



ABS/NBS Hamburg-Lübeck-Puttgarden  
(Hinterlandanbindung FBQ)  
Neubau der B 207  
PFA Fehmarnsundquerung (FSQ)

# Erläuterungsbericht

Ingenieurgemeinschaft fehmanlink2

RAMBOLL | BÖGER + JÄCKLE

c/o Ramboll Deutschland GmbH

Jürgen-Tüpfer-Straße 48

22763 Hamburg

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Antragsgegenstand .....</b>	<b>8</b>
1.1	Teil A: Einordnung in das Vorhaben Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung (FBQ).....	8
1.2	Teil B: Planfeststellungsabschnitt Fehmarnsundquerung (PFA FSQ) .....	9
1.3	Beschreibung Planfeststellungsabschnitt Fehmarnsundquerung – Bahn .....	10
1.4	Beschreibung Planfeststellungsabschnitt FSQ – Straße .....	10
<b>2</b>	<b>Verfahren .....</b>	<b>11</b>
2.1	Vorhabenträgerinnen.....	11
2.1.1	Eisenbahn.....	11
2.1.2	Straße.....	11
2.2	Gemeinsames Verfahren bei dem Eisenbahn-Bundesamt (§ 78 VwVfG) .....	11
2.3	Entbehrlichkeit einer Raumverträglichkeitsprüfung.....	12
2.3.1	Raumordnerische Bedeutung des Vorhabens .....	12
<b>3</b>	<b>Planrechtfertigung .....</b>	<b>15</b>
3.1	Projekthintergrund .....	15
3.1.1	Ausgangspunkt der Planung.....	17
3.2	Gesetzliche Planrechtfertigung .....	24
3.2.1	Staatsvertrag .....	24
3.2.2	Planrechtfertigung aus Bedarfsplänen.....	25
3.3	Allgemeine Planrechtfertigung .....	25
<b>4</b>	<b>Varianten und Variantenvergleich.....</b>	<b>26</b>
4.1	Einleitung.....	26
4.2	Methodik des Variantenvergleichs .....	26
4.3	Bewertungsverfahren .....	30
4.3.1	Festlegung des Bewertungsverfahrens .....	30
4.3.2	Wirkungsbereiche .....	31
4.3.3	Bewertungskriterien .....	33
4.3.4	Rechnerisches Hilfsmodell .....	39
4.4	Stufe 0 – Vorvariantenvergleich .....	42
4.4.1	Untersuchungsraum und Linienuntersuchungen .....	42
4.4.2	Ausgewählte und frühzeitig ausgeschiedene Linien innerhalb der untersuchten Korridore.....	45
4.4.3	Bau- und Konstruktionsvarianten.....	54
4.4.4	Vorteilhafteste Linienvarianten .....	54
4.4.5	Ergebnisse Stufe 0 .....	61
4.5	Stufe 1 – Vorvariantenvergleich .....	62
4.5.1	Untersuchungsraum .....	62
4.5.2	Vorzugsvarianten.....	62
4.6	Stufe 2 – Hauptvariantenvergleich .....	81
4.6.1	Kombinationsuntersuchung .....	81
4.6.2	Vergleich der Vorzugsvarianten.....	83

4.6.3	Variantenvergleich .....	87
4.6.4	Wirkungsbereiche und Wichtung .....	89
4.6.5	Ergebnis Stufe 2 .....	107
4.6.6	Fazit.....	108
4.7	Aktualisierung des Stufe 2 – Hauptvariantenvergleichs.....	109
4.7.1	Planungsrandbedingungen .....	109
4.7.2	Absenktunnel.....	109
4.7.3	Bohrtunnel .....	111
4.7.4	Brücken .....	113
4.7.5	Wirkungsbereiche und Vorgehen .....	113
4.7.6	Ergebnis aktualisierter Variantenvergleich Stufe 2 .....	113
4.7.7	Fazit.....	114
<b>5</b>	<b>Beschreibung des vorhandenen Zustands .....</b>	<b>116</b>
5.1	Vom Vorhaben betroffene Strecken.....	116
5.1.1	Bahnstrecke.....	116
5.1.2	Straßen.....	119
5.2	Baugrund .....	121
5.2.1	Allgemeine Geologie.....	121
5.2.2	Bereich Anschlussstelle (AS) B 207 / K 42 Großenbrode .....	121
5.2.3	Bereiche freie Strecke Bahn und Straße .....	122
5.2.4	Bereich Trockendock.....	123
5.2.5	Bereich Absenkgraben .....	124
5.2.6	Bereich Tunnel in offener Bauweise Fehmarn.....	124
5.2.7	Bereiche Trogbauwerke Großenbrode und Fehmarn .....	125
<b>6</b>	<b>Beschreibung des geplanten Zustandes.....</b>	<b>127</b>
6.1	Abweichungen vom Regelwerk.....	127
6.2	Planungsgrundlagen .....	127
6.2.1	Bahn .....	127
6.2.2	Straße.....	128
6.3	Verkehrsanlagen .....	128
6.3.1	Bahnanlage – Bahnstrecke 1100 neu Planfeststellungsabschnitt FSQ (PFA FSQ) .....	128
6.3.2	Verkehrsanlagen (VA) Bahn/Bahnkörper.....	129
6.3.3	Straßen und Wege.....	134
6.4	Ingenieurbauwerke.....	142
6.4.1	Tunnel.....	142
6.4.2	Trogbauwerke.....	148
6.4.3	Stützbauwerke Fehmarn.....	151
6.4.4	Brücken .....	152
6.4.5	Lärmschutzwände Bahn .....	157
6.4.6	Lärmschutzwände Straße (B 207) .....	158
6.4.7	Kollisionsschutz-Vorrichtungen zum Schutz von Fledermäusen .....	160
6.4.8	Verkehrszeichenbrücken .....	160
6.4.9	Verbleibende Bauteile aus Baustellenbetrieb .....	162
6.4.10	Hochwasserschutzdeich .....	163
6.4.11	Gewässer, Gräben, sonstige Entwässerungsanlagen .....	164
6.4.12	Düker / Durchlass .....	165

6.5	Streckenausrüstung und Energieversorgung, verkehrstechnische Ausrüstung .....	167
6.5.1	Streckenausrüstung und Energieversorgung Bahn .....	167
6.5.2	Verkehrstechnische Ausstattung (Technische Ausrüstung) Straße .....	172
6.6	Bahnübergänge .....	176
<b>7</b>	<b>Tangierende Planungen .....</b>	<b>177</b>
7.1	Planfeststellungsabschnitt 6 .....	177
7.2	Planfeststellungsabschnitt 5.2 .....	178
7.3	Bundesstraße B 207 .....	179
7.4	Umverlegung 110-kV-Leitung durch Fehmarn Netz GmbH .....	180
7.5	Umverlegung von Versorgungsleitungen der Schleswig-Holstein Netz GmbH .....	180
7.6	Fehmarnsundbrücke .....	180
<b>8</b>	<b>Temporär zu errichtende Anlagen .....</b>	<b>181</b>
8.1	Baustellenmanagement .....	181
8.1.1	Baustelleneinrichtungsflächen .....	181
8.1.2	Baustelleneinrichtung Großenbrode .....	182
8.1.3	Baustelleneinrichtung Sund .....	184
8.1.4	Baustelleneinrichtung Fehmarn .....	185
8.1.5	Baustellenversorgung .....	185
8.1.6	Zufahrten zu Baustellen .....	187
8.1.7	Baustraßen .....	188
8.2	Bauzeitliche Verkehrsführung .....	190
8.3	Trockendock .....	191
8.3.1	Erd- und Grundbau .....	193
8.3.2	Konstruktive Bauwerke und Tiefbau .....	193
8.4	Arbeitshafen .....	196
8.5	Dalben als Elementparkplätze im Sund .....	196
8.6	Spülfeld .....	197
8.7	Baugruben .....	198
8.7.1	Baugruben/ Maßnahmen für Brückenbauwerke .....	198
8.7.2	Baugrube Großenbrode - Tunnel in offener Bauweise und Trockendock Großenbrode .....	199
8.7.3	Absenkgraben .....	200
8.7.4	Baugrube Fehmarn - Tunnel offener Bauweise, Trogbauwerk Fehmarn, Straßentrog und Bahntrog Fehmarn .....	202
<b>9</b>	<b>Baudurchführung .....</b>	<b>205</b>
9.1	Allgemeiner Zeitplan und Schnittstellen .....	205
9.2	Herstellung Absenktunnel .....	205
9.2.1	Trockendock .....	205
9.2.2	Baggararbeiten .....	207
9.2.3	Bereitstellung und Absenkung der Tunnelelemente .....	208
9.2.4	Wiederverfüllung des Absenkgrabens .....	209
9.3	Bauphasenkonzept .....	210
9.3.1	Phase 0: Vertragsabschluss und Baubeginn .....	211

