

1.1. Grundlagen

Grundlage der Planung und Berechnung der Entwässerungsanlagen sind folgende Regelwerke und Unterlagen:


- Richtlinie für die Anlage von Straßen – Teil Entwässerung (RAS-Ew), Ausgabe 2005
- LANU Merkblatt M-2: Hinweise zur Bewertung hydraulischer Begrenzungen in Fließgewässern bei der Einleitung von Regenwasser aus Trennkanalesationen, Ausgabe 2002
- Technische Bestimmungen zum Bau und Betrieb von Anlagen zur Regenwasserbehandlung bei Trennkanalesation, Ausgabe 1992
- Arbeitsblatt DWA-A 117: Bemessung von Regenrückhalteräumen, Ausgabe 2013
- Arbeitsblatt DWA-A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, Ausgabe 2006
- Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Ausgabe 2005
- Arbeitsblatt DWA-A 166: Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und –rückhaltung, Ausgabe 2010
- KOSTRA-DWD: Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen

1.2. Regenhäufigkeit

Gemäß RAS-Ew sind nachstehende Regenhäufigkeiten (Bemessungshäufigkeiten) anzusetzen:

Entwässerung von Straßen über Mulden, Seitengräben oder Rohrleitungen	n = 1,0
Rohrleitungen bei Mittelstreifenentwässerung	n = 0,33
Straßentiefpunkte	n = 0,2
Versickermulden	n = 1,0

1.3. Bemessungsregenspenden / Abflussspenden



Deutscher Wetterdienst GF Hydrometeorologie

Niederschlagshohen und -spenden für das Rasterfeld Spalte:38 Zeile: 21 in der Zeitspanne Januar - Dezember

T	I	0,5		1,0		2,0		5,0		10,0		20,0		50,0		100,0	
		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
D	I	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN
5,0 min	I	5,2	173,6	6,5	215,9	7,7	258,2	9,4	314,1	10,7	356,4	12,0	398,7	13,6	454,6	14,9	496,9
10,0 min	I	6,4	106,4	8,1	135,2	9,8	164,0	12,1	202,0	13,8	230,8	15,6	259,6	17,9	297,7	19,6	326,5
15,0 min	I	7,2	79,8	9,2	102,8	11,3	125,8	14,1	156,2	16,1	179,2	18,2	202,2	20,9	232,6	23,0	255,6
20,0 min	I	7,8	65,0	10,2	84,6	12,5	104,2	15,6	130,1	18,0	149,7	20,3	169,4	23,4	195,3	25,8	214,9
30,0 min	I	8,8	48,7	11,6	64,3	14,4	80,0	18,1	100,7	20,9	116,4	23,8	132,0	27,5	152,7	30,3	168,4
45,0 min	I	9,8	36,4	13,2	48,9	16,6	61,4	21,0	78,0	24,4	90,5	27,8	103,0	32,3	119,5	35,6	132,0
60,0 min	I	10,7	29,6	14,5	40,3	18,3	50,9	23,4	65,0	27,3	75,7	31,1	86,4	36,2	100,5	40,0	111,1
90,0 min	I	11,9	22,0	15,8	29,3	19,8	36,6	25,0	46,3	28,9	53,6	32,9	60,9	38,1	70,5	42,0	77,8
2,0 h	I	12,9	17,9	16,9	23,4	20,9	29,0	26,2	36,4	30,2	42,0	34,2	47,6	39,5	54,9	43,6	60,5
3,0 h	I	14,3	13,3	18,4	17,1	22,6	20,9	28,0	25,9	32,1	29,8	36,3	33,6	41,7	38,6	45,8	42,5
4,0 h	I	15,4	10,7	19,6	13,6	23,9	16,6	29,4	20,4	33,6	23,3	37,8	26,3	43,4	30,1	47,6	33,0
6,0 h	I	17,2	7,9	21,5	9,9	25,8	11,9	31,5	14,6	35,8	16,6	40,1	18,6	45,8	21,2	50,1	23,2
9,0 h	I	19,0	5,9	23,5	7,2	27,9	8,6	33,8	10,4	38,2	11,8	42,6	13,2	48,5	15,0	52,9	16,3
12,0 h	I	20,5	4,7	25,0	5,8	29,5	6,8	35,5	8,2	40,0	9,3	44,5	10,3	50,5	11,7	55,0	12,7
18,0 h	I	21,2	3,3	26,3	4,1	31,3	4,8	38,0	5,9	43,1	6,7	48,2	7,4	54,9	8,5	60,0	9,3
24,0 h	I	21,9	2,5	27,5	3,2	33,1	3,8	40,6	4,7	46,3	5,4	51,9	6,0	59,4	6,9	65,0	7,5
48,0 h	I	31,1	1,8	37,5	2,2	43,9	2,5	52,4	3,0	58,8	3,4	65,1	3,8	73,6	4,3	80,0	4,6
72,0 h	I	38,2	1,5	45,0	1,7	51,8	2,0	60,7	2,3	67,5	2,6	74,3	2,9	83,2	3,2	90,0	3,5

T - Wiederkehrzeit (in a): mittlere Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert einmal erreicht oder überschreitet
 D - Niederschlagsdauer einschließlich Unterbrechungen (in min, h)
 hN - Niederschlagshöhe (in mm)
 rN - Niederschlagsspende (in l/(s*ha))

Für die wassertechnische Berechnungen wird somit nachstehende Regenspende angesetzt:

$$r_{15,n=1,0} = 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha}$$

1.4. Abflussbeiwerte

In Anlehnung an die RAS-Ew bzw. dem Arbeitsblatt DWA-A 138 werden folgende mittlere Abflussbeiwerte angesetzt:

Flächentyp	Art der Befestigung	mittlerer Abflussbeiwert
Abfluss von Straßen, Wege, Plätze	Asphalt	$\Psi_m = 0,90$
Abfluss von Bankette	Kies- und Sandboden	$\Psi_m = 0,50$
Abfluss von Böschungen und Mulden	Kies- und Sandboden	$\Psi_m = 0,30$

1.5. Berechnung des Abflusses

Die Abflussermittlung für die hydraulische Berechnung der Entwässerungsanlagen und Brücken- bzw. Durchlassbauwerke erfolgt nach:

$$Q = \psi_m \cdot A_E \cdot r_{15(n)} \cdot 10^{-4} \quad [\text{l/s}]$$

Es bedeuten:

- Q [l/s] = Regenabfluss
- ψ_m [-] = mittlerer Abflussbeiwert gem. „Richtlinie für den Ausbau von Gewässer“
- A_E [m²] = Größe des Einzugsgebietes
- $r_{15(n=0,1)}$ [l/s·ha] = Regenspende, T = 15 min, n = 0,1 (10 Jahre)

1.6. Rohrleitungsdimensionierung

Die Dimensionierung der Rohrleitungen wird nach der Formel von Prandl-Colebrook durchgeführt.

$$Q_v = A \cdot v_v$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$v = \left[-2 \cdot \lg \left(\frac{2,51 \cdot v}{d \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot I \cdot d}} + \frac{k_b}{3,71 \cdot d} \right) \right] \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot I \cdot d}$$

Es bedeuten:

- Q_v [m³/s] = Regenabfluss bei Vollfüllung
- A [m²] = Rohrquerschnittsfläche
- v_v [m/s] = Fließgeschwindigkeit bei Vollfüllung
- d [m] = Rohrinne Durchmesser
- I [%] = Sohlgefälle
- g [m/s²] = Fallbeschleunigung (9,81 m²/s)
- ν [m²/s] = kinematische Viskosität (1,31·10⁻⁶ m²/s)
- k_b [mm] = Rauigkeitsbeiwert

1.7. Durchlässe

Für die schadlose Ableitung der Niederschlagswässer werden Rohr- und Rechteckdurchlässe vorgesehen. Der Nachweis der Leistungsfähigkeit erfolgt in Anlehnung der RAS-Ew nach folgender Formel:

$$Q = \frac{\Delta h}{\frac{8}{g \cdot \pi^2 \cdot d^4} \cdot \left(1,5 + \frac{2 \cdot g \cdot l}{k_{St}^2 \cdot \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{4}{3}}} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Es bedeuten:

- d [m] = Innendurchmesser des Rohrdurchlasses
- Δh [m] = Spiegeldifferenz Oberwasser/Unterwasser einschl. zul. Aufstau
- l [m] = Bauwerkslänge
- k_{St} [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$] = Rauigkeitsbeiwert [=65 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$]
- g [m/s^2] = Fallbeschleunigung

Die Berechnung der Spiegeldifferenz erfolgt nach:

$$\Delta h = z + I \cdot l \quad [\text{m}]$$

Es bedeuten:

- z [m] = Aufstau
- I [%] = Gefälle des Rohrdurchlasses

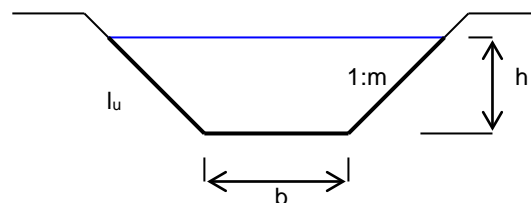
1.8. Hydraulische Berechnung von Gräben/Mulden

Gräben, Trapezprofile

Die Abflussberechnung erfolgt nach der Formel von Manning-Strickler.

$$Q = A \cdot k_{St} \cdot r_{hy}^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Skizze:



Durchflussfläche:

$$A = h \cdot (b + m \cdot h) \quad [\text{m}^2]$$

benetzter Umfang:

$$l_u = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2} \quad [\text{m}]$$

hydraulischer Radius:

$$r_{hy} = \frac{A}{l_u} \quad [\text{m}]$$

Es bedeuten:

Q	[m ³ /s]	=	Abfluss
A	[m ²]	=	Grabenquerschnitt / Durchflussquerschnitt
h	[m]	=	Grabentiefe (Wasserspiegel)
b	[m]	=	Sohlenbreite
m	[-]	=	Böschungsneigung
l _u	[m]	=	benetzter Umfang
I	[‰]	=	Sohlgefälle
k _{St}	[m ^{1/3} /s]	=	Rauhigkeitsbeiwert

Bei den hydraulischen Leistungsfähigkeitsnachweisen wird der vorherrschende Grundwasserstand berücksichtigt.

Mulden

Die Dimensionierung der Mulden für die Ableitung von Niederschlagswasser wird nach folgender Formel durchgeführt.

$$Q = k_{ST} \cdot h^{8/3} \cdot \sqrt{I} \cdot \frac{b}{2 \cdot h} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Für die Mulden werden folgende geometrische Abmessungen festgelegt:

Stauquerschnitt:

$$A_{\text{Stau}} = \frac{t}{6 \cdot b} \cdot (3 \cdot t^2 + 4 \cdot b^2) \quad [\text{m}]$$

Benetzter Umfang:

$$l_u = b \cdot \left[1 + \frac{8}{3} \cdot \left(\frac{t}{b} \right)^2 - \frac{32}{5} \cdot \left(\frac{h}{b} \right)^4 \right] \quad [\text{m}]$$

Es bedeuten:

Q	[m ³ /s]	=	max. Bemessungsdurchfluss
h	[m]	=	Wassertiefe in Muldenmitte
b	[m]	=	Muldenbreite
I	[‰]	=	Sohlgefälle
k _{St}	[m ^{1/3} /s]	=	Rauhigkeitsbeiwert

Rauhigkeitsbeiwerte k_{St}

Es werden nachstehende Erfahrungswerte angesetzt:

Mulde, Graben mit Grasbewuchs	$k_{St} = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
Gewässer mit Erdprofil, mit Bewuchs	$k_{St} = 15 - 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
Bruchsteinböschung, mit Sohle aus Kies	$k_{St} = 50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

1.9. Versickerung

Die Berechnung der Versickerung erfolgt gem. RAS-Ew über die spezifischen Versickerungsraten der bewachsenen Flächen.

Als Versickerungsanlage werden zu den geplanten Flächen ebenfalls die entsprechend nutzbaren vorhandenen Böschungsflächen des Straßenkörpers angesetzt.

Gem. Untersuchungen von Lecher und Ludwig (Abflüsse von Straßen mit offenen Längsentwässerungen. Forschung, Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 509, Bundesministerium für Verkehr) werden nachstehende spezifische Versickerungsraten für die nutzbaren Flächen angesetzt:

Bankett (gepl.)	=	125 l/(s·ha)
Mulde (gepl.)	=	150 l/(s·ha)
Böschungen (gepl. u. vorh.)	=	150 l/(s·ha)

Bei Rasenmulden kann eine spezifische Versickerrate von mindestens 150 l/(s·ha) angenommen werden.

