

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Berechnungsannahmen</b>	<b>4</b>
1.1.	Grundlagen	4
1.2.	Regenhäufigkeit	4
1.3.	Bemessungsregenspenden / Abflussspenden	4
1.4.	Abflussbeiwerte	5
1.5.	Berechnung des Abflusses	5
1.6.	Rohrleitungsdimensionierung	5
1.7.	Durchlässe	6
1.8.	Hydraulische Berechnung von Gräben/Mulden	6
1.9.	Versickerung	8
1.10.	Dimensionierung von Versickerungsanlagen nach Arbeitsblatt DWA-A 138	8
1.11.	Regenklärbecken	9
1.12.	Bemessung von Regenrückhalteräumen	9
<b>2</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>11</b>
2.1.	Entwässerungsabschnitt 1.1	11
2.1.1	vorhandene Entwässerungsanlagen	11
2.1.2	Untergrundverhältnisse	11
2.1.3	geplante Entwässerungsanlagen	11
2.1.4	Flächenbilanz	12
2.1.5	Berechnung der abflusswirksamen Fläche	12
2.1.6	Dimensionierung der Versickerungsmulde	12
2.2.	Entwässerungsabschnitt 1.2	13
2.2.1	vorhandene Entwässerungsanlagen	13
2.2.2	Untergrundverhältnisse	13
2.2.3	geplante Entwässerungsanlagen	13
2.2.4	Flächenbilanz	13
2.2.5	Berechnung der abflusswirksamen Fläche	14
2.2.6	Dimensionierung der Versickerungsmulde	14
2.3.	Entwässerungsabschnitt 1.3	15
2.3.1	vorhandene Entwässerungsanlagen	15
2.3.2	Untergrundverhältnisse	16
2.3.3	geplante Entwässerungsanlagen	16
2.3.4	Flächenbilanz	16
2.3.5	Berechnung der abflusswirksamen Fläche	16
2.3.6	Dimensionierung der Versickerungsmulde	17
2.4.	Entwässerungsabschnitt 1.4	18
2.4.1	vorhandene Entwässerungsanlagen	18
2.4.2	Untergrundverhältnisse	18
2.4.3	geplante Entwässerungsanlagen	18
2.4.4	Flächenbilanz	18
2.4.5	Berechnung der abflusswirksamen Fläche	19
2.4.6	Dimensionierung der Versickerungsmulde	19
2.5.	Entwässerungsabschnitt 1.5	20
2.5.1	vorhandene Entwässerungsanlagen	20

2.5.2	Untergrundverhältnisse .....	20
2.5.3	geplante Entwässerungsanlagen .....	21
2.5.4	Flächenbilanz.....	21
2.5.5	Berechnung Bemessungsabfluss / Berechnung der abflusswirksamen Fläche .....	22
2.5.6	Dimensionierung der Versickerungsmulde .....	24
2.6.	Entwässerungsabschnitt 1.6 .....	25
2.6.1	vorhandene Entwässerungsanlagen.....	25
2.6.2	Untergrundverhältnisse .....	25
2.6.3	geplante Entwässerungsanlagen .....	26
2.6.4	Flächenbilanz.....	26
2.6.5	Berechnung der abflusswirksamen Fläche .....	26
2.6.6	Dimensionierung der Versickerungsmulde .....	27
2.7.	Entwässerungsabschnitt 1.7 .....	27
2.7.1	vorhandene Entwässerungsanlagen.....	27
2.7.2	Untergrundverhältnisse .....	27
2.7.3	geplante Entwässerungsanlagen .....	27
2.7.4	Flächenbilanz.....	28
2.7.5	Berechnung Bemessungsabfluss.....	28
2.7.6	Bemessung Regenklärbecken .....	29
2.8.	Entwässerungsabschnitt 1.8 .....	31
2.8.1	vorhandene Entwässerungsanlagen.....	31
2.8.2	Untergrundverhältnisse .....	31
2.8.3	geplante Entwässerungsanlagen .....	31
2.8.4	Flächenbilanz.....	32
2.8.5	Berechnung Bemessungsabfluss.....	32
2.8.6	Bemessung Regenklärbecken .....	33
2.8.7	Bemessung der temporären Grundwasserabsenkung für den Bau des Regenklärbeckens .....	36
2.9.	Entwässerungsabschnitt 1.9 .....	36
2.9.1	vorhandene Entwässerungsanlagen.....	36
2.9.2	Untergrundverhältnisse .....	36
2.9.3	geplante Entwässerungsanlagen .....	36
2.9.4	Flächenbilanz.....	37
2.9.5	Berechnung der abflusswirksamen Fläche .....	37
2.9.6	Dimensionierung der Versickerungsmulde .....	37

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 13.1.2.1: Dimensionierung von Versickerungsanlage nach Arbeitsblatt DWA-A138, Entwässerungsabschnitt 2](#)

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

[Anhang 13.1.3.1: Dimensionierung von Versickerungsanlage nach Arbeitsblatt DWA-A138, Entwässerungsabschnitt 3](#)

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

[Anhang 13.1.4.1: Dimensionierung von Versickerungsanlage nach Arbeitsblatt DWA-A138, Entwässerungsabschnitt 4](#)

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

[Anhang 13.1.5.1: 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

Anhang 13.1.11: Auftriebsberechnung GZ 1A nach DIN 1054 für das Regenrückhaltebecken bei Bau-km 75+790

Anhang 13.1.12: Hydraulische Nachweise der Einleitstelle 1.7 und 1.8 von Wasser & Plan GmbH

Anhang 13.1.13: Bohrprofile der Baugrunduntersuchung vom 23.06.2014 von EHL Erdbaulabor Hannover Ingenieure GmbH

## 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

Niederschlagshöhen 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																
D	I	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	$\Psi_m = 0,30$
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
- $\psi_m$         [-]        = mittlerer Abflussbeiwert gem. „Richtlinie für den Ausbau von Gewässer“
- $A_E$         [m<sup>2</sup>]    = 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.

$$Q_v = A \cdot v_v$$

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

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

Es bedeuten:

- $Q_v$         [m<sup>3</sup>/s] = Regenabfluss bei Vollfüllung
- A            [m<sup>2</sup>]    = Rohrquerschnittsfläche
- $v_v$         [m/s]    = Fließgeschwindigkeit bei Vollfüllung
- d            [m]       = Rohrrinnendurchmesser
- I            [%]       = Sohlgefälle
- g            [m/s<sup>2</sup>] = Fallbeschleunigung (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- $\nu$            [m<sup>2</sup>/s] = kinematische Viskosität (1,31·10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/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
- $\Delta h$  [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 [ $\text{m}/\text{s}^2$ ] = 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