9.3.2	Phase 1: Mobilisierung und vorbereitende Arbeiten [ca. 1 Monat].....	211
9.3.3	Phase 2: Verschiebung B 207 Struckamp (Übergangsphase 1) [ca. 3 Wochen].....	211
9.3.4	Phase 3: Umleitung Bundesstraße 207 Festland (Übergangsphase 2) [ca. 6,5 Monate] .....	212
9.3.5	Phase 4: Umleitung Bundesstraße 207 Fehmarn (Übergangsphase 3) [ca. 1 Woche].....	212
9.3.6	Phase 5: Fertigstellung Trockendock [ca. 2,5 Monate].....	213
9.3.7	Phase 6: Herstellen, Verholen und Parken Elemente 1 - 3 [ca. 6,5 Monate] .....	213
9.3.8	Phase 7: Herstellen, Verholen und Parken Elemente 4 - 6 und Absenken Elemente 1 - 3 [ca. 6 Monate] .....	213
9.3.9	Phase 8: Herstellen, Verholen und Parken Elemente 7 - 9 und Absenken Elemente 4 - 6 [ca. 6,5 Monate] ...	214
9.3.10	Phase 9: Herstellen Elemente 10 - 12 und Absenken Elemente 7 - 9 [ca. 2 Monate].....	214
9.3.11	Phase 10: Umleitung B 207 Großenbrode über die neuen Brücken (Übergangsphase 4) [ca. 1 Woche].....	215
9.3.12	Phase 11: Umleitung B 207 nach Abriss Brücke Großenbrode (Übergangsphase 5) [ca. 1 Monat].....	215
9.3.13	Phase 12: Herstellen und Fertigstellung Tunnel Elemente 10-12 (Forts.) [ca. 2,5 Monate].....	215
9.3.14	Phase 13: Transport und Absenken Elemente 10 - 12 und Herstellen Schlussfuge [ca. 2 Monate] .....	215
9.3.15	Phase 14: Herstellung Tunnel in offener Bauweise Großenbrode, Herstellung Betriebsgebäude [ca. 9 Monate] .....	216
9.3.16	Phase 15: Einbau Technische Ausrüstung und Inbetriebnahme Umleitung Verbindung Avendorf (Übergangsphase 6) [ca. 8,5 Monate] .....	216
9.3.17	Phase 16: Ausrüstung und Inbetriebnahme Straßen- und Bahntunnel (Übergangsphase 7) [ca. 12 Monate]...	216
9.3.18	Phase 17: Inbetriebnahme Bahntunnel, Verkehrsumleitung für BW 6.3.4 [ca. 1 Monat] .....	216
9.3.19	Phase 18: Abschlussarbeiten und Vertragsvervollständigung [ca. 8 Monate] .....	216
9.4	Beeinflussung des Straßen-, Schienen- und des Fuß- sowie Radverkehrs .....	217
9.4.1	Beeinflussung des Straßenverkehrs .....	217
9.4.2	Beeinflussung des Schienenverkehrs.....	217
9.4.3	Beeinflussung des Fuß- und Radverkehrs.....	217
9.4.4	Beeinflussung Schifffahrt und Fischereiverwaltung .....	218
9.5	Baustellenlogistik.....	218
9.6	Bodenmanagement .....	218
9.7	Bauzeitliche Wasserhaltung .....	221
9.8	Bauzeitliche Immissionen.....	224
9.8.1	Geräuschimmission während der Bauausführung .....	224
9.8.2	Erschütterungen während der Bauausführung .....	224
9.8.3	Licht während der Bauausführung.....	226
9.8.4	Staub während der Bauausführung .....	227
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung der Belange des Umweltschutzes .....</b>	<b>228</b>
10.1	Betroffenes Fachrecht .....	228
10.1.1	Übereinstimmung mit den Erfordernissen von Raumordnung und Landesplanung.....	228
10.1.2	Umweltverträglichkeitsstudie (UVS).....	229
10.1.3	Eingriffe in Natur und Landschaft .....	229
10.1.4	Artenschutz.....	230
10.1.5	NATURA 2000-Verträglichkeit.....	230
10.1.6	Immissionsschutz .....	230
10.1.7	Wasserrechtliche Belange .....	234
10.2	Ergebnisse des Variantenvergleichs zur Umweltverträglichkeitsstudie.....	237
10.2.1	Vorplanung .....	237
10.2.2	Variantenvergleich .....	238
10.3	Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen.....	240

10.3.1	Vermeidung und Verminderung von Eingriffen in Natur und Landschaft sowie von artenschutzrechtlichen Konflikten (Vermeidungsmaßnahmen zur Bauausführung, Artenschutzrechtliche Vermeidungsmaßnahmen, Technische Vermeidungsmaßnahmen) .....	240
10.3.2	Vermeidung und Verringerung betriebsbedingter Schallimmissionen (Verkehrslärm) .....	240
10.3.3	Vermeidung und Verringerung betriebsbedingter Schallimmissionen.....	242
10.3.4	Vermeidung und Verringerung baubedingter Schallimmissionen .....	242
10.3.5	Vermeidung und Verringerung von Verschattung .....	245
10.3.6	Vermeidung und Verringerung von Lichtimmissionen.....	246
10.3.7	Vermeidung und Verringerung von baubedingten Luftschadstoffen .....	246
10.3.8	Vermeidung und Verringerung von betriebsbedingten Luftschadstoffen .....	247
10.3.9	Vermeidung und Verringerung betriebsbedingter Erschütterungsmissionen .....	248
10.4	Maßnahmen zum Ausgleich, Ersatz und weitere kompensatorische Maßnahmen .....	248
10.5	Zusammenfassung der Umweltauswirkungen bzw. der betroffenen Umweltbelange .....	249
10.5.1	Menschen, einschl. menschliche Gesundheit .....	249
10.5.2	Tiere und Pflanzen, biologische Vielfalt .....	250
10.5.3	Boden .....	259
10.5.4	Wasser .....	260
10.5.5	Klima und Luft.....	264
10.5.6	Landschaft .....	265
10.5.7	Kulturgüter und sonstige Sachgüter.....	266
10.6	Artenschutz und europäischer Gebietsschutz.....	268
10.6.1	Artenschutz.....	268
10.6.2	Natura 2000-Verträglichkeit .....	268
10.7	Rechtliche Bewertung .....	269
10.7.1	Umweltverträglichkeitsstudie .....	269
10.7.2	Eingriffsregelung.....	274
10.7.3	NATURA 2000-Verträglichkeit .....	275
10.7.4	Schutzgebiete der §§ 22 bis 28 BNatSchG .....	276
10.7.5	Artenschutz.....	276
10.7.6	Biotopschutz .....	276
10.7.7	Schallschutz und Schutz vor Erschütterungen .....	277
<b>11</b>	<b>Weitere Rechte und Belange .....</b>	<b>279</b>
11.1	Grundinanspruchnahme.....	279
11.2	Anlagenbetreiber Bahn.....	280
11.3	Kabel und Leitungen .....	280
11.4	Tankstellen Großenbrode.....	282
11.5	Kampfmittel.....	282
11.6	Denkmalschutz .....	282
11.7	Archäologisch relevante Bereiche.....	283
11.8	Entsorgung von Aushub- und Abbruchmaterial .....	284
11.9	Gewässer .....	285
11.10	Land- und Forstwirtschaft.....	285
11.11	Brand- und Katastrophenschutz Bahn und Sicherheitsdokumentation Straße.....	286

11.12	Kapazität.....	286
11.13	Klimaschutzgesetz .....	286
11.14	Barrierefreiheit.....	290
11.15	Kritische Infrastruktur .....	291

*Gender-Hinweis*

*Zur besseren Lesbarkeit wird in diesem Dokument das generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Unterlage verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.*



## 1 Antragsgegenstand

Antragsgegenstand ist die Errichtung eines kombinierten Absenktunnels für Schiene und Straße zwischen der Insel Fehmarn und dem Festland in Ostholstein.