Bei mit Boden bedeckte und bewachsene Flächen werden durch auflockernde Wirkung der Wurzeln und Lebewesen im Boden häufig größere Durchlässigkeiten und damit auch größere Versickerungsraten erreicht.

Der Abfluss ergibt sich zu:

$$\text{tatsächlicher Abfluss} = \text{Regenabfluss} - \text{Versickerung}$$

1.10. Dimensionierung von Versickerungsanlagen nach Arbeitsblatt DWA-A 138

Die Dimensionierung der Versickerungsanlagen, die als Regenwasserreinigungsstufe vor Einleitstellen in Gewässer angeordnet werden erfolgt nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138.

$$V = \left[(A_U + A_S) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_S \cdot \frac{k_f}{2} \right] \cdot D \cdot 60 \cdot f_Z \quad [\text{m}^3]$$

Für die Versickerungsmulden errechnet sich die mittlere Einstauhöhe wie folgt:

$$z_M = V / A_S \quad [\text{m}]$$

Nachweis der Entleerungszeit für $n=1/a$:

$$\text{vorh. } t_E = 2 \cdot z_M / k_f < \text{erf. } t_E = 24h \quad [\text{m}]$$

Es bedeuten:

V	[m ³]	=	Notwendiges Speichervolumen
A _U	[m ²]	=	angeschlossene undurchlässige Fläche
A _S	[m ²]	=	Zur Verfügung stehende Versickerungsfläche

$r_{D(n)}$	[l/(s*ha)]	=	Regenspende der Dauer D und der Häufigkeit n
D	[min]	=	Regendauer
k_f	[m/s]	=	Durchlässigkeitsbeiwert der gesättigten Zone
f_z	[-]	=	Zuschlagsfaktor gemäß DWA-A 117

1.11. Regenklärbecken

Die Bemessung erfolgt gem. den Technische Bestimmungen zum Bau und Betrieb von Anlagen zur Regenwasserbehandlung bei Trennkanalisation und in Anlehnung an die RAS-Ew.

Der Bemessungsabfluss Q_{RKB} ergibt sich aus der Summe des kritischen Regenabflusses $Q_{krit.}$

$$Q_{RKB} = r_{krit} \cdot A_{red} \quad [l/s]$$

Die kritische Regenspende beträgt

$$r_{krit} = 15,0 \text{ l/s}\cdot\text{ha}$$

Das Mindestvolumen des Beckens muss 50 m³ betragen.

Das Beckenvolumen ergibt sich zu:

$$V = 3,6 \cdot Q_{RKB} \cdot \frac{h_B}{q_A} \quad [m^3]$$

Es bedeuten:

V	[m ³]	=	Beckenvolumen
Q_{RKB}	[m ³ /s]	=	Bemessungszufluss
h_B	[m]	=	nutzbare Beckentiefe
q_A	[m/h]	=	Oberflächenbeschickung = 10 m/h

Der Leichtflüssigkeitsabscheider erhält zur Rückhaltung von Leichtflüssigkeitsstoffen eine Tauchwand, die mindestens 20 cm in das Wasser taucht und die Geschwindigkeit unter der Wand höchstens 0,05 m/s beträgt.

1.12. Bemessung von Regenrückhalteräumen

Die Bemessung von Regenrückhalteräumen erfolgt nach dem einfachen Verfahren mittels statistischer Niederschlagsdaten. Das Verfahren ist für kleine und einfach strukturierte Entwässerungssysteme mit einer Einzugsgebietsfläche bis 200 ha anwendbar. Für die jeweilige Dauerstufe ergibt sich das spezifische Volumen zu:

$$V_{s,u} = (r_{D,n} - q_{Dr,R,u}) \cdot D \cdot f_z \cdot f_A \cdot 0,06 \quad [m^3/ha]$$

Das erforderliche Volumen des RRR wird durch Multiplikation des maximalen spezifischen Volumens $V_{s,u}$ mit der undurchlässigen Fläche A_U berechnet:

$$V = V_{s,u} \cdot A_U \quad [m^3]$$

Der Regenanteil der Drosselabflussspende bezogen auf A_U ergibt sich aus:

$$q_{Dr,R,u} = Q_{Dr} / A_U \quad [l/s\cdot\text{ha}]$$

Es bedeuten:

V	[m ³]	=	Notwendiges Speichervolumen
$V_{s,u}$	[m ³ /ha]	=	Spezifisches Speichervolumen, bezogen auf A_U
A_U	[m ²]	=	angeschlossene undurchlässige Fläche
$r_{D(n)}$	[l/(s*ha)]	=	Regenspende der Dauer D und der Häufigkeit n
$q_{Dr,R,u}$	[l/(s*ha)]	=	Regenanteil der Drosselabflussspende, bezogen auf A_U
D	[min]	=	Regendauer
f_A	[-]	=	Abminderungsfaktor in Abhängigkeit von t_f , $q_{Dr,R,u}$ und n
f_z	[-]	=	Zuschlagsfaktor nach Tabelle 2, DWA-A 117
Q_{Dr}	[l/s]	=	Drosselabfluss des RRR
f_z	[-]	=	Zuschlagsfaktor nach Tabelle 2, DWA-A 117

2 Berechnungen

2.1. Entwässerungsabschnitt 1.1

2.1.1 vorhandene Entwässerungsanlagen

Die Entwässerung des betrachteten Entwässerungsabschnittes erfolgt zwischen **Bau-km 72+440 und Bau-km 72+800**.

Die vorhandenen Entwässerungsanlagen der B 404 stellen sich wie folgt dar:

Nördliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der nördlichen Bankett-, Böschungs- und Radwegflächen
- Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers
- Mulde entlang der Böschungsunterkante
- Gewässerkreuzung Mühlenbach (Wasser- und Bodenverband Süderbeste) DN 800 bei Bau-km 72+676

Südliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der Fahrbahnflächen
- Entwässerung der südlichen Bankett- und Böschungsflächen
- Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers
- Mulde entlang der Böschungsunterkante

2.1.2 Untergrundverhältnisse

Im betrachteten Streckenabschnitt stehen bis zu einer Endteufe von 3,00 m Mittelsande bzw. Auffüllungen aus Feinsand bis Mittelsand an.

Grundwasser wurde nicht angetroffen.

2.1.3 geplante Entwässerungsanlagen

Der vorhandene Radweg wird zurückgebaut.

Der Ausbau der B 404 erfolgt durch beidseitige Fahrbahnrandverbreiterung und Vollausbau der vorhandenen Fahrbahnflächen.

Die geplante Entwässerung soll auf der nördlichen Seite entsprechend dem Ist-Zustand breitflächig über die Bankette und vorhandenen Böschungsflächen zur Versickerung gebracht werden. Die vorhandenen Böschungsflächen reichen zur dezentralen Versickerung und somit Einleitung in den Untergrund aus. Somit blieb das vorhandene Entwässerungsprinzip auf der Nordseite unverändert. Die geplante Entwässerung soll auf der Südseite der B 404 über eine straßenbegleitende Versickerungsmulde erfolgen.

2.1.4 Flächenbilanz

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (72+440 bis 72+800):

Flächenbilanz:

gepl. Rückbau vorh. Radwegfläche	~ 730,00 m ²
Entsiegelung	~ 730,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Entsiegelung von befestigten Flächen und entsprechender Mindereinleitung im Vergleich zum Bestand.

Berechnung Mindereinleitung B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (72+440 bis 72+800):

$$\text{Radwegfläche (Entsiegelung)} \quad 730,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4} = \quad \mathbf{-6,75 \text{ l/s}}$$

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über südliche Böschung (72+440 bis 72+800):

Flächenbilanz:

voh. Fahrbahnfläche B 404	~ 3.063,00 m ²
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 4.375,00 m ²
Mehrversiegelung	~ 1.312,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Mehrversiegelung von befestigten Flächen im Vergleich zum Bestand.

2.1.5 Berechnung der abflusswirksamen Fläche

Berechnung der abflusswirksamen Fläche

Abflusswirksame Fläche A_u :

<u>B 404 (72+440 – 72+800), Entwässerung über südliche Böschungsflächen</u>	
A_u:	
Fahrbahn (gepl.)	4.375,00 m ² · 0,9 = 3.937,50 m ²
Bankett (gepl.)	540,00 m ² · 0,3 = 162,00 m ²
	∑ 4.099,50 m²

2.1.6 Dimensionierung der Versickerungsmulde

Im Entwässerungsabschnitt 1.1 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche $A_u = 4.099,50 \text{ m}^2$. Das anfallende Oberflächenwasser wird einer hochliegenden Mulde zur Versickerung zugeführt.

Die Dimensionierung der Versickerungsmulde erfolgt gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138. Das erf. Volumen der Versickerungsmulde wird für eine Häufigkeit von $n = 0,1/a$ ($T = 10 \text{ a}$) dimensioniert. Die Versickerungsmulde wird in der Sohle und Böschung mit 20 cm Oberboden mit einem kf-Wert von $5,6 \cdot 10^{-6} \text{ [m/s]}$ ausgeführt. Unterhalb des Oberbodens wird zur Filterstabilität eine 20 cm dicke Sandschicht mit einem kf-Wert von größer $1 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$ angeordnet. Die Ergebnisse der Muldenbemessung sind in **Anhang 13.1.1** dargestellt.

Für die Mulde mit der Abmessung $A_s = 720 \text{ m}^2$ ergibt sich eine Versickerungsrate von

$$Q_s = k_f / 2 \times A_s \times 1000 \text{ l/s}$$

$$Q_s = 0,0000056 / 2 \times 720 \times 1000 = \mathbf{2,02 \text{ l/s}}$$

2.2. Entwässerungsabschnitt 1.2

2.2.1 vorhandene Entwässerungsanlagen

Die Entwässerung des betrachteten Entwässerungsabschnittes erfolgt zwischen **Bau-km 72+800 und Bau-km 73+750**.

Die vorhandenen Entwässerungsanlagen der B 404 stellen sich wie folgt dar:

Nördliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der nördlichen Bankett-, Böschungs- und Radwegflächen
- Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers
- Mulde entlang der Böschungsunterkante
- Gewässerkreuzung Papenbach (Wasser- und Bodenverband Süderbeste) DN 500 bei Bau-km 72+981

Südliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der Fahrbahnflächen
- Entwässerung der südlichen Bankett- und Böschungsflächen
- Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers
- Mulde entlang der Böschungsunterkante

2.2.2 Untergrundverhältnisse

Im betrachteten Streckenabschnitt stehen unter einer bis zu 3,0 m mächtigen Schicht aus Auffüllung mit Sand und Mittelsand teilweise bis zur Endteufe von 3,00 m Geschiebelehme an.

Grundwasser wurde nicht angetroffen.

2.2.3 geplante Entwässerungsanlagen

Der vorhandene Radweg wird zurückgebaut.

Der Ausbau der B 404 erfolgt durch beidseitige Fahrbahnrandverbreiterung und Vollausbau der vorhandenen Fahrbahnflächen.

Die geplante Entwässerung soll auf der nördlichen Seite entsprechend dem Ist-Zustand breitflächig über die Bankette und vorhandenen Böschungsflächen zur Versickerung gebracht werden. Die vorhandenen Böschungsflächen reichen zur dezentralen Versickerung und somit Einleitung in den Untergrund aus. Somit blieb das vorhandene Entwässerungsprinzip auf der Nordseite unverändert. Die geplante Entwässerung soll auf der Südseite der B 404 über eine straßenbegleitende Versickerungsmulde erfolgen.

2.2.4 Flächenbilanz

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (72+800 bis 73+750):

Flächenbilanz:

gepl. Rückbau vorh. Radwegfläche	~ 1.972,00 m ²
Entsiegelung	~ 1.972,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Entsiegelung von befestigten Flächen und entsprechender Mindereinleitung im Vergleich zum Bestand.