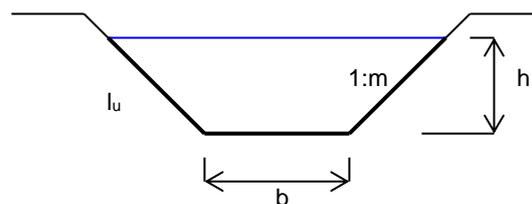
### 1.8. Hydraulische Berechnung von Gräben/Mulden

#### 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 <sup>3</sup> /s]	=	Abfluss
A	[m <sup>2</sup> ]	=	Grabenquerschnitt / Durchflussquerschnitt
h	[m]	=	Grabentiefe (Wasserspiegel)
b	[m]	=	Sohlenbreite
m	[-]	=	Böschungsneigung
l <sub>u</sub>	[m]	=	benetzter Umfang
l	[‰]	=	Sohlgefälle
k <sub>St</sub>	[m <sup>1/3</sup> /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.

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

Für die Mulden werden folgende geometrische Abmessungen festgelegt:

Stauquerschnitt:

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

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 <sup>3</sup> /s]	=	max. Bemessungsdurchfluss
h	[m]	=	Wassertiefe in Muldenmitte
b	[m]	=	Muldenbreite
l	[‰]	=	Sohlgefälle
k <sub>St</sub>	[m <sup>1/3</sup> /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 Böschungflächen 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  $n=1/a$ :

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

Es bedeuten:

V	[m <sup>3</sup> ]	=	Notwendiges Speichervolumen
A <sub>U</sub>	[m <sup>2</sup> ]	=	angeschlossene undurchlässige Fläche
A <sub>S</sub>	[m <sup>2</sup> ]	=	Zur Verfügung stehende Versickerungsfläche

$r_{D(n)}$	[l/(s*ha)]	=	Regenspende der Dauer D und der Häufigkeit n
D	[min]	=	Regendauer
$k_r$	[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

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

Das Mindestvolumen des Beckens muss 50 m<sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> ]	=	Beckenvolumen
$Q_{RKB}$	[m <sup>3</sup> /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:

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

Es bedeuten:

V	[m <sup>3</sup> ]	=	Notwendiges Speichervolumen
V <sub>s,u</sub>	[m <sup>3</sup> /ha]	=	Spezifisches Speichervolumen, bezogen auf A <sub>U</sub>
A <sub>U</sub>	[m <sup>2</sup> ]	=	angeschlossene undurchlässige Fläche
r <sub>D(n)</sub>	[l/(s*ha)]	=	Regenspende der Dauer D und der Häufigkeit n
q <sub>Dr,R,u</sub>	[l/(s*ha)]	=	Regenanteil der Drosselabflussspende, bezogen auf A <sub>U</sub>
D	[min]	=	Regendauer
f <sub>A</sub>	[-]	=	Abminderungsfaktor in Abhängigkeit von t <sub>f</sub> , q <sub>Dr,R,u</sub> und n
f <sub>Z</sub>	[-]	=	Zuschlagsfaktor nach Tabelle 2, DWA-A 117
Q <sub>Dr</sub>	[l/s]	=	Drosselabfluss des RRR
f <sub>Z</sub>	[-]	=	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 <sup>2</sup>
<b>Entsiegelung</b>	<b>~ 730,00 m<sup>2</sup></b>

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:

vorh. Fahrbahnfläche B 404	~ 3.063,00 m <sup>2</sup>
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 4.375,00 m <sup>2</sup>
<b>Mehrversiegelung</b>	<b>~ 1.312,00 m<sup>2</sup></b>

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 Au:

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

### 2.1.6 Dimensionierung der Versickerungsmulde

Im Entwässerungsabschnitt 1.1 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche **Au = 4.099,50 m<sup>2</sup>**. 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  $< 1 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$  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

$$Q_S = k_f / 2 \times A_S \times 1000 \text{ l/s}$$

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

Die Einleitmenge für das 1-jährige Regeneignis (110 l/s x ha) beträgt für die angeschlossene Fläche von  $A_U = 4.099,50 \text{ m}^2$ :

$$Q_{\text{Ein}} = 110 \text{ (l/s x ha)} \times 4.099,50 \text{ m}^2 / 10.000 = \mathbf{45,09 \text{ l/s}}$$

## **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 <sup>2</sup>
<b>Entsiegelung</b>	<b>~ 1.972,00 m<sup>2</sup></b>

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

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

Flächenbilanz.

vorh. Fahrbahnfläche B 404	~ 8.116,00 m <sup>2</sup>
gepl. Rückbau vorh. Rastplatz	~ 533,00 m <sup>2</sup>
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 12.302,00 m <sup>2</sup>
<b>Mehrversiegelung</b>	<b>~ 3.653,00 m<sup>2</sup></b>

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 Böschungsf lächen</u>	
<b><math>A_u</math>:</b>	
Fahrbahn (gepl.)	$11.996,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 = 10.796,40 \text{ m}^2$
Bankett (gepl.)	$1.425,00 \text{ m}^2 \cdot 0,3 = 427,50 \text{ m}^2$
	<b><math>\Sigma \quad 11.223,90 \text{ m}^2</math></b>

Abflusswirksame Fläche  $A_u$ :

<u>Bereich des Ersatzbauwerkes BW2228539: B 404 (73+721 – 73+740), Entwässerung über südlichen Schacht 73+721_r</u>	
<b><math>A_u</math>:</b>	
Fahrbahn (gepl.)	$306,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 = 275,40 \text{ m}^2$
	<b><math>\Sigma \quad 275,40 \text{ m}^2</math></b>

**2.2.6 Dimensionierung der Versickerungsmulde**

Im Entwässerungsabschnitt 1.2 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche  $A_u = 11.223,90 \text{ m}^2$ . 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  $< 1 \cdot 10^{-4}$  [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

$$Q_S = k_f / 2 \times A_S \times 1000 \text{ l/s}$$

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

Die Einleitmenge für das 1-jährige Regenereignis (110 l/s x ha) beträgt für die angeschlossene Fläche von  $A_U = 11.223,90 \text{ m}^2$ :

$$Q_{\text{Ein}} = 110 \text{ (l/s x ha)} \times 11.223,90 \text{ m}^2 / 10.000 = \mathbf{123,46 \text{ l/s}}$$

Im Entwässerungsabschnitt 1.2 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche  $A_U = 275,40 \text{ m}^2$ . 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  $1,0 \cdot 10^{-5}$  [m/s] ausgeführt. Unterhalb des Oberbodens wird zur Filterstabilität eine 20 cm dicke Sandschicht mit einem kf-Wert  $< 1 \cdot 10^{-4}$  [m/s] angeordnet. Die Ergebnisse der Muldenbemessung sind in Anhang 13.1.2.1 dargestellt.

