

Adressat  
**Vorhabenträger (DBN/DEGES)**

Aktenzeichen  
**PFSQ\_41\_20009\_TPL**

Verfasser  
**Ingenieurgemeinschaft fehmarklink2**

Dokument-Nr.  
**FBQ\_FSQ\_0000\_99999\_EW\_BRI\_3\_P\_Bauzt. Entwässerung\_100846.Erläuterungen bauzeitliches Entwässerungskonzept\_00**

Revisionsnummer  
**R00**

Datum,  
**21. März 2024**

# **BIM PLANUNG FEHMARNSUNDQUERUNG**

## **ERLÄUTERUNGEN BAUZEITL. ENTWÄSSERUNGSKONZEPT**



**Ingenieurgesellschaft  
fehmarlink2**

Ramboll Deutschland GmbH  
Jürgen-Töpfer-Straße 48  
22763 Hamburg  
T +49 40 328 18-0  
fsq2@ramboll.com

BÖGER+JÄCKLE  
Gesellschaft Beratender  
Ingenieure mbH & Co. KG  
Heidekoppel 4  
24558 Henstedt-Ulzburg  
T +49 41 93 90 08-0  
F +49 41 93 90 08-44  
info@boeger-jaeckle.de

Projekt **BIM Planung Fehmarnsundquerung**

Projekt-Nr. **301001628**

Empfänger **Vorhabenträger (DBN/DEGES)**

Dokument Nr. **FBQ\_FSQ\_0000\_99999\_EW\_BRI\_3\_P\_Bauztl. Entwässerung\_100846.Erläuterungen bauzeitliches Entwässerungskonzept\_00**

Revisions-Status

Revision	Datum	Ersteller	Prüfer	Genehmigt von	Beschreibung
00	20.03.2024	SJBN	JUBU	HNRH	Erstentwurf

## Inhalt

1.	Veranlassung .....	5
2.	Referenzen .....	5
2.1	Richtlinien.....	5
2.2	Weitere Dokumente .....	5
3.	Grundlagen zum Entwässerungskonzept .....	6
3.1	Entwässerungsmaßnahmen.....	6
3.2	Einflussgrößen.....	6
3.3	Bemessung von Regenrückhalteräumen.....	7
3.3.1	Wiederkehrzeit .....	7
3.3.2	Regendauer und Regenspende .....	8
3.3.3	Drosselabflussspende .....	10
3.4	Wasserqualität .....	10
4.	Entwässerungssituation im Bauzustand .....	10
4.1	Entwässerungssituation Festland (Bahn- und gemeinsam genutzte Anlagen) .....	12
4.1.1	Übersicht .....	12
4.1.2	Einzugsgebiet.....	14
4.1.3	Einleitmengen .....	16
4.1.4	Spülfeld am Festland.....	17
4.1.5	Rückhalteraum während der Bauzeit .....	18
4.2	Entwässerungssituation Fehmarn (Bahn- und gemeinsam genutzte Anlagen) .....	19
4.2.1	Übersicht .....	19
4.2.2	Einzugsgebiet.....	21
4.2.3	Einleitstellen .....	22
4.2.4	Einleitmengen .....	22
4.2.5	Bauzeitliche Entwässerung während der Herstellung der Baugruben .....	23
4.2.6	Rückhalteräume während der Bauzeit.....	25
4.3	Entwässerungssituation Festland (Straßenanlagen) .....	26
4.4	Entwässerungssituation Fehmarn (Straßenanlagen) .....	28
4.5	Entwässerung der Baugruben und dem Trockendock während der Bauzeit .....	29
4.5.1	Baugrubenentwässerung.....	29
4.5.2	Trockendockentwässerung .....	30
4.6	Wasserqualität während der Bauzeit.....	32
4.7	Betreiben der Entwässerungsmaßnahmen .....	38
4.8	Maßnahmen für den Havariefall .....	38

4.9	Übersicht der Regenrückhalteräume am Festland und auf Fehmarn .....	39
-----	---	----

ENTWURF

## 1. Veranlassung

Im Zuge des Baus der neuen Fehmarnsundquerung mit einem kombinierten Absenktunnel für die B 207 und die Bahnstrecke 1100 sowie den dazugehörigen übrigen Verkehrsanlagen, Ingenieur- und Betriebsbauwerken erfolgen Einleitungen in Gewässer des Wasser- und Bodenverbandes (WBV) Großenbrode sowie des WBV Avendorf und in den Fehmarnsund (vgl. Abbildung 3-1). Mit dieser Unterlage wird eine Übersicht über die geplanten Einleitstellen mit den angeschlossenen Flächen und vorgesehenen Maßnahmen sowie den erwarteten Einleitmengen während der Baumaßnahme dargelegt.

## 2. Referenzen

### 2.1 Richtlinien

- [1] Arbeitsblatt DWA-A/M 102/BWK-A/M3: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall/Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau, Dezember 2020
- [2] Arbeitsblatt DWA-A 102-2/BWK-A 3-2: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen
- [3] Arbeitsblatt DWA-A 117, Bemessung von Regenrückhalteräumen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V (DWA), Dezember 2013
- [4] Arbeitsblatt DWA-M 799: Betankung von Fahrzeugen, Flurförderzeugen und Arbeitsmaschinen auf Baustellen, in der Land- und Forstwirtschaft, in Sand oder Kiesgruben oder in ähnlichen Einrichtungen, April 2023 (Entwurf)
- [5] Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und -auswertung des Deutschen Wetterdienstes (KOSTRA-DWD), Niederschlagshöhen Januar bis Dezember, Stand 2020
- [6] Richtlinie 836 - Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten 2019, DB Netz AG in der Fassung vom 01.02.2019
- [7] Richtlinien für die Entwässerung von Straßen (REWS) Ausgabe 2021, Forschungs-gesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau
- [8] Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein (LVermGeo SH): Amtliches Wasserwirtschaftliches Gewässerverzeichnis, URL: [https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/Wasserland\\_AWGV](https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/Wasserland_AWGV), zuletzt abgerufen am 20.06.2023

### 2.2 Weitere Dokumente

- [9] Landesportal Schleswig-Holstein, URL: [schleswig-holstein.de](https://schleswig-holstein.de) - Wasserrahmenrichtlinie - Bearbeitungsgebiet Wagrien-Fehmarn (28), zuletzt abgerufen am 01.02.2024
- [10] Ermittlung von starkregenimplizierten Durchflüssen im Umfeld des geplanten Absenktunnels Fehmarnsundquerung mittels Niederschlag-Abfluss-Modellierung – Starkregenabflüsse während der Bauphasen, Dr. Volkmar Dunger, Entwurf vom 30.01.2023
- [11] Erlaubnisbescheid Auffangparkplatz in Gewässer 1, Kreis Ostholstein, vom 28.07.1997
- [12] Orientierender Schadstoffbericht LAGA & GÜBAK für die Bahn- und Straßentrasse, BBI-Ingenieur-Gesellschaft mbH vom 31.05.2023
- [13] Orientierender Schadstoffbericht LAGA M20 & Ersatzbaustoffverordnung für AS Großenbrode, BBI-Ingenieur-Gesellschaft mbH vom 01.02.2024

- [14] Orientierender Schadstoffbericht LAGA M20 & Ersatzbaustoffverordnung für freie Strecke Fehmarn, BBI-Ingenieur-Gesellschaft vom 23.01.2024
- [15] ABS/NBS Hamburg-Lübeck-Puttgarten (Hinterlandanbindungs FBQ), Planfeststellungsabschnitt 5.1, Wasserrechtlicher Fachbeitrag, 24.06.2022
- [16] Hydrogeologischer Bericht zu Berechnung der bauzeitlichen Wasserhaltung, IBES-Baugrundinstitut vom 23.01.2024

### 3. Grundlagen zum Entwässerungskonzept

Zu Beginn wird auf mögliche Entwässerungsmaßnahmen und auf die für das Konzept der bauzeitl. Entwässerung zugrundgelegten Bemessungsparameter eingegangen. Im Anschluss wird in 3.3 die Bemessung von Regenrückhalteräumen (RRR) beschrieben und die festgelegten Regenereignisse dargestellt. Abschließend wird in 3.4 die Thematik der Wasserqualität im Untersuchungsgebiet und der Einfluss aus der bauzeitlichen Entwässerung erläutert.

#### 3.1 Entwässerungsmaßnahmen

Eine Maßnahme der Entwässerung ist die flächenhafte Versickerung über bspw. Böschungen oder Rasenmulden. Ist dies aus geologischen, hydrologischen, ökologischen oder konstruktiven Gründen jedoch nicht möglich sollte das anfallenden Oberflächenwasser gesammelt und verzögert abgeleitet werden. Dies kann etwa durch Regenrückhalteräume geschehen [7]. Eine erforderliche Verzögerung der Einleitung und eine dadurch erforderliche Rückhaltung des Oberflächenwassers ergibt sich zumeist aus Vorgaben in das einzuleitende Gewässer.

Im Allgemeinen gilt es weiterhin Niederschlagswasser durch ein freies Gefälle oder mittels Pumpen umliegenden Gräben bzw. RRR zuzuführen, um letztendlich in die Vorflut einleiten zu können.

#### 3.2 Einflussgrößen

Die Entwässerung eines betrachteten Gebiets hängt maßgeblich von seiner Beschaffenheit ab. Eigenschaften des Gebietes, wie etwa der Versiegelungsgrad, die Entfernung zur Einleitstelle oder ein vorhandenes Gefälle, können die Entwässerung stark beeinflussen. Neben der Berücksichtigung der Gebietseigenschaften werden zur Bestimmung des aufkommenden Gebietsniederschlags und die daraus resultierende Abflussbildung, welche für die weitere Planung von Entwässerungsmaßnahmen notwendig sind, die nachfolgenden Größen herangezogen:

- Regenspende  $r$  in  $l/(s \cdot ha)$
- Drosselabfluss  $Q_{DR}$  bzw. Abfluss  $Q_A$  in  $l/s$
- Niederschlagshöhe  $h_N$  in  $l/m^2$
- Dauerstufe  $D$  in  $min$
- Einzugsgebietsfläche  $A_E$  in  $ha$
- Abflussbeiwert  $\psi$
- Wiederkehrzeit  $T_n$  in  $a$

Der Gebietsniederschlag kann mit Hilfe eines Niederschlags-Abfluss-Modells (N-A-Modells) entsprechend der örtlichen Begebenheiten abgebildet und die Abflussbildung im zeitlichen Verlauf ermittelt werden.

### 3.3 Bemessung von Regenrückhalteräumen

Übertrifft die Abflussbildung bzw. die Abgabe  $Q_A$  an der Einleitstelle die erlaubte Maximalmenge des einzuleitenden Gewässers, ist die Drosselung und die Begrenzung der Gebietsabflüsse bspw. durch einen Regenrückhalteraum (RRR) erforderlich.

Gemäß dem Arbeitsblatt DWA-A 117 [3] ist die Bemessung der RRR mit Hilfe statistischer Niederschlagsdaten und für kleine und einfach strukturierte Entwässerungssysteme mit dem „einfachen“ Verfahren durchzuführen. Dieses Verfahren sieht die Ermittlung der Gesamtwassermenge als Produkt folgender Faktoren vor:

Regenspende  $r$ , Dauerstufe  $D$ , Einzugsgebiet  $A_E$ , Abflussbeiwert  $\psi$ , Zuschlagsfaktor gemäß Risikomaß  $f_z$ , Abminderungsfaktor gemäß Abflusssdämpfung  $f_A$ , Wiederkehrzeit  $T_n$

Die Ermittlung des erforderlichen Rückhaltevolumens durch das einfache Verfahren setzt die Definition der Wiederkehrzeit  $T_n$  und die Vorgabe der Regenspende  $r$  bzw. des Drosselabflusses  $Q_{DR}$  voraus.

Da sich das Einzugsgebiet mitsamt der unterschiedlichen Bodenlagerflächen und Bauteilen als komplex erweist, wird es nicht mittels des „einfachen“ Verfahrens, sondern mittels einer NA-Modellierung abgebildet und untersucht.

#### 3.3.1 Wiederkehrzeit

Für das Planungsgebiet der Fehmarnsundquerung, welches zum Gewässer- und Landschaftsverband (GULV) Wagrien-Fehmarn zählt und sich in den Wasser- und Bodenverband Großenbrode und Avendorf aufteilt (siehe Abbildung 3-1), gilt gemäß REWS [7], Absatz 8.7.2.4 die Niederschlagshäufigkeit für die Bemessung von Regenrückhaltebecken mit den Wasserbehörden abzustimmen, mindestens aber mit 1-mal in 2 Jahren (Wiederkehrzeit  $T_n = 2$ ) anzusetzen.

Nach dem Gewässer- und Landschaftsverband (GULV) Wagrien-Fehmarn gibt es für den Bereich Großenbrode eine außergerichtliche Einigung zwischen dem LBV/DEGES und dem WBV Großenbrode, wonach etwaige RRR der Verkehrsanlage Straße mit Ableitung zum Gewässer 5.1.1 für den Betriebszustand auf ein 100 jährliches Regenereignis zu bemessen sind, zu anderen Verbandsgewässern für den Betriebszustand auf ein 30 jährliches Regenereignis. Die RRR der Verkehrsanlage Bahn werden nach den Vorschriften der DB (Ril 836 [6]) für den Betriebszustand auf eine Wiederkehrzeit von 10 Jahren bemessen.

Die RRR der Verkehrsanlage Straße werden für den Betriebszustand für die Einleitung in den Sund mit der gleichen Wiederkehrzeit wie die Verkehrsanlage Bahn bemessen.

Für den Bauzustand, welchen es in diesem Dokument zu betrachten gilt, wird ein Wiederkehrintervall von einmal in 5 Jahren für die Planung der Einleitmengen im gesamten Planungsgebiet, im speziellen für Gräben und Regenrückhaltebecken, verwendet. Die geplante Gesamtbauzeit der Maßnahme beträgt ca. 5 Jahre, wobei Teilabschnitte zügiger umgesetzt sein können. Die zugehörigen Kenndaten des Bemessungsereignisses können [6] entnommen werden.



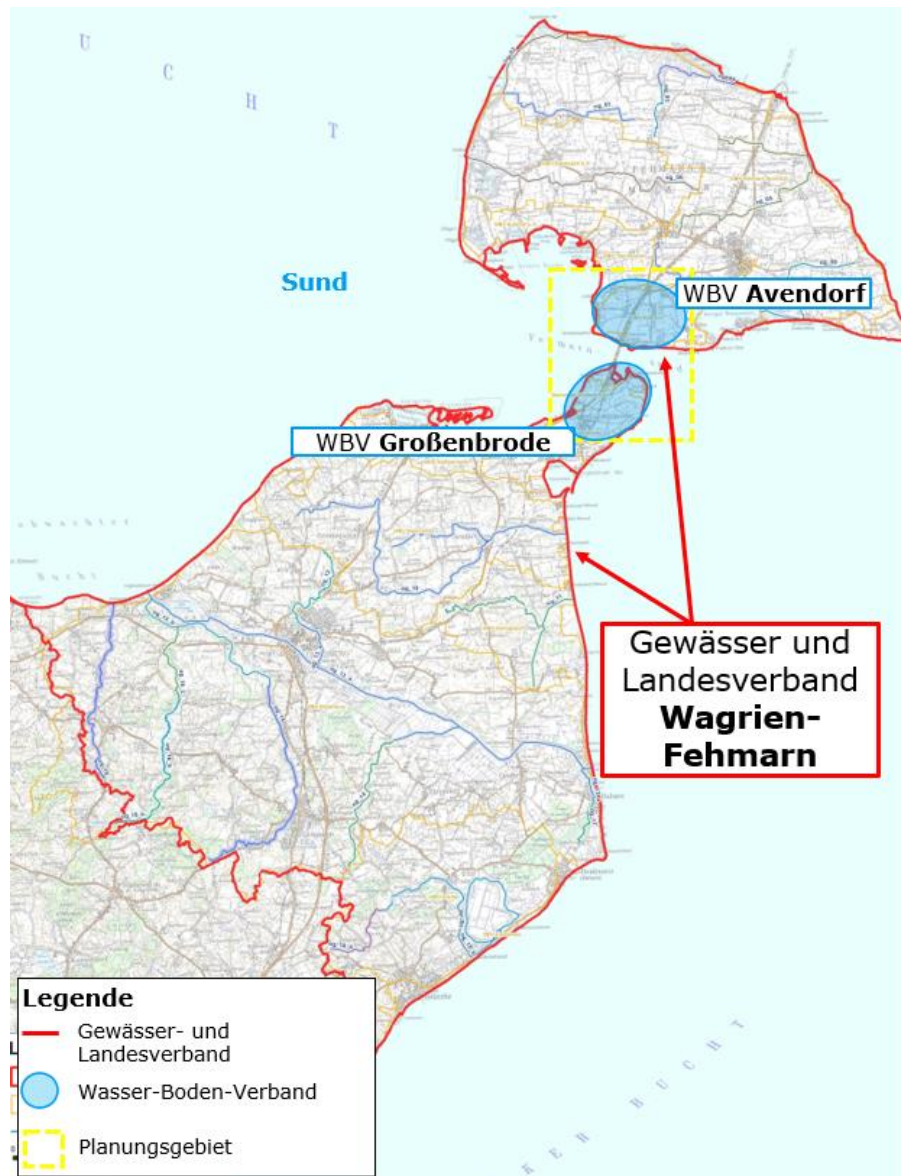


Abbildung 3-1: Übersicht des Planungsgebietes, angepasst aus [7]

### 3.3.2 Regendauer und Regenspende

Gemäß Ril 836 [6] Teil 4601 ist für die maßgebliche Regenspende der 15-minütige Starkregen zu berücksichtigen. Zur Bemessung von RRB im Planungsgebiet werden die statistischen Regendaten gemäß [5] herangezogen, siehe auch Abbildung 3-2 und Abbildung 3-3. Dabei kann zur Bemessung eines RRB der „Mid-Case“, welcher sich aus den Werten aus Abbildung 3-2 ohne die Berücksichtigung von Toleranzen ergibt, oder der „Worse-Case“, welcher den Toleranzbereich aus Abbildung 3-3 berücksichtigt, verwendet werden.