Berechnung Mindereinleitung B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (72+800 bis 73+750):

Radwegfläche (Entsiegelung) $1.972,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} = -18,24 \text{ l/s}$

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über südliche Böschung (72+800 bis 73+750):

Flächenbilanz.

vorh. Fahrbahnfläche B 404	~ 8.116,00 m ²
gepl. Rückbau vorh. Rastplatz	~ 533,00 m ²
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 12.302,00 m ²
Mehrversiegelung	~ 3.653,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Mehrversiegelung von befestigten Flächen im Vergleich zum Bestand.

2.2.5 Berechnung der abflusswirksamen Fläche

Berechnung der abflusswirksamen Fläche

Abflusswirksame Fläche A_u :

<u>B 404 (72+800 – 73+750), Entwässerung über südliche Böschungsflächen</u>	
A_u:	
Fahrbahn (gepl.)	$12.302,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 = 11.071,80 \text{ m}^2$
Bankett (gepl.)	$1.425,00 \text{ m}^2 \cdot 0,3 = 427,50 \text{ m}^2$
	$\Sigma \quad 11.499,30 \text{ m}^2$

2.2.6 Dimensionierung der Versickerungsmulde

Im Entwässerungsabschnitt 1.2 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche $A_u = 11.499,30 \text{ m}^2$. Das anfallende Oberflächenwasser wird einer hochliegenden Mulde zur Versickerung zugeführt.

Die Dimensionierung der Versickerungsmulde erfolgt gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138. Das erf. Volumen der Versickerungsmulde wird für eine Häufigkeit von $n = 0,1/a$ ($T = 10 \text{ a}$) dimensioniert. Die Versickerungsmulde wird in der Sohle und Böschung mit 20 cm Oberboden mit einem k_f -Wert von $5,6 \cdot 10^{-6} \text{ [m/s]}$ ausgeführt. Unterhalb des Oberbodens wird zur Filterstabilität eine 20 cm dicke Sandschicht mit einem k_f -Wert von größer $1 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$ angeordnet. Die Ergebnisse der Muldenbemessung sind in **Anhang 13.1.2** dargestellt.

Für die Mulde mit der Abmessung $A_s = 1.840 \text{ m}^2$ ergibt sich eine Versickerungsrate von

$Q_s = k_f / 2 \times A_s \times 1000 \text{ l/s}$

$Q_s = 0,0000056 / 2 \times 1.840 \times 1000 = 5,15 \text{ l/s}$

2.3. Entwässerungsabschnitt 1.3

2.3.1 vorhandene Entwässerungsanlagen

Die Entwässerung des betrachteten Entwässerungsabschnittes erfolgt zwischen **Bau-km 73+750 und Bau-km 74+120**.

Die vorhandenen Entwässerungsanlagen der B 404 stellen sich wie folgt dar:

Nördliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der nördlichen Bankett-, Böschungs- und Radwegflächen
- Gewässerkreuzung Okenbek (Wasser- und Bodenverband Süderbeste) DN 600/800 bei Bau-km 73+836

Südliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der Fahrbahnflächen
- Entwässerung der südlichen Bankett- und Böschungsflächen

2.3.2 Untergrundverhältnisse

Im betrachteten Streckenabschnitt stehen bis zu einer Endteufe von 3,00 m Mittelsande bzw. Auffüllungen aus Feinsand bis Mittelsand an.

Grundwasser wurde nicht angetroffen.

2.3.3 geplante Entwässerungsanlagen

Der vorhandene Radweg wird zurückgebaut.

Der Ausbau der B 404 erfolgt durch beidseitige Fahrbahnrandverbreiterung und Vollausbau der vorhandenen Fahrbahnflächen.

Die geplante Entwässerung soll auf der nördlichen Seite entsprechend dem Ist-Zustand breitflächig über die Bankette und vorhandenen Böschungsflächen zur Versickerung gebracht werden. Die vorhandenen Böschungsflächen reichen zur dezentralen Versickerung und somit Einleitung in den Untergrund aus. Somit blieb das vorhandene Entwässerungsprinzip auf der Nordseite unverändert. Die geplante Entwässerung soll auf der Südseite der B 404 über eine straßenbegleitende Versickerungsmulde erfolgen.

2.3.4 Flächenbilanz

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (73+750 bis 74+120):

Flächenbilanz:

gepl. Rückbau vorh. Radwegfläche	~ 743,00 m ²
Entsiegelung	~ 743,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Entsiegelung von befestigten Flächen und entsprechender Mindereinleitung im Vergleich zum Bestand.

Berechnung Mindereinleitung B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (73+750 bis 74+120):

$$\text{Radwegfläche (Entsiegelung)} \quad 743,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4} = \text{-6,87 l/s}$$

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über südliche Böschung (73+750 bis 74+120):

Flächenbilanz.

vorh. Fahrbahnfläche B 404	~ 3.176,00 m ²
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 4.632,00 m ²
Mehrversiegelung	~ 1.456,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Mehrversiegelung von befestigten Flächen im Vergleich zum Bestand.

2.3.5 Berechnung der abflusswirksamen Fläche

Berechnung der abflusswirksamen Fläche

Abflusswirksame Fläche A_u :

<u>B 404 (73+750 – 74+120), Entwässerung über südliche Böschungsflächen</u>		
A_u:		
Fahrbahn (gepl.)	$4.632,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 =$	$4.168,80 \text{ m}^2$
Bankett (gepl.)	$555,00 \text{ m}^2 \cdot 0,3 =$	$166,50 \text{ m}^2$
	Σ	4.335,30 m²

2.3.6 Dimensionierung der Versickerungsmulde

Im Entwässerungsabschnitt 1.3 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche $A_u = 4.335,30 \text{ m}^2$. Das anfallende Oberflächenwasser wird einer hochliegenden Mulde zur Versickerung zugeführt.

Die Dimensionierung der Versickerungsmulde erfolgt gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138. Das erf. Volumen der Versickerungsmulde wird für eine Häufigkeit von $n = 0,1/a$ ($T = 10 \text{ a}$) dimensioniert. Die Versickerungsmulde wird in der Sohle und Böschung mit 20 cm Oberboden mit einem kf-Wert von $5,6 \cdot 10^{-6} \text{ [m/s]}$ ausgeführt. Unterhalb des Oberbodens wird zur Filterstabilität eine 20 cm dicke Sandschicht mit einem kf-Wert von größer $1 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$ angeordnet. Die Ergebnisse der Muldenbemessung sind in **Anhang 13.1.3** dargestellt.

Für die Mulde mit der Abmessung $A_s = 740 \text{ m}^2$ ergibt sich eine Versickerungsrate von

$$Q_s = k_f / 2 \times A_s \times 1000 \text{ l/s}$$

$$Q_s = 0,0000056 / 2 \times 740 \times 1000 = 2,07 \text{ l/s}$$

2.4. Entwässerungsabschnitt 1.4

2.4.1 vorhandene Entwässerungsanlagen

Die Entwässerung des betrachteten Entwässerungsabschnittes erfolgt zwischen **Bau-km 74+120 und Bau-km 74+220**.

Die vorhandenen Entwässerungsanlagen der B 404 stellen sich wie folgt dar:

Nördliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der nördlichen Bankett-, Böschungs- und Radwegflächen

Südliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der Fahrbahnflächen
- Entwässerung der südlichen Bankett- und Böschungsflächen

2.4.2 Untergrundverhältnisse

Im betrachteten Streckenabschnitt stehen unter einer bis zu 3,0 m mächtigen Schicht aus Auffüllung mit Sand und Mittelsand teilweise bis zur Endteufe von 3,00 m Geschiebelehne an.

Grundwasser wurde nicht angetroffen.

2.4.3 geplante Entwässerungsanlagen

Der vorhandene Radweg wird zurückgebaut.

Der Ausbau der B 404 erfolgt durch beidseitige Fahrbahnrandverbreiterung und Vollausbau der vorhandenen Fahrbahnflächen.

Die geplante Entwässerung soll auf der nördlichen Seite entsprechend dem Ist-Zustand breitflächig über die Bankette und vorhandenen Böschungflächen zur Versickerung gebracht werden. Die vorhandenen Böschungflächen reichen zur dezentralen Versickerung und somit Einleitung in den Untergrund aus. Somit blieb das vorhandene Entwässerungsprinzip auf der Nordseite unverändert. Die geplante Entwässerung soll auf der Südseite der B 404 über eine straßenbegleitende Versickerungsmulde erfolgen.

2.4.4 Flächenbilanz

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (74+120 bis 74+220):

Flächenbilanz:

gepl. Rückbau vorh. Radwegfläche	~ 203,00 m ²
Entsiegelung	~ 203,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Entsiegelung von befestigten Flächen und entsprechender Mindereinleitung im Vergleich zum Bestand.

Berechnung Mindereinleitung B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (74+120 bis 74+220):

$$\text{Radwegfläche (Entsiegelung)} \quad 203,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4} = \quad \mathbf{-1,88 \text{ l/s}}$$

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über südliche Böschung (74+120 bis 74+220):

Flächenbilanz:

vorh. Fahrbahnfläche B 404	~ 857,00 m ²
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 1.255,00 m ²
Mehrversiegelung	~ 398,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Mehrversiegelung von befestigten Flächen im Vergleich zum Bestand.

2.4.5 Berechnung der abflusswirksamen Fläche

Berechnung der abflusswirksamen Fläche

Abflusswirksame Fläche A_u :

B 404 (74+120 – 74+220), Entwässerung über südliche Böschungflächen

A_U:

Fahrbahn (gepl.)	1.255,00 m ² · 0,9 =	1.129,50 m ²
Bankett (gepl.)	150,00 m ² · 0,3 =	45,00 m ²
	Σ	1.174,50 m²

2.4.6 Dimensionierung der Versickerungsmulde

Im Entwässerungsabschnitt 1.4 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche **A_U = 1.174,50 m²**. Das anfallende Oberflächenwasser wird einer hochliegenden Mulde zur Versickerung zugeführt.

Die Dimensionierung der Versickerungsmulde erfolgt gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138. Das erf. Volumen der Versickerungsmulde wird für eine Häufigkeit von $n = 0,1/a$ ($T = 10$ a) dimensioniert. Die Versickerungsmulde wird in der Sohle und Böschung mit 20 cm Oberboden mit einem k_f -Wert von $5,6 \cdot 10^{-6}$ [m/s] ausgeführt. Unterhalb des Oberbodens wird zur Filterstabilität eine 20 cm dicke Sandschicht mit einem k_f -Wert von größer $1 \cdot 10^{-4}$ [m/s] angeordnet. Die Ergebnisse der Muldenbemessung sind in **Anhang 13.1.4** dargestellt.

Für die Mulde mit der Abmessung $A_s = 200$ m² ergibt sich eine Versickerungsrate von

$$Q_s = k_f / 2 \times A_s \times 1000 \text{ l/s}$$

$$Q_s = 0,0000056 / 2 \times 200 \times 1000 = \mathbf{0,56 \text{ l/s}}$$

2.5. Entwässerungsabschnitt 1.5

2.5.1 vorhandene Entwässerungsanlagen

Die Entwässerung des betrachteten Entwässerungsabschnittes erfolgt zwischen **Bau-km 74+220 und Bau-km 74+475**.

Die vorhandenen Entwässerungsanlagen der B 404 und der Anschlussstelle Todendorf/Mollhagen stellen sich wie folgt dar:

Nördliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der Fahrbahnflächen
- Entwässerung der nördlichen Bankett-, Böschungs- und Radwegflächen sowie Rampenflächen der Anschlussstelle
- Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers
- Mulde entlang der Böschungsunterkanten

Südliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der Fahrbahnflächen der Rampen (Anschlussstelle)
- Entwässerung der südlichen Bankett- und Böschungsflächen
- Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers
- Mulde entlang der Böschungsunterkanten

2.5.2 Untergrundverhältnisse

Im betrachteten Streckenabschnitt stehen unter einer bis zu 3,0 m mächtigen Schicht aus Auffüllung mit Sand und Mittelsand teilweise bis zur Endteufe von 3,00 m Geschiebelehme an.

Grundwasser wurde teilweise bei 2,50 m unter Gelände angetroffen.

2.5.3 geplante Entwässerungsanlagen

Der vorhandene Radweg wird zurückgebaut.

Der Ausbau der B 404 erfolgt durch beidseitige Fahrbahnrandverbreiterung und Vollausbau der vorhandenen Fahrbahnflächen.