### 1.1 Teil A: Einordnung in das Vorhaben Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung (FBQ)

Der Planfeststellungsabschnitt Fehmarnsund (PFA FSQ) ist Teil des Vorhabens Schienenanbindung FBQ. Diese gliedert sich in die nachfolgend dargestellten PFA.



Abbildung 1-1: Gesamtübersicht Hinterlandanbindung FBQ

Der PFA FSQ schließt im Norden an den PFA 6 auf der Insel Fehmarn an und im Süden im Bereich Großenbrode an den PFA 5.2.



## 1.2 Teil B: Planfeststellungsabschnitt Fehmarnsundquerung (PFA FSQ)

Gegenstand des Planfeststellungsverfahrens ist der PFA FSQ. Er besteht aus zwei selbständigen Vorhaben, die gemäß § 78 VwVfG zu einem Verfahren verbunden werden. Auf Grundlage des § 18 Allgemeinen Eisenbahngesetzes (AEG) werden zwei neue Gleise in einem Absenktunnel durch den Fehmarnsund geführt. Parallel dazu werden vier Fahrstreifen der B 207 ebenfalls in dem Absenktunnel geführt, die gemäß § 17 Abs. 1 Bundesfernstraßengesetz (FStrG) planfeststellungsbedürftig sind (vgl. Kapitel 2.2).

Der Planfeststellungsabschnitt umfasst zum einen die Bahn-Strecke 1100 auf einer Länge von 6.612 m als zweigleisige, elektrifizierte Strecke für eine Entwurfsgeschwindigkeit von  $v_e = 200$  km/h sowie den Neubau der Bundesstraße B 207 auf einer Länge von 6.581 m als zweibahnige, vierstreifige Strecke für eine Richtgeschwindigkeit von 100 km/h in der freien Strecke und 80 km/h im Tunnel und den Tunnelvorfeldern. Eine Übersicht über den PFA FSQ liegt den Antragsunterlagen unter dem Register 02 vor.

Der PFA FSQ liegt auf den Gebieten:

- des Landes Schleswig-Holstein
- des Kreises Ostholstein
- der Gemeinden Großenbrode und Fehmarn.

Die im PFA FSQ enthaltenen wasserseitigen Flächen des Fehmarnsunds liegen innerhalb:

- der seewärtigen Grenze des deutschen Hoheitsgebietes
- des Bereichs der Seeschiffahrtsstraßen.

Der neu zu errichtende kombinierte Absenktunnel wird als Ersatzbauwerk für die zukünftigen Verkehrsströme in Ergänzung zur existierenden Fehmarnsundbrücke zwischen Fehmarn und dem Festland in Ostholstein errichtet. Die 2010 durchgeführten Tests zur Tragfähigkeit der Bestandsbrücke offenbarten, dass die seit 1963 bestehende Brücke den zukünftigen Straßen- und Schienenverkehrsbelastungen nicht standhalten kann. Ab 2014 wurden mehrere Alternativlösungen, darunter Bohr- und Absenktunnel sowie unterschiedliche Brückentypen, evaluiert und letztendlich der Plan zur Errichtung einer neuen Fehmarnsundquerung in das Vorhaben Schienenanbindung FBQ aufgenommen.

Das Bundesland Schleswig-Holstein und die DB InfraGO AG bestätigten auf Basis der Variantenbetrachtung in Abstimmung mit dem Bundesverkehrsministerium 2020 den „Kombinierten Absenktunnel“ als präferierte Lösung für den zukünftigen Straßen- und Schienenverkehr. Die bestehende Brücke wird dabei erhalten und für den langsam fahrenden Verkehr (LaV) sowie für Radfahrer und Fußgänger umgerüstet. Die Planung und Umsetzung des kombinierten Straßen- und Schienenabsenktunnels erfolgt gemeinschaftlich durch die DB InfraGO AG und Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH (DEGES), während die Anpassung der Fehmarnsundbrücke für Fußgänger und Radfahrer ein separates Projekt der DEGES im Auftrag des Landes Schleswig-Holstein darstellt.

Der geplante ca. 2,2 km lange Absenktunnel wird vier Fahrspuren sowie zwei Bahngleise beinhalten und sowohl die verkehrlichen Anforderungen an Leichtigkeit und Sicherheit des Verkehrs erfüllen als auch den von der Region geäußerten Wünschen gerecht werden. Diese Wünsche wurden über das „Dialogforum Feste Fehmarnbeltquerung (FFBQ)“, in dem Vertreter von Kommunen und Initiativen zusammenkamen, kommuniziert. Das Forum sprach sich im Rahmen des

Runden Tische FSQ für die Absenktunnel-Variante aus, die demnach menschen- und umweltschonend ist und den prägenden Charakter der alten Fehmarnsundbrücke bewahrt.

Da es sich um zwei unterschiedliche Verkehrsträger handelt, wird in diesem Dokument stellenweise auf die jeweiligen Belange eingegangen.

### **1.3 Beschreibung Planfeststellungsabschnitt Fehmarnsundquerung – Bahn**

Zur Unterscheidung der Kilometrierung der Bestandsstrecke 1100 (Bahn-km) von der Kilometrierung der geplanten neuen Strecke 1100, wird für die neue Bahnstrecke eine Baukilometrierung (Bau-km) in allen Antragsunterlagen verwendet. Die Bau-km unterscheiden sich von der Bahn-Kilometrierung durch die Addition +100 km. Zur Inbetriebnahme liegt eine durchgehende Kilometrierung des Schienenanbindung FBQ vor. In diesem Zusammenhang werden auch mögliche Kilometersprünge aufgehoben.

Der PFA FSQ schließt im Süden an den PFA 5.2 bei Bau-km 170,422 (Weichennordkopf Bf Großenbrode) an. Auf der Insel Fehmarn erfolgt die Einbindung in den PFA 6 bei Bau-km 176,732 (Höhe der Straßenüberführung (SÜ) L 217). Innerhalb des PFA FSQ liegt ein Kilometersprung bei Bau-km 176,502 mit einer Überlänge von 302 m. Der Kilometersprung ist in den Lageplänen (Unterlage 03) auf der Insel dargestellt.

Die Darstellung der Hauptbaumaßnahmen der Bahn:

- Neubau eines kombinierten Absenktunnels inkl. Trogbauwerke Bahn
- Neubau von Lärmschutzwänden (LSW) entlang der Ausbaustrecke
- Neubau von Regenrückhaltebecken (RRB) der Bahn
- Neubau einer SÜ über die Ausbaustrecke
- Neubau von Querungsbauwerken der Bahn
- Bahntechnische Ausrüstung der Ausbaustrecke
- Neubau von elektrischen Energieanlagen unter Berücksichtigung des § 11a AEG
- Rückbau der für den Eisenbahnbetrieb erforderlichen Anlagen sowie der Schienen und Schwellen zwischen Bahn-km 73,000 und Bahn-km 78,171
- Rückbau Reichsautobahnbrücke Struckkamp,

### **1.4 Beschreibung Planfeststellungsabschnitt FSQ – Straße**

Die Trasse der B 207 beginnt südlich der vorhandenen Anschlussstelle (AS) B 207/K 42 "Großenbrode" auf der Festlandseite und endet auf der Insel Fehmarn südlich der AS B 207/L 217 "Avendorf". Der Beginn und das Ende schließen jeweils an das Projekt „vierstreifiger Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen-Ost und Puttgarden“ an.

Die Darstellung der Hauptbaumaßnahmen der Straße:

- Neubau eines kombinierten Absenktunnels inkl. Trogbauwerke Straße
- Neubau von LSW entlang der B 207
- Neubau von Stützwänden mit Ladungsrückhaltesystem entlang der B 207
- Neubau von Retentionsbodenfilteranlagen und von RRB der B 207
- Neubau von RRB für den LaV-K 42
- Neubau einer SÜ über die neue B 207 und einer SÜ im Zuge des LaV über die umverlegte Straße Struckkamp.
- Neubau der AS Großenbrode
- Verkehrstechnische Ausrüstung Straße
- Rückbau von Bestandsbauwerken.