**a) Starkregelmengen für Zeile 64, Spalte 158 (Index\_rc: 64158), Auswertungszeitraum: 1951 – 2020, Januar – Dezember:**

	Niederschlagshöhen hN [mm] je Wiederkehrzeit T [a]								
Dauerstufe	1 a	2 a	3 a	5 a	10 a	20 a	30 a	50 a	100 a
5 min	5,5	6,7	7,5	8,4	9,9	11,3	12,3	13,5	15,3
10 min	7,4	9,1	10,1	11,4	13,3	15,2	16,5	18,2	20,6
15 min	8,6	10,5	11,7	13,2	15,4	17,7	19,2	21,1	23,9
20 min	9,5	11,6	12,9	14,6	17,0	19,5	21,1	23,3	26,4
30 min	10,8	13,2	14,7	16,6	19,3	22,2	24,0	26,5	30,0
45 min	12,2	14,9	16,6	18,7	21,8	25,1	27,2	29,9	33,9
60 min	13,3	16,2	18,0	20,3	23,7	27,2	29,5	32,5	36,8
90 min	14,9	18,1	20,2	22,8	26,6	30,5	33,1	36,4	41,2
2 h	16,1	19,6	21,8	24,7	28,8	33,0	35,8	39,4	44,6
3 h	18,0	21,9	24,3	27,5	32,1	36,8	39,9	44,0	49,8
4 h	19,4	23,7	26,3	29,7	34,7	39,8	43,1	47,5	53,8
6 h	21,6	26,3	29,3	33,1	38,6	44,3	48,0	52,9	59,9
9 h	24,1	29,3	32,6	36,8	42,9	49,3	53,4	58,8	66,6
12 h	26,0	31,6	35,1	39,7	46,3	53,1	57,6	63,4	71,8
18 h	28,9	35,1	39,0	44,1	51,5	59,1	64,0	70,5	79,9
1 d	31,1	37,9	42,1	47,6	55,5	63,7	69,0	76,0	86,1
2 d	37,3	45,4	50,4	57,0	66,5	76,3	82,7	91,1	103,1
3 d	41,4	50,4	56,0	63,3	73,9	84,8	91,9	101,2	114,6
4 d	44,7	54,4	60,4	68,3	79,6	91,4	99,0	109,1	123,5
5 d	47,3	57,6	64,0	72,3	84,4	96,8	105,0	115,6	130,9
6 d	49,6	60,4	67,1	75,9	88,5	101,5	110,0	121,2	137,2
7 d	51,6	62,9	69,8	79,0	92,1	105,7	114,5	126,2	142,9

Abbildung 3-2: Niederschlagshöhen für den Untersuchungsstandort nach KOSTRA-DWD-2020, entnommen [5].

**b) Toleranzbereiche (Unsicherheiten) für Zeile 64, Spalte 158 (Index\_rc: 64158), Auswertungszeitraum: 1951 – 2020, Januar – Dezember:**

	Toleranzbereich in plus-minus Prozent [± %] je Wiederkehrzeit T [a]								
Dauerstufe	1 a	2 a	3 a	5 a	10 a	20 a	30 a	50 a	100 a
5 min	15	15	15	16	16	17	17	18	18
10 min	14	16	17	17	19	20	20	21	21
15 min	15	17	18	19	20	21	22	23	23
20 min	15	17	18	20	21	22	23	23	24
30 min	15	18	19	20	22	23	23	24	25
45 min	15	17	19	20	22	23	23	24	25
60 min	14	17	18	20	21	22	23	24	24
90 min	13	16	17	19	20	21	22	23	24
2 h	13	15	17	18	19	21	21	22	23
3 h	12	14	16	17	18	20	20	21	22
4 h	12	14	15	16	18	19	19	20	21
6 h	12	13	14	15	17	18	18	19	20
9 h	12	13	14	15	16	17	18	18	19
12 h	13	14	14	15	16	17	17	18	18
18 h	14	14	15	15	16	17	17	18	18
1 d	16	16	15	16	16	16	17	17	18
2 d	20	19	18	18	18	19	19	19	19
3 d	22	21	21	20	20	20	20	20	20
4 d	24	23	22	22	22	22	22	22	22
5 d	25	24	24	23	23	23	23	23	23
6 d	27	25	25	24	24	24	24	24	24
7 d	28	26	26	25	25	25	25	24	24

Abbildung 3-3: Toleranzbereiche für Niederschlagshöhen am Untersuchungsstandort nach KOSTRA-DWD-2020, entnommen [5].

Die Dimensionierung der Rückhalteräume für die bauzt. Entwässerung erfolgt unter der Berücksichtigung des „mid case“, das heißt die Toleranzen gemäß Abbildung 3-3 werden vernachlässigt.

### 3.3.3 Drosselabflussspende

Gemäß den Vorgaben des GULV ist die Einleitung in ein Verbandsgewässer im Projektgebiet mit einer Regenabflussspende von 1,2 l/(s·ha) begrenzt. Unter Berücksichtigung dieser Vorgabe gilt es RRR im Projektgebiet zu bemessen. Die Einleitungsmenge in den Sund ist nach Angaben des *Landesbetriebs für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein* (LKN SH) nicht begrenzt.

Nach Vorgaben des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes ist jedoch eine Einleitung an den Einleitstellen in den Sund auf eine Strömungsgeschwindigkeit von 0,8 m/s zu begrenzen. Diese Bedingung ist jedoch aufgrund der im Verhältnis zur Wassermenge des Sundes geringen Einleitmenge aus der Gebietsentwässerung als erfüllt vorauszusetzen. Eine Steuerung der Strömungsgeschwindigkeit erfolgt durch den gewählten Fließquerschnitt (z.B. Rohrquerschnitt) an der Einleitstelle.

## 3.4 Wasserqualität

Gemäß der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) bzw. gemäß des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) gilt es ein „Oberirdisches Gewässer“ und dementsprechend „Küstengewässer“ so zu bewirtschaften, dass

- eine Verschlechterung hinsichtlich des ökologischen und chemischen Zustandes / Potenzial vermieden wird,
- ein guter ökologischer und chemischer Zustand / Potenzial erreicht wird.

Zur Abschätzung einer Verschlechterung bzw. Verbesserung eines Gewässers erfolgt eine Zustandsbewertung des ökologischen und chemischen Zustandes. Gemäß MELUND 2021<sub>C</sub>, 2021<sub>D</sub>, 2021<sub>E</sub> ist der ökologische und chemische Zustand im Sund (Küstengewässer) als „mäßig“ bzw. „nicht gut“ einzustufen.

Für den Bauzustand ist im weiteren Verlauf (siehe Kapitel 4.6) zu prüfen, ob die anfallenden Regenmengen ohne Aufbereitung in die umliegenden Oberflächen- bzw. Küstengewässer eingeleitet werden dürfen. Maßgeblich beeinflusst wird der Zustand des abzuleitenden Gebietsniederschlag durch den während der Bauzeit auf der BE-Fläche zwischengelagerten Boden, der hinsichtlich seiner Deklaration schwanken kann. Weiterhin kann die Qualität des Gebietsniederschlags durch das Abfließen auf besonderen BE-Flächen, wie einem Betonwerk und einer sich im Planungsgebiet befindenden Tankstelle, beeinflusst werden.

## 4. Entwässerungssituation im Bauzustand

Nachfolgend wird das Untersuchungsgebiet des Projektes der Fehmarnsundquerung im Bauzustand vorgestellt und hinsichtlich der vorliegenden Entwässerungssituation beschrieben. Das Projektgebiet kann in zwei Bereiche, dem Festland und der Insel Fehmarn, zwischen welchen beiden Bereichen die Sundquerung errichtet werden soll, unterschieden werden. Nachstehend werden die beiden Bereiche grob (vgl. Abbildung 4-1) abgesteckt:

- **Bereich Festland:** vom Projektgebietsbeginn FSQ südlich der Anschlussstelle Großenbrode bis zum Portal Süd und der Küstenlinie des Sundes;
- **Bereich Fehmarn:** von der Küstenlinie des Sundes und dem Tunnelportal Fehmarn bis zur Anschlussstelle Avendorf/Blieschendorf L 216.

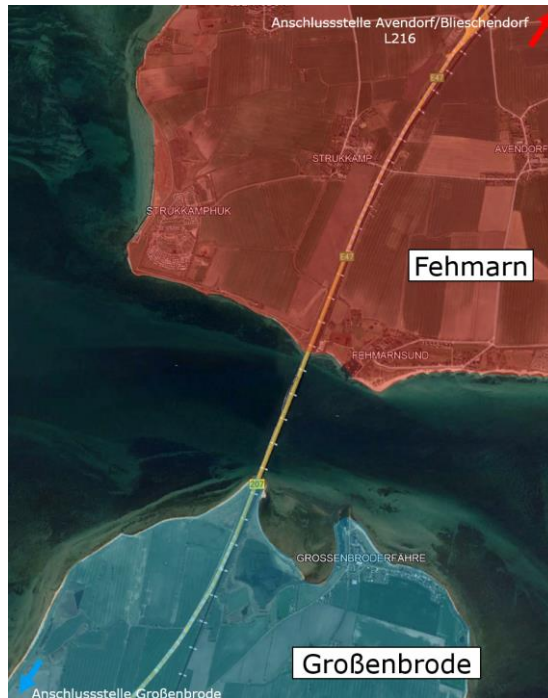


Abbildung 4-1 Übersicht der Untersuchungsbereiche

Für die Berechnung der anfallenden Regenwassermengen im Bauzustand, welche maßgebend für die Bemessung von Regenrückhalteräumen im Untersuchungsgebiet ist, wird weitestgehend von unbehandelt abgeleitetem Wasser ausgegangen. Ausnahmen ergeben sich, wie in 3.4 bereits erläutert, für das Betonwerks, mobile Tankstellen oder auch Bereiche wo bspw. das Trockendock, Tröge, etc. errichtet werden. Wie die Behandlung des Regenwassers in solchen Bereichen zur Erhaltung der bestehenden Wasserqualität an den Einleitstellen erfolgen soll, wird in 4.6 näher betrachtet.

Im Bauzustand findet kein Betrieb der Bahn im Projektgebiet statt, sodass durch den Bahnbetrieb keine zu behandelnden Wassermengen verursacht werden. Im Bereich der Verkehrsanlagen der Straße findet ein bauzeitlicher Betrieb statt, sodass die auf diesen Flächen anfallenden Wassermengen vor der Einleitung in die umliegenden Gewässer zu behandeln sind.

Die Berechnung der anfallenden Wassermengen erfolgt mithilfe einer Niederschlag-Abfluss-Modellierung. Es handelt sich dabei um ein hydrologisches Modell, welches zur Berechnung von Scheiteldurchflüssen in Abhängigkeit der Gebietseigenschaften erstellt wird. Mit Hilfe der errechneten Scheiteldurchflüssen und etwaiger notwendiger Parameter, wie bsp.  $T_n$  und der Drosselabflussspende  $Q_{DR}$  können im Anschluss erforderliche Rückhalteräume bestimmt und bemessen werden.

In der Betrachtung wird der Bauablauf vereinfachend hinsichtlich seiner unterschiedlichen Bauphasen und der darin in Anspruch genommenen Flächen (z.B. sukzessiv in Betrieb genommenen Bodenlagerflächen) zusammengefasst. Dabei dienen die Bauphasen 1-16 zur Berücksichtigung der zeitlichen Reihenfolge des anfallenden Regenwassers. Auf Fehmarn können die Bauphasen 1-3 und 4-16 zusammengefasst werden. Auf der Festlandseite ist eine feinere Gliederung für die Kombination der Bauphasen erforderlich. So können die Bauphase 1, 2, 3, 4-7, 8-9B, 9C – 13 C, 14-15 und 16 betrachtet werden.

Die Eingabeparameter zur Berechnung der Oberflächenabflüsse im Starkregenfall, welche sich maßgeblich aus den Gebietseigenschaften während der Bauzeit ergeben, sind [10] zu entnehmen und werden nachstehend für Bahnanlagen auf dem Festland in Kapitel 4.1, auf Fehmarn in Kapitel 4.2 und für die Straße in Kapitel 4.3 zusammenfassend dargestellt.

Die Entwässerung von Baugruben zur Errichtung der Ingenieurbauwerke, z.B. Tröge und Baugruben, und dem Trockendock während der Bauzeit gilt es neben den Bodenlagerflächen und Straßenanlagen ebenso zu betrachten und kann dem Kap. 4.5 entnommen werden. Im Allgemeinen ist für die Ingenieurbauwerke eine detaillierte Planung der lokalen Wasserhaltung erforderlich, wobei diese Bauwerke hier lediglich konzeptionell berücksichtigt werden.

Die Entwässerung der Bodenlagerflächen, welche während der Bauzeit zur Lagerung ausgebauter Böden benötigt werden, hängt vom zu lagernden Bodenmaterial ab. In der Abbildung 4-2 und der Abbildung 4-3 ist der Aufbau für Ober- und Unterbodenlagerflächen vereinfacht dargestellt. Wesentliche Unterschiede der Lagerflächen für das jeweilige Material ergeben sich aus der herzustellenden Haufengröße.

Der Oberboden wird in kleineren Haufwerken ( $h_{\max} = 2,20 \text{ m}$ ,  $b = 20,00 \text{ m}$ ) verwahrt. Der Unterboden kann in größeren Haufwerken ( $h_{\max} = 3,45 \text{ m}$ ,  $b = 40,00 \text{ m}$ ) gelagert werden. Die Entwässerungsgräben sind, so weit möglich, entsprechend dem im Planungsgebiet vorhandenen, natürlichen Gefälle anzuordnen. Dabei ist eine Mindesttiefe von  $0,50 \text{ m}$  gegenüber der Baustraße einzuhalten. Aufgrund der natürlichen Geländehöhen können die Gräben jedoch auch tiefer als  $0,50 \text{ m}$  liegen. In diesem Fall ist die Böschung ebenfalls anzupassen. In Bereichen, wo Entwässerungsgräben nicht durch ein natürliches Gefälle zur Einleitstelle abgeleitet werden können, sind Pumpen vorzusehen.

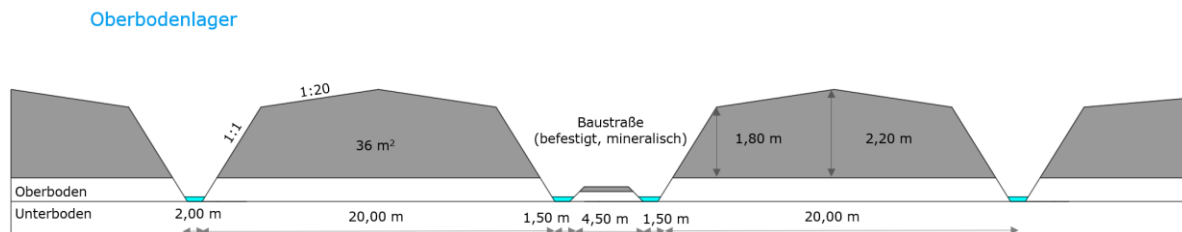


Abbildung 4-2 Grabenanordnung bei Oberbodenlagerflächen

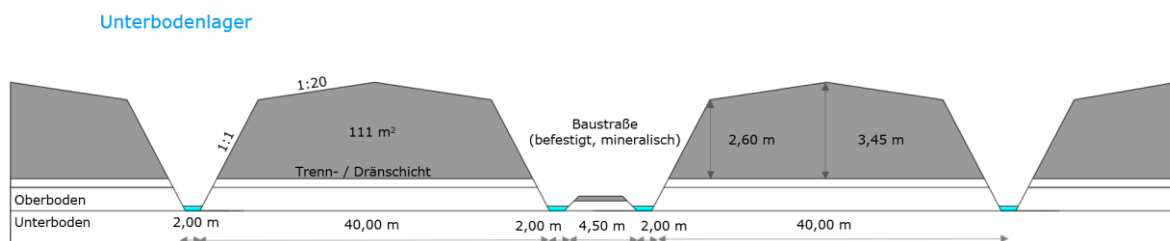


Abbildung 4-3 Grabenanordnung bei Unterbodenlagerflächen

## 4.1 Entwässerungssituation Festland (Bahn- und gemeinsam genutzte Anlagen)

Da eine Trennung der Niederschlagsbehandlung und -ableitung von Bahn- und Straßenanlage im Betriebszustand verfolgt wird, erfolgt auch für die bauzeitliche Entwässerung eine getrennte Betrachtung. Im Folgenden wird die bauzeitliche Entwässerungssituation der Bahnanlagen Festland in Kombination mit der allgemeinen Baustelleneinrichtungsfläche und den Bodenlagerflächen vorgestellt.

### 4.1.1 Übersicht

Die folgende Abbildung 4-4 und Abbildung 4-5 stellen einen Auszug der Einzugsgebiete am Festland, mitsamt der unterschiedlichen Bodenlagerflächen, der zugehörigen Einleitstellen für die bauzeitliche Entwässerung und die umliegenden Gewässer auf dem Festland dar. Diese wurden unter Zuhilfenahme des amtlichen Gewässerverzeichnisses [8] angelegt. Dabei sind am Festland die folgenden Einleitstellen vorgesehen:

- G1/G6: Sund (Küstengewässer)
- G2: Gewässer 1 (Verbandsgewässer)
- G4: Gewässer 5.1.1 (Verbandsgewässer)
- G5 / G7: Gewässer 5.1 (Verbandsgewässer)

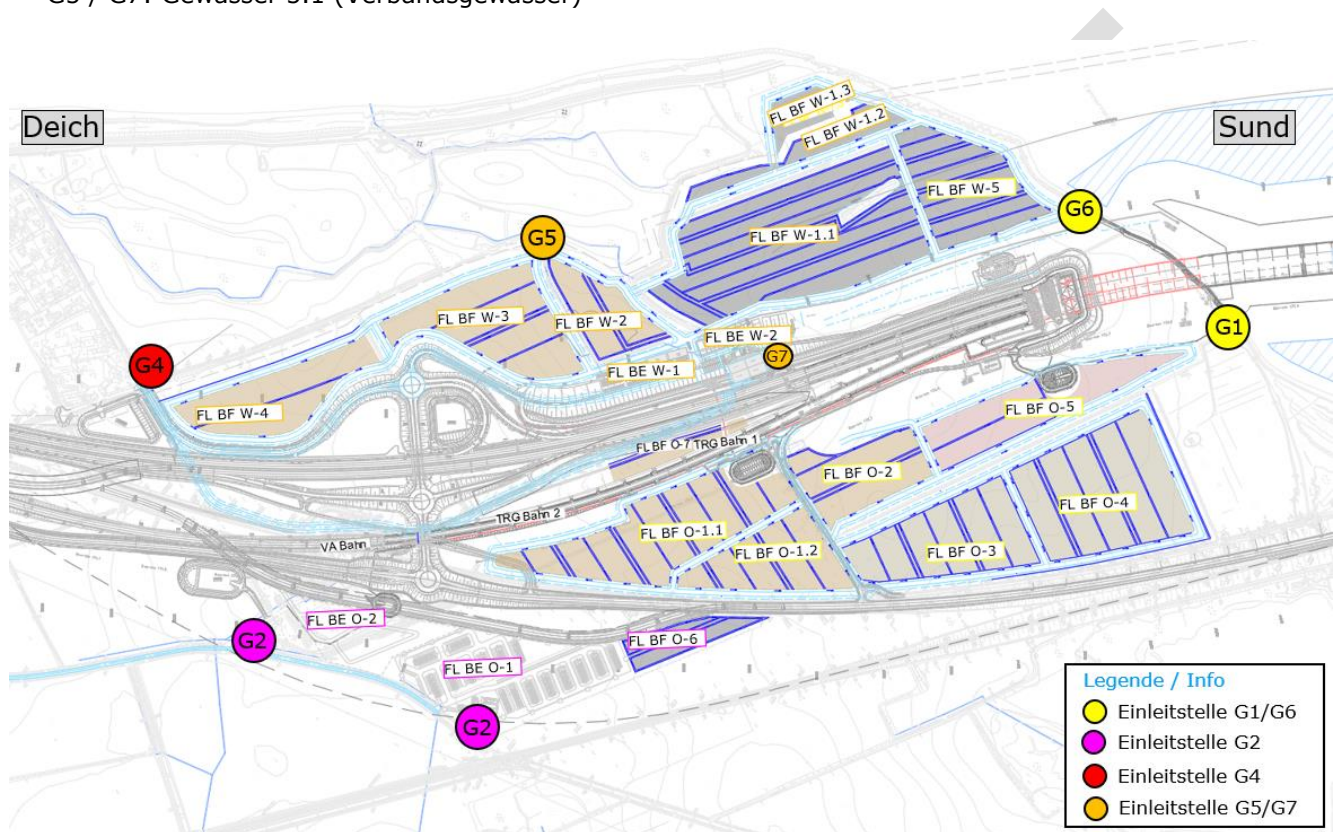


Abbildung 4-4: Vorgesehene Einleitstellen, Bodenlagerflächen und Bauwerke am Festland im Bauzustand.