Die geplante Entwässerung soll entsprechend dem Ist-Zustand breitflächig über die Bankette und vorhandenen Böschungflächen zur Versickerung gebracht werden. Die vorhandenen Böschungflächen und die Flächen in den Rampenohren der Rampen 1 und 4 im Zuge der Anschlussstelle reichen zur dezentralen Versickerung und somit Einleitung in den Untergrund aus. Somit blieb das vorhandene Entwässerungsprinzip unverändert.

2.5.4 Flächenbilanz

Flächenbilanz B 404, AS Todendorf/Mollhagen Rampe 4, Entwässerung über südliche Böschung (74+220 bis 74+400):

Die geplante Verbreiterung der B 404 wird durch den Rückbau der versiegelten Radwegflächen entschärft:

voh. Fahrbahnfläche B 404	~ 2.390,00 m ²
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 3.072,00 m ²
gepl. Rückbau voh. Radwegfläche	~ 359,00 m ²
Mehrversiegelung	~ 323,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Mehrversiegelung von befestigten Flächen und entsprechender Mehreinleitung im Vergleich zum Bestand.

Berechnung Mehreinleitung B 404, AS Todendorf/Mollhagen Rampe 4, Entwässerung über südliche Böschung:

$$\text{Fahrbahn (Mehrversiegelung)} \quad 323,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4} = \quad \mathbf{2,99 \text{ l/s}}$$

Flächenbilanz B 404, AS Todendorf/Mollhagen Rampe 3, Entwässerung über südliche Böschung (74+400 bis 74+475):

Flächenbilanz.

voh. Fahrbahnfläche B 404	~ 1.191,00 m ²
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 1.191,00 m ²
Entsiegelung/Mehrversiegelung	~ 0,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu keiner Mehrversiegelung von befestigten Flächen und keiner entsprechender Mehreinleitung im Vergleich zum Bestand.

Flächenbilanz B 404, AS Todendorf/Mollhagen Rampe 1, Entwässerung über nördliche Böschung (74+400 bis 74+430):

Flächenbilanz:

voh. Fahrbahnfläche B 404	~ 181,00 m ²
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 168,00 m ²
gepl. Rückbau voh. Radwegfläche	~ 375,00 m ²
Entsiegelung	~ 388,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Entsiegelung von befestigten Flächen und entsprechender Mindereinleitung im Vergleich zum Bestand.

Berechnung Mindereinleitung B 404, AS Todendorf/Mollhagen Rampe 1, Entwässerung über nördliche Böschung:

Fahrbahn (Entsiegelung)	$388,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	-3,59 l/s
-------------------------	--	------------------

Flächenbilanz B 404, AS Todendorf/Mollhagen Rampe 2, Entwässerung über nördliche Böschung (74+440 bis 74+475):

Flächenbilanz:

vorh. Fahrbahnfläche B 404	~ 204,00 m ²
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 187,00 m ²
gepl. Rückau vorh. Radwegfläche	~ 49,00 m ²
Entsiegelung	~ 66,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Entsiegelung von befestigten Flächen und entsprechender Mindereinleitung im Vergleich zum Bestand.

Berechnung Mindereinleitung B 404, AS Todendorf/Mollhagen Rampe 2, Entwässerung über nördliche Böschung:

Fahrbahn (Entsiegelung)	$66,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	-0,61 l/s
-------------------------	---	------------------

2.5.5 Berechnung Bemessungsabfluss / Berechnung der abflusswirksamen Fläche

Berechnung des Bemessungsabfluss

Abflusswirksame Einzugsgebietsfläche A_E:

B 404 (74+220 – 74+400), AS Todendorf/Mollhagen Rampe 4, Entwässerung über südliche Böschungsf lächen

Fahrbahn (gepl.)	3.072,00 m ²	A _E
Mulde (gepl.)	26,00 m ²	A _E
Bankett (gepl.)	285,00 m ²	A _E
Böschung (gepl. u. vorh.)	1.196,00 m ²	A _E
Σ	4.579,00 m²	A_E

Teilflächen Versickerung:

B 404 (74+220 – 74+400), AS Todendorf/Mollhagen Rampe 4, Entwässerung über südliche Böschungsf lächen

Regenabfluss:

Fahrbahn (gepl.)	$3.072,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	28,42 l/s
Mulde (gepl.)	$26,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	0,27 l/s
Bankett (gepl.)	$285,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	2,93 l/s
Böschung (gepl. u. vorh.)	$1.196,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	12,29 l/s
Σ		43,91 l/s

spezifische

Versickerungsraten:

Mulde (gepl.)	$26,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 150,0 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	0,39 l/s
Bankett (gepl.)	$285,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 125,0 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	3,56 l/s
Böschung (gepl. u. vorh.)	$1.196,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 150,0 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	17,94 l/s
Σ		21,89 l/s

Abfluss: 43,91 l/s – 21,89 l/s = **22,02 l/s**

Einleitmenge

Der Abfluss, der auf den Böschungflächen der B 404 nicht zur Versickerung kommt, wird breitflächig in die Fläche zwischen den Rampen innerhalb der Anschlussstelle eingeleitet und dort entsprechend versickert.

Berechnung der abflusswirksamen Fläche

Abflusswirksame Fläche A_U :

B 404 (**74+400 – 74+475**), AS Todendorf/Mollhagen Rampe 3 Entwässerung über südliche Böschungflächen

A_U:

Fahrbahn (gepl.)	$1.191,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9$	= 1.071,90 m ²
Bankett (gepl.)	$89,00 \text{ m}^2 \cdot 0,3$	= 26,70 m ²
		Σ 1.098,60 m²

Abflusswirksame Einzugsgebietsfläche A_E :

B 404 (**74+400 – 74+430**), AS Todendorf/Mollhagen Rampe 1, Entwässerung über nördliche Böschungflächen

Fahrbahn (gepl.)	168,00 m ²	A_E
Bankett (gepl.)	45,00 m ²	A_E
Böschung (gepl. u. vorh.)	194,00 m ²	A_E
Σ		407,00 m² A_E

Teilflächen Versickerung:

B 404 (**74+400 – 74+430**), AS Todendorf/Mollhagen Rampe 1, Entwässerung über nördliche Böschungflächen

Regenabfluss:

Fahrbahn (gepl.)	$168,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4}$	= 1,55 l/s
Bankett (gepl.)	$45,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4}$	= 0,46 l/s
Böschung (gepl. u. vorh.)	$194,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4}$	= 1,99 l/s
		Σ 4,00 l/s

spezifische

Versickerungsraten:

Bankett (gepl.)	$45,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 125,0 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4}$	= 0,56 l/s
Böschung (gepl. u. vorh.)	$194,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 150,0 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4}$	= 2,91 l/s
		Σ 3,47 l/s

Abfluss: 4,00 l/s – 3,47 l/s = **0,53 l/s**

Einleitmenge

Der Abfluss, der auf den Böschungflächen der B 404 nicht zur Versickerung kommt, wird breitflächig in die Fläche zwischen den Rampen innerhalb der Anschlussstelle eingeleitet und dort entsprechend versickert.

Abflusswirksame Einzugsgebietsfläche A_E :

B 404 (**74+440 – 74+475**), AS Todendorf/Mollhagen Rampe 1, Entwässerung über nördliche Böschungflächen

Fahrbahn (gepl.)	187,00 m ²	A_E
------------------	-----------------------	-------

Bankett (gepl.)	49,00 m ²	A _E
Böschung (gepl. u. vorh.)	509,00 m ²	A _E
Σ	745,00 m²	A_E

Teilflächen Versickerung:

B 404 (**74+400 – 74+430**), AS Todendorf/Mollhagen Rampe 1, Entwässerung über nördliche Böschungsf lächen

Regenabfluss:

Fahrbahn (gepl.)	$187,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4} =$	1,73 l/s
Bankett (gepl.)	$49,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4} =$	0,50 l/s
Böschung (gepl. u. vorh.)	$509,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4} =$	5,23 l/s
Σ		7,46 l/s

spezifische Versickerungsraten:

Bankett (gepl.)	$49,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 125,0 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4} =$	0,61 l/s
Böschung (gepl. u. vorh.)	$509,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 150,0 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4} =$	7,64 l/s
Σ		8,25 l/s

Abfluss: $7,46 \text{ l/s} - 8,25 \text{ l/s} = -0,79 \text{ l/s}$

Einleitmenge

Da die Versickerungsraten größer als der Abfluss sind, kann das Niederschlagswasser vollständig breitflächig versickern. Es kommt zu keinem Abfluss.

2.5.6 Dimensionierung der Versickerungsmulde

Im Entwässerungsabschnitt 1.5 ergibt sich bei der Rampe 3 eine abflusswirksame Fläche **A_U = 1.098,60 m²**. Das anfallende Oberflächenwasser wird einer hochliegenden Mulde zur Versickerung zugeführt.

Die Dimensionierung der Versickerungsmulde erfolgt gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138. Das erf. Volumen der Versickerungsmulde wird für eine Häufigkeit von $n = 0,1/a$ ($T = 10 \text{ a}$) dimensioniert. Die Versickerungsmulde wird in der Sohle und Böschung mit 20 cm Oberboden mit einem kf-Wert von $5,6 \cdot 10^{-6} \text{ [m/s]}$ ausgeführt. Unterhalb des Oberbodens wird zur Filterstabilität eine 20 cm dicke Sandschicht mit einem kf-Wert von größer $1 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$ angeordnet. Die Ergebnisse der Muldenbemessung sind in **Anhang 13.1.5** dargestellt.

Für die Mulde mit der Abmessung $A_s = 175 \text{ m}^2$ ergibt sich eine Versickerungsrate von

$$Q_s = k_f / 2 \times A_s \times 1000 \text{ l/s}$$

$$Q_s = 0,0000056 / 2 \times 175 \times 1000 = \mathbf{0,49 \text{ l/s}}$$

2.6. Entwässerungsabschnitt 1.6

2.6.1 vorhandene Entwässerungsanlagen

Die Entwässerung des betrachteten Entwässerungsabschnittes erfolgt zwischen **Bau-km 74+475 und Bau-km 74+800**.

Die vorhandenen Entwässerungsanlagen der B 404 stellen sich wie folgt dar:

Nördliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der nördlichen Bankett-, Böschungs- und Radwegflächen
- Gewässerkreuzung Nr. 1.51.15.7.3 (Wasser- und Bodenverband Süderbeste) DN 500 bei Bau-km 74+779

Südliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der Fahrbahnflächen
- Entwässerung der südlichen Bankett- und Böschungsflächen

2.6.2 Untergrundverhältnisse

Im betrachteten Streckenabschnitt stehen unter einer bis zu 3,0 m mächtigen Schicht aus Auffüllung mit Sand und Mittelsand teilweise bis zur Endteufe von 3,00 m Geschiebelehne an.

Grundwasser wurde nicht angetroffen.

2.6.3 geplante Entwässerungsanlagen

Der vorhandene Radweg wird zurückgebaut.

Der Ausbau der B 404 erfolgt durch beidseitige Fahrbahnrandverbreiterung und Vollausbau der vorhandenen Fahrbahnflächen.

Die geplante Entwässerung soll auf der nördlichen Seite entsprechend dem Ist-Zustand breitflächig über die Bankette und vorhandenen Böschungsflächen zur Versickerung gebracht werden. Die vorhandenen Böschungsflächen reichen zur dezentralen Versickerung und somit Einleitung in den Untergrund aus. Somit blieb das vorhandene Entwässerungsprinzip auf der Nordseite unverändert. Die geplante Entwässerung soll auf der Südseite der B 404 über eine straßenbegleitende Versickerungsmulde erfolgen.

2.6.4 Flächenbilanz

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (74+475 bis 74+800):

Flächenbilanz:

gepl. Rückbau vorh. Radwegfläche	~ 453,00 m ²
gepl. Rückbau vorh. Rastplatzfläche	~ 32,00 m ²
Entsiegelung	~ 485,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Entsiegelung von befestigten Flächen und entsprechender Mindereinleitung im Vergleich zum Bestand.

Berechnung Mindereinleitung B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (74+475 bis 74+800):

$$\text{Fahrbahn (Entsiegelung)} \quad 485,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} = \quad \mathbf{-4,49 \text{ l/s}}$$

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über südliche Böschung (74+475 bis 74+800):

Flächenbilanz:

vorh. Fahrbahnfläche B 404	~ 3.224,00 m ²
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 5.203,00 m ²
Mehrversiegelung	~ 1.979,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Mehrversiegelung von befestigten Flächen im Vergleich zum Bestand.