## **2 Verfahren**

### **2.1 Vorhabenträgerinnen**

#### **2.1.1 Eisenbahn**

Vorhabenträgerin des Eisenbahnvorhabens ist die DB InfraGO AG.

#### **2.1.2 Straße**

Vorhabenträgerin für das Straßenbauvorhaben ist die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Land Schleswig-Holstein, vertreten durch die DEGES.

### **2.2 Gemeinsames Verfahren bei dem Eisenbahn-Bundesamt (§ 78 VwVfG)**

Treffen mehrere selbständige Vorhaben, für deren Durchführung Planfeststellungsverfahren vorgeschrieben sind, derart zusammen, dass für diese Vorhaben oder für Teile von ihnen nur eine einheitliche Entscheidung möglich ist, und ist mindestens eines der Planfeststellungsverfahren bundesrechtlich geregelt, so findet für diese Vorhaben oder für deren Teile nur ein Planfeststellungsverfahren statt (§ 78 Abs.1 VwVfG).

Zuständigkeiten und Verfahren richten sich nach den Rechtsvorschriften über das Planfeststellungsverfahren, das für diejenige Anlage vorgeschrieben ist, die einen größeren Kreis öffentlich-rechtlicher Beziehungen berührt (§ 78 Abs. 2 Satz 1 VwVfG). Bestehen Zweifel, welche Rechtsvorschrift anzuwenden ist, so entscheidet, falls nach den in Betracht kommenden Rechtsvorschriften mehrere Bundesbehörden in den Geschäftsbereichen mehrerer oberster Bundesbehörden zuständig sind, die Bundesregierung, sonst die zuständige oberste Bundesbehörde (§ 78 Abs. 2 Satz 2 VwVfG).

Nach diesem Maßstab ist die zuständige Planfeststellungsbehörde das Eisenbahn-Bundesamt.

Bei dem Straßen- und dem Eisenbahnteil handelt es sich jeweils um selbstständige Vorhaben, für die isoliert ein bundesrechtlich geregeltes Planfeststellungsverfahren nach dem Allgemeinen Eisenbahngesetz bzw. dem Bundesfernstraßengesetz durchzuführen wäre. Keines der Vorhaben stellt sich als Folgemaßnahme des anderen Vorhabens dar, sondern sie verfolgen jeweils ein eigenes Planungskonzept (Straßenanbindung einerseits, Schienenanbindung andererseits). Für die Vorhaben ist zudem aufgrund des gemeinsamen Tunnelbauwerks nur eine einheitliche Entscheidung möglich, da ein nicht sinnvoll trennbarer Sachzusammenhang zwischen beiden Vorhaben besteht. Zur sachgerechten Verwirklichung der Vorhaben muss über die Zulassung der beschriebenen Vorhaben in einem gemeinsamen Planfeststellungsverfahren entschieden werden (vgl. zur Festen Fehmarnbeltquerung BVerwG, Urteil vom 03.11.2020 – Az. 9 A 12.19, Juris Rn. 56 ff.).

Für die Zuständigkeits- und Verfahrensbestimmung kommt es darauf an, welche Anlage - auf Grundlage einer Grobanalyse zu Beginn des Planfeststellungsverfahrens - einen größeren Kreis öffentlich-rechtlicher Beziehungen berührt (BVerwG, Urteil vom 03.11.2020, 9 A 12.19, Juris Rn. 57). Dies ist hier der Verkehrsträger Bahn, insbesondere wegen der wesentlich durch trassierungstechnische Vorgaben der Eisenbahnplanung determinierten landseitigen Flächeninanspruchnahme, der eisenbahninduzierten Lärmemissionen im Nachtzeitraum, der eisenbahninduzierten Erschütterungen sowie der Auswirkungen von Oberleitungs- und bahntechnischen Funkanlagen. Aus diesen Gründen hat das damalige Bundesministerium

für Digitales und Verkehr mit Schreiben vom 07.12.2022 (Az. E21/519.4-301) das Eisenbahn-Bundesamt als gemeinsame Planfeststellungsbehörde festgelegt.

## **2.3 Entbehrlichkeit einer Raumverträglichkeitsprüfung**

Nach § 16 Abs. 2 Raumordnungsgesetz wurde von der Durchführung einer Raumverträglichkeitsprüfung abgesehen, weil sichergestellt ist, dass die Raumverträglichkeit im Rahmen dieses Planfeststellungsverfahrens geprüft werden kann. Das Ministerium für Inneres, ländliche Räume, Integration und Gleichstellung des Landes Schleswig-Holstein hat mit Schreiben vom 13.04.2021 entschieden, dass von einer Raumverträglichkeitsprüfung (seiner Raumordnungsverfahren) nach § 16 Abs. 2 ROG abgesehen werden kann und die Herstellung einer leistungsfähigen Fehmarnsundquerung grundsätzlich den Erfordernissen der Raumordnung entspricht.

Das Vorhaben ist raumverträglich.

### **2.3.1 Raumordnerische Bedeutung des Vorhabens**

#### **2.3.1.1 Raumordnerische Ziele der Europäischen Union**

Die europäische Raumordnungs- und Verkehrspolitik verfolgt grundlegende Ziele, welche auf eine ausgewogene und nachhaltige Entwicklung der Europäischen Union (EU) abzielen. Diese Ziele umfassen den wirtschaftlichen und sozialen Zusammenhalt, den Erhalt der natürlichen und kulturellen Lebensgrundlagen und eine gestärkte Wettbewerbsfähigkeit des europäischen Raums. In dieser Hinsicht haben insbesondere Inseln, Grenzregionen sowie periphere Gebiete Priorität, da sie oft schlechter zugänglich sind und eine Förderung zur Erreichung eines territorialen Zusammenhalts benötigen.

Der Vertrag von Lissabon [14] unterstreicht den Grundsatz des territorialen Zusammenhalts als eines der Ziele der EU und betont die Bedeutung einer harmonischen Entwicklung der Union. Eng verbunden mit diesem Ziel ist der Abbau von Infrastrukturbarrieren und die Verbesserung grenzüberschreitender Verkehrsnetze, wie in der Territorialen Agenda der EU [15] detailliert beschrieben wird.

Die FFBQ spielt eine entscheidende Rolle in der Anbindung Skandinaviens an Kontinentaleuropa und ist ein wichtiger Bestandteil des transnationalen Verkehrsnetzes (TEN-V), welches zur Realisierung der europäischen Ziele beiträgt. Die FFBQ überbrückt die physische Barriere der Ostsee und ermöglicht, insbesondere für die skandinavischen EU-Mitgliedstaaten, eine bessere Verbindung zu den zentralen Regionen Europas. Als Projekt Nr. 20 im TEN-V und Bestandteil des Kernnetzkorridors „Helsinki - Valletta“ sowie des Schienengüterverkehrskorridors „Stockholm - Palermo“ hat die FFBQ strategische Bedeutung.

Im nationalen Kontext ist Deutschland für den Ausbau und die Finanzierung der landseitigen Anbindung an die FFBQ verantwortlich. Geplant ist der vierstreifige Ausbau der B 207 sowie die Realisierung einer leistungsfähigen Schienenanbindung, die einen hohen Anteil an Ausbaustrecken umfasst. Die neue Fehmarnsundquerung ist dabei integraler Bestandteil der Schienenanbindung wie auch des Ausbaus der B 207. Hierdurch wird eine effiziente und zügige Verbindung zwischen Deutschland und dem skandinavischen Raum hergestellt, was die Fahrtzeiten signifikant reduzieren wird. Dieses Vorhaben stellt somit eine fundamentale Verbesserung der Infrastruktur innerhalb des europäischen Verkehrsnetzes dar, welche auf

einen gesamteuropäischen Nutzen abzielt und die von der EU gesetzten raumordnungspolitischen Ziele unterstützt.

Ohne die neue Fehmarnsundquerung sind die verkehrlichen Ziele der EU nicht erreichbar.

### **2.3.1.2 Raumordnerische Ziele des Bundes**

Im Raumordnungsgesetz (ROG) [16], speziell in § 2 Abs. 2 Nr. 8 ROG, wird die Notwendigkeit formuliert, die räumlichen Voraussetzungen für die Kohäsion der EU und im erweiterten europäischen Raum sowie für die Entwicklung und Gestaltung der transeuropäischen Netze zu sichern. Dabei ist auf raumbedeutsame Planungen und Maßnahmen seitens der EU und der europäischen Staaten entsprechend zu achten. Ferner sind die staatenübergreifende Kooperation sowie die grenzüberschreitende Zusammenarbeit der Städte und Regionen zu fördern.