Für die Mulde mit der Abmessung  $A_S = 32 \text{ m}^2$  ergibt sich eine Versickerungsrate von

$$Q_S = k_f / 2 \times A_S \times 1000 \text{ l/s}$$

$$Q_S = 0,00001 / 2 \times 32 \times 1000 = 0,16 \text{ l/s}$$

Die Einleitmenge für das 1-jährige Regenereignis (110 l/s x ha) beträgt für die angeschlossene Fläche von  $A_U = 275,40 \text{ m}^2$ :

$$Q_{\text{Ein}} = 110 \text{ (l/s x ha)} \times 275,40 \text{ m}^2 / 10.000 = \mathbf{3,03 \text{ l/s}}$$

## **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 Böschungflächen

### 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 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.

### 2.3.4 Flächenbilanz

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

Flächenbilanz:

gepl. Rückbau vorh. Radwegfläche	~ 743,00 m <sup>2</sup>
<b>Entsiegelung</b>	<b>~ 743,00 m<sup>2</sup></b>

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):

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

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

Flächenbilanz.

vorh. Fahrbahnfläche B 404	~ 3.176,00 m <sup>2</sup>
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 4.632,00 m <sup>2</sup>
<b>Mehrversiegelung</b>	<b>~ 1.456,00 m<sup>2</sup></b>

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  $A_u$ :

B 404 (73+750 – 74+120), Entwässerung über südliche Böschungflächen

<b>Au:</b>		
Fahrbahn (gepl.)	$4.409,78 \text{ m}^2 \cdot 0,9 =$	$3.968,80 \text{ m}^2$
Bankett (gepl.)	$555,00 \text{ m}^2 \cdot 0,3 =$	$166,50 \text{ m}^2$
	$\Sigma$	<b><math>4.135,30 \text{ m}^2</math></b>

Abflusswirksame Fläche Au:

Bereich des Ersatzbauwerkes BW2228539: B 404 (73+740 – 73+754), Entwässerung über südlichen Schacht 73+751\_r

<b>Au:</b>		
Fahrbahn (gepl.)	$222,22 \text{ m}^2 \cdot 0,9 =$	$200,00 \text{ m}^2$
	$\Sigma$	<b><math>200,00 \text{ m}^2</math></b>

### 2.3.6 Dimensionierung der Versickerungsmulde

Im Entwässerungsabschnitt 1.3 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche **Au = 4.135,30 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  $< 1 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$  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

$$Q_S = k_f / 2 \times A_S \times 1000 \text{ l/s}$$

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

Die Einleitmenge für das 1-jährige Regenereignis ( $110 \text{ l/s} \times \text{ha}$ ) beträgt für die angeschlossene Fläche von  $A_U = 4.135,30 \text{ m}^2$ :

$$Q_{\text{Ein}} = 110 \text{ (l/s} \times \text{ha)} \times 4.135,30 \text{ m}^2 / 10.000 = \mathbf{45,49 \text{ l/s}}$$

Im Entwässerungsabschnitt 1.3 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche **Au = 200,00 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  $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ [m/s]}$  ausgeführt. Unterhalb des Oberbodens wird zur Filterstabilität eine 20 cm dicke Sandschicht mit einem kf-Wert  $< 1 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$  angeordnet. Die Ergebnisse der Muldenbemessung sind in Anhang 13.1.3.1 dargestellt.

Für die Mulde mit der Abmessung  $A_S = 26 \text{ m}^2$  ergibt sich eine Versickerungsrate von

$$Q_S = k_f / 2 \times A_S \times 1000 \text{ l/s}$$

$$Q_S = 0,00001 / 2 \times 26 \times 1000 = 0,13 \text{ l/s}$$

Die Einleitmenge für das 1-jährige Regenereignis ( $110 \text{ l/s} \times \text{ha}$ ) beträgt für die angeschlossene Fläche von  $A_U = 200,00 \text{ m}^2$ :

$$Q_{\text{Ein}} = 110 \text{ (l/s} \times \text{ha)} \times 200,00 \text{ m}^2 / 10.000 = \mathbf{2,20 \text{ l/s}}$$

## 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 Geschiebelehme 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 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.

### 2.4.4 Flächenbilanz

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

Flächenbilanz:

gepl. Rückbau vorh. Radwegfläche	~ 203,00 m <sup>2</sup>
<b>Entsiegelung</b>	<b>~ 203,00 m<sup>2</sup></b>

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 <sup>2</sup>
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 1.255,00 m <sup>2</sup>
<b>Mehrversiegelung</b>	<b>~ 398,00 m<sup>2</sup></b>

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  $A_U$ :

<u>B 404 (74+120 – 74+220), Entwässerung über südliche Böschungsflächen</u>		
<b><math>A_U</math>:</b>		
Fahrbahn (gepl.)	998,50 m <sup>2</sup> · 0,9 =	898,65 m <sup>2</sup>
Bankett (gepl.)	150,00 m <sup>2</sup> · 0,3 =	45,00 m <sup>2</sup>
	<b>Σ</b>	<b>943,65 m<sup>2</sup></b>

Abflusswirksame Fläche  $A_U$ :

<u>Bereich des Ersatzbauwerkes BW2228521: B 404 (74+221 – 74+236), Entwässerung über südlichen Schacht 74+221_r</u>		
<b><math>A_U</math>:</b>		
Fahrbahn (gepl.)	256,5 m <sup>2</sup> · 0,9 =	230,85 m <sup>2</sup>
	<b>Σ</b>	<b>230,85 m<sup>2</sup></b>

#### 2.4.6 Dimensionierung der Versickerungsmulde

Im Entwässerungsabschnitt 1.4 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche  $A_U = 943,65 \text{ m}^2$ . 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  $< 1 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$  angeordnet. Die Ergebnisse der Muldenbemessung sind in **Anhang 13.1.4** dargestellt.