2.6.5 Berechnung der abflusswirksamen Fläche

Berechnung der abflusswirksamen Fläche

Abflusswirksame Fläche A_u :

<u>B 404 (74+475 – 74+800), Entwässerung über südliche Böschungflächen</u>		
<u>A_u:</u>		
Fahrbahn (gepl.)	$5.203,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 =$	$4.682,70 \text{ m}^2$
Bankett (gepl.)	$487,50 \text{ m}^2 \cdot 0,3 =$	$146,25 \text{ m}^2$
	Σ	$4.828,95 \text{ m}^2$

2.6.6 Dimensionierung der Versickerungsmulde

Im Entwässerungsabschnitt 1.6 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche $A_u = 4.828,95 \text{ m}^2$. Das anfallende Oberflächenwasser wird einer hochliegenden Mulde zur Versickerung zugeführt.

Die Dimensionierung der Versickerungsmulde erfolgt gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138. Das erf. Volumen der Versickerungsmulde wird für eine Häufigkeit von $n = 0,1/a$ ($T = 10 \text{ a}$) dimensioniert. Die Versickerungsmulde wird in der Sohle und Böschung mit 20 cm Oberboden mit einem k_f -Wert von $5,6 \cdot 10^{-6} \text{ [m/s]}$ ausgeführt. Unterhalb des Oberbodens wird zur Filterstabilität eine 20 cm dicke Sandschicht mit einem k_f -Wert von größer $1 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$ angeordnet. Die Ergebnisse der Muldenbemessung sind in **Anhang 13.1.6** dargestellt.

Für die Mulde mit der Abmessung $A_s = 674 \text{ m}^2$ ergibt sich eine Versickerungsrate von

$$Q_s = k_f / 2 \times A_s \times 1000 \text{ l/s}$$

$$Q_s = 0,0000056 / 2 \times 674 \times 1000 = 1,89 \text{ l/s}$$

2.7. Entwässerungsabschnitt 1.7

2.7.1 vorhandene Entwässerungsanlagen

Die Entwässerung des betrachteten Entwässerungsabschnittes erfolgt zwischen **Bau-km 74+800 und Bau-km 75+360**.

Die vorhandenen Entwässerungsanlagen der B 404 stellen sich wie folgt dar:

Nördliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der nördlichen Bankett-, Böschungs- und Radwegflächen
- Gewässerkreuzung Nr. 1.51.15.7.3 (Wasser- und Bodenverband Süderbeste) DN 500 bei Bau-km 74+779

Südliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der Fahrbahnflächen
- Entwässerung der südlichen Bankett- und Böschungflächen

2.7.2 Untergrundverhältnisse

Im betrachteten Streckenabschnitt stehen bis zur Endteufe von 3,00 m Auffüllungen aus Sand und Schluff an.

Grundwasser wurde bei Bau-km 75+250.000 oberflächennah bei 0,35 m unter Gelände angetroffen.

2.7.3 geplante Entwässerungsanlagen

Der vorhandene Radweg wird zurückgebaut. Der Rastplatz Wolfsbrook-Ost wird aufgehoben und zurückgebaut.

Der Ausbau der B 404 erfolgt durch beidseitige Fahrbahnrandverbreiterung und Vollausbau der vorhandenen Fahrbahnflächen.

Im betrachteten Entwässerungsabschnitt liegt die B 404 im Einschnittsbereich. Aufgrund der oberflächennahen Grundwasserstände ist hier eine Versickerung nicht möglich. Das anfallende Regenwasser wird beidseitig der Straße über Transportsmulden mit darunterliegender Sicker- und Sammelleitung gesammelt und einem Regenklärbecken zur Reinigung zugeführt.

Nicht versickerungsfähiges Niederschlagswasser wird nach Reinigung in einem Regenklärbecken im kreuzenden Gewässer Leitung 1f/1.51.15.7.3 des Wasser- und Bodenverbandes Süderbeste bei Bau-km 74+779 abgeschlagen.

2.7.4 Flächenbilanz

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (74+800 bis 75+360):

Flächenbilanz:

gepl. Rückbau vorh. Radwegfläche	~ 761,00 m ²
gepl. Rückbau vorh. Rastplatzfläche	~ 1.443,00 m ²
Entsiegelung	~ 2.204,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Entsiegelung von befestigten Flächen und entsprechender Mindereinleitung im Vergleich zum Bestand.

Berechnung Mindereinleitung B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (74+800 bis 75+360):

$$\text{Fahrbahn (Entsiegelung)} \quad 2.204,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4} = \text{-20,39 l/s}$$

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über südliche Böschung (74+800 bis 75+360):

Flächenbilanz.

vorh. Fahrbahnfläche B 404	~ 5.091,00 m ²
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 7.769,00 m ²
Mehrversiegelung	~ 2.678,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Mehrversiegelung von befestigten Flächen im Vergleich zum Bestand.

2.7.5 Berechnung Bemessungsabfluss

Berechnung des Bemessungsabfluss

Abflusswirksame Einzugsgebietsfläche A_E :

B 404 (74+800 – 75+360), Entwässerung über südliche Mulde

Fahrbahn (gepl.)	7.769,00	m ²	A _E
Bankett (gepl.)	840,00	m ²	A _E
Mulde (gepl.)	1.102,00	m ²	A _E
Σ	9.711,00	m²	A_E

Undurchlässige Fläche A_u, Bemessungsabfluss:

B 404 (74+800 – 75+360), Entwässerung über südliche Mulde

Regenabfluss:

Fahrbahn (gepl.)	7.769,00 m ² · 0,9 · 102,8 l/s·ha · 10 ⁻⁴	=	71,88 l/s
Bankett (gepl.)	840,00 m ² · 0,3 · 102,8 l/s·ha · 10 ⁻⁴	=	2,59 l/s
Mulde (gepl.)	1.102,00 m ² · 0,5 · 102,8 l/s·ha · 10 ⁻⁴	=	5,66 l/s
Abfluss:	Σ		80,13 l/s

2.7.6 Bemessung Regenklärbecken

Die B 404 gilt als stark befahrener Bundesstraße. Das von den befestigten Flächen abfließende Niederschlagswasser gilt als normal verschmutzt.

Die Behandlung des abfließenden Niederschlagswassers erfolgt in einem Regenklärbecken. Gemäß den Technischen Bestimmungen zum Bau und Betrieb von Anlagen zur Regenwasserbehandlung bei Trennkanalisation von Schleswig-Holstein muss der Mindestgehalt des Regenklärbeckens 50 m³ betragen. Weiterhin muss für Unfälle zur Leichtstoffrückhaltung ein Ölfangraum von mindestens 30 m³ Inhalt vorhanden sein.

Die horizontale Fließgeschwindigkeit zwischen Beckensohle und Tauchwand soll beim Beckenabfluss (Q_{RKB}) 0,05 m/s nicht überschreiten.

Ständig gefüllte Becken müssen für eine Oberflächenbeschickung von höchstens 10 m³/(m²·h) bezogen auf die Wasserfläche in Ablaufhöhe für eine kritische Regenspende von 15 l/(s·ha) bemessen sein. Der Bemessungsabfluss Q_{RKB} ergibt sich für den Entwässerungsabschnitt 1.7 zwischen Bau-km 74+800 bis Bau-km 75+360 wie folgt:

kritischer Regenabfluss

$$Q_{RKB} = r_{krit} \cdot A_{red} = 15 \frac{l}{s \cdot ha} \cdot 7795 m^2 \cdot 10^{-4} = 11,69 \frac{l}{s}$$

A_{red} ist die befestigte Fläche der angeschlossenen Entwässerungsfläche.

Beckenvolumen

$$V = 3,6 \cdot Q_{RKB} \cdot \frac{h_B}{q_A} = 3,6 \cdot 11,69 \frac{l}{s} \cdot \frac{1,5m}{10 \frac{m}{h}} = 6,31 m^3$$

Als Regenklärbecken wird bei Bau-km 74+930 ein neues Erdbecken hergestellt.

Das Beckenvolumen des Regenklärbeckens beträgt bis zur Dauereinstauhöhe von 45,36 müNN ca. 150 m³ bei einer Tiefe von 1,5 m.

Über einen schwimmergesteuerten Drosselschieber DN 100 im Regelbauwerk hinter dem Beckenauslauf wird der Ablauf aus dem Regenklärbecken in den Vorfluter 1.51.15.7.3 auf $Q_{RKB} = Q_{Dr} = 11,69 \text{ l/s}$ gedrosselt.

Durch die Drosselung des Abflusses auf $11,69 \text{ l/s}$ ist im Bereich des Regenklärbeckens ein Regenrückhaltevolumen zu schaffen, welches nach DWA-A 117 Bemessung von Regenrückhalteräumen zu ermitteln ist. Nach dem einfachen Verfahren und einer Regenhäufigkeiten von $n = 0,1$ muss ein erforderliches Volumen von $V_{n=0,1} = 204,41 \text{ m}^3$ zur Verfügung gestellt werden. Die Bemessungsergebnisse des Regenrückhaltevolumens für die Einleitstelle 1.7 sind im **Anhang 13.1.7** dargestellt.

Bei einer Einstauhöhe von $1,05 \text{ m}$ ergibt sich ein Rückhaltevolumen von $V = 229,95 \text{ m}^3$.

Das anfallende zu reinigende Regenwasser wird aus der straßenbegleitenden Kanalisation über eine Rohrleitung DN 400 ins Regenklärbecken geleitet.

Das Regenklärbecken wird zur Rückhaltung von Leichtstoffen mit einer schwimmenden Tauchwand aus PEHD ausgeführt. Die Böschungsabschlüsse für die schwimmende Tauchwand werden aus 4 cm dicke Eichenspundbohlen mit verzinkter Profileinfassung und verzinkter Gleitschiene hergestellt. Die Tauchwand ragt ab der Dauereinstauhöhe von $45,36 \text{ müNN}$ 40 cm tief ins Wasser. Die Fläche A_{oben} vor der Tauchwand beträgt bei der Dauereinstauhöhe von $45,36 \text{ müNN}$ 125 m^2 . Die maßgebende Tiefe für die Berechnung des Ölfangraumes beträgt 35 cm (5 cm Sicherheitsabschlag). Die Fläche A_{unten} beträgt 102 m^2 .

$$V_{\text{Ölfangraum}} = \frac{(A_{\text{oben}} \pm A_{\text{unten}})}{2} \cdot h_{\text{Auffangraum}} = \frac{(125 \text{ m}^2 + 102 \text{ m}^2)}{2} \cdot 0,35 \text{ m} = 39,73 \text{ m}^3$$

Entsprechend der im Lageplan Maßstab 1:250 eingezeichneten Position der Tauchwand beträgt die Fläche zwischen Tauchwandunterkante und Beckensohle $A = 5,72 \text{ m}^2$.

Die horizontale Fließgeschwindigkeit unter der Tauchwand ergibt sich wie folgt:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,01169 \text{ m}^3/\text{s}}{5,72 \text{ m}^2} = 0,002 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Die Oberflächenbeschickung bezogen auf die Wasserfläche in Ablaufhöhe ($A = 150 \text{ m}^2$) für eine kritische Regenspende von 15 l/(s*ha) ergibt sich wie folgt:

$$q_A = \frac{Q}{A} = \frac{42,08 \text{ m}^3/\text{h}}{150 \text{ m}^2} = 0,28 \text{ m/h}$$

Das Becken erhält folgende Eckdaten:

Art		Erdbecken mit Dauerstau
Beckenvolumen	V	= $150,00 \text{ m}^3$ (bis zur Dauereinstauhöhe)
Tiefe T	T	= $1,50 \text{ m}$
Böschungsneigung		1 : 2
Leichtflüssigkeitsabscheider		Ölauffangraum $V=39,73 \text{ m}^3$, Tauchwand
Drosselabfluss	Q_{Dr}	$11,69 \text{ l/s}$

2.8. Entwässerungsabschnitt 1.8

2.8.1 vorhandene Entwässerungsanlagen

Die Entwässerung des betrachteten Entwässerungsabschnittes erfolgt zwischen **Bau-km 75+360 und Bau-km 75+960**.