In dieser Hinsicht setzt sich das raumordnungspolitische Ziel des Bundes bezüglich der neuen Fehmarnsundquerung dafür ein, eine beständige und leistungsfähige überregionale Verkehrsinfrastruktur als integralen Teil des transeuropäischen Verkehrsnetzes zu erhalten und zu verbessern. Es geht darum, die permanente Verkehrsanbindung zwischen Deutschland und Dänemark zu stärken, die eine zentrale Nord-Süd-Verkehrsachse in Europa bildet.

Mit der geplanten Fehmarnbeltquerung entsteht eine Schlüsselkomponente der gewünschten erweiterten Verkehrsanlagen, welche durch die landesspezifischen Hinterlandanbindungen in Dänemark und Deutschland mit Blick auf die Aufrechterhaltung und Erweiterung der Kapazität vervollständigt werden muss. Dies steht im Einklang mit dem Ergebnis der Belastungstests der Fehmarnsundbrücke, welche die Notwendigkeit neuer Infrastrukturen unterstreichen, um den gegenwertigen und zukünftigen Verkehrsbelastungen standzuhalten.

Die projektierte neue Fehmarnsundquerung verfolgt somit das strategische Anliegen, den Durchfluss von Güter- und Personenverkehr zu optimieren. Daraus resultieren nicht nur Einsparungen in den Fahrzeiten und -kosten, sondern ebenfalls eine Stärkung der Wettbewerbsposition der betroffenen Regionen. Nachhaltigkeit ist ebenso ein zentraler Gesichtspunkt, da durch verbesserte Verkehrswege der Schienentransport attraktiver wird und somit ein Beitrag zur Verkehrswende und dem Umweltschutz geleistet wird.

Ein zusätzliches raumordnerisches Anliegen umfasst die Minderung der Umwelt- und Wohnraumbelastung für die angrenzenden Ortschaften, indem etwaige Lärm- und Umweltschutzmaßnahmen umgesetzt werden, mit dem Ziel, die Lebensqualität der ansässigen Bevölkerung zu erhalten bzw. zu steigern.

Die Umsetzung der neuen Fehmarnsundquerung soll somit den Bund in die Lage versetzen, sowohl die regionale Entwicklung als auch die Integration der beteiligten Länder zu fördern und in Übereinstimmung mit den Zielen der EU, sowohl den territorialen Zusammenhalt als auch die Infrastruktur des Verkehrs voranzutreiben.

### **2.3.1.3 Raumordnerische Ziele des Landes Schleswig-Holstein**

Die Raumordnungsziele Schleswig-Holsteins hinsichtlich der neuen Fehmarnsundquerung reflektieren das Erfordernis, eine leistungsfähige und umweltgerechte Verkehrsinfrastruktur im Einklang mit europäischen Vorgaben und nationalen Raumordnungsgrundsätzen zu schaffen. Gemäß dem Landesentwicklungsplan (LEP) 2021 [17] zielt das Bundesland insbesondere auf die Stärkung der Verkehrsachse, welche die Vogelfluglinie umfasst und einen optimierten Verbindungskorridor zwischen Hamburg, Lübeck sowie den skandinavischen Metropolen darstellt.

Integral hierbei ist der vierstreifige Ausbau der Bundesstraße 207 von Heiligenhafen-Ost bis Puttgarden sowie der Ersatz der bestehenden Fehmarnsundbrücke, die den neuen Verkehrsanforderungen nach Inbetriebnahme der FFBQ nicht mehr genügen wird.

Die Analyse der statischen Kapazität der existierenden Fehmarnsundbrücke führte zum Schluss, dass eine neue Querung zwingend geboten ist, um sowohl die Straßen- als auch Schienenverkehre der Zukunft adäquat bewältigen zu können. Basierend auf intensiven Voruntersuchungen und nach der Berücksichtigung aller relevanten Aspekte wurde der Bau eines kombinierten Absenktunnels als Präferenzlösung identifiziert. Dieser soll vier Fahrstreifen für den Automobilverkehr und zwei Gleise für den Zugverkehr beinhalten und zusätzlich wird die bestehende Sundbrücke für den langsameren Verkehr erhalten bleiben.

Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Verträglichkeit des Projektes in der Region und den touristischen Interessen Schleswig-Holsteins. Durch die neue FSQ werden sowohl bestehende Engpässe beseitigt als auch die Zugänglichkeit nach und von Skandinavien verbessert, was die Position der Region als Verkehrsdrehscheibe und touristisches Ziel festigt. Die FBQ samt der neuen FSQ fördern nicht nur die wirtschaftliche Entwicklung und die dortigen Lebensbedingungen, sondern sie stehen ebenso im Einklang mit der Intensivierung der skandinavisch-deutschen Zusammenarbeit in den Bereichen Wissenschaft, Wirtschaft, Kultur, Tourismus und Erholung.

In Kooperation mit der DB, die die Planfeststellungsverfahren für den zweigleisigen und elektrifizierten Streckenausbau zwischen Lübeck und Puttgarden vorbereitet, verfolgt das Bundesland Schleswig-Holstein das Ziel eines regionalverträglichen Ausbaus, der die Raumordnungsziele im Sinne eines nachhaltigen, europäisch integrierten Verkehrsnetzes umsetzt. Die neue FSQ als Bestandteil der Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung gestaltet sich somit als tragender Pfeiler einer zukunftsorientierten, europäischen Verkehrsinfrastruktur.



### 3 Planrechtfertigung

Nachfolgend werden die zentralen Aspekte der verkehrlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen dargelegt, aus denen sich die Planrechtfertigung ableitet und die das Vorhaben inhaltlich begründen sowie seine Umsetzung erforderlich machen.

#### 3.1 Projekthintergrund

Seit Mitte der 1980er Jahre dient die Politik der Transeuropäischen Verkehrsnetze (TEN-V) als politischer Rahmen für die Errichtung von Infrastrukturen innerhalb der EU. Diese Infrastrukturen sollen nicht nur ein effizientes Funktionieren des Binnenmarktes unterstützen, sondern auch den wirtschaftlichen, sozialen und territorialen Zusammenhalt stärken sowie die Erreichbarkeit aller Regionen der EU verbessern. Diese Bestrebungen führten 1992 zur Verankerung einer spezifischen Rechtsgrundlage für transeuropäische Netze im Maastrichter Vertrag. Die primären Zielsetzungen der TEN-V-Politik umfassen:

- die Eliminierung von Engpässen, verursacht beispielsweise durch maritime Bereiche
- die Schaffung fehlender Verbindungsstücke, um kontinuierliche Verkehrsflüsse sicherzustellen
- die Aufwertung unzureichender Verkehrsanbindungen an Grenzen oder entlang essenzieller transnationaler Korridore.

Im Zuge des Staatsvertrags vom 23.03.1991 zwischen Dänemark und Schweden zur Errichtung der Öresundverbindung verpflichtete sich Dänemark, die Planung und den Bau einer FFBQ voranzutreiben. In der Folge führten Deutschland und Dänemark 1992 umfangreiche Voruntersuchungen für diese Verbindung durch. Am 14. Dezember 1993 ermächtigte das dänische Parlament die Durchführung von Studien zur FFBQ.

Einen weiteren Meilenstein stellte die EU-Richtlinie vom 11. Dezember 1994 zum Ausbau der TEN-V dar. Basierend auf dem Christophersen-Bericht [4], wurden 14 prioritäre Großprojekte für die TEN-V definiert, einschließlich der festen Schienen- und Straßenverbindung über den Öresund (Projekt Nr. 11) sowie der Schienen- und Straßenverbindung des Nordischen Dreiecks (Projekt Nr. 12). Der Christophersen-Bericht von 1994 klassifizierte die FFBQ als "weiter zu untersuchendes Projekt" und die sich darauf stützenden Technical Papers [5] stuften es als Vorhaben von erheblicher Relevanz ein.