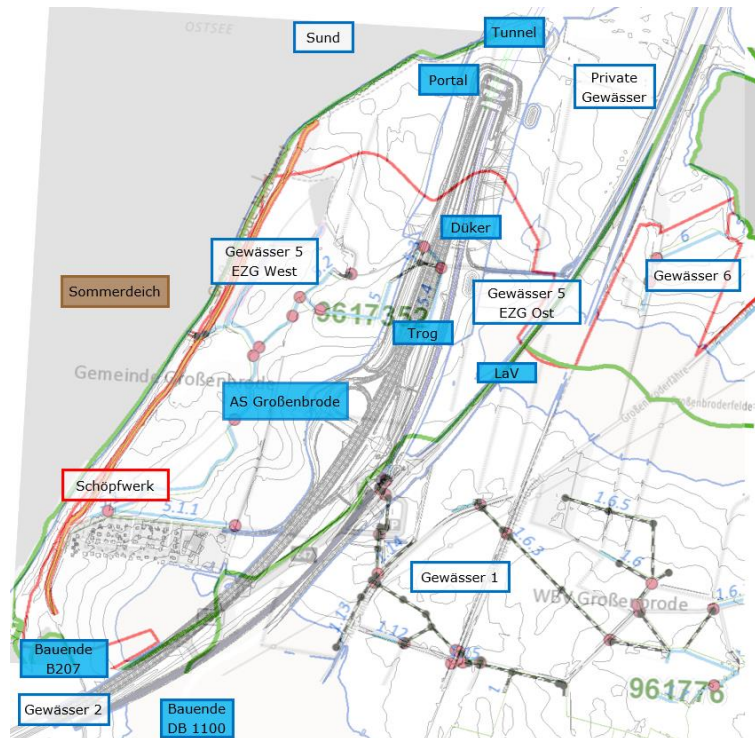


Abbildung 4-5: Übersicht der umliegenden Gewässer und Bauwerke am Festland im Bauzustand.

Im Zuge der Baumaßnahme wird ein Düker, der die Bahn- bzw. Straßentrasse kreuzt und auf die Lagerflächen FL-BE-W1 und FL-BE-W2 zuläuft, errichtet. Dies erfolgt in der Bauphase 6. Der Düker dient der Entwässerung des Einzugsgebiets Ost im Endzustand.

#### 4.1.2 Einzugsgebiet

Auf dem Festland erfolgt die bauzeitliche Entwässerung vor allem über das Gewässer 5 und den Sund. Darüber hinaus wird in das Gewässer 1 entwässert. Die folgende Tabelle 4-1 gibt eine Übersicht über das Einzugsgebiet und die Eingabeparameter zur Untersuchung der Niederschlagsereignisse.

Im Einzugsgebiet liegende Knicke und unberührte Flächen werden in der Berechnung der Einleitmengen nicht berücksichtigt. Die davon abfließenden Einleitmengen gelten als Sowieso-Mengen der Gewässer. Befestigte Baustraßen und Wirtschaftswege zur Erreichung der unterschiedlichen BE- und Bodenlagerflächen sind den einzelnen Flächen prozentual zugeordnet.

Zur Erstellung der NA-Modellierung notwendige Parameter wie der längste Fließweg und die Länge aller Vorfluter ergeben sich aus den im Entwurf angeordneten Gräben innerhalb der einzelnen BE- und Bodenlagerflächen. Die berücksichtigte Anordnung der Gräben stellt lediglich eine mögliche Ausführungsvariante dar und kann deshalb tatsächlich variieren. Der höchste und niedrigste Punkt ergibt sich aus den Geländestrukturen unter Berücksichtigung von Gräben ( $t = -0,50 \text{ m}$ ) und auf den Bodenlagerflächen entstehende Haufwerke ( $h = +2,20 \text{ m}$  bzw.  $+3,45 \text{ m}$ ). Bei einer Modifikation (z.B. Bodenmieten- und Grabenausrichtung, Mietenhöhe) im Rahmen der Ausführungsplanung kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die daraus resultierende Veränderung für das Ergebnis des NA-Modells unerheblich ist, sofern das Einzugsgebiet, der Abflussbeiwert und die Einleitstelle gleichbleiben.

Tabelle 4-1: Einzugsgebiete Festland für die bauzeitliche Entwässerung

Einzugsgebiet	Fläche	Längster Fließweg	Länge aller Vorfluter	Höchster Punkt	Niedrigster Punkt	Nutzung der Fläche / Flächenart	Anteil der befestigten Baustraßen an der Fläche	Anteil der Baustraßen (Wirtschaftswege) an der Fläche	Einleitstelle	Bauphasen
	[km²]	[km]	[km]	[mNHN]	[mNHN]		[%]	[%]		
FL BE O-1	0,0295	0,39	-	5,50	4,00	BE Ost (Unterkünfte)	75,00	-	G2.1-BZ	1-16
FL BE O-2	0,0156	0,30	-	5,50	4,10	BE Ost (Parkplatz)	75,00	-	G2.2-BZ	1-16
FL BE W-1	0,0022	0,10	-	1,10	0,10	BE West (Parkplatz etc.)	90,00	-	G5-BZ	2-16
FL BE W-2	0,0157	0,30	-	3,90	0,10	BE West (Betonmischwerk) + Baustraße	84,00	0,00	G7-BZ	2-16
FL BF O-1.1	0,0412	0,24	1,96	10,05	2,50	BF Ost (Sand + Mergel)	14,07	4,06	G1-BZ	2-15
FL BF O-1.2	0,0230	0,22	1,07	10,95	3,10	BF Ost (Sand + Mergel)	17,25	2,94	G1-BZ	2-15
FL BF O-2	0,0223	0,23	1,26	9,65	2,90	BF Ost (Sand + Mergel)	19,33	3,73	G1-BZ	3-15
FL BF O-3	0,0320	0,34	1,34	9,65	1,60	BF Ost (Sand)	13,18	2,98	G1-BZ	3-15
FL BF O-4	0,0468	0,60	1,94	7,75	1,00	BF Ost (Sand)	12,96	3,39	G1-BZ	3-15
FL BF O-5	0,0260	0,49	1,14	9,65	1,00	BF Ost (Spülfeld)	23,85	0,00	G1-BZ	3-15
FL BF O-6	0,0075	0,24	0,81	9,80	4,80	BF Ost (Oberboden)	0,00	9,72	G2-BZ	2-16
FL BF O-7	0,0052	0,21	0,18	7,05	1,90	BF Ost (Sand + Mergel)	0,00	15,75	G1-BZ	1-16
FL BF W-1.1	0,0698	0,76	4,20	7,30	0,60	BF West (Oberboden)	11,37	7,72	G5-BZ	1-16
FL BF W-1.2	0,0082	0,24	0,33	6,30	0,30	BF West (Oberboden)	0,00	0,00	G5-BZ	1-16
FL BF W-1.3	0,0081	0,21	0,54	5,50	0,10	BF West (Oberboden)	31,90	5,85	G5-BZ	1-16
FL BF W-2	0,0168	0,38	1,15	4,95	0,10	BF West (Sand + Mergel)	26,05	5,23	G5-BZ	2-16
FL BF W-3	0,0314	0,53	1,10	7,55	-0,30	BF West (Sand + Mergel)	15,20	1,95	G5-BZ	2-16
FL BF W-4	0,0256	0,36	1,00	8,15	1,20	BF West (Sand + Mergel)	20,95	0,00	G5-BZ	2-16
FL BF W-5	0,0282	0,49	1,35	7,40	1,90	BF West (Sand + Mergel)	13,11	6,46	G6-BZ	1-16
FL VA Bahn	0,0217	1,18	-	7,50	0,35	Verkehrsanlage Bahn (freie Strecke)	-	-	G1-BZ	4-16
FL TRG Bahn-1	0,0065	0,32	-	-2,19	-3,95	Geschlossene Baugrube (VA Bahn Trog Nord)	-	-	G1-BZ	4-16
FL TRG Bahn-2	0,0260	0,28	-	0,35	-2,89	Geschlossene Baugrube (VA Bahn Trog Süd)	-	-	G1-BZ	8-16

Während sich der Versiegelungsgrad für Bodenlagerflächen zur Bestimmung der undurchlässigen Flächen aus dem Verhältnis der Gesamtfläche zu der vorhandenen Fläche aus Bau- und Wirtschaftsstraßen ergibt, wird der Versiegelungsgrad für BE- und Parkplatzflächen konservativ mit 75% für BE- und 90% für Parkplatzflächen abgeschätzt. Die Fläche des Betonmischwerks wird unterteilt in eine Fläche, auf der jegliches anfallendes Ab- und Niederschlagswasser separat gesammelt wird und in eine Fläche, auf der Material gelagert wird und welche das Niederschlagswasser unter Berücksichtigung der einzuhaltenden Wasserqualität in die Vorflut des Gewässers der Einleitstelle G7 / G5 einleitet.

Entstehende Bauwerke wie die Tröge im Anschluss an den Absenktunnel werden durch Ansetzen der Baugrubenfläche in der NA-Modellierung der bauzeitlichen Entwässerung berücksichtigt. Im Kapitel 4.5 wird die Entwässerung der Ingenieurbauwerke weitergehend durch Einbezug der Ergebnisse aus [16] beleuchtet. Im Allgemeinen gilt jedoch für die Baugruben der Ingenieurbauwerke, dass diese direkt oder durch Gräben/Drainagerohre am Trockendock entlang in Richtung Sund entwässern.

Die Einleitstellen und die BE- und Bodenlagerflächenzuordnung wurden so gewählt, dass möglichst ein Einleiten von Niederschlagswasser in die Vorflut über das natürliche Gefälle erfolgen kann. In der Abbildung 4-6 sind für das Einzugsgebiet am Festland die Einleitstellen und die sich anschließenden Flächen mitsamt ihrer höchsten und niedrigsten Geländehöhen (rot beschriftet) und die sich ergebende Fließrichtung (rot eingezeichnet) dargestellt. Je Fläche ist ein „Sammelpunkt“ (roter Kreis) eingezeichnet, zu dem das anfallende Niederschlagswasser durch die im Entwurf angeordneten Gräben geleitet wird. Vom „Sammelpunkt“ der jeweiligen Fläche wird das Niederschlagswasser weiter zur Einleitstelle in die Vorflut geleitet, dafür ist die Anordnung weiterer Gräben und Drainagerohre vorzusehen.

Die Einleitstelle G2-BZ im Osten des Einzugsgebietes teilt sich aufgrund der Fließwege in die Einleitstelle G2.1-BZ und G2.2-BZ auf.



Im Bereich der Einleitstellen G1 und G6 in den Sund sind die angrenzenden zu schützenden Bereiche zu berücksichtigen. Daher ist es zum Schutz der Flächen erforderlich die Rohre, über welche das Niederschlagswasser in den Sund eingeleitet wird, in unmittelbarer Nähe zum Trockendock bzw. zur finalen Tunneltrasse zu positionieren.

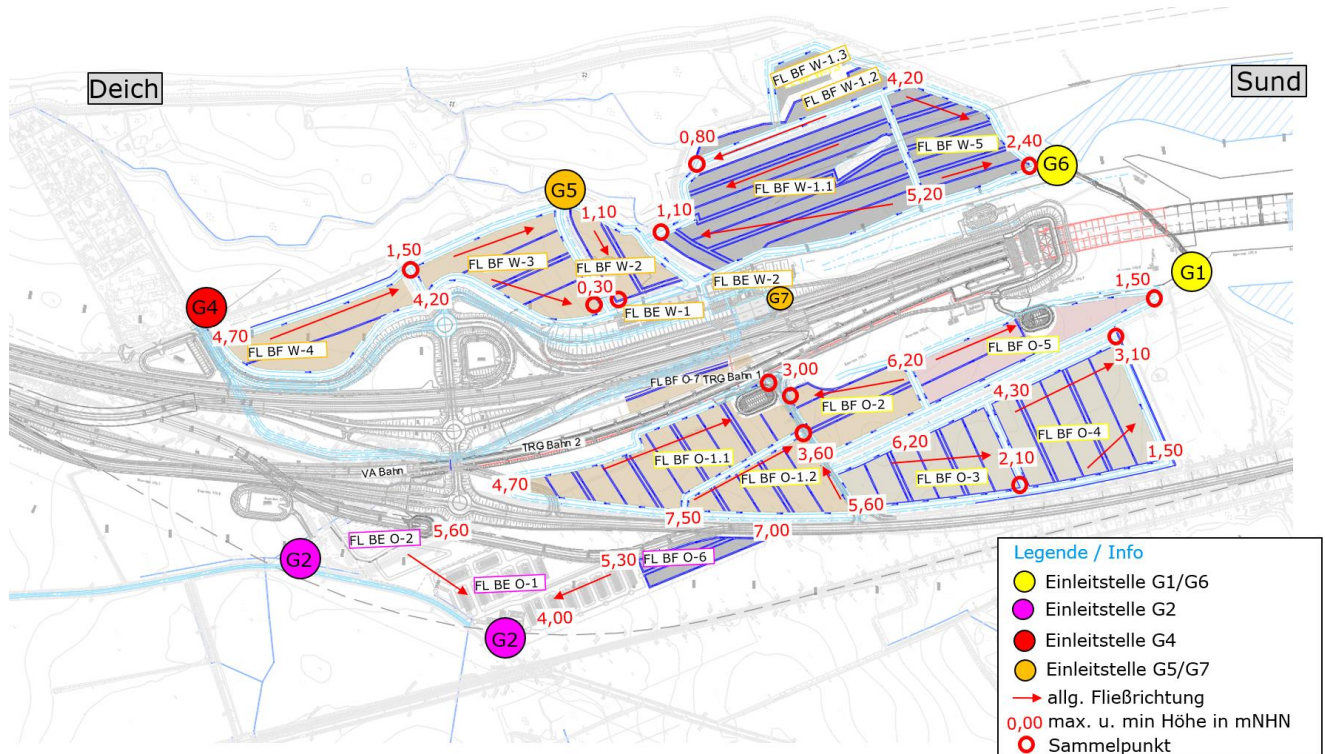


Abbildung 4-6: Im Einzugsgebiet am Festland max. und min. Geländehöhe und allgemeine Fließrichtungen.

#### 4.1.3 Einleitmengen

In der nachstehenden Tabelle 4-2 sind die mittels NA-Modellierung nach [10] ermittelten Scheiteldurchflüsse der einzelnen Einleitstellen in Abhängigkeit zur Bauphase und unterteilt in „worst case“- und „mid case“-Annahmen aufgeführt.

Daraus ergeben sich die folgenden maßgebenden, maximalen Scheiteldurchflüsse im „mid case“ bzw. „worst case“ unter Vernachlässigung möglicher Rückhalteräume:

- G1 BZ: 915 l/s bzw. 1449 l/s
- G2 BZ: 473 l/s bzw. 606 l/s
- G4 BZ: 5 l/s bzw. 5 l/s
- G5 BZ: 937 l/s bzw. 1521 l/s
- G6 BZ: 142 l/s bzw. 241 l/s

Tabelle 4-2: Scheiteldurchfluss in l/s nach [10] je Einleitstelle auf dem Festland für die bauzeitliche Entwässerung in Abhängigkeit der Bauphase (oben = „mid case“, unten = „worst case“) unter Vernachlässigung von Rückhalteräumen

Bauphase	G1BZ	G2BZ	G4BZ	G5BZ	G6BZ
1	21	437	-	506	142
2	333	604	5	935	142
3	765	473	5	937	142
4 – 7	818	473	5	937	142
8 – 9 B	915	473	5	937	142
9 C – 13 C	915	473	5	937	142
14 und 15	915	473	5	937	142
16	244	473	5	937	142

Bauphase	G1BZ	G2BZ	G4BZ	G5BZ	G6BZ
1	40	544	-	838	241
2	557	784	5	1 519	241
3	906	606	5	1 521	241
4 – 7	1 245	606	5	1 521	241
8 – 9 B	1 449	606	5	1 521	241
9 C – 13 C	1 449	606	5	1 521	241
14 und 15	1 449	606	5	1 521	241
16	473	606	5	1 521	241

Die Flächen des Betonmischwerks und dessen Lagerhaltung sind, wie in der Einleitung dieses Kapitels erwähnt, in der Ermittlung der Scheiteldurchflüsse gemäß der Tabelle 4-2 nur anteilig berücksichtigt worden.