Die vorhandenen Entwässerungsanlagen der B 404 stellen sich wie folgt dar:

Nördliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der nördlichen Bankett-, Böschungs- und Radwegflächen
- Gewässerkreuzung Nr. 1.28 (GVP Ammersbek-Hunnau) DN 1000 bei Bau-km 76+223

Südliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der Fahrbahnflächen
- Entwässerung der südlichen Bankett- und Böschungsflächen

2.8.2 Untergrundverhältnisse

Im betrachteten Streckenabschnitt stehen unter einer bis zu 3,00 m mächtigen Schicht aus Auffüllung mit Sand und Mittelsand teilweise bis zur Endteufe von 3,00 m Geschiebelehme an.

Grundwasser wurde teilweise oberflächennah bei 0,90 m unter Gelände angetroffen.

2.8.3 geplante Entwässerungsanlagen

Der vorhandene Radweg wird zurückgebaut. Die Anschlussstelle Todendorf / Sprengel wird aufgehoben und zurückgebaut.

Der Ausbau der B 404 erfolgt durch beidseitige Fahrbahnrandverbreiterung und Vollausbau der vorhandenen Fahrbahnflächen.

Im betrachteten Entwässerungsabschnitt liegt die B 404 im Einschnittsbereich. Aufgrund der oberflächennahen Grundwasserstände ist hier eine Versickerung nicht möglich. Das anfallende Regenwasser wird beidseitig der Straße über Transportmulden mit darunterliegender Sicker- und Sammelleitung gesammelt und einem Regenklärbecken zur Reinigung zugeführt.

Nicht versickerungsfähiges Niederschlagswasser wird nach Reinigung in einem Regenklärbecken im kreuzenden Gewässer Verbandsgewässer Nr. 1.28 des Gewässer-Pfleger-Verband Ammersbek-Hunnau bei Bau-km 76+024 abgeschlagen.

2.8.4 Flächenbilanz

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (75+360 bis 75+960):

Flächenbilanz:

gepl. Rückbau vorh. Radwegfläche	~ 1.359,00 m ²
gepl. Rückbau vorh. Rampe	~ 1.657,00 m ²
Entsiegelung	~ 3.016,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Entsiegelung von befestigten Flächen und entsprechender Mindereinleitung im Vergleich zum Bestand.

Berechnung Mindereinleitung B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (75+360 bis 75+960):

Fahrbahn (Entsiegelung) $3.016,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} = \mathbf{-27,90 \text{ l/s}}$

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über südliche Böschung (75+360 bis 75+960):

Flächenbilanz.

vorh. Fahrbahnfläche B 404 und Rampe	~ 10.704,00 m ²
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 8.888,00 m ²
Minderversiegelung	~ 1.816,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Minderversiegelung von befestigten Flächen und entsprechender Mindereinleitung im Vergleich zum Bestand.

Berechnung Mindereinleitung:

Fahrbahn (Minderversiegelung) $1.816,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} = \mathbf{-16,80 \text{ l/s}}$

2.8.5 Berechnung Bemessungsabfluss

Berechnung des Bemessungsabfluss

Abflusswirksame Einzugsgebietsfläche A_E:

B 404 (75+360 – 75+960), Entwässerung über südliche Mulde

Fahrbahn (gepl.)	7.775,00 m ²	A _E
Bankett (gepl.)	900,00 m ²	A _E
Mulde (gepl.)	1.369,00 m ²	A _E
Σ	10.044,00 m²	A_E

Undurchlässige Fläche A_u, Bemessungsabfluss:

B 404 (74+800 – 75+360), Entwässerung über südliche Mulde

Regenabfluss:

Fahrbahn (gepl.)	$7.775,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	71,93 l/s
Bankett (gepl.)	$900,00 \text{ m}^2 \cdot 0,3 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	2,76 l/s
Mulde (gepl.)	$1.369,00 \text{ m}^2 \cdot 0,5 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	7,04 l/s

Abfluss: **Σ 81,73 l/s**

Abflusswirksame Einzugsgebietsfläche A_E:

Wirtschaftsweg (K 37 – Regenklärbecken AS Todendorf / Sprenge), Entwässerung über südliche Böschung

Fahrbahn (gepl.)	1.047,00 m ²	A _E
Bankett (gepl.)	345,00 m ²	A _E
Böschung (gepl. u. vorh.)	2.377,00 m ²	A _E
Σ	3.769,00 m²	A_E

Teilflächen Versickerung:

B 404 (79+700 – 80+470), Entwässerung über westliche Böschung

Regenabfluss:		
Fahrbahn (gepl.)	1.047,00 m ² · 0,9 · 102,8 l/s·ha · 10 ⁻⁴ =	9,69 l/s
Bankett (gepl.)	345,00 m ² · 1,0 · 102,8 l/s·ha · 10 ⁻⁴ =	3,55 l/s
Böschung (gepl. u. vorh.)	2.377,00 m ² · 1,0 · 102,8 l/s·ha · 10 ⁻⁴ =	24,44 l/s
Σ		37,68 l/s
spezifische Versickerungsraten:		
Bankett (gepl.)	345,00 m ² · 1,0 · 125,0 l/s·ha · 10 ⁻⁴ =	4,31 l/s
Böschung (gepl. u. vorh.)	2.377,00 m ² · 1,0 · 150,0 l/s·ha · 10 ⁻⁴ =	35,66 l/s
Σ		39,97 l/s
Abfluss:	37,68 l/s – 39,97 l/s =	-2,29 l/s

Einleitmenge

Da die Versickerungsraten größer als der Abfluss sind, kann das Niederschlagswasser vollständig breitflächig versickern. Es kommt zu keinem Abfluss.

2.8.6 Bemessung Regenklärbecken

Die B 404 gilt als stark befahrener Bundesstraße. Das von den befestigten Flächen abfließende Niederschlagswasser gilt als normal verschmutzt.

Die Behandlung des abfließenden Niederschlagswassers erfolgt in einem Regenklärbecken. Gemäß den Technischen Bestimmungen zum Bau und Betrieb von Anlagen zur Regenwasserbehandlung bei Trennkanalisation von Schleswig-Holstein muss der Mindestgehalt des Regenklärbeckens 50 m³ betragen. Weiterhin muss für Unfälle zur Leichtstoffrückhaltung ein Ölfangraum von mindestens 30 m³ Inhalt vorhanden sein.

Die horizontale Fließgeschwindigkeit zwischen Beckensohle und Tauchwand soll beim Beckenabfluss (Q_{RKB}) 0,05 m/s nicht überschreiten.

Ständig gefüllte Becken müssen für eine Oberflächenbeschickung von höchstens 10 m³/(m²·h) bezogen auf die Wasserfläche in Ablaufhöhe für eine kritische Regenspende von 15 l/(s·ha) bemessen sein. Der Bemessungsabfluss Q_{RKB} ergibt sich für den Entwässerungsabschnitt 1.8 zwischen Bau-km 75+360 bis Bau-km 75+960 wie folgt:

kritischer Regenabfluss

$$Q_{RKB} = r_{krit} \cdot A_{red} = 15 \frac{l}{s \cdot ha} \cdot 7950 m^2 \cdot 10^{-4} = 11,93 \frac{l}{s}$$

A_{red} ist die befestigte Fläche der angeschlossenen Entwässerungsfläche.

Beckenvolumen

$$V = 3,6 \cdot Q_{RKB} \cdot \frac{h_B}{q_A} = 3,6 \cdot 11,93 \frac{l}{s} \cdot \frac{1,5m}{10 \frac{m}{h}} = 6,44 m^3$$

Als Regenklärbecken wird bei Bau-km 75+780 ein neues Erdbecken hergestellt.

Das Beckenvolumen des Regenklärbeckens beträgt bis zur Dauereinstauhöhe von 45,63 müNN ca. 150 m³ bei einer Tiefe von 1,5 m.

Über einen schwimmergesteuerten Drosselschieber DN 100 im Regelbauwerk hinter dem Beckenauslauf wird der Ablauf aus dem Regenklärbecken in den Vorfluter Verbandsgewässer Nr. 1.28 auf $Q_{\text{RKB}} = Q_{\text{Dr}} = 11,93$ l/s gedrosselt.

Durch die Drosselung des Abflusses auf 11,93 l/s ist im Bereich des Regenklärbeckens ein Regenrückhaltevolumen zu schaffen, welches nach DWA-A 117 Bemessung von Regenrückhalteräumen zu ermitteln ist. Nach dem einfachen Verfahren und einer Regenhäufigkeiten von $n = 0,1$ muss ein erforderliches Volumen von $V_{n=0,1} = 208,45$ m³ zur Verfügung gestellt werden. Die Bemessungsergebnisse des Regenrückhaltevolumens für die Einleitstelle 1.8 sind im **Anhang 13.1.8** dargestellt.

Bei einer Einstauhöhe von 1,05 m ergibt sich ein Rückhaltevolumen von $V = 229,95$ m³.

Das anfallende zu reinigende Regenwasser wird aus der straßenbegleitenden Kanalisation über eine Rohrleitung DN 400 ins Regenklärbecken geleitet.

Das Regenklärbecken wird zur Rückhaltung von Leichtstoffen mit einer schwimmenden Tauchwand aus PEHD ausgeführt. Die Böschungsabschlüsse für die schwimmende Tauchwand werden aus 4 cm dicke Eichenspundbohlen mit verzinkter Profileinfassung und verzinkter Gleitschiene hergestellt. Die Tauchwand ragt ab der Dauereinstauhöhe von 45,63 müNN 40 cm tief ins Wasser. Die Fläche A_{oben} vor der Tauchwand beträgt bei der Dauereinstauhöhe von 45,63 müNN 125 m². Die maßgebende Tiefe für die Berechnung des Ölfangraumes beträgt 35 cm (5cm Sicherheitsabschlag). Die Fläche A_{unten} beträgt 102 m².

$$V_{\text{Ölfangraum}} = \frac{(A_{\text{oben}} \pm A_{\text{unten}})}{2} \cdot h_{\text{Auffangraum}} = \frac{(125\text{m}^2 + 102\text{m}^2)}{2} \cdot 0,35\text{m} = 39,73\text{m}^3$$

Entsprechend der im Lageplan Maßstab 1:250 eingezeichneten Position der Tauchwand beträgt die Fläche zwischen Tauchwandunterkante und Beckensohle $A = 5,72$ m².

Die horizontale Fließgeschwindigkeit unter der Tauchwand ergibt sich wie folgt:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,01193\text{m}^3/\text{s}}{5,72\text{m}^2} = 0,002\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Die Oberflächenbeschickung bezogen auf die Wasserfläche in Ablaufhöhe ($A = 150$ m²) für eine kritische Regenspende von 15 l/(s*ha) ergibt sich wie folgt:

$$q_A = \frac{Q}{A} = \frac{42,95\text{m}^3/\text{h}}{150\text{m}^2} = 0,29\text{m}/\text{h}$$

Das Becken erhält folgende Eckdaten:

Art		Erdbecken mit Dauerstau
Beckenvolumen	V	= 150,00 m ³ (bis zur Dauereinstauhöhe)
Tiefe T	T	= 1,50 m
Böschungsneigung		1 : 2
Leichtflüssigkeitsabscheider		Ölauffangraum V=39,73 m ³ , Tauchwand
Drosselabfluss	Q _{Dr}	11,93 l/s

2.8.7 Bemessung der temporären Grundwasserabsenkung für den Bau des Regenklärbeckens

Für den Bau des Regenrückhaltebeckens bei Bau-km 75+790 wird eine temporäre Grundwasserabsenkung erforderlich werden. Die hydrologische Berechnung der Grundwasserabsenkung erfolgt im Anhang 13.1.10. Gemäß den Ergebnissen der hydrologischen Berechnung ist es erforderlich das Grundwasser im Bereich der Baugrube des Regenrückhaltebeckens um 3,55 m abzusenken. Die Reichweite R der Absenkung beträgt ca. 107 m. Das geförderte Grundwasser wird über ein temporäres Versickerungsbecken wieder ins Grundwasser eingeleitet. Das Versickerungsbecken muss eine Sohlfläche von ca. 66 m² aufweisen. Das Versickerungsbecken wird im Bereich der Rampenflächen, Bauwerksverzeichnisnummer [16] zwischen Bau-km 75+920 und 75+940 temporär hergestellt. Nach Fertigstellung des Regenrückhaltebeckens ist das Versickerungsbecken wieder zurückzubauen und die Fläche zu rekultivieren (siehe Anhang 13.1.10).