Von 1995 bis 1999 wurden Untersuchungen bezüglich der technischen und finanziellen Machbarkeiten, den sozioökonomischen und regionalen Konsequenzen, der volkswirtschaftlichen Gesamtbewertung sowie Verkehrsprognosen und Umweltauswirkungen der FFBQ durchgeführt und in der Machbarkeitsstudie von 1999 zusammengefasst. Auf Basis dieser Untersuchungen fand im Zeitraum 2001/2002 ein Verfahren zur Feststellung des Interesses privater Investoren an Finanzierungsbeteiligungen statt.

Nachfolgend wurden bis 2005 in weiterführenden Studien verschiedene Aspekte, darunter die volkswirtschaftlichen Vorteile, die regionalen Effekte, die Verkehrsentwicklung, Finanzierungsmodelle, eine erste Risikobeurteilung hinsichtlich der Avifauna, Auswirkungen von Luftverschmutzung, Treibhausgasemissionen und die Einflüsse von Starkwind auf Brückenbauwerke betrachtet.



In einer gemeinsamen Erklärung vom 23.04.2004 vereinbarten die Verkehrsminister Deutschlands und Dänemarks, die technischen Lösungen für die Brücken- und Tunnelvarianten weiter zu verfolgen.

Nach der Erweiterung der EU und den damit verbundenen erwarteten Verkehrsflussänderungen wurden die TEN-Leitlinien im Jahr 2004 signifikant revidiert [6], was eine Ausweitung der Liste von prioritären Projekten von 14 auf 30 involvierte. Vor dem Hintergrund der seit 1995 erfolgten Untersuchungen wurde die Eisenbahnachse Fehmarnbeltquerung als Projekt Nr. 20 in die TEN-V aufgenommen. Dieses Projekt gliedert sich in die Teilstrecken der festen Fehmarnbeltquerung (Eisenbahn-/Straßenverbindung) in Dänemark beginnend am Öresund, die Eisenbahnanbindung in Deutschland ab Hamburg sowie die Bahnverbindung zwischen Hannover und Hamburg/Bremen.

Das planfestzustellende Teilprojekt FSQ repräsentiert einen integralen Bestandteil der deutschen Schienenanbindung und beinhaltet neben der Errichtung einer Eisenbahnstrecke ebenfalls den im Abschnitt befindlichen Ausbau einer Straßenverbindung im Rahmen der Bundesstraße B 207. Dieses Vorhaben umfasst ebenso eigenständige Verkehrsführungen für den lokalen Individualverkehr sowie für die agrarwirtschaftliche Nutzung.

Am 29.04.2007 unterzeichneten die Verkehrsminister der Bundesrepublik Deutschland und des Königreichs Dänemark eine Absichtserklärung. Diese Absichtserklärung legte die Grundlagen für die Ausarbeitung eines völkerrechtlich verbindlichen Staatsvertrages fest, welcher die grundlegende Trassenführung, die Verkehrskapazität sowie die Konstruktion und den Betrieb der FFBQ zum Gegenstand hatte.

Der Staatsvertrag wurde am 3.09.2008 [1] unterzeichnet und folgend durch das dänische Folketing am 26.03.2009 durch die Verabschiedung eines Planungsgesetzes ratifiziert. Anschließend unterzeichnete die dänische Monarchin dieses Gesetz am 15.04.2009, sodass es in das nationale Recht Dänemarks Eingang fand. Der Deutsche Bundestag stimmte dem Staatsvertrag am 18.04.2009 zu, gefolgt von einer Zustimmung des Bundesrats am 10. Juli 2009. Mit der Unterzeichnung durch den Bundespräsidenten am 17. Juli 2009 wurde dieser Vertrag in Deutschland rechtskräftig.

Der formelle Ratifizierungsaustausch zwischen den beiden Staaten erfolgte am 15. Dezember 2009, wodurch der Vertrag gemäß Artikel 23 Absatz 2 dreißig Tage später, am 14.01.2010, in Kraft trat. Am 6.05.2010 leitete Dänemark den Vertrag zur Registrierung beim Sekretariat der Vereinten Nationen gemäß Artikel 102 der UN-Charta weiter, und die Eintragung erfolgte am 10.08.2011 unter der Registrierungsnummer 48752. Dänemark informierte Deutschland am 31.08.2011 über diesen Schritt.

Im Jahr 2010 revidierten das Europäische Parlament und der Rat die TEN-V-Leitlinien [8] zur Steigerung der Transparenz und bestätigten das Bestreben, eine nachhaltige Verkehrsinfrastruktur zu schaffen, welche eine hohe Qualität für Nutzer bietet und die Verbindung von Inseln, Grenz- und Randregionen mit den zentralen Bereichen der EU ohne Verkehrshemmnisse garantiert. Das Weißbuch von 2011 [9] und ein Vorschlag zur Schaffung der "Connecting Europe"-Fazilität vom 19.10.2011 [7] vertiefen diese langfristige Strategie zu einem EU-weiten Kernverkehrsnetz. Der Fehmarnbelt als Eisenbahnachse wurde als Projekt Nr. 20 in die TEN-V-Agenda aufgenommen und ist ein Teil des Kernnetzkorridors Nr. 5 "Helsinki-Valletta" [7]. Ferner ist die Eisenbahnanbindung ein zentraler Abschnitt im Schienengüterverkehrskorridor Nr. 3 "Stockholm-Palermo" der EU [10].

Im Jahr 2013 erfolgte eine wesentliche Revision der TEN-V-Leitlinien [11], die eine stärkere Integration und Strukturierung des europäischen Verkehrsnetzes zum Ziel hatte. Diese Überarbeitung führte eine Zwei-Ebenen-Struktur bestehend aus einem Kern- und einem Gesamtnetz ein, ergänzt durch neun Kernnetzkorridore zur Stärkung der grenzüberschreitenden Verbindungen und der Verkehrseffizienz innerhalb der EU. Durch die Überarbeitung wurden auch präzise technische Spezifikationen und vorrangige Handlungsbereiche vorgeschrieben, mit einem besonderen Fokus auf Nachhaltigkeit und Verringerung von Treibhausgasemissionen.

Innerhalb dieses Rahmens wurde die FFBQ signifikant gefördert, wobei sie als kritische Verbindung innerhalb des Kernnetzkorridors galt. Sie verband nicht nur Deutschland und Dänemark, sondern spielte auch eine Rolle für den gesamten Verkehrsfluss zwischen den nordischen Ländern und dem Rest Europas. Die Hinterlandanbindungen, also die Verkehrsinfrastruktur, die das Hinterland mit den großen internationalen Netzen verbindet, insbesondere diejenige für die FFBQ, wurden ebenfalls als ein integraler Bestandteil der TEN-V-Strategie angesehen, um die Vorteile der Querung vollständig zu realisieren.

Mit der Überarbeitung der TEN-V-Leitlinien im Jahr 2021 [12] wurde die Strategie zusätzlich verstärkt, mit einem Schwerpunkt auf der Erreichung von Dekarbonisierung und Klimaresilienz, sodass das Netz vollständig mit den Zielen des europäischen Grünen Deals übereinstimmt. Die Überarbeitung sah vor, das Kernnetz bis 2030 und das Gesamtnetz bis 2050 zu komplettieren. Die FFBQ blieb damit ein wesentliches Kernnetzprojekt, das einen elementaren Bestandteil des übergeordneten Ziels der Vernetzungsentwicklung darstellt.

Um die Hinterlandanbindung der Straße der Fehmarnbeltquerung zu gewährleisten, ist der vierstreifige Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen-Ost und Puttgarden vorgesehen. Bis auf die Fehmarnsundbrücke liegt seit dem 31.08.2015 für den Streckenabschnitt ein Planfeststellungsbeschluss vor. Dieser ist seit dem 25.08.2021 bestandskräftig und der Start der Baumaßnahmen wurde am 25.08.2023 markiert.

Für die Schienenanbindung der Bahn hat das Land Schleswig-Holstein von Januar 2013 bis Mai 2014 in einem Raumordnungsverfahren diverse Trassenführungen geprüft. Das Ergebnis zeigt eine favorisierte Variante, die insbesondere die Umgehung von Wohngebieten im Fokus hat, um die Lärmbelastung für die Anwohner zu minimieren. Auf Grundlage dieser Variante hat das Bundesministerium für Digitales und Verkehr die DB InfraGO AG beauftragt, mit weiterführenden Planungen zu beginnen.