Für die Mulde mit der Abmessung  $A_S = 200 \text{ m}^2$  ergibt sich eine Versickerungsrate von

$$Q_S = k_f / 2 \times A_S \times 1000 \text{ l/s}$$

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

Die Einleitmenge für das 1-jährige Regenereignis ( $110 \text{ l/s} \times \text{ha}$ ) beträgt für die angeschlossene Fläche von  $A_U = 943,65 \text{ m}^2$ :

$$Q_{\text{Ein}} = 110 \text{ (l/s} \times \text{ha)} \times 943,65 \text{ m}^2 / 10.000 = \mathbf{10,38 \text{ l/s}}$$

Im Entwässerungsabschnitt 1.4 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche  $A_U = 230,85 \text{ m}^2$ . 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  $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ [m/s]}$  ausgeführt. Unterhalb des Oberbodens wird zur Filterstabilität eine 20 cm dicke Sandschicht mit einem  $k_f$ -Wert  $< 1 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$  angeordnet. Die Ergebnisse der Muldenbemessung sind in Anhang 13.1.4.1 dargestellt.

Für die Mulde mit der Abmessung  $AS = 35 \text{ m}^2$  ergibt sich eine Versickerungsrate von

$$QS = k_f / 2 \times AS \times 1000 \text{ l/s}$$

$$QS = 0,00001 / 2 \times 35 \times 1000 = 0,18 \text{ l/s}$$

Die Einleitmenge für das 1-jährige Regenerereignis ( $110 \text{ l/s} \times \text{ha}$ ) beträgt für die angeschlossene Fläche von  $A_U = 230,85 \text{ m}^2$ :

$$Q_{\text{Ein}} = 110 \text{ (l/s} \times \text{ha)} \times 230,85 \text{ m}^2 / 10.000 = 2,54 \text{ l/s}$$

## **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 Fahrbahflächen.

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:

vorh. Fahrbahfläche B 404	~ 2.390,00 m <sup>2</sup>
gepl. Fahrbahfläche B 404	~ 3.072,00 m <sup>2</sup>
gepl. Rückbau vorh. Radwegfläche	~ 359,00 m <sup>2</sup>
<b>Mehrversiegelung</b>	<b>~ 323,00 m<sup>2</sup></b>

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.

vorh. Fahrbahfläche B 404	~ 1.191,00 m <sup>2</sup>
gepl. Fahrbahfläche B 404	~ 1.191,00 m <sup>2</sup>
<b>Entsiegelung/Mehrversiegelung</b>	<b>~ 0,00 m<sup>2</sup></b>

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:

vorh. Fahrbahfläche B 404	~ 181,00 m <sup>2</sup>
gepl. Fahrbahfläche B 404	~ 168,00 m <sup>2</sup>
gepl. Rückbau vorh. Radwegfläche	~ 375,00 m <sup>2</sup>
<b>Entsiegelung</b>	<b>~ 388,00 m<sup>2</sup></b>

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

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 <sup>2</sup>
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 187,00 m <sup>2</sup>
gepl. Rückau vorh. Radwegfläche	~ 49,00 m <sup>2</sup>
<b>Entsiegelung</b>	<b>~ 66,00 m<sup>2</sup></b>

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

**2.5.5 Berechnung Bemessungsabfluss / Berechnung der abflusswirksamen Fläche**

Berechnung des Bemessungsabfluss

Abflusswirksame Einzugsgebietsfläche A<sub>E</sub>:

B 404 (74+220 – 74+400), AS Todendorf/Mollhagen Rampe 4, Entwässerung über südliche Böschungsflächen		
Fahrbahn (gepl.)	2.473,50 m <sup>2</sup>	A <sub>E</sub>
Mulde (gepl.)	26,00 m <sup>2</sup>	A <sub>E</sub>
Bankett (gepl.)	285,00 m <sup>2</sup>	A <sub>E</sub>
Böschung (gepl. u. vorh.)	1.196,00 m <sup>2</sup>	A <sub>E</sub>
<b>Σ</b>	<b>3.980,50 m<sup>2</sup></b>	<b>A<sub>E</sub></b>

Teilflächen Versickerung:

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

**Regenabfluss:**

Fahrbahn (gepl.)	$2.473,50 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	<b>22,88 l/s</b>
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
<b>Σ</b>		<b>38,37 l/s</b>

**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
<b>Σ</b>		<b>21,89 l/s</b>

<b>Abfluss:</b>	$38,37 \text{ l/s} - 21,89 \text{ l/s} =$	<b>16,48 l/s</b>
-----------------	---	------------------

Einleitmenge

Der Abfluss, der auf den Böschungsflächen 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 Böschungsflächen

<b><math>A_U</math>:</b>		
Fahrbahn (gepl.)	$1.191,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 =$	$1.071,90 \text{ m}^2$
Bankett (gepl.)	$89,00 \text{ m}^2 \cdot 0,3 =$	$26,70 \text{ m}^2$
$\Sigma$		<b><math>1.098,60 \text{ m}^2</math></b>

Abflusswirksame Fläche  $A_U$ :

Bereich des Ersatzbauwerkes BW2228521: B 404 (**74+236 – 74+256**), Entwässerung über Schacht 74+252\_u

<b><math>A_U</math>:</b>		
Fahrbahn (gepl.)	$342,0 \text{ m}^2 \cdot 0,9 =$	$307,80 \text{ m}^2$
$\Sigma$		<b><math>307,80 \text{ m}^2</math></b>

Abflusswirksame Fläche  $A_U$ :

Bereich des Ersatzbauwerkes BW2228521: B 404 (**74+256 – 74+271**), Entwässerung über südlichen Schacht 74+270\_r

<b><math>A_U</math>:</b>		
Fahrbahn (gepl.)	$256,5 \text{ m}^2 \cdot 0,9 =$	$230,85 \text{ m}^2$
$\Sigma$		<b><math>230,85 \text{ m}^2</math></b>

Abflusswirksame Einzugsgebietsfläche  $A_E$ :

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

Fahrbahn (gepl.)	$168,00 \text{ m}^2$	$A_E$
Bankett (gepl.)	$45,00 \text{ m}^2$	$A_E$
Böschung (gepl. u. vorh.)	$194,00 \text{ m}^2$	$A_E$
$\Sigma$		<b><math>407,00 \text{ m}^2 \quad A_E</math></b>