2.9. Entwässerungsabschnitt 1.9

2.9.1 vorhandene Entwässerungsanlagen

Die Entwässerung des betrachteten Entwässerungsabschnittes erfolgt zwischen **Bau-km 75+960 und Bau-km 76+520**.

Die vorhandenen Entwässerungsanlagen der B 404 stellen sich wie folgt dar:

Nördliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der nördlichen Bankett-, Böschungs- und Radwegflächen
- Gewässerkreuzung Nr. 1.28 (GVP Ammersbek-Hunnau) DN 1000 bei Bau-km 76+223

Südliche Fahrbahnseite:

- Entwässerung der Fahrbahnflächen
- Entwässerung der südlichen Bankett- und Böschungsflächen

2.9.2 Untergrundverhältnisse

Im betrachteten Streckenabschnitt stehen unter einer bis zu 3,00 m mächtigen Schicht aus Auffüllung mit Sand und Mittelsand teilweise bis zur Endteufe von 3,00 m Geschiebelehme an.

Grundwasser wurde nicht angetroffen.

2.9.3 geplante Entwässerungsanlagen

Der vorhandene Radweg wird zurückgebaut.

Der Ausbau der B 404 erfolgt durch beidseitige Fahrbahnrandverbreiterung und Vollausbau der vorhandenen Fahrbahnflächen.

Die geplante Entwässerung soll auf der nördlichen Seite entsprechend dem Ist-Zustand breitflächig über die Bankette und vorhandenen Böschungsflächen zur Versickerung gebracht werden. Die vorhandenen Böschungsflächen reichen zur dezentralen Versickerung und somit Einleitung in den Untergrund aus. Somit blieb das vorhandene Entwässerungsprinzip auf der Nordseite unverändert. Die geplante Entwässerung soll auf der Südseite der B 404 über eine straßenbegleitende Versickerungsmulde erfolgen.

2.9.4 Flächenbilanz

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (75+960 bis 76+520):

Flächenbilanz:

gepl. Rückbau vorh. Radwegfläche	~ 795,00 m ²
Entsiegelung	~ 795,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Entsiegelung von befestigten Flächen und entsprechender Mindereinleitung im Vergleich zum Bestand.

Berechnung Mindereinleitung B 404, Entwässerung über nördliche Böschung (75+960 bis 76+520):

$$\text{Fahrbahn (Entsiegelung)} \quad 795,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4} = \quad \mathbf{-7,36 \text{ l/s}}$$

Flächenbilanz B 404, Entwässerung über südliche Böschung (75+960 bis 76+520):

Flächenbilanz:

vorh. Fahrbahnfläche B 404 und Rampe	~ 5.181,00 m ²
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 6.898,00 m ²
Mehrversiegelung	~ 1.717,00 m²

In dem betrachteten Streckenabschnitt kommt es zu einer Mehrversiegelung von befestigten Flächen im Vergleich zum Bestand.

2.9.5 Berechnung der abflusswirksamen Fläche

Berechnung der abflusswirksamen Fläche

Abflusswirksame Fläche A_u :

<u>B 404 (75+960 – 76+520), Entwässerung über südliche Böschungsflächen</u>		
A_u:		
Fahrbahn (gepl.)	$6.898,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 =$	6.208,20 m ²
Bankett (gepl.)	$840,00 \text{ m}^2 \cdot 0,3 =$	252,00 m ²
	Σ	6.460,20 m²

2.9.6 Dimensionierung der Versickerungsmulde

Im Entwässerungsabschnitt 1.9 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche $A_u = 6.460,20 \text{ m}^2$. Das anfallende Oberflächenwasser wird einer hochliegenden Mulde zur Versickerung zugeführt.

Die Dimensionierung der Versickerungsmulde erfolgt gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138. Das erf. Volumen der Versickerungsmulde wird für eine Häufigkeit von $n = 0,1/a$ ($T = 10 \text{ a}$) dimensioniert. Die Versickerungsmulde wird in der Sohle und Böschung mit 20 cm Oberboden mit einem kf-Wert von $5,6 \cdot 10^{-6} \text{ [m/s]}$ ausgeführt. Unterhalb des Oberbodens wird zur Filterstabilität eine 20 cm dicke Sandschicht mit einem kf-Wert von größer $1 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$ angeordnet. Die Ergebnisse der Muldenbemessung sind in **Anhang 13.1.9** dargestellt.

Für die Mulde mit der Abmessung $A_s = 1.122 \text{ m}^2$ ergibt sich eine Versickerungsrate von

$$Q_s = k_f / 2 \times A_s \times 1000 \text{ l/s}$$

$$Q_s = 0,0000056 / 2 \times 1.122 \times 1000 = \mathbf{3,14 \text{ l/s}}$$

bearbeitet:

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAU- UND VERMESSUNGSWESEN

W. Odermann H. Krause

Lüneburg, 13.03.2017

.....gez. i. A. Meermöller.....

Dimensionierung von Versickerungsanlagen nach Arbeitsblatt DWA-A138

Mulde für Einleitstelle 1.1

angeschlossene reduzierte Fläche A_U : 4.099,50 m²

zur Verfügung stehende Versickerungsfläche A_S : 720 m²

kf-Wert: 5,60E-06 m/s

$r_{15(1)}$: 102,8 l/s*ha

Regenhäufigkeit n: 0,1 1/a

Zuschlagsfaktor fz: 1,2

notwendiges Speichervolumen $V = [(A_U + A_S) * 10^{-7} * r_{D(n)} - A_S * kf/2] * D * 60 * f_z$

D in min	hN in mm	$r_{D(0,1)}$ in l/(s*ha)	V in m ³
5	10,100	336,1	57,59
10	14,300	238,2	81,20
15	17,100	190,3	96,88
20	19,200	160,2	108,28
30	22,200	123,4	124,11
45	25,200	93,2	139,00
60	27,300	75,7	148,90
90	29,700	54,9	158,39
120	31,500	43,7	164,55
180	34,300	31,8	172,50
240	36,400	25,3	175,86
360	39,700	18,4	177,60
540	43,300	13,4	172,71
720	46,000	10,6	160,32
1440	53,800	6,2	100,79

notwendiges Speichervolumen V [m³] **V= 177,60 m³**

erforderliche Muldentiefe t [m] **t= 0,25 m**

gewählte Muldentiefe t [m] **t= 0,30 m**

Nachweis der Entleerungszeit für n = 1/a

vorh. $t_E = 2 * z / k_f = 8,81E+04 \text{ sec} = 24,5 \text{ h}$

Dimensionierung von Versickerungsanlagen nach Arbeitsblatt DWA-A138

Mulde für Einleitstelle 1.2

angeschlossene reduzierte Fläche A_U : 11.499,30 m²

zur Verfügung stehende Versickerungsfläche A_S : 1.840 m²

kf-Wert: 5,60E-06 m/s

$r_{15(1)}$: 102,8 l/s*ha

Regenhäufigkeit n: 0,1 1/a

Zuschlagsfaktor fz: 1,2

notwendiges Speichervolumen $V = [(A_U + A_S) * 10^{-7} * r_{D(n)} - A_S * kf/2] * D * 60 * f_z$

D in min	hN in mm	$r_{D(0,1)}$ in l/(s*ha)	V in m ³
5	10,100	336,1	159,55
10	14,300	238,2	225,06
15	17,100	190,3	268,59
20	19,200	160,2	300,30
30	22,200	123,4	344,42
45	25,200	93,2	386,11
60	27,300	75,7	413,97
90	29,700	54,9	441,16
120	31,500	43,7	459,14
180	34,300	31,8	482,98
240	36,400	25,3	494,15
360	39,700	18,4	502,65
540	43,300	13,4	494,66
720	46,000	10,6	465,92
1440	53,800	6,2	323,31

notwendiges Speichervolumen V [m³] **V= 502,65 m³**

erforderliche Muldentiefe t [m] **t= 0,27 m**

gewählte Muldentiefe t [m] **t= 0,30 m**

Nachweis der Entleerungszeit für n = 1/a

vorh. $t_E = 2 * z / k_f = 9,76E+04 \text{ sec} = 27,1 \text{ h}$

Dimensionierung von Versickerungsanlagen nach Arbeitsblatt DWA-A138

Mulde für Einleitstelle 1.3

angeschlossene reduzierte Fläche A_U : 4.335,30 m²

zur Verfügung stehende Versickerungsfläche A_S : 740 m²

kf-Wert: 5,60E-06 m/s

$r_{15(1)}$: 102,8 l/s*ha

Regenhäufigkeit n: 0,1 1/a

Zuschlagsfaktor fz: 1,2

notwendiges Speichervolumen $V = [(A_U + A_S) * 10^{-7} * r_{D(n)} - A_S * kf/2] * D * 60 * f_z$

D in min	hN in mm	$r_{D(0,1)}$ in l/(s*ha)	V in m ³
5	10,100	336,1	60,66
10	14,300	238,2	85,55
15	17,100	190,3	102,07
20	19,200	160,2	114,10
30	22,200	123,4	130,80
45	25,200	93,2	146,54
60	27,300	75,7	157,02
90	29,700	54,9	167,13
120	31,500	43,7	173,73
180	34,300	31,8	182,31
240	36,400	25,3	186,08
360	39,700	18,4	188,35
540	43,300	13,4	183,86
720	46,000	10,6	171,48
1440	53,800	6,2	111,42

notwendiges Speichervolumen V [m³] **V= 188,35 m³**

erforderliche Muldentiefe t [m] **t= 0,25 m**

gewählte Muldentiefe t [m] **t= 0,30 m**

Nachweis der Entleerungszeit für n = 1/a

vorh. $t_E = 2 * z / k_f = 9,09E+04 \text{ sec} = 25,3 \text{ h}$

Dimensionierung von Versickerungsanlagen nach Arbeitsblatt DWA-A138

Mulde für Einleitstelle 1.4

angeschlossene reduzierte Fläche A_U : 1.174,50 m²

zur Verfügung stehende Versickerungsfläche A_S : 200 m²

kf-Wert: 5,60E-06 m/s

$r_{15(1)}$: 102,8 l/s*ha

Regenhäufigkeit n: 0,1 1/a

Zuschlagsfaktor fz: 1,2

notwendiges Speichervolumen $V = [(A_U + A_S) * 10^{-7} * r_{D(n)} - A_S * kf/2] * D * 60 * f_z$

D in min	hN in mm	$r_{D(0,1)}$ in l/(s*ha)	V in m ³
5	10,100	336,1	16,43
10	14,300	238,2	23,17
15	17,100	190,3	27,64
20	19,200	160,2	30,90
30	22,200	123,4	35,43
45	25,200	93,2	39,69
60	27,300	75,7	42,53
90	29,700	54,9	45,27
120	31,500	43,7	47,06
180	34,300	31,8	49,39
240	36,400	25,3	50,41
360	39,700	18,4	51,04
540	43,300	13,4	49,84
720	46,000	10,6	46,50
1440	53,800	6,2	30,29

notwendiges Speichervolumen V [m³] **V= 51,04 m³**

erforderliche Muldentiefe t [m] **t= 0,26 m**

gewählte Muldentiefe t [m] **t= 0,30 m**

Nachweis der Entleerungszeit für n = 1/a

vorh. $t_E = 2 * z / k_f = 9,11E+04 \text{ sec} = 25,3 \text{ h}$

Dimensionierung von Versickerungsanlagen nach Arbeitsblatt DWA-A138

Mulde für Einleitstelle 1.5

angeschlossene reduzierte Fläche A_U : 1.098,60 m²

zur Verfügung stehende Versickerungsfläche A_S : 175 m²

kf-Wert: 5,60E-06 m/s

$r_{15(1)}$: 102,8 l/s*ha

Regenhäufigkeit n: 0,1 1/a

Zuschlagsfaktor fz: 1,2

notwendiges Speichervolumen $V = [(A_U + A_S) * 10^{-7} * r_{D(n)} - A_S * kf/2] * D * 60 * f_z$