In der nachstehenden Tabelle 4-3 werden die nach [10] ermittelten maximalen Scheiteldurchflüsse im „mid case“ den zur Einleitung in Vorflut erlaubten Scheiteldurchflüssen unter Einhaltung der Vorgabe von 1,2 l/(s·ha) gegenübergestellt. Ersichtlich wird, dass zur Einleitung der Niederschlagsmengen an den Einleitstellen G2-BZ und G5-BZ eine Drosselung erforderlich ist.

Tabelle 4-3: Gegenüberstellung des Scheiteldurchflusses in l/s nach [10] auf dem Festland mit zulässigen Scheiteldurchfluss unter Einhaltung von 1,2 l/s\*ha

	[km²]	[ha]	Ermittelter Scheiteldurchfluss im Mid Case [l/s]	Erlaubter Scheiteldurchfluss [l/s] (aus Basis von 1,2 l/s*ha)	Einleitstelle	Drosselung erf.?
Fläche zu G1	0,2507	25,0700	915,00	keine Vorgabe	G1-BZ	ok
Fläche zu G2	0,0526	5,2600	604,00	6,3120	G2-BZ	Drosselung
Fläche zu G5	0,1621	16,2100	937,00	19,4520	G5-BZ	Drosselung
Fläche zu G6	0,0282	2,8200	142,00	keine Vorgabe	G6-BZ	ok

#### 4.1.4 Spülfeld am Festland

Auf der Fläche FL BF O-5 entsteht ein Spülfeld, welches von Phase 3 bis zur Phase 6 genutzt werden soll, bevor es als Bodenlagerfläche fungieren soll. Zu diesem Zweck wird der Oberboden bauzeitlich entfernt und umlaufende Spülfelddeiche aus Geschiebemergel errichtet. Diese dienen der Eingrenzung und Unterteilung der Spülfelder. Die Gesamtkapazität der Spülfelder ist nicht ausreichend für eine einmalige Beschickung. Daher werden die einzelnen Spülfelder in Serie befüllt und das entwässerte Material zur Aufhaltung auf Bodenmieten entnommen. Danach erfolgt die nächstmalige Befüllung des entsprechenden Spülfelds.

Ungefähr 200.000 m<sup>3</sup> Sand werden im Zuge der Baumaßnahme im Nassbaggerverfahren ausgebaut und zur Wiederverwendung an Land gespült. Hierbei wird ca. die 3fache Menge an Spülwasser verwendet. Da es sich um Sandböden handelt, erfolgt eine zügige Entwässerung und Rückleitung des Spülwassers. Die Entwässerung des Spülfeldes (Niederschlags- und Spülwasser) erfolgt über Auslaufbauteile (Mönch) zur Abführung des Überschusswassers. Das Wasser-Sand-Gemisch verteilt sich von der Einlaufstelle aus innerhalb des Spülfelds und sedimentiert. Das Überschusswasser der einzelnen Spülfelder wird in ein bauzeitliches Sammelbecken mit einem Volumen von ca. 400 m<sup>3</sup> im Bereich des für den Endzustand zu errichtenden RRB 4 innerhalb der Fläche FL BF O-5 geleitet. Dieses Becken wirkt als zusätzliches Sedimentationsbecken zur Reduktion des Feststoffgehalts im Rückflusswasser. Die abschließende Einleitung erfolgt über die Einleitstelle G1 in den Sund. Es handelt sich während des Spülfeldbetriebs überwiegend um Salzwasser der Ostsee, welches ggf. mit Niederschlagswasser vermischt ist. Eine Drosselung erfolgt nicht. Die Einleitung erfolgt maximal mit dem Volumenstrom der Beschickung des Spülfelds.

Die einzuleitende Niederschlagsmenge im Bemessungsregenereignis kann Tabelle 4-1 entnommen werden. Sie ist zudem in dem maximalen Scheiteldurchfluss der Einleitstelle G1 berücksichtigt.

#### 4.1.5 Rückhalteraum während der Bauzeit

Aus der Tabelle Tabelle 4-3 nach [10] geht hervor, dass zur Einleitung der Niederschlagsmengen an den Einleitstellen G2-BZ und G5-BZ eine Drosselung erforderlich ist.

Damit die Vorgabe der Einleitung in Verbandsgewässer von 1,2 l/(s·ha) für die Einleitstelle G5-BZ gewährleistet werden kann, ist während der Bauzeit der Bau eines Rückhalteraus zur Drosselung am Festland, dem RRB 7, erforderlich.

Gemäß der NA-Modellierungsergebnisse [10] ergeben sich für das RRB 7 die nachfolgend aufgeführten Anforderungen:

- Erforderliches Volumen: 2.986 m<sup>3</sup> (Mid Case), 4.746 m<sup>3</sup> (Worse Case)

Zur Entwässerung des Baufeldes FL-BE-W2, siehe hierzu Abbildung 4-4, auf dem das Betonwerk und die zugehörigen Lagerflächen entstehen sollen, sowie die sich anschließende Baustraße, ist eine Sedimentationsanlage (G7-BZ) sowie die Vorhaltung von Absetzbecken in Form von Containern vorgesehen. Das behandelte Niederschlagswasser aus G7-BZ leitet im weiteren Verlauf in das RRB 7 ein, bevor es in die Vorflut G5 abgeschlagen wird. Das anfallende Prozesswasser aus der Betonherstellung soll separat in den vorgehaltenen Containern aufgefangen. Eine detaillierte Betrachtung zur Behandlung des Niederschlagswassers erfolgt in Kapitel 4.6.

Gemäß der NA-Modellierungsergebnisse ergeben sich für die Sedimentationsanlage G7-BZ die nachfolgend aufgeführten Anforderungen:

- Erforderliches Volumen: 557 m<sup>3</sup> (Mid Case), 705 m<sup>3</sup> (Worst Case)

Es ist vorgesehen das RRB 7 und das G7-BZ in Reihe zu schalten. Gemäß der Abbildung 4-7 ist für die Lage des RRB 7 bzw. des G7-BZ der Ausbau eines bereits bestehenden Grabens vorgesehen. Örtliche Begehungen haben gezeigt, dass sich in diesem Bereich bereits Niederschlagswasser sammelt. Im Anschluss an die Baumaßnahme kann der Bereich wieder in seine Ursprungsform hergestellt werden oder aber als nachgelagerte, ergänzende Maßnahme zur Sicherung der ökologischen Funktion in dem Umfeld fungieren.

Auch für die Einleitstelle G2-BZ ergeben sich gemäß der NA-Modellierung nach [10] Scheiteldurchflüsse, die den Grenzwert von 1,2 l/(s·ha) überschreiten. Die Einleitstelle wird jedoch unterteilt, das heißt Teile der Flächen leiten in das Gewässer 1.14 und andere Teile in Gewässer 1.6.3, wobei bei Einleitstellen im allgemeinen zum Gewässer 1 gehören. Dadurch wird die Situation an der jeweiligen Einleitstelle entspannt.

#### 4.2 Entwässerungssituation Fehmarn (Bahn- und gemeinsam genutzte Anlagen)

### 4.2.1 Übersicht

- F1: Sund (Küstengewässer)



- F2: Gewässer 7 (Verbandsgewässer)
- F4: Gewässer 7.3 (Verbandsgewässer)

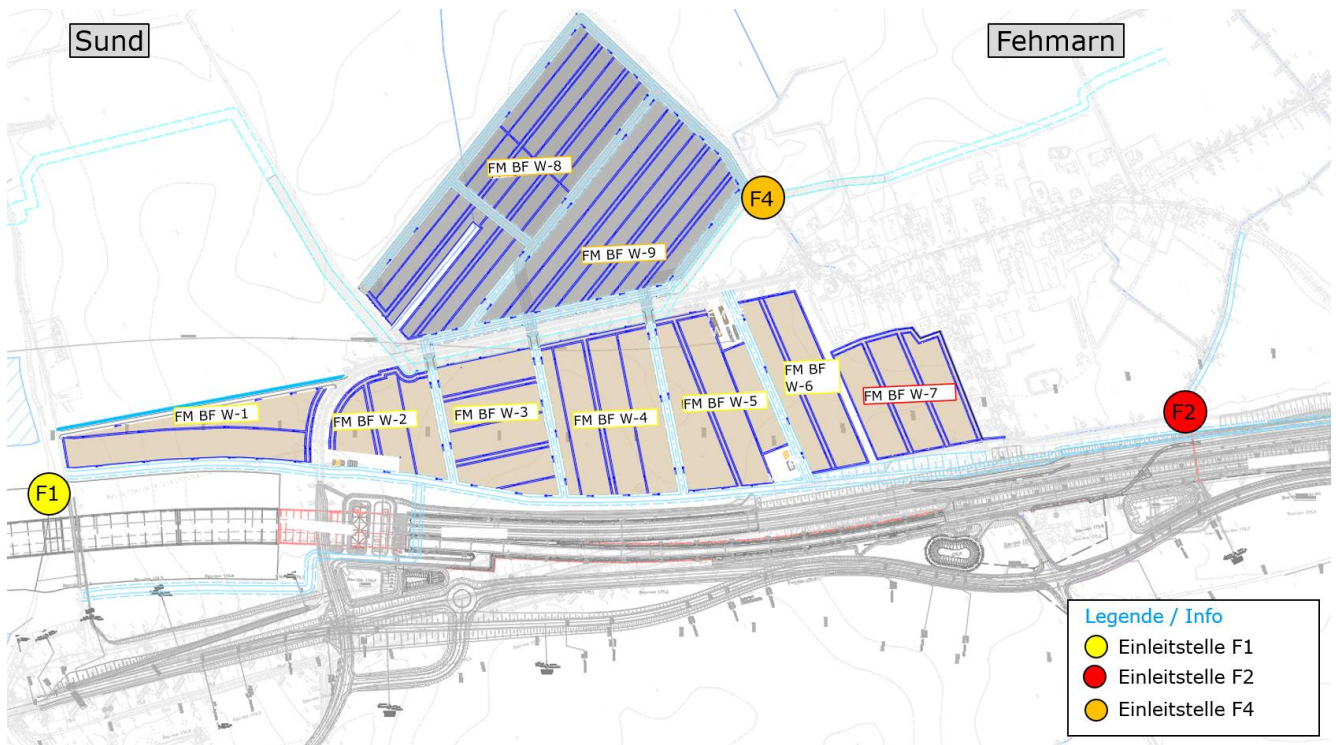


Abbildung 4-8: Vorgesehene Einleitstellen, Bodenlagerflächen und Bauwerke auf Fehmarn im Bauzustand

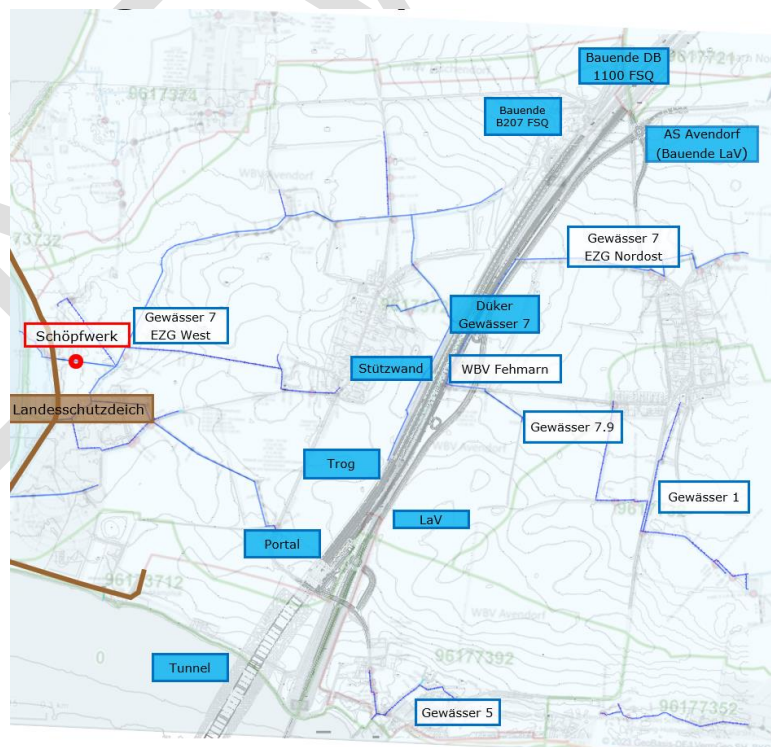


Abbildung 4-9: Übersicht der umliegenden Gewässer und Bauwerke auf Fehmarn im Bauzustand

Im Anschluss an die Einleitstelle F2-BZ (Gewässer 7) befindet sich derzeit ein Durchlass zum Wasserwerk auf Fehmarn. Im Zuge der Baumaßnahme muss dieser durch einen Düker ersetzt werden. Während der ersten Bauphasen ist der Durchlass weiterhin in Verwendung. Im Zuge der fortschreitenden Baumaßnahmen wird er dann ersetzt. Die Wasserableitung von Osten nach Westen bleibt dabei während der Bauzeit wie auch im Endzustand erhalten.

#### 4.2.2 Einzugsgebiet

Auf Fehmarn erfolgt die bauzeitliche Entwässerung in das Gewässer 7 und den Sund. Die folgende Tabelle 4-4 gibt eine Übersicht über das Einzugsgebiet und die Eingabeparameter zur Untersuchung der Niederschlagsereignisse.

Im Einzugsgebiet liegende Knicke und unberührte Flächen, die in der Berechnung der Einleitmengen nicht berücksichtigt werden. Befestigte Baustraßen und Wirtschaftswege zur Erreichung der unterschiedlichen BE- und Bodenlagerflächen sind den einzelnen Flächen prozentual zugeordnet.

Wie für das Festland werden auch für Fehmarn zur Erstellung der NA-Modellierung notwendige Parameter wie der längste Fließweg und die Länge aller Vorfluter aus den im Entwurf angeordneten Gräben innerhalb der einzelnen BE- und Bodenlagerflächen abgeleitet. Die berücksichtigte Anordnung der Gräben stellt lediglich eine mögliche Ausführungsvariante dar und kann deshalb variieren. Der höchste und niedrigste Punkt ergibt sich gleichermaßen zum Festland aus den bestehenden Geländestrukturen unter Berücksichtigung von künftigen Gräben ( $t = -0,50$  m) und auf den anzulegenden Bodenlagerflächen entstehende Haufwerke ( $h = +2,20$  m bzw.  $+3,45$  m).

Tabelle 4-4: Einzugsgebiete Fehmarn für die bauzeitliche Entwässerung

Einzugsgebiet	Fläche	Längster Fließweg	Länge aller Vorfluter	Höchster Punkt	Niedrigster Punkt	Nutzung der Fläche / Flächenart	Anteil der befestigten Baustraßen an der Fläche	Anteil der Baustraßen (Wirtschaftswege) an der Fläche	Einleitstelle	Bauphasen
	[km <sup>2</sup> ]	[km]	[km]	[mNHN]	[mNHN]		[%]	[%]		
FM BE W-1	0,0044	0,06	0,01	4,55	3,70	Baustelleneinrichtung West (Schotter)	-	-	F1-BZ	2-16
FM BE W-2	0,0041	0,04	0,00	6,00	5,00	Baustelleneinrichtung West (Schotter)	-	-	F1-BZ	2-16
FM BF W-1	0,0444	0,27	1,95	6,90	0,60	Baufelder West (Oberboden)	42,57%	5,47%	F1-BZ	2-16
FM BF W-2	0,0108	0,18	0,44	7,45	2,40	Baufelder West (Sand & Mergel)	11,11%	6,50%	F1-BZ	2-16
FM BF W-3	0,0392	0,39	2,11	8,85	2,80	Baufelder West (Sand & Mergel)	4,34%	4,87%	F1-BZ	2-16
FM BF W-4	0,0506	0,24	2,38	9,15	3,30	Baufelder West (Sand & Mergel)	3,95%	6,35%	F1-BZ	2-16
FM BF W-5	0,0077	0,23	0,26	9,05	3,90	Baufelder West (Sand & Mergel)	-	0,00%	F1-BZ	2-16
FM BF W-6	0,0193	0,36	1,40	8,10	3,70	Baufelder West (Oberboden)	-	5,95%	F1-BZ	2-16
FM BF W-7	0,0238	0,26	2,07	9,70	3,80	Baufelder West (Oberboden)	-	11,93%	F2-BZ	2-16
FM BF W-8	0,0687	0,85	4,99	5,90	2,40	Baufelder West (Oberboden)	17,76%	10,41%	F4-BZ	2-16
FM BF W-9	0,0569	0,69	4,07	6,60	1,80	Baufelder West (Oberboden)	16,52%	8,55%	F4-BZ	2-16
FM BW W-5	0,0020	0,40	0,40	3,30	2,00	Baustraße West	100,00%	-	F1-BZ	2-16
FM VA Bahn	0,0046	1,20	0,00	8,02	-3,19	Verkehrsanlage Bahn (freie Strecke)	-	-	F2-BZ	6-16
TOF	0,0098	0,19	0,00	-11,70	-11,70	Baugrube Tunnel offene Bauweise	-	-	F1-BZ	5-16
TRF	0,0596	0,73	0,00	-5,00	-10,00	Baugrube Verkehrsanlage Trog	-	-	F1-BZ	7-16
FM RRB B-6	0,0034	-	0,00	-	-	Regenrückhaltenbecken Bahn	-	-	F2-BZ	3-16
FM U-1	0,0275	-	0,00	-	-	Unberührte Grünfläche	-	-	F1-BZ	1-16
FM U-2	0,0375	0,53	0,63	5,70	2,80	Unberührte Grünfläche	-	-	F2-BZ	1-16

Wie bereits für das Festland erläutert, werden die Tröge im Anschluss an den Absenktunnel auf Fehmarn durch das Ansetzen der Baugrubenfläche in der NA-Modellierung der bauzeitlichen Entwässerung berücksichtigt. Im Kap. 4.5 wird die Entwässerung der Ingenieurbauwerke weitergehend durch Einbezug der

Ergebnisse aus [16] beleuchtet. Im Allgemeinen gilt jedoch für die Baugruben der Ingenieurbauwerke, dass diese direkt oder durch Gräben/Drainagerohre am Trockendock entlang in Richtung Sund entwässern.

Zur Errichtung der Baugruben für den Trog und der Tunnel in offenere Bauweise im Anschluss an den Absenktunnel ist die Herstellung einer temporären BE-Fläche erforderlich. Die umschlossenen Baugruben (Schlitzwandbauweise) weisen eine hydraulisch offene Sohle auf, welche eine Tagwasserhaltung beinhaltet. Artesisch gespanntes Grundwasser in Sandlinsen unterhalb der Baugrubensohle wird durch Entspannungsbohrungen auf ein Druckniveau unterhalb der Baugrubensohle gehalten. Die bauzeitliche Entwässerung des Prozesses wird nachfolgend im Kapitel 4.2.5 tiefergehend erläutert.