Teilflächen Versickerung:

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

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

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

<b>Abfluss:</b>	$4,00 \text{ l/s} - 3,47 \text{ l/s} =$	<b><math>0,53 \text{ l/s}</math></b>
-----------------	---	--------------------------------------

Einleitmenge

Der Abfluss, der auf den Böschungsflächen 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 Böschungsflächen			
Fahrbahn (gepl.)	187,00	m <sup>2</sup>	$A_E$
Bankett (gepl.)	49,00	m <sup>2</sup>	$A_E$
Böschung (gepl. u. vorh.)	509,00	m <sup>2</sup>	$A_E$
$\Sigma$	<b>745,00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b><math>A_E</math></b>

Teilflächen Versickerung:

B 404 (74+400 – 74+430), AS Todendorf/Mollhagen Rampe 1, Entwässerung über nördliche Böschungsflächen			
<b>Regenabfluss:</b>			
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
$\Sigma$			<b>7,46 l/s</b>
<b>spezifische Versickerungsraten:</b>			
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
$\Sigma$			<b>8,25 l/s</b>
<b>Abfluss:</b>	$7,46 \text{ l/s} - 8,25 \text{ l/s}$	=	<b>-0,79 l/s</b>

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  $A_U = 1.098,60 \text{ m}^2$ . 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  $< 1 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$  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

$$Q_S = k_f / 2 \times A_S \times 1000 \text{ l/s}$$

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

Die Einleitmenge für das 1-jährige Regenereignis ( $110 \text{ l/s} \times \text{ha}$ ) beträgt für die angeschlossene Fläche von  $A_U = 1.098,60 \text{ m}^2$ :

$$Q_{\text{Ein}} = 110 \text{ (l/s x ha)} \times 1.098,60 \text{ m}^2 / 10.000 = \mathbf{12,08 \text{ l/s}}$$

Im Entwässerungsabschnitt 1.4 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche  $A_U = 230,85 \text{ m}^2$ . 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  $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ [m/s]}$  ausgeführt. Unterhalb des Oberbodens wird zur Filterstabilität eine 20 cm dicke Sandschicht mit einem kf-Wert  $< 1 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$  angeordnet. Die Ergebnisse der Muldenbemessung sind in Anhang 13.1.5.1 dargestellt.

Für die Mulde mit der Abmessung  $AS = 30 \text{ m}^2$  ergibt sich eine Versickerungsrate von

$$QS = kf / 2 \times AS \times 1000 \text{ l/s}$$

$$QS = 0,00001 / 2 \times 30 \times 1000 = 0,15 \text{ l/s}$$

Die Einleitmenge für das 1-jährige Regeneignis ( $110 \text{ l/s x ha}$ ) beträgt für die angeschlossene Fläche von  $A_U = 230,85 \text{ m}^2$ :

$$Q_{\text{Ein}} = 110 \text{ (l/s x ha)} \times 230,85 \text{ m}^2 / 10.000 = \mathbf{2,54 \text{ l/s}}$$

#### Einleitstelle 1.5.2:

Die Einleitmenge für das 1-jährige Regeneignis ( $110 \text{ l/s x ha}$ ) beträgt für die angeschlossene Fläche von  $A_U = 307,80 \text{ m}^2$ :

$$Q_{\text{Ein}} = 110 \text{ (l/s x ha)} \times 307,80 \text{ m}^2 / 10.000 = \mathbf{3,39 \text{ l/s}}$$

## **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 „namenloses Gewässer“ DN 500 bei Bau-km 74+779

Südliche Fahrbahnseite:

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

### **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 Geschiebelehme 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 Fahrbahflächen.

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.

### 2.6.4 Flächenbilanz

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

Flächenbilanz:

gepl. Rückbau vorh. Radwegfläche	~ 453,00 m <sup>2</sup>
gepl. Rückbau vorh. Rastplatzfläche	~ 32,00 m <sup>2</sup>
<b>Entsiegelung</b>	<b>~ 485,00 m<sup>2</sup></b>

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):

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

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

Flächenbilanz:

vorh. Fahrbahnfläche B 404	~ 3.224,00 m <sup>2</sup>
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 5.203,00 m <sup>2</sup>
<b>Mehrversiegelung</b>	<b>~ 1.979,00 m<sup>2</sup></b>

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><math>A_U</math>:</u>		
Fahrbahn (gepl.)	$6.957,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 =$	<b>6.261,30 m<sup>2</sup></b>
Bankett (gepl.)	$487,50 \text{ m}^2 \cdot 0,3 =$	146,25 m <sup>2</sup>
	$\Sigma$	<b>6.407,55 m<sup>2</sup></b>

## 2.6.6 Dimensionierung der Versickerungsmulde

Im Entwässerungsabschnitt 1.6 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche  $A_u = 6.407,55 \text{ m}^2$ . 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  $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ [m/s]}$  ausgeführt. Unterhalb des Oberbodens wird zur Filterstabilität eine 20 cm dicke Sandschicht mit einem  $k_f$ -Wert von  $< 1 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$  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

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

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

Die Einleitmenge für das 1-jährige Regenerignis ( $110 \text{ l/s} \times \text{ha}$ ) beträgt für die angeschlossene Fläche von  $A_u = 6.407,55 \text{ m}^2$ :

$$Q_{\text{Ein}} = 110 (\text{l/s} \times \text{ha}) \times 6.407,55 \text{ m}^2 / 10.000 = 70,48 \text{ l/s}$$

## 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 „namenloses Gewässer“ DN 500 bei Bau-km 74+779

Südliche Fahrbahnseite:

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

### 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 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 namenlosen Gewässer 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 <sup>2</sup>
<b>Entsiegelung</b>	<b>~ 761,00 m<sup>2</sup></b>

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):

Fahrbahn (Entsiegelung)  $761,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$  **-7,04 l/s**

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

Flächenbilanz:

vorh. Fahrbahnfläche B 404	~ 5.091,00 m <sup>2</sup>
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 8.382,00 m <sup>2</sup>
<b>Mehrversiegelung</b>	<b>~ 3.291,00 m<sup>2</sup></b>

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<sub>E</sub>:

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

Fahrbahn (gepl.)	8.382,00 m <sup>2</sup>	A <sub>E</sub>
Bankett (gepl.)	840,00 m <sup>2</sup>	A <sub>E</sub>
Mulde (gepl.)	1.102,00 m <sup>2</sup>	A <sub>E</sub>
<b>Σ</b>	<b>10.324,00 m<sup>2</sup></b>	<b>A<sub>E</sub></b>

Undurchlässige Fläche A<sub>u</sub>, Bemessungsabfluss:

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

**Regenabfluss:**

Fahrbahn (gepl.)	$8.382,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4} =$	$77,55 \text{ l/s}$
Bankett (gepl.)	$840,00 \text{ m}^2 \cdot 0,3 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4} =$	$2,59 \text{ l/s}$
Mulde (gepl.)	$1.102,00 \text{ m}^2 \cdot 0,5 \cdot 102,8 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 10^{-4} =$	$5,66 \text{ l/s}$
<b>Abfluss:</b>	$\Sigma$	<b>85,80 l/s</b>

## 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  $50 \text{ m}^3$  betragen. Weiterhin muss für Unfälle zur Leichtstoffrückhaltung ein Ölfangraum von mindestens  $30 \text{ m}^3$  Inhalt vorhanden sein.

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

Ständig gefüllte Becken müssen für eine Oberflächenbeschickung von höchstens  $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  bezogen auf die Wasserfläche in Ablaufhöhe für eine kritische Regenspende von  $15 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$  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

$$Q_{RKB} = r_{krit} \cdot A_{red} = 15 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{ha}} \cdot 8346 \text{ m}^2 \cdot 10^{-4} = 12,52 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

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

### Beckenvolumen

$$V = 3,6 \cdot Q_{RKB} \cdot \frac{h_B}{q_A} = 3,6 \cdot 12,52 \frac{\text{l}}{\text{s}} \cdot \frac{1,5 \text{ m}}{10 \frac{\text{m}}{\text{h}}} = 6,76 \text{ m}^3$$

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

Das Beckenvolumen des Regenklärbeckens beträgt bis zur Dauereinstauhöhe von  $45,37 \text{ m} \text{üNN}$  ca.  $150 \text{ m}^3$  bei einer Tiefe von  $1,5 \text{ m}$ .

Über einen schwimmergesteuerten Drosselschieber z.B. [Hydrolide Abflussregler DR 200/150/11,69 VN der Firma Steinhardt im Drosselschacht](#) hinter dem Beckenauslauf wird der Ablauf aus dem Regenklärbecken in den Vorfluter „namenloses Gewässer“ 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  $V_{n=0,1} = 222,43 \text{ m}^3$  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 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 45,37 müNN 40 cm tief ins Wasser. Die Fläche  $A_{\text{oben}}$  vor der Tauchwand beträgt bei der Dauereinstauhöhe von 45,37 müNN  $125 \text{ m}^2$ . Die maßgebende Tiefe für die Berechnung des Ölfangraumes beträgt 30 cm (10cm Sicherheitsabschlag aufgrund der Phasentrennfläche). Die Fläche  $A_{\text{unten}}$  beträgt  $105 \text{ m}^2$ .

$$V_{\text{öflangraum}} = \frac{A_{\text{oben}} + A_{\text{unten}}}{2} \times h_{\text{Auffangraum}} = \frac{(125 \text{ m}^2 + 105 \text{ m}^2)}{2} \times 0,30 \text{ m} = 34,5 \text{ m}^3$$

Entsprechend der im Lageplan Maßstab 1:1.000 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  $15 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$  ergibt sich wie folgt:

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

Für das 5-jährige Regenereignis ergibt sich mit nachstehender Regenspende:

$$r_{15, n=0,2} = 163,9 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$$

$$Q_{\text{RKB}} = r_{15,02} \cdot A_{\text{red}} = 163,9 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{ha}} \cdot 8346 \text{ m}^2 \cdot 10^{-4} = 136,79 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 492,44 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$q_A = \frac{Q}{A} = \frac{492,44 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{150 \text{ m}^2} = 3,28 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

Der erforderliche Schlamm Speicher im RRB/RKB hängt von der Häufigkeit der Reinigung ab. Gemäß DWA-A 166 sollte für Regenklärbecken im Dauereinstau und seltener Reinigung ein zusätzlicher Schlamm Speicher zum Nutzungsvolumen vorgesehen werden. Häufig wird ein Wert von  $1 \text{ m}^3$  je Hektar abflusswirksamer Fläche verwendet. Bei einer abflusswirksamen Fläche von  $A_u = 0,8346 \text{ ha}$  ergibt sich ein Schlamm Speicher von ca.  $0,83 \text{ m}^3$ . Die Grundfläche des Regenklärbeckens beträgt vor der schwimmenden Tauchwand ca.  $35 \text{ m}^2$ . Bei einem Schlamm Speichervolumen von  $0,83 \text{ m}^3$  ergibt sich eine Schlamm Speicherhöhe von ca. 2,3 cm im Regenklärbecken. Das gesamte Beckenvolumen bis zum Dauereinstau beträgt ca.  $150 \text{ m}^3$ . Abzüglich dem vorhandenen Ölfangraum von  $34,50 \text{ m}^3$  und dem Schlamm Speichervolumen von  $0,80 \text{ m}^3$  ergibt sich ein Restvolumen von  $114,70 \text{ m}^3$ , welche als Nutzvolumen zur Einhaltung der Klärbedingung ausreichend groß ist.

Das Erdbecken wird mit einer 0,50 m dicken mineralischen Abdichtung ausgeführt. Die mineralische Abdichtung wird entsprechend der RAS-Ew (Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung) für Erdbecken hergestellt. Der mineralische Boden muss dabei einen kf-Wert  $< 10^{-9}$  m/s aufweisen. Über der mineralischen Abdichtung wird eine 0,20 m dicke Schutzschicht aus lehmigem Kiessand 0/16 mm gemäß der RAS-Ew eingebaut.