Zusätzlich hat der Bundestag am 2. Juli 2020 rund 232 Millionen Euro für zusätzliche Lärm- und Erschütterungsschutzmaßnahmen im Projekt Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung freigegeben (Drucksache 19/20624).

### **3.1.1 Ausgangspunkt der Planung**

Der Ausgangspunkt der Planung der Hinterlandanbindung ergibt sich im Wesentlichen aus völkerrechtlichen, verkehrlichen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen.

Mit dem Staatsvertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und dem Königreich Dänemark über eine feste Fehmarnbeltquerung vom 3.09.2008 verpflichtete sich Deutschland, eine leistungsfähige Hinterlandanbindung für den Schienen- und Straßenverkehr auf deutscher Seite herzustellen. Diese Anbindung ist notwendig, um den erwarteten Anstieg des grenzüberschreitenden Personen- und Güterverkehrs effizient und nachhaltig zu bewältigen.

Wichtige technische Grundlagen für die Planung bildeten u. a. die Belastungstests der bestehenden Fehmarnsundbrücke, die gezeigt haben, dass die vorhandene Infrastruktur langfristig nicht ausreichend leistungsfähig ist, um die prognostizierten Verkehrsströme aufzunehmen. Auf Basis von Verkehrsprognosen wurden die zukünftig zu erwartenden Verkehrsvolumina für Schiene und Straße ermittelt. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, Engpässe zu beseitigen und Kapazitäten zu erweitern.

Darüber hinaus ist die Planung eng an die übergeordneten Ziele der TEN-V-Politik der Europäischen Union geknüpft. Die Schienenanbindung soll dazu beitragen, Reisezeiten zu verkürzen, den grenzüberschreitenden Schienenverkehr zu stärken und einen leistungsfähigen, interoperablen Abschnitt des Skandinavien-Mittelmeer-Korridors zu sichern. Damit wird ein wesentlicher Beitrag zur Verbesserung der Intermodalität, zur Erhöhung der Kapazität und zur Erfüllung der Anforderungen an eine nachhaltige, effiziente europäische Verkehrsinfrastruktur geleistet.

### **3.1.1.1 Prognostizierte Verkehrszahlen**

#### **3.1.1.1.1 Prognosezugzahlen 2030**

Der mittlerweile für eisenbahnrechtliche Planfeststellungsverfahren zuständige 7. Senat des Bundesverwaltungsgerichts hat mit Urteil vom 15.10.2020 entschieden, dass in eisenbahnrechtlichen Planfeststellungsverfahren „regelmäßig“ die Verkehrsprognosen auszulegen oder die Ermittlung der Verkehrszahlen im ausgelegten Erläuterungsbericht hinreichend nachvollziehbar darzustellen ist (Az. 7 A 9.19, Juris Rn. 19). Diese werden auf Grundlage des Deutschlandtaktes ermittelt. Dem trägt die Vorhabenträgerin mit den nachfolgenden Erläuterungen Rechnung.

#### **3.1.1.1.2 Grundlagen der Zugzahlenermittlung**

Die für das Projekt ermittelten Prognosezugzahlen wurden in einem formalisierten, den Anforderungen der Rechtsprechung entsprechenden Verfahren ermittelt. Dazu wurden im Auftrag des für Verkehr zuständigen Bundesministeriums (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur- BMVI, heute BMV) durch Gutachter Prognosen zu deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen je Verkehrszelle für das Zieljahr 2030, dem Prognosehorizont nach dem Bundesverkehrswegeplan (BVWP), erstellt.

Die in der BVWP erstellten Prognosen sind keine Zielprognosen, die politische Programme der Bundesregierung abbilden. Sie verfolgen das Ziel, die zukünftige Verkehrsentwicklung realitätsnah abzubilden, um dem Bund bei der Entwicklung von Zielen zu unterstützen. Dazu werden möglichst viele Effekte berücksichtigt und die Prognosen durch Qualitätskontrollen, Expertengremien und Einbindung von bedeutenden Verladern realitätsnah abgesichert. Das Verfahren gliedert sich im Wesentlichen in drei Phasen:

Phase I ist diejenige, in der die allgemeine Bestimmung der Verkehrsnachfrage im Schienenpersonen- und Schienengüterverkehr für das Jahr 2030 erfolgt; sie kann als Nachfragephase bezeichnet werden. Basis ist die sog. Verkehrsverflechtungsprognose 2030. Die Ergebnisseder Verkehrsverflechtungsprognose sind öffentlich zugänglich (<https://bmdv.bund.de/Shared-Docs/DE/Artikel/G/verkehrsprognose-2030.html>). Die Verkehrsverflechtungsprognose 2030 baut auf einer detaillierten statistischen Grundlage auf, die weitgehend auf öffentlichen Datenquellen basiert. Die Prognose berücksichtigt die Entwicklung relevanter wirtschaftlicher Rahmen-daten, wie z. B. die Bevölkerungsentwicklung oder die regionale wirtschaftliche Entwicklung nach Wirtschaftsbranchen. Sie wird aus infrastruktureller Sicht restriktionsfrei erstellt, es werden also

alle in den Bedarfsplänen der Schiene, Straße und Wasserstraße aufgenommenen Verkehrsprojekte als umgesetzt angenommen.

Diese verkehrsträgerspezifisch erstellte Nachfrageprognose stellt ein gesamtdeutsches Verkehrsnachfragepotenzial dar, welches 2030 erwartet wird. Bezüglich der Schiene gibt die Verkehrsverflechtungsprognose – aufgrund der Infrastrukturannahmen – eine Potenzialprognose vor, die dann erreicht werden kann, wenn die angenommenen Infrastrukturmaßnahmen umgesetzt werden. Die in Phase I erstellte Nachfrageprognose ist die Basis für die anschließende Phase II, der sog. Bewertungsphase.

In dieser Phase werden die ggf. umzusetzenden und in den BVWP neu aufzunehmenden Projekte einer gesamtwirtschaftlichen Bewertung unterzogen. Die Bewertung erfordert einen Vergleich zwischen einem Bezugs- und einem Planfall. Der Bezugsfall ist die verkehrliche Situation, die 2030 ohne die zu bewertenden Infrastrukturmaßnahmen existieren würde. Daher müssen alle in Phase I im Rahmen der Potenzialprognose berücksichtigten, aber noch nicht fertiggestellten Maßnahmen wieder entfernt werden. Da das Infrastrukturnetz, gegenüber dem in der Phase I unterstellten Infrastrukturnetz jetzt kleiner ist, wird es mehr Restriktionen und Kapazitätsengpässe aufweisen, sodass das in Phase I prognostizierte Nachfragepotenzial sowohl im Schienenpersonen- als auch im Schienengüterverkehr nicht in vollem Umfang umgesetzt werden kann.

Für die Bewertung der einzelnen Maßnahmen werden dann sog. Planfälle gebildet, in denen das Bezugsfallnetz ausschließlich um die zu bewertende Infrastrukturmaßnahme erweitert wird. Dadurch wird der Nutzen der einzelnen Maßnahmen sichtbar und kann mit Blick auf die Kosten der Maßnahme bewertet werden. Führt die Maßnahme zu kapazitativen oder nennenswerten betrieblichen Veränderungen, erhöht sich das Nachfragepotenzial der Schiene, bleibt i. d. R. jedoch immer unter dem in der Phase I prognostizierten Nachfragepotenzial, da die Planfälle immer nur eine ausgewählte Infrastrukturmaßnahme berücksichtigen. Nach Umsetzung aller Bewertungen wird in der Phase III das Zielnetz der BVWP gebildet; das ist die Zielnetzphase.

Hier wird das in Phase II aufgebaute Bezugsfallnetz um alle positiv bewerteten und in dem BVWP aufgenommenen Projekte ergänzt. Im Optimalfall sollte auch dieser Zustand eine restriktionsfreie Situation auf der Schiene abbilden, so dass das in Phase I prognostizierte Nachfragepotenzial erreicht werden kann. In Einzelfällen kann es jedoch auch zu Über- oder Unterschreitungen der in Phase I prognostizierten Nachfrage kommen. Überschreitungen können eintreten, wenn z. B. mehr Infrastrukturmaßnahmen als in Phase I geplant werden, Unterschreitungen, wenn z. B. nicht alle in Phase I vorgesehenen und berücksichtigten Infrastrukturmaßnahmen positiv bewertet werden konnten.