### 4.2.3 Einleitstellen

Auch auf Fehmarn wurden die Einleitstellen und die BE- und Bodenlagerflächenzuordnung so gewählt, dass möglichst ein Einleiten von Niederschlagswasser in die Vorflut über das natürliche Gefälle erfolgen kann. In der Abbildung 4-10 sind für das Einzugsgebiet am Festland die Einleitstellen und die sich anschließenden Flächen mitsamt ihrer höchsten und niedrigsten Geländehöhen (rot beschriftet) und die sich ergebende Fließrichtung (rot eingezeichnet) dargestellt. Je Fläche ist ein „Sammelpunkt“ (roter Kreis) eingezeichnet, zu dem das anfallende Niederschlagswasser durch die im Entwurf angeordneten Gräben geleitet wird. Vom „Sammelpunkt“ der jeweiligen Fläche wird das Niederschlagswasser weiter zur Einleitstelle in die Vorflut geleitet, dafür ist die Anordnung weiterer Gräben und Rohre vorzusehen.

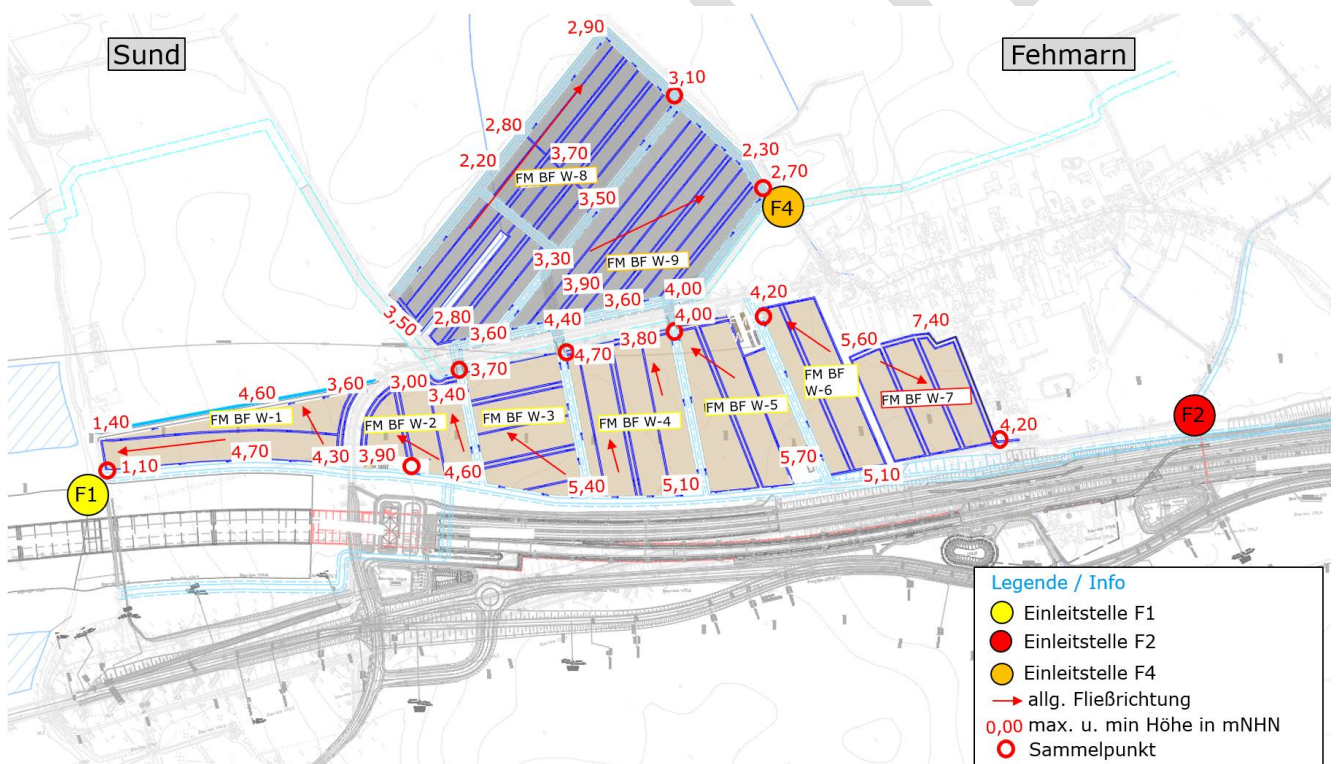


Abbildung 4-10: Im Einzugsgebiet auf Fehmarn max. und min. Geländehöhe und allgemeine Fließrichtungen.

### 4.2.4 Einleitmengen

In der nachstehenden Tabelle 4-5 sind die mittels NA-Modellierung nach [10] ermittelten Scheiteldurchflüsse der einzelnen Einleitstellen in Abhängigkeit zur Bauphase und unterteilt in „worst case“- und „mid case“-Annahmen aufgeführt.



Daraus ergeben sich die folgenden maßgebenden, maximalen Scheiteldurchflüsse im „mid Case“ bzw. „worst case“ unter Vernachlässigung möglicher Rückhalteräume:

- F1 BZ: 1097 l/s bzw. 1977 l/s
- F2 BZ: 166 l/s bzw. 333 l/s
- F4 BZ: 715 l/s bzw. 1209 l/s

**Tabelle 4-5:** Scheiteldurchfluss in l/s nach [10] je Einleitstelle auf Fehmarn für die bauzeitliche Entwässerung in Abhängigkeit der Bauphase (oben = „worst case“, unten = „mid case“) unter Vernachlässigung möglicher Rückhalteräume

Bauphase	F1BZ	F2BZ	F4BZ
1 – 3	806	165	715
4 – 16	1 097	166	715

Bauphase	F1BZ	F2BZ	F4BZ
1 – 3	1 425	333	1 209
4 – 16	1 977	333	1 209

In der nachstehenden Tabelle 4-6 werden, wie bereits für das Festland durchgeführt, die nach [10] ermittelten maximalen Scheiteldurchflüsse auf Fehmarn im „mid case“ den zur Einleitung in Vorflut erlaubten Scheiteldurchflüssen unter Einhaltung der Vorgabe von 1,2 l/(s·ha) gegenübergestellt. Es wird ersichtlich, dass zur Einleitung der Niederschlagsmengen an den Einleitstellen F2-BZ und F5-BZ eine Drosselung erforderlich ist.

**Tabelle 4-6:** Gegenüberstellung des Scheiteldurchflusses in l/s nach [10] auf Fehmarn mit zulässigen Scheiteldurchfluss unter Einhaltung von 1,2 l/s\*ha

	[km²]	[ha]	Ermittelter Scheiteldurchfluss im Mid Case [l/s]	Erlaubter Scheiteldurchfluss [l/s] (aus Basis von 1,2 l/s*ha)	Einleitstelle	Drosselung erf.?
Fläche zu F1	0,2794	27,9400	1097,00	keine Vorgabe	F1-BZ	ok
Fläche zu F2	0,0693	6,9300	165,00	8,3160	F2-BZ	Drosselung
Fläche zu F4	0,1256	12,5600	715,00	15,0720	F4-BZ	Drosselung

#### 4.2.5 Bauzeitliche Entwässerung während der Herstellung der Baugruben

Zur Errichtung des Troges als Anbindung an den Absenktunnel auf Fehmarn ist die Herstellung zweier Schlitzwandtrassen vorgesehen, vgl. Abbildung 4-11. Die Schlitzwandtrassen (gelb markiert), die Aussteifungselemente (grün markiert) und die Dichtwände (grün markiert) bilden letztlich eine große bzw. einzelne, kleinere Baugruben zum Bau des Troges. Zur Herstellung der Schlitz- und Dichtwände, sowie zum Einbringen der Aussteifungselemente ist vorab die Zugänglichkeit durch Baustraßen zu gewährleisten.

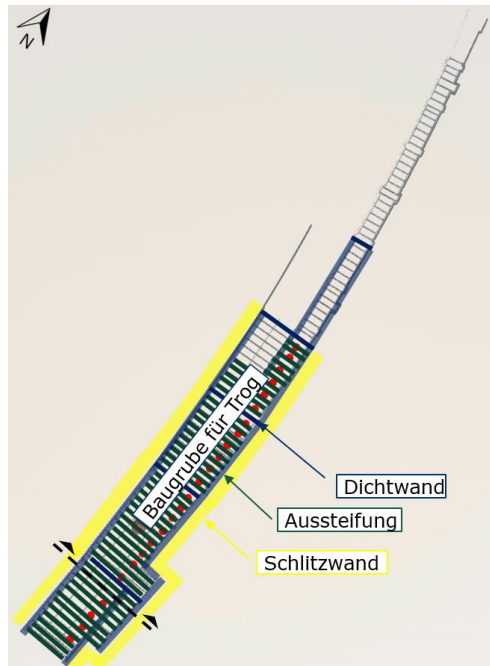


Abbildung 4-11: Skizze zur Herstellung des Trogbauwerks auf Fehmarn.

Die Problematik bei der Herstellung des Trogbauwerkes mit denen vorab herzustellenden Schlitzwänden liegt im Grundwasserspiegel, welcher sich unmittelbar unterhalb der Geländeoberkante befindet, und in zu erwartenden, ausgedehnten Sandlinsen im Bereich der Baugrube mit gespanntem Grundwasser. Ein Durchstechen dieser Sandlinsen ist unbedingt zu vermeiden.

Um den Bauablauf durch die Problematik von austretendem Wasser nicht zu gefährden, sind die folgenden Maßnahmen vorgesehen:

- Zu Beginn wird der bestehende Bestandsdamm auf Fehmarn rückgebaut und Baustraßen zur Erschließung der jeweiligen Spundwandtrasse hergestellt. Wie in Abbildung 4-12 dargestellt, werden zur Ableitung von Stauwasser im Anschluss an die Baustraßen, sowie in Mitte der Schlitzwände 2,00 m tiefe Gräben hergestellt.

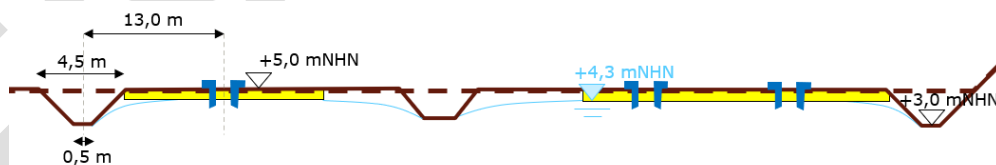


Abbildung 4-12: Skizze der Baustraßen und -entwässerung zur Errichtung des Trogbauwerkes auf Fehmarn.

- Daran anschließend werden Schlitzwände fortlaufend aus Süden in Richtung Norden gebaut. Abschnittsweise (Abschnittslänge von 90,00 m) werden Dichtwände zwischen den Schlitzwänden hergestellt, um hydraulisch abgetrennte Baugruben zu schaffen. In den einzelnen 90,00 m langen Baugruben werden Testbrunnen abgesetzt, der Innenwasserspiegel auf maximal +1,00 mNHN gehalten und mittels Brunnen werden tieferliegende Sandschichten entspannt bzw. dauerhaft oder einmalig entwässert.

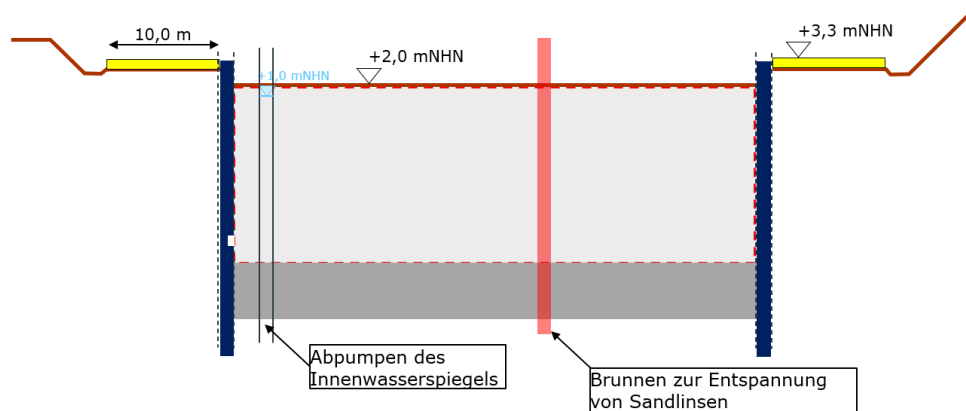


Abbildung 4-13: Skizze der hydraulisch abgetrennten Abschnittsbaugrube (90,00m) auf Fehmarn.

- Im Weiteren können die Aussteifungselemente eingebaut und der Aushub innerhalb der Baugruben fortgeführt werden, um das finale Trogbauwerk in der hergestellter Baugrube zu errichten.

Das in den Entwässerungsgräben aufgefangen Stauwasser soll mittels Gräben und Drainagerohren in den Sund eingeleitet werden, weshalb eine Drosselung bzw. eine Rückhaltung nicht erforderlich ist. Gemäß der überschlägigen Betrachtung in Tabelle 4-7 ergibt sich ein im Verhältnis zu den ermittelten Niederschlagsmengen (Wassermenge von ca. 950 m³/h, vgl. Tabelle 4-10) nach [16] geringe Mengen an Stauwasser.

Tabelle 4-7: Überschlägige Abschätzung des aufkommenden Stauwassers in den Entwässerungsgräben entlang der Baustraßen zur Herstellung des Troges auf Fehmarn.

Bereich	Länge	Breite zw. Schlitzwänden	Grabentiefe	Fließquerschnitt	kf-Wert	Wassermenge gesamt		Wassermenge je Graben
	m	m	m	m²	m/s	m³/s	m³/h	m³/h
ToB	223,00	53,00	2,00	446,00	0,0000052	0,0023192	8,35	2,78
Trog Bahn / Straße	221,70	63,00	2,00	443,40	0,0000030	0,0013302	4,79	1,60
Trog Bahn	538,30	20,00	2,00	1076,60	0,0000030	0,0032298	11,63	5,81
Trog Straße	278,50	40,00	2,00	557,00	0,0000030	0,0016710	6,02	3,01

#### 4.2.6 Rückhalteräume während der Bauzeit

Wie Tabelle 4-6 aufzeigen konnte ist die Drosselung des Gebietsniederschlags auf Fehmarn für die Einleitstelle F2-BZ und F4-BZ notwendig. Daher ist der Bau des RRB 8 während der Bauzeit erforderlich, um die Vorgabe der Einleitung in das Verbandsgewässer F4-BZ von 1,2 l/(s·ha) gewährleisten zu können. Gemäß der NA-Modellierungsergebnisse [10] ergeben sich für das RRB 8 die nachfolgend aufgeführten Anforderungen:

- Erforderliches Volumen: 2.424 m³ (Mid Case), 3.819 m³ (Worst Case)

Positioniert wird das RRB 8 in unmittelbare Nähe zur Einleitstelle F4-BZ, vgl. Abbildung 4-14. An das RRB 8 schließt die Trasse der 110-KV-Leitung an, die es bei Errichtung des Rückhalterumes zu berücksichtigen gilt.

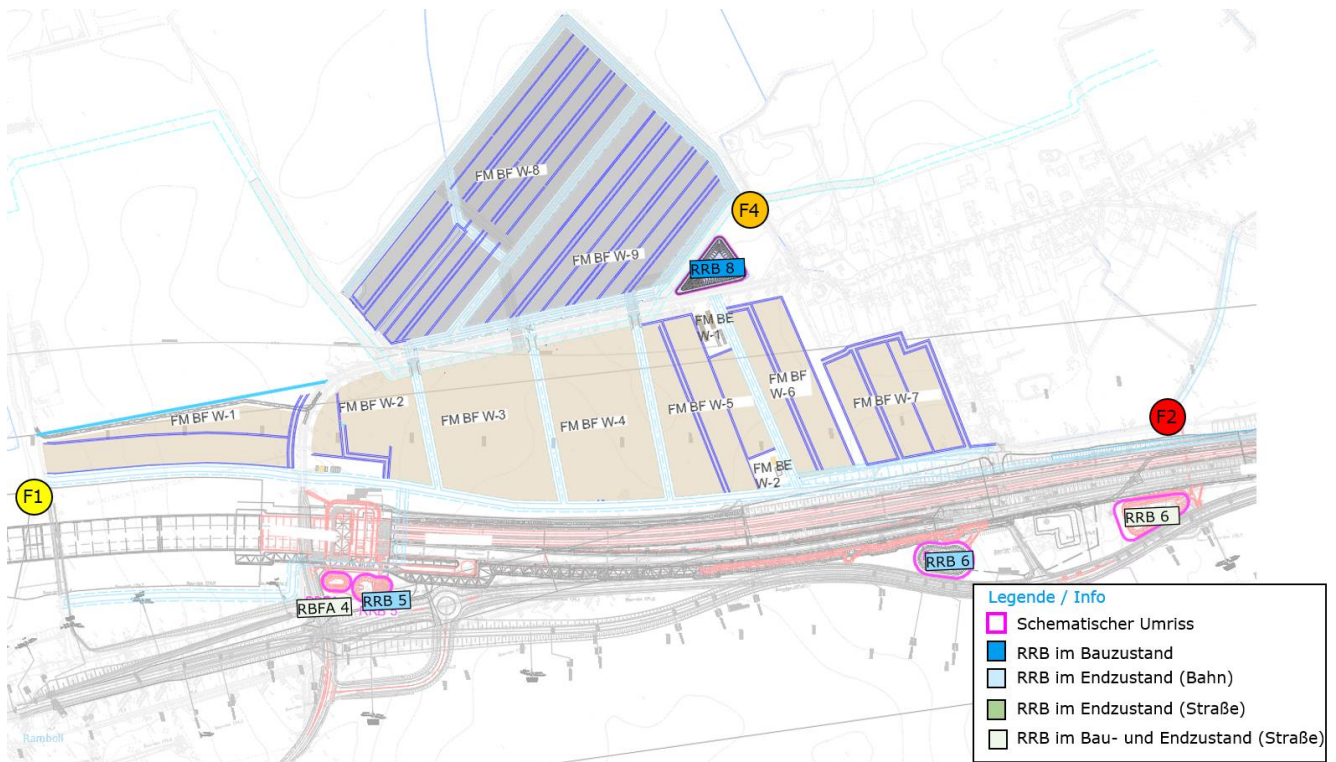


Abbildung 4-14: Schematische Lage der Regenrückhalteräume der Bahn und Straße im Bau- und Endzustand auf Fehmarn

Damit ebenso die Vorgabe von  $1,2 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$  der Einleitung in das Verbandsgewässer F2-BZ gewährleistet werden kann, soll der Niederschlag der Flächen FM BF W-7 und FM U-2 durch eine gezielte Grabenführung bzw. durch den Einsatz von Rigolen gedrosselt werden. Der Niederschlag auf der Fläche der FM VA Bahn wird durch die Einleitung in das für den Endzustand dimensionierte RRB 6, siehe Abbildung 4-14, gedrosselt und anschließend zur Einleitstelle F2-BZ geführt.