D in min	hN in mm	$r_{D(0,1)}$ in l/(s*ha)	V in m ³
5	10,100	336,1	15,23
10	14,300	238,2	21,49
15	17,100	190,3	25,65
20	19,200	160,2	28,67
30	22,200	123,4	32,89
45	25,200	93,2	36,87
60	27,300	75,7	39,53
90	29,700	54,9	42,13
120	31,500	43,7	43,85
180	34,300	31,8	46,14
240	36,400	25,3	47,21
360	39,700	18,4	48,04
540	43,300	13,4	47,30
720	46,000	10,6	44,58
1440	53,800	6,2	31,07

notwendiges Speichervolumen V [m³] **V= 48,04 m³**

erforderliche Muldentiefe t [m] **t= 0,27 m**

gewählte Muldentiefe t [m] **t= 0,30 m**

Nachweis der Entleerungszeit für n = 1/a

vorh. $t_E = 2 * z / k_f = 9,80E+04 \text{ sec} = 27,2 \text{ h}$

Dimensionierung von Versickerungsanlagen nach Arbeitsblatt DWA-A138

Mulde für Einleitstelle 1.6

angeschlossene reduzierte Fläche A_U : 4.828,95 m²

zur Verfügung stehende Versickerungsfläche A_S : 674 m²

kf-Wert: 5,60E-06 m/s

$r_{15(1)}$: 102,8 l/s*ha

Regenhäufigkeit n: 0,1 1/a

Zuschlagsfaktor fz: 1,2

notwendiges Speichervolumen $V = [(A_U + A_S) * 10^{-7} * r_{D(n)} - A_S * kf/2] * D * 60 * f_z$

D in min	hN in mm	$r_{D(0,1)}$ in l/(s*ha)	V in m ³
5	10,100	336,1	65,90
10	14,300	238,2	93,02
15	17,100	190,3	111,06
20	19,200	160,2	124,23
30	22,200	123,4	142,60
45	25,200	93,2	160,06
60	27,300	75,7	171,81
90	29,700	54,9	183,54
120	31,500	43,7	191,47
180	34,300	31,8	202,33
240	36,400	25,3	207,97
360	39,700	18,4	213,53
540	43,300	13,4	213,32
720	46,000	10,6	204,56
1440	53,800	6,2	158,07

notwendiges Speichervolumen V [m³] **V= 213,53 m³**

erforderliche Muldentiefe t [m] **t= 0,32 m**

gewählte Muldentiefe t [m] **t= 0,32 m**

Nachweis der Entleerungszeit für n = 1/a

vorh. $t_E = 2 * z / k_f = 1,13E+05 \text{ sec} = 31,4 \text{ h}$

DWA-A 117, "Bemessung von Regenrückhalteräumen"

Regenrückhalteraum für Einleitstelle 1.7

Wiederkehrzeit T_n in a = **1**
Überschreitungshäufigkeit n in 1/a = **0,1**

Fließzeit t_f in min = **10**
 $q_{dr,r,u}$ in l/sxha = **15,00**

f_z = **1,20**
 f_a = **1,00**

Anwendung des einfachen Verfahrens :

	AU in ha	f_z	f_a	Q_{dr} in l/s	$q_{dr,r,u}$ in l/s*ha	erf. V in m ³
Einzugsgebiet	0,78	1,20	1,00	11,69	15,00	204,41

↖ Gleichung 3

Niederschlag

T = 10			
D in min	h_N in mm	r_n in l/(s*ha)	erf. V_{s,u} in m ³ /ha
5	10,100	336,1	115,60
10	14,300	238,2	160,71
15	17,100	190,3	189,33
20	19,200	160,2	209,09
30	22,200	123,4	234,15
45	25,500	93,2	253,38
60	27,300	75,7	262,24
90	29,700	54,9	258,57
120	31,500	43,7	248,00
180	34,300	31,8	217,77
240	36,400	25,3	178,04
360	39,700	18,4	88,21
540	43,300	13,4	-62,08
720	46,000	10,6	-227,93
1080	49,900	7,7	-567,40
1440	53,800	6,2	-912,05
2880	68,800	4,0	-2.280,29
4320	77,500	3,0	-3.731,48

↖ Gleichung 2

gewählt : RKB Einleitstelle 1.8

Sohlenabmessung :
 Fläche $A_{s,min}$ = 160,00 m² (digital ermittelt)
 h = 1,05 m
 Böschungsneigung 1 : m = 1:2 - 1:5

Oberkantenabmessung :
 Fläche $A_{s,max}$ = 278,00 m² (digital ermittelt)

Das gewählte Beckenvolumen beträgt = RKB 229,95 m³ > V erf = 204,41 m³

$Q_{dr} = q_{dr} \times A_E = 11,69 \quad 1,00 \quad 11,690 \text{ l/s}$

$q_{dr,r,u} = Q_{dr}/A_u = 11,690 \quad 0,78 \quad 14,997 \text{ l/sxha}$

↖ Gleichung 4

DWA-A 117, "Bemessung von Regenrückhalteräumen"

Regenrückhalteraum für Einleitstelle 1.8

Wiederkehrzeit T_n in a = 1
Überschreitungshäufigkeit n in 1/a = 0,1

Fließzeit t_f in min = 10
 $q_{dr,r,u}$ in l/sxha = 15,01

f_z = 1,20
 f_a = 1,00

Anwendung des einfachen Verfahrens :

	AU in ha	f_z	f_a	Qdr in l/s	$q_{dr,r,u}$ in l/s*ha	erf. V in m ³
Einzugsgebiet	0,80	1,20	1,00	11,93	15,01	208,45

↖ Gleichung 3

Niederschlag

T = 10

D in min	h_N in mm	r_n in l/(s*ha)	erf. $V_{s,u}$ in m ³ /ha
5	10,100	336,1	115,59
10	14,300	238,2	160,70
15	17,100	190,3	189,32
20	19,200	160,2	209,08
30	22,200	123,4	234,13
45	25,500	93,2	253,35
60	27,300	75,7	262,20
90	29,700	54,9	258,51
120	31,500	43,7	247,91
180	34,300	31,8	217,65
240	36,400	25,3	177,88
360	39,700	18,4	87,96
540	43,300	13,4	-62,45
720	46,000	10,6	-228,42
1080	49,900	7,7	-568,14
1440	53,800	6,2	-913,04
2880	68,800	4,0	-2.282,26
4320	77,500	3,0	-3.734,44

↖ Gleichung 2

gewählt : **RKB Einleitstelle 1.8**

Sohlenabmessung :
Fläche $A_{s,min}$ = 160,00 m² (digital ermittelt)
 h = 1,05 m
Böschungsneigung 1 : m = 1:2 - 1:5

Oberkantenabmessung :
Fläche $A_{s,max}$ = 278,00 m² (digital ermittelt)

Das gewählte Beckenvolumen beträgt = **RKB 229,95 m³ > V erf = 208,45 m³**

$Q_{dr} = q_{dr} \times A_E = 11,93 \times 1,00 = 11,930$ l/s

$q_{dr,r,u} = Q_{dr}/A_u = 11,930 / 0,80 = 15,006$ l/sxha

↖ Gleichung 4

Dimensionierung von Versickerungsanlagen nach Arbeitsblatt DWA-A138

Mulde für Einleitstelle 1.9

angeschlossene reduzierte Fläche A_U : 6.460,20 m²

zur Verfügung stehende Versickerungsfläche A_S : 1.122 m²

kf-Wert: 5,60E-06 m/s

$r_{15(1)}$: 102,8 l/s*ha

Regenhäufigkeit n: 0,1 1/a

Zuschlagsfaktor fz: 1,2

notwendiges Speichervolumen $V = [(A_U + A_S) * 10^{-7} * r_{D(n)} - A_S * kf/2] * D * 60 * f_z$

D in min	hN in mm	$r_{D(0,1)}$ in l/(s*ha)	V in m ³
5	10,100	336,1	90,61
10	14,300	238,2	127,78
15	17,100	190,3	152,44
20	19,200	160,2	170,39
30	22,200	123,4	195,31
45	25,200	93,2	218,78
60	27,300	75,7	234,38
90	29,700	54,9	249,38
120	31,500	43,7	259,14
180	34,300	31,8	271,77
240	36,400	25,3	277,19
360	39,700	18,4	280,19
540	43,300	13,4	272,88
720	46,000	10,6	253,78
1440	53,800	6,2	161,67

notwendiges Speichervolumen V [m³] **V= 280,19 m³**

erforderliche Muldentiefe t [m] **t= 0,25 m**

gewählte Muldentiefe t [m] **t= 0,30 m**

Nachweis der Entleerungszeit für n = 1/a

vorh. $t_E = 2 * z / k_f = 8,92E+04 \text{ sec} = 24,8 \text{ h}$

**Hydrologische Berechnung der Grundwasserabsenkung für das
Regenrückhaltebecken bei Bau-km 75+790**

1.00	Technische Daten (freier Grundwasserspiegel)		Einheit
1.01	Geländehöhe	48,36-48,55	m ü NN
1.02	Grundwasserspiegel in Ruhe	46,68	m ü NN
1.03	niedrigster Grundwasserspiegel	45,74	m ü NN
1.04	Bodenart	Mittelsand	ms
1.05	Durchlässigkeitsbeiwert	(k_f) 1,00E-04	m/s
1.06	Konstruktionsunterkante (KUK)	43,43	m ü NN
1.07	Baugrubensohle (BGS)	43,00	m ü NN
1.08	Absenkziel Mitte BGS	23,00	m ü NN
1.09	Absenkziel in der Absenkanlage	43,13	m ü NN
1.10	Unterkante Filterstrecke	43,13	m ü NN
1.11	Oberkante Wasserstauer	42,93	m ü NN
1.12	Länge Filterstrecke	-	
1.13	Absenktiefe (Differenz 1.02 - 1.08)	(S) 3,55	m
1.14	wirksame Absenktiefe (Differenz 1.03 - 1.07)	(S_w) 2,51	m
1.15	Eintauchtiefe bei GW in Ruhe (Differenz 1.02 - 1.10)	(H) 3,75	m
1.16	Eintauchtiefe bei bei Absenkung (Differenz 1.08 - 1.10)	(h) 0,20	m
1.17	Baugrube: Länge (L1)	40	m
	Breite (L2)	27	m
	Fläche (F)	1080	m ²
1.18	Brunnendurchmesser	-	
1.19	Zuschlage für unvollkommenen Brunnen (30 % falls Mächtigkeit des Aquifer unbekannt s.a. Punkt 1.11)	(x) 30,00	%

2.00 Grundwasserabsenkung für Baugruben

2.01 Reichweite der Absenkung (nach Sichardt)

$$R = 3000 \cdot s \cdot \sqrt{k_f} \text{ (m)}$$

$$R = 3000 \cdot 3,55 \cdot \sqrt{0,0001} = 106,5 \text{ m}$$

2.02 Ersatzradius bei Baugruben

$$RA = L_2 \cdot \left[0,2 \cdot \left(\frac{L_1}{L_2} \right) + 0,4 \right] \text{ (für } L_1 > L_2 \text{) (m)}$$

$$RA = 27 \cdot \left[0,2 \cdot \left(\frac{40}{27} \right) + 0,4 \right] = 18,8 \text{ m}$$

2.03 Zuflusswassermenge bei Baugruben (Dupuit – Thiem)

$$Q = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (H^2 - h^2)}{\ln R - \ln RA} \text{ (m}^3 \text{/ s)}$$

$$Q = \frac{\pi \cdot 0,0001 \cdot (3,75^2 - 0,2^2)}{\ln 106,5 - \ln 18,8} = 0,00254012 \text{ m}^3 \text{/ s}$$

$$\max. Q = Q + X \% \text{ (m}^3 \text{/ s)}$$

$$\max. Q = 0,00254012 + 30\% = 0,00330215 \text{ m}^3 \text{/ s}$$

$$\max. Q = 3,3 \text{ l / s}$$

3.00 Berechnung der erforderlichen Versickerungsfläche A_s

$$Q_s = A_s \cdot \frac{k_f}{2} \cdot 1000 \text{ (l / s)}$$

$$A_s = \frac{Q_s \cdot 2}{k_f \cdot 1000} \text{ (m}^2 \text{)}$$

$$A_s = \frac{3,3 \cdot 2}{0,0001 \cdot 1000} = 66 \text{ m}^2$$

Für die temporäre Grundwasserabsenkung im Zuge der Herstellung des Regenrückhaltebeckens ist eine Versickerungsfläche von $A_s = 66 \text{ m}^2$ erforderlich. Das temporäre Versickerungsbecken wird zwischen Station 75+920 und 75+940 im Bereich der Rampenflächen hergestellt. Nach Fertigstellung des Regenrückhaltebeckens ist das Versickerungsbecken wieder zurückzubauen und die Fläche zu rekultivieren