Das Becken erhält folgende Eckdaten:

Art		Erdbecken mit Dauerstau
Beckenvolumen	V =	150,00 m <sup>3</sup> (bis zur Dauereinstauhöhe)
Tiefe T	T =	1,50 m
Böschungsneigung		1 : 2
Leichtflüssigkeitsabscheider		Ölauffangraum V=34,5 m <sup>3</sup> , Tauchwand
Drosselabfluss	Q <sub>Dr</sub>	11,69 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 <sup>2</sup>
gepl. Rückbau vorh. Rampe	~ 1.657,00 m <sup>2</sup>
<b>Entsiegelung</b>	<b>~ 3.016,00 m<sup>2</sup></b>

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)	$3.016,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	<b>-27,90 l/s</b>
-------------------------	--	-------------------

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

Flächenbilanz:

vorh. Fahrbahnfläche B 404 und Rampe	~ 10.704,00 m <sup>2</sup>
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 8.888,00 m <sup>2</sup>
<b>Minderversiegelung</b>	<b>~ 1.816,00 m<sup>2</sup></b>

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

Berechnung Mindereinleitung:

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

#### 2.8.5 Berechnung Bemessungsabfluss

Berechnung des Bemessungsabfluss

Abflusswirksame Einzugsgebietsfläche A<sub>E</sub>:

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

Fahrbahn (gepl.)	7.775,00 m <sup>2</sup>	A <sub>E</sub>
Bankett (gepl.)	900,00 m <sup>2</sup>	A <sub>E</sub>
Mulde (gepl.)	1.369,00 m <sup>2</sup>	A <sub>E</sub>
<b>Σ</b>	<b>10.044,00 m<sup>2</sup></b>	<b>A<sub>E</sub></b>

Undurchlässige Fläche A<sub>u</sub>, Bemessungsabfluss:

B 404 (75+360 – 75+960), 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
<b>Abfluss:</b>	<b><math>\Sigma</math></b>	<b>81,73 l/s</b>

Abflusswirksame Einzugsgebietsfläche A<sub>E</sub>:

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

Fahrbahn (gepl.)	1.047,00 m <sup>2</sup>	A <sub>E</sub>
Bankett (gepl.)	345,00 m <sup>2</sup>	A <sub>E</sub>
Böschung (gepl. u. vorh.)	2.377,00 m <sup>2</sup>	A <sub>E</sub>
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>3.769,00 m<sup>2</sup></b>	<b>A<sub>E</sub></b>

Teilflächen Versickerung:

B 404 (75+480 – 75+740), Entwässerung über westliche Böschung

**Regenabfluss:**

Fahrbahn (gepl.)	$1.047,00 \text{ m}^2 \cdot 0,9 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	9,69 l/s
Bankett (gepl.)	$345,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	3,55 l/s
Böschung (gepl. u. vorh.)	$2.377,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 102,8 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	24,44 l/s
	<b><math>\Sigma</math></b>	<b>37,68 l/s</b>

**spezifische Versickerungsraten:**

Bankett (gepl.)	$345,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 125,0 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	4,31 l/s
Böschung (gepl. u. vorh.)	$2.377,00 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \cdot 150,0 \text{ l/s}\cdot\text{ha} \cdot 10^{-4} =$	35,66 l/s
	<b><math>\Sigma</math></b>	<b>39,97 l/s</b>

<b>Abfluss:</b>	$37,68 \text{ l/s} - 39,97 \text{ l/s} =$	<b>-2,29 l/s</b>
-----------------	---	------------------

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 m<sup>3</sup> betragen. Weiterhin muss für Unfälle zur Leichtstoffrückhaltung ein Ölfangraum von mindestens 30 m<sup>3</sup> Inhalt vorhanden sein.

Die horizontale Fließgeschwindigkeit zwischen Beckensohle und Tauchwand soll beim Beckenabfluss (Q<sub>RKB</sub>) 0,05 m/s nicht überschreiten.

Ständig gefüllte Becken müssen für eine Oberflächenbeschickung von höchstens 10 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>\*h) bezogen auf die Wasserfläche in Ablaufhöhe für eine kritische Regenspende von 15 l/(s\*ha) bemessen sein. Der Bemessungsabfluss Q<sub>RKB</sub> 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 45,65 müNN ca. 150 m<sup>3</sup> bei einer Tiefe von 1,5 m.

Über einen schwimmergesteuerten Drosselschieber z.B. Hydrolide Abflussregler DR 200/150/11,93 VN der Firma Steinhardt im Drosselschacht hinter dem Beckenauslauf wird der Ablauf aus dem Regenklärbecken in den Vorfluter Verbandsgewässer Nr. 1.28 auf  $Q_{RKB} = Q_{Dr} = 11,93$  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  $V_{n=0,1} = 208,45$  m<sup>3</sup> 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  $V = 229,95$  m<sup>3</sup>.

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 45,65 müNN 40 cm tief ins Wasser. Die Fläche  $A_{oben}$  vor der Tauchwand beträgt bei der Dauereinstauhöhe von 45,65 müNN 125 m<sup>2</sup>. Die maßgebende Tiefe für die Berechnung des Öfangraumes beträgt 30 cm (10cm Sicherheitsabschlag aufgrund der Phasentrennfläche). Die Fläche  $A_{unten}$  beträgt 105 m<sup>2</sup>.

$$V_{\text{Öfangraum}} = \frac{A_{oben} + A_{unten}}{2} \times h_{\text{Aufangraum}} = \frac{(125 m^2 + 105 m^2)}{2} \times 0,30 m = 34,5 m^3$$

Entsprechend der im Lageplan Maßstab 1:1.000 eingezeichneten Position der Tauchwand beträgt die Fläche zwischen Tauchwandunterkante und Beckensohle  $A = 5,72$  m<sup>2</sup>.

Die horizontale Fließgeschwindigkeit unter der Tauchwand ergibt sich wie folgt:

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

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

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

Für das 5-jährige Regenerereignis ergibt sich mit nachstehender Regenspende:

$$r_{15,n=0,2} = 163,9 \text{ l/s}\cdot\text{ha}$$

$$Q_{RKB} = r_{15,0,2} \cdot A_{red} = 163,9 \frac{\text{l}}{\text{s}\cdot\text{ha}} \cdot 7950 \text{ m}^2 \cdot 10^{-4} = 130,30 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 469,08 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$q_A = \frac{Q}{A} = \frac{469,08 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{150 \text{m}^2} = 3,13 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

Der erforderliche Schlamm Speicher im RRB/RKB hängt von der Häufigkeit der Reinigung ab. Gemäß DWA-A 166 sollte für Regenklärbecken im Dauereinstau und seltener Reinigung ein zusätzlicher Schlamm Speicher zum Nutzungsvolumen vorgesehen werden. Häufig wird ein Wert von  $1 \text{ m}^3$  je Hektar abflusswirksamer Fläche verwendet. Bei einer abflusswirksamen Fläche von  $A_u = 0,7950 \text{ ha}$  ergibt sich ein Schlamm Speicher von ca.  $0,80 \text{ m}^3$ . Die Grundfläche des Regenklärbeckens beträgt vor der schwimmenden Tauchwand ca.  $35 \text{ m}^2$ . Bei einem Schlamm Speichervolumen von  $0,80 \text{ m}^3$  ergibt sich eine Schlamm Speicherhöhe von ca.  $2,3 \text{ cm}$  im Regenklärbecken. Das gesamte Beckenvolumen bis zum Dauereinstau beträgt ca.  $150 \text{ m}^3$ . Abzüglich dem vorhandenen Ölfangraum von  $34,50 \text{ m}^3$  und dem Schlamm Speichervolumen von  $0,80 \text{ m}^3$  ergibt sich ein Restvolumen von  $114,70 \text{ m}^3$ , welche als Nutzvolumen zur Einhaltung der Klärbedingung ausreichend groß ist.