### 4.3 Entwässerungssituation Festland (Straßenanlagen)

Im Bereich der Verkehrsanlagen der Straße, welche hier betrachtet werden, findet ein bauzeitlicher Betrieb statt, sodass die auf diesen Flächen anfallende Wassermengen vor der Einleitung zu behandeln sind. Hierfür wird das anfallende Wasser von der Straße durch Retentionbodenfilteranlagen (RBFA) oder aber durch Bankette, Dammböschungen und Mulden aufgefangen und behandelt.

Auf dem Festland gehören zur Entwässerung der Straße die nachfolgend aufgelisteten und in Abbildung 4-15 dargestellten Flächen:

- Bauzeitliche Umfahrung
- EA 1
- EA 2
- EA 5

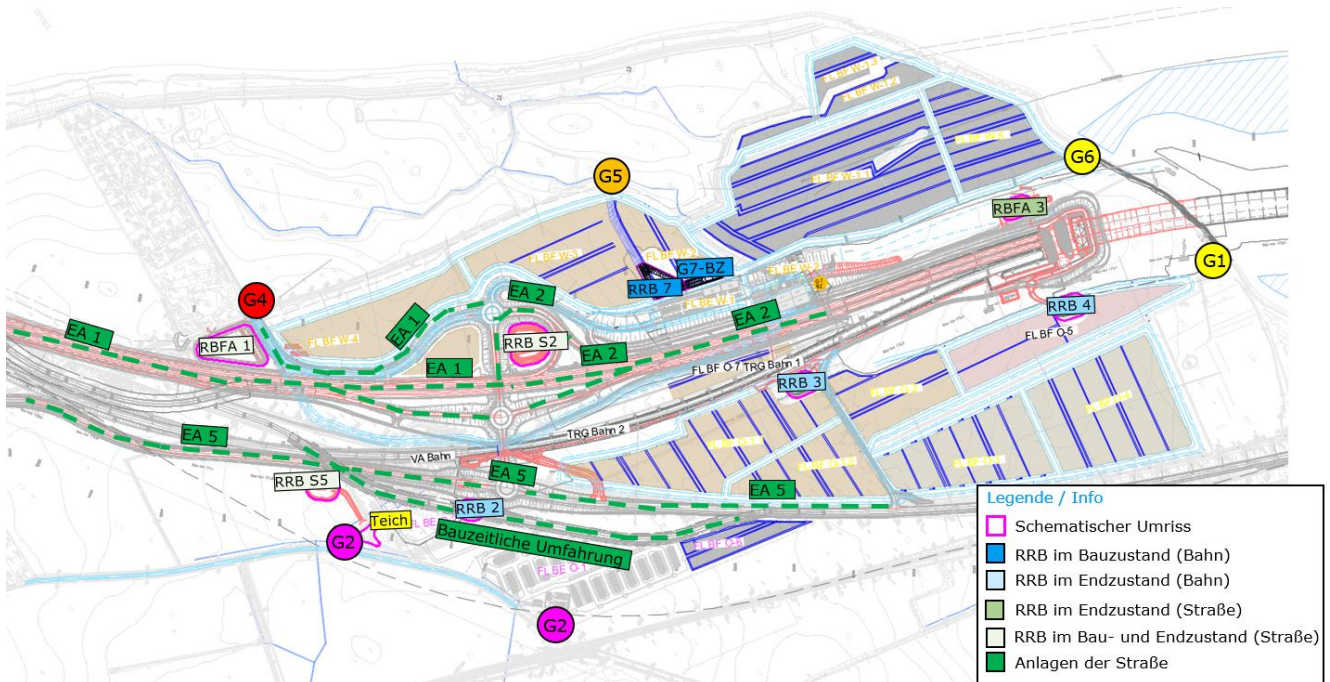


Abbildung 4-15: Schematische Darstellung der Anlagen der Straße im Bauzustand am Festland.

Der Tabelle 4-8 sind die Eigenschaften der Verkehrsanlagen der Straße, welche maßgeblichen Einfluss auf die Entwässerung der Flächen haben und welche in die NA-Modellierung nach [10] eingeflossen sind, dargestellt. Weiterhin lassen sich die vorgesehenen Einleitstellen für die jeweilige Fläche entnehmen.

Diese Flächen entwässern in die Einleitstellen G4-BZ, G5-BZ und G2-BZ. Aufgrund der Vorgaben werden die Einleitmengen für die Einleitstelle G4-BZ (Gewässer 5.1.1) abweichend zu den sonstigen bauzeitlichen Betrachtungen mit einem 100-jährlichen Regenereignis ermittelt.

Tabelle 4-8: Einzugsgebiete Festland für die bauzeitliche Entwässerung der Verkehrsanlagen der Straße

Einzugsgebiet	Fläche	Längster Fließweg	Länge aller Vorfluter	Höchster Punkt	Niedrigster Punkt	Nutzung der Fläche / Flächenart	Anteil der befestigten Baustraßen an der Fläche	Anteil der Baustraßen (Wirtschaftswege) an der Fläche	Einleitstelle	Bauphasen
	[km <sup>2</sup> ]	[km]	[km]	[mNHN]	[mNHN]		[%]	[%]		
Bauzt. Umfahrung	0,0160	0,86	1,63	6,28	3,45	VA Straße	55,00	0,00	G2-BZ	1-9B
EA 1 VA Straße (50% EZ)	0,0241	0,64	1,20	7,49	4,00	VA Straße	55,00	0,00	G4-BZ	2-16
EA 2 VA Straße EZ	0,0407	0,64	1,53	3,07	-2,30	VA Straße	68,00	0,00	G5-BZ	2-16
EA 5 VA Straße Endzustand (67% EZ)	0,0240	0,51	1,68	7,27	3,55	VA Straße	62,00	0,00	G2-BZ	3-9B
EA 5 VA Straße Endzustand	0,0360	0,76	2,52	7,27	3,55	VA Straße	62,00	0,00	G2-BZ	9C-16
Bauzt. Umfahrung 2 VA	0,0081	0,60	1,20	7,49	4,00	VA Straße	55,00	0,00	G4-BZ	9C-13C

Damit die Vorgabe zur Einleitung von 1,2 l/(s·ha) in die Vorflut eingehalten werden kann, werden die Becken RBFA 1, RRB S-2 und RRB S-5, welche für den Endzustand vorgesehen und danach dimensioniert worden sind, bereits während der Bauzeit genutzt. Es ist daher erforderlich sie frühzeitig zu errichten.

Das RBFA 1 wird dabei für ein 100-jährliches Regenereignis dimensioniert, die RRB S-2 und das RRB S-5 hingegen für ein 30-jährliches Regenereignis. Die drei Becken (RBFA 1, RRB S-2 und RRB S-5) leiten das Wasser in die entsprechenden Gewässer ein.



Anfallendes Niederschlagswasser, welches nicht in eine RBFA geleitet und dort behandelt wird, wird gezielt über Banketten, Dammböschungen und Mulden geleitet und zur RRB geführt.

#### 4.4 Entwässerungssituation Fehmarn (Straßenanlagen)

Auch inselseitig ist auf Grund des bauzeitlichen Betriebs auf den Verkehrsanlagen der Straße eine Reinigung des anfallenden Wassers durch Retentionbodenfilteranlagen (RBFA) bzw. durch eine Führung des anfallenden Wassers über Banketten, Dammböschungen und Mulden erforderlich.

Auf dem Fehmarn gehören zur Entwässerung der Straße die nachfolgend aufgelisteten und in Abbildung 4-16 dargestellten Flächen:

- Bauzeitliche Umfahrung
- L217
- K43 nach Avendorf
- K43 nach Blieschendorf

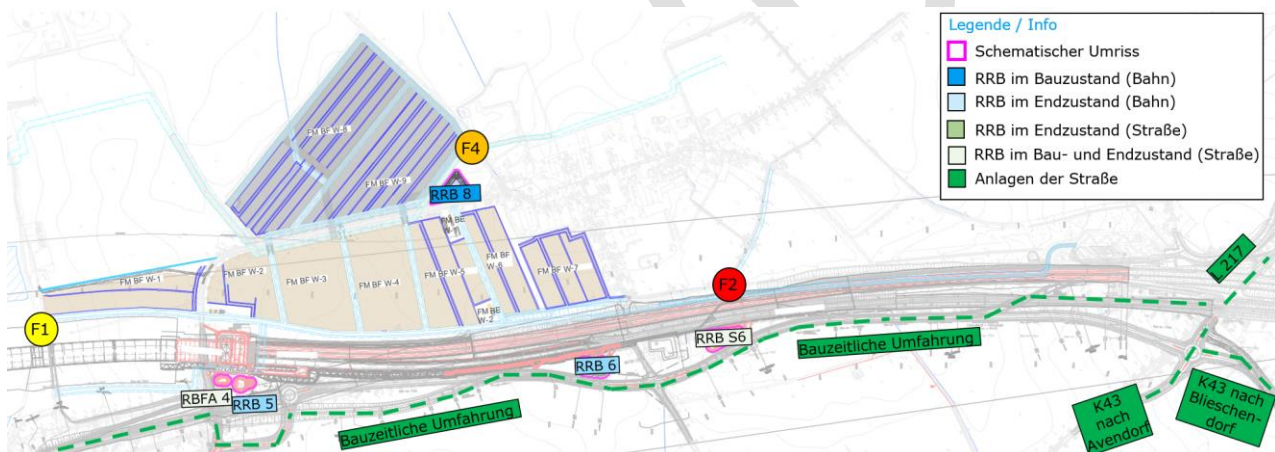


Abbildung 4-16: Schematische Darstellung der Anlagen der Straße im Bauzustand auf Fehmarn.

Wie bereits für das Festland erfolgt, sind der Tabelle 4-9 die Eigenschaften der Verkehrsanlagen der Straße, welche maßgeblichen Einfluss auf die Entwässerung der Flächen haben und welche in die NA-Modellierung nach [10] eingeflossen sind, dargestellt. Weiterhin lassen sich die vorgesehenen Einleitstellen für die jeweilige Fläche entnehmen.

Tabelle 4-9: Einzugsgebiete Fehmarn für die bauzeitliche Entwässerung der Verkehrsanlagen der Straße.

Einzugsgebiet	Fläche	Längster Fließweg	Länge aller Vorfluter	Höchster Punkt	Niedrigster Punkt	Nutzung der Fläche / Flächenart	Anteil der befestigten Baustraßen an der Fläche	Anteil der Baustraßen (Wirtschaftswege) an der Fläche	Einleitstelle	Bauphasen
	[km <sup>2</sup> ]	[km]	[km]	[mNHN]	[mNHN]		[%]	[%]		
Bauztgl. Umfahrung	0,0453	1,70	4,03	22,79	1,25	VA Straße	56,00	0,00	F2-BZ	1-16
L217	0,0013	0,10	0,10	17,05	13,45	VA Straße	65,00	0,00	sonstiges	4-16
K43 nach Bliesdorf	0,0047	0,45	0,22	16,68	12,39	VA Straße	55,00	0,00	sonstiges	4-16
K43 nach Avendorf	0,0061	0,62	0,31	16,61	6,35	VA Straße	57,00	0,00	sonstiges	4-16
Ausgebaute Radwege	0,0039	0,40	0,40	22,70	5,48	VA Straße	38,00	0,00	F1-BZ	4-16

Die bauzeitliche Umfahrung der B 207 inselseitig deckt sich zum größten Teil mit der zukünftigen Trasse für den langsam fahrenden Verkehrs (LaV). Das anfallende Niederschlagswasser wird durch die Bankette, Dammböschungen und Mulden gereinigt und bis zum RRB S-6 geführt. Über den Düker wird das auf 1,2 l/(s·ha) gedrosselte Wasser in die Einleitstelle F2-BZ geführt.

Das anfallende Niederschlagswasser der L 217, der K 43 nach Blieschendorf und der K43 nach Avendorf wird durch die Bankette, Dammböschungen und Mulden gereinigt und an vorhandenen Grabensystem angeschlossen.

## 4.5 Entwässerung der Baugruben und dem Trockendock während der Bauzeit

Der entstehende Niederschlag auf den Flächen, auf denen während der Bauzeit Baugruben für die Tröge und das Trockendock entstehen, wurde in [10] bestimmt und bei der Rückhaltung bzw. der Einleitung des Wassers berücksichtigt. In [16] wurde zudem die Wassermengen, welche sich aus der Grundwasserhaltung ergeben, und dem Niederschlag in den fertiggestellten Ingenieurbauwerken ermittelt. Der Umgang mit den daraus resultierenden Abflüssen wird nachfolgend erläutert. Auf qualitätssichernde Maßnahmen wird im Kapitel 4.6 eingegangen.

### 4.5.1 Baugrubenentwässerung

Im Allgemeinen wird topologisch eine Neigung zum Sund hin ausgebildet, sodass eine Entwässerung im freien Gefälle erfolgen kann. Aus tiefliegenden Trögen und Baugruben soll das Wasser mittels Tagwasserhaltung, das heißt in mehreren Pumpensümpfen gesammelt, in anliegende Gräben/Rohre gepumpt und in den Sund geleitet werden. Gegebenenfalls auftretende artesisch gespannte Linsen unter den Baugrubensohlen sind in dem Zuge zu entspannen. Das geförderte Wasser wird der bauzeitlichen Entwässerung zugeführt. Es gilt darauf hinzuweisen, dass die Grundwasserleiter teilweise mit dem Sund korrespondieren, weshalb das Wasser salzhaltig sein kann.

In Tabelle 4-10 sind die nach [16] ermittelten Wassermengen aus dem Gebietsniederschlag und der Wasserhaltung zusammengetragen. Da die Wassermengen in den Sund eingeleitet werden sollen, ist eine Drosselung des Abflusses durch eine Rückhaltung nicht erforderlich



Tabelle 4-10: Wassermengen aus Niederschlag und der Wasserhaltung für Ingenieurbauwerke, entnommen aus [16]

Bauwerk	Fläche Baugrube	Wasser- menge aus Niederschlag (60 min, T = 5a)	Wasser- menge aus Wasser- haltung	Wasser- menge gesamt
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
ToB am Festland	10.560,00	211,00	29,57	240,57
Trog am Festland	9.759,00	195,00	10,91	205,91
Trockendock am Festland	142.780,00	2.847,00	20,57	2.867,57
ToB auf Fehmarn	11.819,00	236,00	0,33	236,33
Trog (Straße und Bahn) auf Fehmarn	13.337,00	266,00	0,61	266,61
Trog (Straße) auf Fehmarn	11.140,00	222,00	0,82	222,82
Trog (Bahn) auf Fehmarn	10.766,00	215,00	2,06	217,06
Stützwand auf Fehmarn	4.046,00	81,00	0,00	81,00

#### 4.5.2 Trockendockentwässerung

Das Trockendock wird zur Herstellung der Tunnelelemente errichtet, wobei es Platz für den gleichzeitigen Bau dreier Tunnelelemente bietet. Nach der Fertigstellung der Elemente werden sie zu ihrer finalen Position in den Sund ausgeschwommen. Hierfür muss das Trockendock geflutet, die Elemente ausgeschwommen und nach dem Ausschwimmen der Elemente wieder wasserdicht verschlossen und leer gepumpt werden. Für diesen Vorgang, sowie für Niederschlags- und Sickerwasser, ist eine Planung der Entwässerung vorzusehen. Wobei für beide Zustände aufgrund der großen Mengendifferenz an auszupumpendes Wasser eine individuelle Lösung zu entwickeln ist, welche terminkritische Abläufe mit Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz kombiniert.

Das Trockendock wird bis ca. 13,00 m unter NHN ausgehoben und weist inkl. einer 1:2 Böschung eine Fläche von 630 x 130 m auf. Die Sohlschicht des Trockendocks, welche als Sauberkeits- und Stabilitätsschicht dient, soll 2,00 m mächtig sein und sich aus Kies/Schotter sowie einem Geotextil zusammensetzen.

Wie der Abbildung 4-17, welche einen Ausschnitt des Trockendocks zeigt, zu entnehmen ist, soll anfallendes Wasser mittels Drainageleitungen (blau markiert) zu einem Pumpensumpf, welcher sich am Ausgang des Trockendocks in nordöstlicher Ecke befindet, geleitet werden. Für ein gerichtetes Abfließen des Wassers sollen perforierte Rohre in die Sohlschicht eingelegt werden und mit einem Gefälle von 3 ‰ das Niederschlags- und Sickerwasser in Richtung des Pumpensumpfes führen. Eine ausreichende Überdeckung der Rohre ist dabei im Hinblick auf den Baustellenverkehr und auf Frostschutz zu gewährleisten. Vom Pumpensumpf aus, soll mit Hilfe von Pumpen, das anfallende Wasser in den Sund eingeleitet werden.