Aufgrund des hohen Grundwasserstandes von ca.  $47,09 \text{ m NN}$  (ermittelt in Grundwassermessstelle PB20) muss für das Erdbecken die Auftriebssicherheit nachgewiesen werden.

Es gibt beim Betrieb des Beckens folgende drei Betriebszustände:

- Maximaler Einstau von  $46,70 \text{ m NN}$
- Dauereinstau von  $45,65 \text{ m NN}$
- Becken leer bei  $43,95$

Der Nachweis der Auftriebssicherheit [Anhang 13.1.11] hat ergeben, dass für den maximalen Einstau von  $46,70 \text{ m NN}$  eine Stärke der Abdichtung von  $0,80 \text{ m}$  erforderlich ist. Für den Dauereinstau von  $45,65 \text{ m NN}$  muss die Abdichtung eine Stärke von  $1,90 \text{ m}$  haben. Wenn das Becken leer ist, muss die Abdichtungsschicht  $4,10 \text{ m}$  stark sein.

Für den Bemessungsfall c) Becken leer wird anstelle der  $4,10 \text{ m}$  starken Abdichtungsschicht eine Ringdrainage DN 150 um das Becken und zusätzlich diagonal unterhalb des Beckens verlegt. Über diese Ringdrainage mit Anschluss an zwei Revisionsschächten kann vor der Leerung des Beckens eine temporäre Grundwasserabsenkung erfolgen.

Das Erdbecken wird mit einer  $2,00 \text{ m}$  dicken mineralischen Abdichtung ausgeführt. Die mineralische Abdichtung wird entsprechend der RAS-Ew (Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung) für Erdbecken hergestellt. Der mineralische Boden muss dabei einen kf-Wert  $< 10^{-9} \text{ m/s}$  aufweisen. Über der mineralischen Abdichtung wird eine  $0,20 \text{ m}$  dicke Schutzschicht aus lehmigem Kiessand  $0/16 \text{ mm}$  gemäß der RAS-Ew eingebaut.

Das Becken erhält folgende Eckdaten:

Art		Erdbecken mit Dauereinstau
Beckenvolumen	V	= $150,00 \text{ m}^3$ (bis zur Dauereinstauhöhe)
Tiefe T	T	= $1,50 \text{ m}$

Böschungsneigung		1 : 2
Leichtflüssigkeitsabscheider		Ölauffangraum V=34,5 m <sup>3</sup> , Tauchwand
Drosselabfluss	Q <sub>Dr</sub>	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 5,79 m abzusenken. Die Reichweite R der Absenkung beträgt ca. 54,93 m. Das geförderte Grundwasser wird über ein temporäres Versickerungsbecken wieder ins Grundwasser eingeleitet. Das Versickerungsbecken muss eine Sohlfläche von ca. 292 m<sup>2</sup> aufweisen. Das Versickerungsbecken wird im Bereich der Rampenflächen, Bauwerksverzeichnisnummer [16] zwischen Bau-km 75+865 und 75+910 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 Geschiebelehne 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 <sup>2</sup>
<b>Entsiegelung</b>	<b>~ 795,00 m<sup>2</sup></b>

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):

Fahrbahn (Entsiegelung)	795,00 m <sup>2</sup> · 0,9 · 102,8 l/s·ha · 10 <sup>-4</sup> =	<b>-7,36 l/s</b>
-------------------------	---	------------------

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

Flächenbilanz:

vorh. Fahrbahnfläche B 404 und Rampe	~ 5.181,00 m <sup>2</sup>
gepl. Fahrbahnfläche B 404	~ 6.898,00 m <sup>2</sup>
<b>Mehrversiegelung</b>	<b>~ 1.717,00 m<sup>2</sup></b>

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<sub>U</sub>:

<u>B 404 (75+960 – 76+520), Entwässerung über südliche Böschungsf lächen</u>		
<b>A<sub>U</sub>:</b>		
Fahrbahn (gepl.)	6.898,00 m <sup>2</sup> · 0,9 =	6.208,20 m <sup>2</sup>
Bankett (gepl.)	840,00 m <sup>2</sup> · 0,3 =	252,00 m <sup>2</sup>
	<b>Σ</b>	<b>6.460,20 m<sup>2</sup></b>

#### 2.9.6 Dimensionierung der Versickerungsmulde

Im Entwässerungsabschnitt 1.9 ergibt sich eine abflusswirksame Fläche **A<sub>U</sub> = 6.460,20 m<sup>2</sup>**. 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 kf-Wert von 5,6\*10<sup>-6</sup> [m/s] ausgeführt. Unterhalb des Oberbodens wird zur Filterstabilität eine 20 cm dicke Sandschicht mit einem kf-Wert < 1\*10<sup>-4</sup> [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

$$Q_S = k_r / 2 \times A_S \times 1000 \text{ l/s}$$

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

Die Einleitmenge für das 1-jährige Regenereignis ( $110 \text{ l/s} \times \text{ha}$ ) beträgt für die angeschlossene Fläche von  $A_U = 6.460,20 \text{ m}^2$ :

$$Q_{\text{Ein}} = 110 (\text{l/s} \times \text{ha}) \times 6.460,20 \text{ m}^2 / 10.000 = \mathbf{71,06 \text{ l/s}}$$

bearbeitet:

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAU- UND VERMESSUNGSWESEN

W. Odermann H. Krause

Lüneburg, 29.11.2018 / 09.07.2019

..... gez. i. A. Meermöller .....