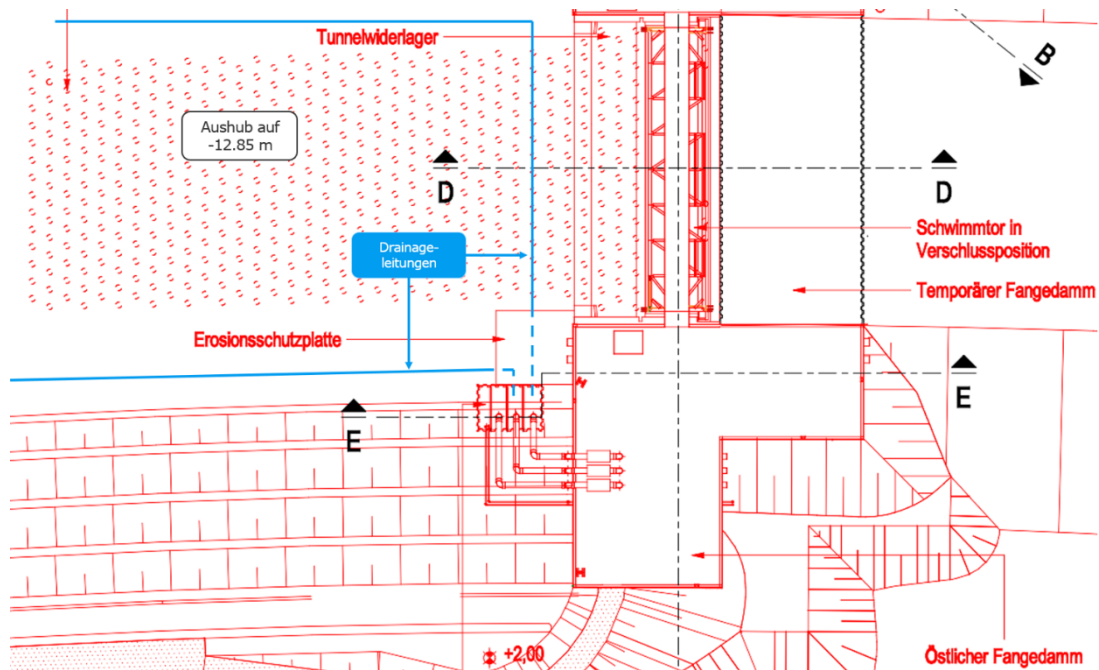


Abbildung 4-17: Draufsicht der Leitungen und des Pumpensumpfs im Trockendock

Das Trockendock kann im Rahmen der Entwässerung mitsamt seinen Dimensionen und seiner 2,00 m mächtigen Sohlschicht als Rückhalteraum fungieren. Es ergibt sich das folgende Zwischenspeichervolumen, mit der Annahme, dass lediglich ein Drittel der Sohlschicht Wasser aufnehmen soll:

- Porenvolumen: 15%
- Grundfläche des Trockendocks: ca. 51.000 m<sup>2</sup>
- Verfügbare Schichtdicke: ca.  $\frac{1}{3} * 1,7 \text{ m} = 0,57 \text{ m}$
- Verfügbares Speichervolumen:  $0,15 * 51.000 * 0,57 = 4.360 \text{ m}^3$

Die Einleitung des anfallenden Wassers in den Sund erfordert zwar keine Abflussdrosselung, mit Blick auf die zu erbringende Pumpenleistung, gerade nach Fluten des Trockendocks, kann jedoch der Zwischenspeicher in Anspruch genommen werden und das Abfließen verzögern.

Wie in Tabelle 4-10 abgebildet, ergibt sich für das Trockendock eine Wassermenge von 2.868 m<sup>3</sup> für ein 60-minütiges Regenereignis und der Wasserhaltung. Diese Wassermenge ist im Vergleich zu der Wassermenge, die zur Entleerung des gefluteten Trockendocks zu fördern ist, sehr gering. Denn bei Annahme eines Wasserlevels von +/- 0 mNHN ergibt sich für das geflutete Trockendock eine Wassermenge von ungefähr 850.000 m<sup>3</sup>. Eine Regenentwässerung des Trockendocks mit den Leistungsstarken Lenzpumpen, welche für die Entwässerung im Flutungsfall ausgelegt sind, ist daher genau so wenig sinnig wie das Lenzen des Trockendocks mit den Pumpen für die Regenwasserentwässerung. Daher werden Pumpen für das jeweilige Ereignis separat ausgelegt.

Das Trockendock muss während seines Bestehens insgesamt fünf Mal vollständig gelenzt werden. Der erste Lenzvorgang geschieht nach dem Aushub und dem ersten temporären Verschluss des Trockendocks. Dieser wird mit temporären Pumpen durchgeführt, da die Einbauten im Trockendock noch nicht hergestellt werden konnten. Die übrigen vier Lenzvorgänge werden über leistungsstarke Pumpen, welche am nordöstlichen Ende des Trockendocks im Pumpensumpf positioniert werden, durchgeführt. Vorgesehen ist es das

Trockendock innerhalb von 72 h zu entleeren. Um das Risiko von zeitkritischen Verzögerungen durch den Ausfall von einer Pumpe zu verringern, sollen hierfür mindestens drei Pumpen gewählt werden. Die zu überbrückende Förderhöhe liegt während des Lenzen des Trockendocks bei ca. 17,00 m. Unter Beachtung der Wassermengen ( $V = \text{ca. } 850.000 \text{ m}^3$ ) und der Entleerungszeit (72 h) ergibt sich ein durch die Pumpen zu erreichender Mindestabfluss von ca.  $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$  bzw. ca.  $12.000 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Da im Zuge des Lenzens große Wassermengen in einer kurzen Zeitspanne in den Sund geleitet werden, kann dies möglicher Einfluss auf die Schifffahrt haben. Eventuell ist es erforderlich eine Ausnahmegenehmigung einzuholen oder eine Sperrung von Teilbereichen während des Lenzvorganges zu erteilen.

Für die Wahl der Pumpen ist zu entscheiden, ob mit elektrischen, mit Diesel betriebenen oder mit einer Kreispumpe gearbeitet werden soll.

#### **4.6 Wasserqualität während der Bauzeit**

Im Allgemeinen gilt es die Wasserqualität der umliegenden Gewässer der Baumaßnahme nicht zu verschlechtern. Daher ist nachzuweisen, dass von den BE- und Bodenlagerflächen, sowie von den fortschreitenden Bautätigkeiten (Herstellung Baugruben und Trockendock) keine Schadstoffe in die Gewässer eingeleitet werden und die Grenzwerte der Feststoffeintrages in die Gewässer nicht überschritten werden. Es kann zudem auf Baustellen nicht ausgeschlossen werden, dass z.B. Kraft- und Schmierstoffe durch Leckage und Baumaschinen im Umfeld der Baustelle freigesetzt werden. Auf den Flächen der Baumaßnahme anfallendes Wasser ist daher in geeigneter Regelmäßigkeit zu prüfen, sodass im Havariefall Gegenmaßnahmen zur Eindämmung und Beseitigung getroffen werden können. Dies gilt insbesondere für das Wasser der bauzeitlichen Entwässerung der stark genutzten Baustellen- und Baustelleinrichtungsflächen (Baugruben, Trockendock, Betonmischwerk, Baustoffumschlagflächen, Baugeräteparkflächen, Hauptbaustraßen). Nachfolgend werden die aufgeführten Flächen bzw. Einrichtungen hinsichtlich der Einhaltung der Wasserqualität beleuchtet:

- Trockendock
- Baugruben für Ingenieurbauwerke
- Betonwerk
- Mobile Tankstelle
- Bodenlagerflächen
- Anlagen der Straße

##### **Trockendock**

Wie bereits in Kapitel 4.5.2 beschrieben, gilt es für das Trockendock keine Vorgaben zur Einleitung des anfallenden Niederschlags- und Sickerwassers in den Sund zu berücksichtigen. Jedoch können während der Herstellung der Tunnelelemente im Trockendock potenzielles Leichtwasser und Sedimente in das Niederschlags- und Sickerwasser eingetragen und werden, weshalb eine Aufbereitung des anfallenden Wassers vorzusehen ist.

Das im Trockendock anfallende Wasser wird zum Pumpensumpf, wie in Kapitel 4.5.2 erläutert, geführt. Vom Pumpensumpf aus, soll das Wasser separat zwischengespeichert werden, bevor es in den Sund eingeleitet wird. Während Rückhaltung können sich die im Wasser verbliebenen Schwebstoffe setzen und das möglicherweise auftretende Leichtwasser kann aufschwimmen. Es gilt darauf hinzuweisen, dass die sich im Trockendock befindende Schotterschicht zusätzlich als eine Art Stofffilter fungieren kann.

Zwar befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Trockendock ein RRB, das RRB 4, jedoch liegt es südlich vom Pumpensumpf, was bedeutet, dass das Wasser zunächst aus dem Pumpensumpf landeinwärts zum RRB 4 geführt werden muss, um es final in Richtung Norden in den Sund einleiten zu können. Durch die umständliche Führung kommt die Nutzung des RRB nicht in Frage.

Einfacher würde sich die Vorhaltung von Absetzcontainern, vgl. Abbildung 4-18, gestalten, die auf dem östlichen Fangedamm platziert werden könnten. Auf dem Fangedamm ist ausreichend Platz vorhanden und von dort aus kann das behandelte Niederschlags- und Sickerwasser in den Sund eingeleitet werden.

### Absetzbecken KOMPAKT 6.000 x 2.400 x 2.200



Abbildung 4-18: Beispiel für ein Absetzbecken zur Wasserbehandlung

Das Absetzbecken hat, wie zu erkennen ist, Ein- bzw. Ausläufe auf beiden Seiten. Zusätzlich zu der vorhandenen Steigwand zur Sedimentierung, muss eine Tauchwand für das Abscheiden von Leichtflüssigkeiten vorgesehen werden. Abhängig von der gewünschten Wasserqualität oder der benötigten Verweildauer, könnten auch mehrere Becken hintereinander angeordnet werden. Da im Pumpensumpf selbst bereits eine erste Sedimentabscheidung vorgenommen wird, ist davon auszugehen, dass sich in dem auf dem Fangedamm vorgesehen Becken, nur wenig Schwebstoffe absetzen. Eine Reinigung ist daher nur wöchentlich oder monatlich notwendig.

Neben der Nutzung als Setzungsbecken kann das Absetzbecken auch als Kontrollstation für die Wasserqualität genutzt werden. Diese ist während der Bauzeit regelmäßig zu überprüfen, um die Einleitung von Schadstoffen in den Sund zu vermeiden.

Unter der Berücksichtigung einer abgeschätzten Oberflächenbeschickungsklasse, siehe Abbildung 4-19

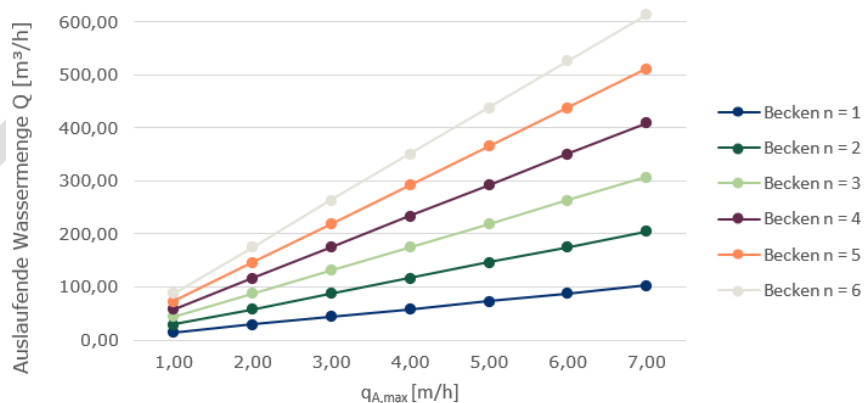


Abbildung 4-20, nach [2] von  $q_{A,max} = 4,10 \text{ m/h}$ , welche die hydraulische Belastung einer Sedimentationsanlage charakterisiert, ergibt sich bei einer Fördermenge der Pumpe im Trockendock von ca. 135 l/s und einer Zwischenspeicherung in der Sohlenschicht von  $2.400 \text{ m}^3$ , für ein 60 min-Regenereignis, dass die Vorhaltung von 6 mobilen Containern ( $L \times B \times H = 6,50 \text{ m} \times 2,25 \text{ m} \times 2,00 \text{ m}$ ) auf dem Fangedamm zur Behandlung des Niederschlags- und Sickerwasser ausreichend ist, vgl. Abbildung 4-22.

Auf Grund der Abhängigkeiten von  $q_{A,max}$ , der auslaufenden Wassermenge  $Q$ , der Beckenanzahl und der sich einstellenden Sedimentationsrate  $\eta_{sed}$ , vgl. Abbildung 4-20 und Abbildung 4-21 nach [2], gibt es neben der hier aufgeführten Variante noch weitere Möglichkeiten hinsichtlich der Ausführung.

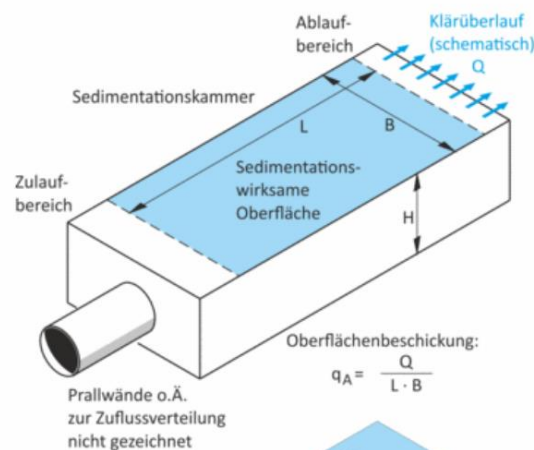


Abbildung 4-19: Ermittlung der Oberflächenbeschildungskategorie als Quotient Bemessungsabfluss  $Q$  und der sedimentationswirksamen Oberfläche  $L \times B$ , Quelle: UFT – Pioniere der Regenwasserbehandlung.

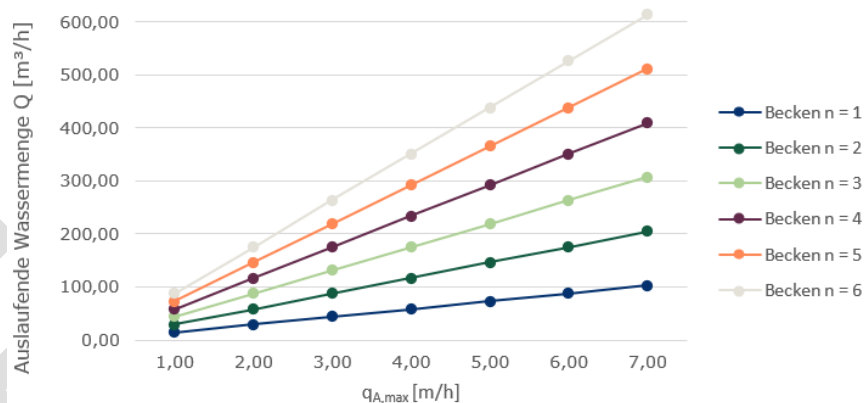


Abbildung 4-20: Abhängigkeiten der auslaufenden Wassermenge  $Q$ , Anzahl  $n$  der Becken und der Oberflächenbeschildungskategorie  $q_{A,max}$ , nach [2].

		Auslaufende Wassermenge Q [m³/h]						
Beckenanzahl	$\eta_{sed}$ [%]	60	61	52	52	41	41	24
	$q_{A,max}$ [m/h]	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00
	1,00	14,63	29,25	43,88	58,50	73,13	87,75	102,38
	2,00	29,25	58,50	87,75	117,00	146,25	175,50	204,75
	3,00	43,88	87,75	131,63	175,50	219,38	263,25	307,13
	4,00	58,50	117,00	175,50	234,00	292,50	351,00	409,50
	5,00	73,13	146,25	219,38	292,50	365,63	438,75	511,88
	6,00	87,75	175,50	263,25	351,00	438,75	526,50	614,25

Abbildung 4-21: Übersicht zu den Abhängigkeiten der auslaufenden Wassermenge Q, Anzahl n der Becken der Oberflächenbeschickungsklasse  $q_{a,max}$ , sowie des Sedimentationswirkungsgrades  $\eta_{sed}$ , nach [2].

Trockendock		Absetzbecken		
Wassermenge (Niederschlagwasser und Wasser aus Grundwasserhaltung) nach IBES Freiberg für 60 min-Regenereignis	2.867,75 m³/h 2.867.750,00 l/h 796,60 l/s	Eingehende Fördermenge	Zwischenspeichervolumen in 6 Stk. Containern (6,5 m x 2,25 m x 2,00 m) mit $V_{ges} = 180 \text{ m}^3$	Ausgehendes Volumen unter Einhaltung von $q_{A,max} = 4,10 \text{ m/h}$
Zwischenspeichervolumen in Sohlenschicht	2.384,25 m³	[m³/h]	[m³]	[m³/h]
Fördermenge der Pumpe (maximal)	483,50 m³/h 134,31 l/s	483,50	123,73	359,78
Fördermenge der Pumpe (regulär)	359,78 m³/h	359,78	0,00	359,78

Abbildung 4-22: Abschätzung der einzusetzenden Absetzbecken für das Trockendock.

## Baugruben für Ingenieurbauwerke

Analog zum Vorgehen beim Trockendock ist der Einsatz von mobilen Absetzbecken, vgl. Abbildung 4-18, für die Wasserbehandlung des Niederschlags- und Sickerwassers innerhalb der Baugruben der Ingenieurbauwerke (Tröge, Tunnel in offener Bauweise) vorgesehen, da auch hier Leichtflüssigkeiten und Sedimente in das Niederschlags- und Sickerwasser während der Baumaßnahme eingetragen werden können. Anstelle der mobilen Absetzbecken ist die Verwendung bauzeitlicher, ortsfester Absetzbecken im Bereich der RRB 3 (östlich des Bahntrogs Großenbrode), RRB 5 (östlich des Tunnels in offener Bauweise Fehmarn) und RRB 6 (östlich des nördlichen Trogendes Fehmarn) möglich.

Unter Einhaltung von  $q_{A,max} = 4,10 \text{ m/h}$ , analog zum Trockendock, ergeben sich die folgenden Fördermengen und Containereinsätze für die einzelnen Bauwerke:

- Vorhaltung von 3 Stk. Absetzbecken für ToB Großenbrode, vgl. Abbildung 4-23
- Vorhaltung von 3 Stk. Absetzbecken für Trog Großenbrode, vgl. Abbildung 4-24
- Vorhaltung von 3 Stk. Absetzbecken für ToB Fehmarn, vgl. Abbildung 4-25
- Vorhaltung von 3 Stk. Absetzbecken für Trog (Straßen und Bahn) Fehmarn, vgl. Abbildung 4-26
- Vorhaltung von 3 Stk. Absetzbecken für Trog (Bahn) Fehmarn, vgl. Abbildung 4-27
- Vorhaltung von 3 Stk. Absetzbecken für Trog (Straße) Fehmarn, vgl. Abbildung 4-28
- Vorhaltung von 1 Stk. Absetzbecken für den Bereich der Stützwand Fehmarn, vgl. Abbildung 4-29

Die Absetzbecken sollen möglichst seitlich der Bauwerke in Nähe zu den einzelnen Pumpensämpfen positioniert werden.



Großenbrode ToB		
Niederschlagsmenge nach IBES Freiberg	211,00	m³/h
Grundwasserhaltung nach IBES Freiberg	29,57	m³/h
Wassermenge (Niederschlagwasser und Wasser aus Grundwasserhaltung) nach IBES Freiberg für 60 min-Regenereignis	240,57	m³/h
	240.570,00	l/h
	66,83	l/s
Fördermenge der Pumpe (regulär)	179,89	m³/h

Absetzbecken		
Eingehende Fördermenge	Zwischenspeichervolumen in 3 Stk. Containern (6,5 m x 2,25 m x 2,00 m) mit Vges = 90 m³	Ausgehendes Volumen unter Einhaltung von $q_{A,max} = 4,10$ m/h
	[m³/h]	[m³/h]
240,57	60,68	179,89
179,89	0,00	179,89

Abbildung 4-23: Abschätzung der einzusetzenden Absetzbecken für den Tunnel in offener Bauweise auf dem Festland.

Großenbrode Trog		
Niederschlagsmenge nach IBES Freiberg	195,00	m³/h
Grundwasserhaltung nach IBES Freiberg	10,91	m³/h
Wassermenge (Niederschlagwasser und Wasser aus Grundwasserhaltung) nach IBES Freiberg für 60 min-Regenereignis	205,91	m³/h
	205.910,00	l/h
	57,20	l/s
Fördermenge der Pumpe (regulär)	179,89	m³/h

Absetzbecken		
Eingehende Fördermenge	Zwischenspeichervolumen in 3 Stk. Containern (6,5 m x 2,25 m x 2,00 m) mit Vges = 90 m³	Ausgehendes Volumen unter Einhaltung von $q_{A,max} = 4,10$ m/h
	[m³/h]	[m³/h]
205,91	26,02	179,89
179,89	0,00	179,89

Abbildung 4-24: Abschätzung der einzusetzenden Absetzbecken für den Trog auf dem Festland.

Fehmarn ToB		
Niederschlagsmenge nach IBES Freiberg	236,00	m³/h
Grundwasserhaltung nach IBES Freiberg	0,33	m³/h
Wassermenge (Niederschlagwasser und Wasser aus Grundwasserhaltung) nach IBES Freiberg für 60 min-Regenereignis	236,33	m³/h
	236.330,00	l/h
	65,65	l/s
Fördermenge der Pumpe (regulär)	179,89	m³/h

Absetzbecken		
Eingehende Fördermenge	Zwischenspeichervolumen in 3 Stk. Containern (6,5 m x 2,25 m x 2,00 m) mit Vges = 90 m³	Ausgehendes Volumen unter Einhaltung von $q_{A,max} = 4,10$ m/h
	[m³/h]	[m³/h]
236,33	56,44	179,89
179,89	0,00	179,89

Abbildung 4-25: Abschätzung der einzusetzenden Absetzbecken für den Tunnel in offener Bauweise auf Fehmarn.

Fehmarn Trog Straße und Bahn		
Niederschlagsmenge nach IBES Freiberg	266,00	m³/h
Grundwasserhaltung nach IBES Freiberg	0,61	m³/h
Wassermenge (Niederschlagwasser und Wasser aus Grundwasserhaltung) nach IBES Freiberg für 60 min-Regenereignis	266,61	m³/h
	266.610,00	l/h
	74,06	l/s
Fördermenge der Pumpe (regulär)	179,89	m³/h

Absetzbecken		
Eingehende Fördermenge	Zwischenspeichervolumen in 3 Stk. Containern (6,5 m x 2,25 m x 2,00 m) mit Vges = 90 m³	Ausgehendes Volumen unter Einhaltung von $q_{A,max} = 4,10$ m/h
	[m³/h]	[m³/h]
266,61	3,36	263,25
179,89	0,00	179,89

Abbildung 4-26: Abschätzung der einzusetzenden Absetzbecken für den Trog (Straße und Bahn) auf Fehmarn.

Fehmarn Trog Bahn		
Niederschlagsmenge nach IBES Freiberg	215,00	m³/h
Grundwasserhaltung nach IBES Freiberg	2,06	m³/h
Wassermenge (Niederschlagwasser und Wasser aus Grundwasserhaltung) nach IBES Freiberg für 60 min-Regenereignis	217,06	m³/h
	217.060,00	l/h
	60,29	l/s
Fördermenge der Pumpe (regulär)	179,89	m³/h

Absetzbecken		
Eingehende Fördermenge	Zwischenspeichervolumen in 3 Stk. Containern (6,5 m x 2,25 m x 2,00 m) mit Vges = 90 m³	Ausgehendes Volumen unter Einhaltung von $q_{A,max} = 4,10$ m/h
	[m³/h]	[m³/h]
217,06	37,17	179,89
179,89	0,00	179,89

Abbildung 4-27: Abschätzung der einzusetzenden Absetzbecken für den Trog (Bahn) auf Fehmarn.

Fehmarn Trog Straße		
Niederschlagsmenge nach IBES Freiberg	222,00	m³/h
Grundwasserhaltung nach IBES Freiberg	0,86	m³/h
Wassermenge (Niederschlagwasser und Wasser aus Grundwasserhaltung) nach IBES Freiberg für 60 min-Regenereignis	222,86	m³/h
	222.860,00	l/h
	61,91	l/s
Fördermenge der Pumpe (regulär)	179,89	m³/h

Absetzbecken		
Eingehende Fördermenge	Zwischenspeichervolumen in 3 Stk. Containern (6,5 m x 2,25 m x 2,00 m) mit Vges = 90 m³	Ausgehendes Volumen unter Einhaltung von $q_{A,max} = 4,10$ m/h
	[m³/h]	[m³/h]
222,86	42,97	179,89
179,89	0,00	179,89



Abbildung 4-28: Abschätzung der einzusetzenden Absetzbecken für den Trog (Straße) auf Fehmarn.

Fehmarn Rückverankerung			Absetzbecken		
Niederschlagsmenge nach IBES Freiberg	81,00	m³/h	Eingehende Fördermenge	Zwischenspeichervolumen in 1 Stk. Containern (6,5 m x 2,25 m x 2,00 m) mit $V_{ges} = 30 \text{ m}^3$	Ausgehendes Volumen unter Einhaltung von $q_{A,max} = 4,10 \text{ m}^3/\text{h}$
Grundwassererhaltung nach IBES Freiberg	0				
Wassermenge (Niederschlagswasser und Wasser aus Grundwassererhaltung) nach IBES Freiberg für 60 min-Regenereignis	81,00	m³/h			
	81.000,00	l/h			
	22,50	l/s			
Fördermenge der Pumpe (regulär)	59,96	m³/h	[m³/h]	[m³]	[m³/h]
			81,00	21,04	59,96
			59,96	0,00	59,96

Abbildung 4-29: Abschätzung der einzusetzenden Absetzbecken für den Bereich der Schlitzwandrückverankerung.

## Betonmischwerk Großenbrode

Hinsichtlich der Schadstoffeintrages ist ein Augenmerk auf das Betonwerk, welches auf der Fläche FL-BE-W2 vorgesehen ist zu legen. In diesen Bereichen sind das Niederschlags- und das Prozesswasser bzw. austretende Flüssigkeiten separat zu sammeln und zu entsorgen. Das Prozesswasser, welches oftmals einen erhöhten PH-Wert aufweist, gilt es separat aufzufangen und zu entsorgen. Die dafür erforderlichen technischen Einrichtungen erfassen regelmäßig auch Niederschlagswasser. Um die zu entsorgende Menge gering zu halten, können lokale Überdachungen zur Abtrennung des Niederschlagswasser erfolgen.

Zur Vermeidung des Eintrages von Grobbestandteilen in die umliegenden Gewässer wird im Anschluss an die Fläche des Betonwerks bzw. an die Materiallagerfläche einer Sedimentationsanlage (G7-BZ) vorgeschaltet. Ausgehend von der Sedimentationsanlage wird das Wasser in das RRB 7 weitergeleitet, siehe auch Abbildung 4-7. Weiterhin sollen Absetzbecken, vgl. Abbildung 4-18, zur Behandlung des Wassers auf die Fläche FL BF W-1.1 positioniert werden. Mit Hilfe der Absetzbecken können sich wiederrum verbliebene Schwebstoffe setzen und auftretendes Leichtwasser kann aufschwimmen. Außerdem kann es zur Qualitätskontrolle genutzt werden.

## Mobile Tankstellen

Ebenso gilt es das Niederschlagswasser, welches auf die Bereiche von mobilen Tankstellen trifft zu sammeln und zu entsorgen [4]. Eine lokale Überdachung ist zur Reduzierung und Abtrennung der Niederschlagsmengen ebenfalls dankbar. Wie in Abbildung 4-30 dargestellt, kann eine Auffangwanne, die anfallendes Wasser sammelt, als technische Einrichtung genutzt werden.



Abbildung 4-30: Mobile Tankanlage mit Auffangwanne, Quelle: Sroka-Stahlbau

## Bodenlagerflächen

Die Qualität des Niederschlagswasser wird maßgeblich durch den zu lagernden Boden auf den BE- bzw. Bodenlagerflächen beeinflusst. Nach [12], [13] und [14] ergeben sich aus der chemischen Untersuchung für die Böden, die zwischengelagert und wiedereingebaut werden sollen (Oberboden, Auffüllungsböden, Geschiebemergel, Sande) oftmals eine Überschreitung des Sulfat- und Chloridgehaltes, sowie der elektrischen Leitfähigkeit. Als möglich Ursache wird der Einfluss der Ostsee benannt, denn die Ostsee, mit ihrer höheren Salinität, korrespondiert mit den landeinwärts liegenden Grundwasserleitern. Die Grundwasserversalzung hat wiederum Einfluss auf die Böden im Einzugsgebiet.

Niederschlag, der auf die Bodenmieten trifft, kann darin gebundene Sulfate und Chloride auswaschen. Es ist wahrscheinlich, dass das austretende Sickerwasser der Bodenmieten anfangs einen erhöhten Sulfat- und Chloridgehalt aufweist. Eine maximale Belastungshöhe kann anhand der vorliegenden Gutachten [12], [13] und [14] nicht bestimmt werden. Mit der Zeit wird jedoch die ausgewaschene Sulfat- und Chloridmenge abnehmen. Der Gehalt wird dabei stets deutlich unter dem natürlichen Gehalt der Ostsee liegen, in den sämtliche Einleitstellen der bauzeitlichen Entwässerung letztlich abschlagen.

## Anlagen der Straße

Die Anlagen der Straßen entwässern sowohl während der Bauzeit als auch während des Endzustandes teilweise in vorgesehene Retentionsbodenfilteranlagen (RBFA), wodurch von einer ausreichend guten Wasserqualität zur Einleitung an den jeweiligen Einleitstellen auszugehen ist.

Teilweise erfolgt die Behandlung des Niederschlagswasser auch über eine offene Entwässerung, das heißt einer gezielten Führung der Wassermengen durch Mulden, Banketten, Böschungen.

## 4.7 Betreiben der Entwässerungsmaßnahmen

Die ungestörte Entwässerung des Baustellen- und Baustelleneinrichtungsgebiets, beiderseits des Sunds, erfordert eine stetige Instandhaltung der Gräben und Dränagerohre. Feststoffe können über die Bodenlagerflächen in die Gräben gelangen und sich dort absetzen. Damit sich die Gräben in ihrer Form nicht verändern ist z.B. ein regelmäßiges Ausbaggern und Betreiben der Gräben im Einzugsgebiet erforderlich.

## 4.8 Maßnahmen für den Havariefall

Während des Baubetriebes kann es zu Havariefällen kommen, bei denen beispielsweise verstärkt Leichtflüssigkeiten wie z.B. Öl oder Treibstoffen austreten. Durch Regen oder während des Flutens des Trockendocks würden sie sich großflächig verteilen. Damit eine Ausbreitung der Stoffe vermieden werden kann, ist es erforderlich ein Konzept für den Umgang mit Havariefällen zu entwickeln.

Die hier beschriebenen Ansätze sollen nur einen orientierenden Charakter haben, das Havariekonzept für die Situation von umweltschädlichen Substanzen muss vom Auftragnehmer entwickelt werden.

Vorbeugende Maßnahmen können bspw. sein:

- Überwachung der Lagerung und Handhabung von Treibstoffen, um den Austritt zu vermeiden
- Regelmäßige Wartung der Ausrüstung und Überprüfung der Dichtigkeit, um Lecks zu erkennen und zu vermeiden
- Schulung des Personals über sichere Handhabung und Lagerung von Treibstoffen

Eine Alarmierung kann wie folgt ablaufen:

- Sobald ein Austritt von Öl oder Treibstoff bemerkt wird, sollte sofort ein Alarm ausgelöst werden, um das Personal und die Umgebung zu warnen und zu informieren.
- Zuständige Behörden werden in Kenntnis gesetzt.

Die Eindämmung kann wie folgt ablaufen:

- Das betroffene Gebiet muss abgesperrt werden, um eine weitere Ausbreitung des Öls oder Diesels zu verhindern.
- Absorbermaterialien (Sand, Stroh oder Ölbindematten) sollten vorgehalten und verwendet werden, um das ausgetretene Öl oder den Treibstoff aufzunehmen.

Die Reinigung und Entsorgung können wie folgt ablaufen:

- Die Reinigung des betroffenen Gebiets muss sorgfältig durchgeführt werden, um eine weitere Ausbreitung und Schädigung der Umwelt zu vermeiden z.B. durch den Aushub des betroffenen Abschnittes
- Das aufgenommene Material muss sicher und gemäß den geltenden Umweltvorschriften entsorgt werden.

Die Überwachung und Nachsorge können wie folgt erfolgen:

- Das betroffene Gebiet muss regelmäßig überwacht werden, um sicherzustellen, dass keine weitere Ausbreitung stattfindet.
- Die Auswirkungen auf die Umwelt und das Ecosystem müssen bewertet werden, um gegebenenfalls Maßnahmen zur Wiederherstellung zu treffen.

## 4.9 Übersicht der Regenrückhalteräume am Festland und auf Fehmarn

In der nachstehenden Abbildung 4-31 sind abschließend die für die Bauzeit und den Endzustand erforderlichen Regenrückhaltebecken bzw. Retentionsbodenfilteranlagen zur Übersicht zusammengestellt:

RRB / RBFA	Bahn / Straße	Festland / Fehmarn	Behandlung	Volumen [m³]	Bauzeit	Endzustand
RRB 2	Bahn	Festland	-	282,00	-	ja
RRB 3	Bahn	Festland	-	543,00	optional	ja
RRB 4	Bahn	Festland/Spülfeld	ja	338,00	ja	ja
RRB 5	Bahn	Fehmarn	ja	325,00	optional	ja
RRB 6	Bahn	Fehmarn	-	1424,00	ja	ja
RRB 7	Bahn	Festland	-	2986,00	ja	-
G7-BZ	Bahn	Festland	ja	557,00	ja	-
RRB 8	Bahn	Fehmarn	-	2424,00	ja	-
RBFA 1	Straße	Festland	ja	3161,00	ja	ja
RRB S2	Straße	Festland	-	1321,00	ja	ja
RBFA 3	Straße	Festland	ja	116,00	-	ja
RBFA 4	Straße	Fehmarn	ja	131,00	ja	ja
RRB S5	Straße	Festland	-	973,00	ja	ja
RRB S6	Straße	Fehmarn	-	1328,00	ja	ja
Teich (vorhanden)	Bahn	Festland	-	1540,00	ja	-

Abbildung 4-31: Zusammenstellung der vorgesehenen RRB und RBFA am Festland und auf Fehmarn.

## ANLAGE

Bemessungsgleichung nach DWA-A 117 (Dezember 2013)					
Bemessungsvolumen RRB [m³]:		$V_{S,U} = [r_{(D,n)} - q_{Dr,R,u}] \cdot D \cdot f_z \cdot f_A \cdot 0,06$			
		$V_{\square} = V_{S,U} \cdot A_u (\psi_m)$			
mit:	$V_{S,U}$ =	spezifisches Speichervolumen bezogen auf $A_u$ [m³/ha]			
	$V$ =	erf. Speichervolumen des RRR [m³]			
	$q_{Dr,R,u}$ =	Drosselabflußspende bezogen auf $A_u$ [l/s/ha]			
	$r_{(D,n)}$ =	Maßgebende Regenspende [l/s/ha]			
	$D$ =	Dauerstufe [min]			
	$A_u$ =	undurchlässige Fläche [m²]			
	$D$ =	Dauer des Bemessungsregens [min]			
	$\psi_m$ =	Mittlerer Abflussbeiwerte (-)			
	$f_A$ =	Abminderungsfaktor (DWA-A 117, Anhang B)			
	$n$ =	Überschreitungshäufigkeit in 1/a			
	$f_1$ =	Hilfsfunktion			
	$t_f$ =	Fließzeit in min			
	$f_z$ =	Zuschlagsfaktor für Risiko (DWA-A 117): „hoch“ = 1,1 „mittel“ = 1,15 „gering“ = 1,2			
Eingabedaten					
Flächen:	gesamt	[ha]	$\psi_m$ [-]	undurchl.	[ha]
	$A_E$ =	5,260	0,70	$A_u$ mit $\psi_m$ =	3,684
Abminderungsfaktor	$f_A$ =	1,00			
Drosselabflußspende bezogen auf $A_E$	$q_{Dr}$ =	1,20	l/s/ha $A_E$		
Drosselabfluß	$Q_{Dr}$ =	6,31	l/s		
Drosselabflußspende bezogen auf $A_u$	$q_{Dr,R,u}$ =	1,71	l/s/ha		
Zuschlagsfaktor Risiko	$f_z$ =	1,20			
Bemessung Regenrückhaltevolumen					
Kostr-DWD-2020; Z 64, S 158					
n [1/a]		0,2 (T = 5a)			
D [min]	$r_{D,S}$ [l/(s ha)]	Toleranz [%]	$V_{S,U}$ [m³/ha]	V [m³]	V [m³] mit Toleranz
5	280	16	100	369	428
10	190	17	136	499	585
15	146,7	19	157	577	688
20	121,7	20	173	637	766
30	92,2	20	195	720	867
45	69,3	20	219	807	972
60	56,4	20	236	870	1050
90	42,2	19	262	967	1158
120	34,3	18	282	1037	1234
180	25,5	17	308	1136	1343
240	20,6	16	326	1202	1412
360	15,3	15	352	1297	1517
540	11,4	15	377	1387	1632
720	9,2	15	388	1430	1693
1080	6,8	15	396	1457	1749
1440	5,5	16	393	1446	1782
2880	3,3	18	329	1212	1666
4320	2,4	20	214	787	1337
5760	2	22	119	438	1110
7200	1,7	23	-7	-26	721
8640	1,5	24	-133	-489	336
10080	1,3	25	-300	-1105	-236
Ergebnis					
Bemessungsvolumen V [m³] =				1.457	1.782
vorhandenes Rückhaltevolumen [m³] =					

Abbildung 4-32: Bemessungsvolumen des EZB G2-BZ nach DWA-A117