Als Ergebnis der Prognose stehen am Ende der Zielnetzphase Zugzahlen für den Schienenpersonen- und Schienengüterverkehr zur Verfügung, die für Planungszwecke benutzt werden können. Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Zugzahlen im Personen- und Güterverkehr sind unterschiedlich. Während sich die Herleitung der Zugzahlen im Güterverkehr eher an der prognostizierten Nachfrage orientiert, werden im Personenverkehr die Zugzahlen unter Berücksichtigung von Bedienungskonzepten der DB Fernverkehr und der Länder hergeleitet. Die unterschiedlichen Vorgehensweisen werden im Folgenden dargestellt.

### **3.1.1.1.3 Zugzahlen Schienengüterverkehr**

Das in Phase I in der Verkehrsverflechtungsprognose berücksichtigte relevante Güterverkehrsaufkommen wird in Deutschland auf Kreisbasis, nach 25 Gütergruppen sowie für alle

kontinentalen Verkehrsträger (Schiene, Straße, Binnenschifffahrt, Luftverkehr) differenziert dargestellt. Basis sind Daten des Statistischen Bundesamtes, die miteinander verknüpft und über Befragungen oder weiteren erhobenen Daten ergänzt wurden.

Aufgrund der besonderen Bedeutung für den Verkehr sowie der unterschiedlichen Wachstumsbedingungen der deutschen Seehäfen wird die Entwicklung der Seehafenzonen in der Verkehrsverflechtungsprognose gesondert betrachtet. Darüber hinaus erfolgte die Bestimmung von verkehrsträgerspezifischen Marktanteilsveränderungen (Modal-Split) unter Berücksichtigung der verkehrsträgerspezifischen Entwicklung von Nutzerkosten (wie z. B. Energiekosten, Mautkosten, verkehrsträgerspezifische Betriebskosten) sowie der Veränderungen der kapazitiven und infrastrukturellen Fahrsituationen, die mit der Umsetzung vorgesehener Infrastrukturmaßnahmen verbunden sind. Als Ergebnis dieses Schrittes erfolgte die Bestimmung des Schienengüterverkehrsaufkommens für die Potenzial- bzw. Nachfrageprognose (Phase I).

In der Verkehrsverflechtungsprognose ist das verkehrsträgerspezifische Verkehrsaufkommen bestimmt worden, jedoch nicht die Zahl der mit dem Transport verbundenen Transportgefäße (Lkw, Züge, Binnenschiffe) oder die entsprechend zurückzulegenden Transportwege zwischen Quelle und Ziel. Dies ist aber erforderlich, um einzelne Maßnahmen in Phase II bewerten und streckenbezogene Zugzahlen prognostizieren zu können. Für keinen Verkehrsträger stehen öffentliche Informationen zur Verfügung, wie sich das Verkehrsaufkommen innerhalb der Kreise auf Verloader und Unternehmen verteilt bzw. mit welchen Fahrzeugen bzw. im Schienengüterverkehr Zügen und über welche Routen der Verkehr abgefahren wird. Deswegen erfolgt die Verteilung des Schienengüterverkehrsaufkommens auf Züge, Zugläufe und Routen mittels eines Modellierungs- und Umlegungsprozesses, welcher seit Jahrzehnten im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung eingesetzt wird.

Kern des Modellierungsprozesses ist nach Umsetzung eines Wagen- und Zugbildungsprozesses die Umlegung des in der Verkehrsverflechtungsprognose ermittelten Schienengüterverkehrsaufkommens des Jahres 2030 auf die jeweils maßgebliche Infrastruktur. Im Rahmen der Phase II (Bewertungsphase) ist dies das Infrastrukturnetz des Bezugsfalls und des jeweiligen Planfalls. Wenn in Phase III das für die Prognose maßgebliche Zielnetz gebildet wurde, werden das erwartete Schienengüterverkehrsaufkommen dann auf das Zielnetz umgelegt und so streckenbezogene Zugzahlen prognostiziert.

Der erste Schritt des Modellierungsprozesses besteht aus einer Wagen- und Zugbildungsrechnung. Hierbei werden die Verkehrsmengen der Schiene auf Wagen verteilt, in Züge eingestellt und die optimierten (gewünschten) Laufrouuten der Züge gebildet. Ergebnis dieser Wagen- und Zugbildung sind Züge je Relation mit Angaben zu Frequenz, Länge und Beladung der Züge. Wesentliche Annahmen zur Wagen- und Zugbildung (Ladegewichte, max. Zuglängen, Leeranteile, Rangierkonzepte etc.) sind im Rahmen der Prognosearbeiten mit Verladern und Zugoperatoren im Schienengüterverkehr abgestimmt.

Anschließend sind die gebildeten Güterverkehrszüge im Rahmen eines belastungsabhängigen Umlegungsprozesses auf die einzelnen Strecken umgelegt worden. Treten im Rahmen des Umlegungsprozesses Engpässe auf, dann führen sie zu Wartezeiten. In diesen Fällen wird modellintern nach Alternativwegen gesucht. Der Zug wird immer dann über eine Alternativstrecke geroutet, wenn der mit dem Umweg zusätzlich verbundene Zeitaufwand niedriger ist als die vermiedenen Wartezeiten.



#### **3.1.1.1.4 Zugzahlen im Schienenpersonenverkehr**

Auch die Entwicklung des Schienenpersonenverkehrs wurde im Rahmen der Verkehrsverflechtungsprognose (Phase I) in Abhängigkeit bestimmender Strukturdaten, wie Bevölkerung, Einkommen und Wertschöpfung, sowie nach Fahrtzwecken (Beruf, Ausbildung, Einkauf, Geschäfts- und Dienstreisen, Urlaub und Privatfahrt) abgeleitet. Da hier anders als im Güterverkehr nicht auf detaillierte Statistiken für die Abbildung des Personenverkehrsaufkommens im Analysejahr zurückgegriffen werden kann, wird das zu Grunde liegende Verkehrsaufkommen auf Basis zahlreicher Erhebungen, wie „Mobilität in Deutschland“, Mobilitätspanel, Fernverkehrserhebungen und Reiseanalysen, geschätzt. Aus diesen Erhebungen gehen detaillierte Informationen über das räumliche und sozio-demographische Verkehrsverhalten der Bevölkerung hervor, welche die Erstellung einer Verkehrsverflechtungsmatrix und eine Unterscheidung nach Personenfern- und Personennahverkehren erlauben.

Für die verkehrsträgerspezifische Aufteilung auf den motorisierten Individualverkehr, den Öffentlichen Verkehr (z. B. Busfahrten), die Schiene und die Luftfahrt werden neben Kostenrechnungen auch ergänzende verkehrsträgerspezifische Daten und Informationen aus dem öffentlichen Nahverkehr, der Schiene und den Flughäfen genutzt.

#### **3.1.1.1.5 Zugzahlen im Schienenpersonenfernverkehr (SPFV)**

Für die Verteilung der Nachfrage im SPFV auf die entsprechenden Zugangebote und Linien wurden die Bedienungsangebote des SPFV unter Berücksichtigung aktueller Angebotskonzepte der DB Fernverkehr AG sowie weiterer bekannter Entwicklungen von Drittanbietern in Deutschland und im benachbarten Ausland für den Prognosezeitraum abgeschätzt. Auch wenn die Planungen der DB Fernverkehr AG bei der Konzeption der Bedienungsangebote des SPFV berücksichtigt wurden, gilt für den BVWP und damit die Verkehrsprognose 2030 grundsätzlich eine betreiberneutrale Betrachtungsweise.

Die letztendliche Verantwortlichkeit für die Angebotskonzeption liegt damit beim BMDV und den Gutachtern. Maßgebend hierfür ist ein marktkonformes Gleichgewicht zwischen dem Angebot und der im Rahmen der Verkehrsverflechtungsprognose erstellten Nachfrageprognose für den SPFV. Dies bedeutet, dass das zunächst unabhängig von der Nachfrage bestimmte Angebotskonzept mit der Nachfrage abgeglichen und ggf. angepasst wird. Dieses in der Phase I entwickelte Angebotskonzept wird in den darauffolgenden Phasen aufgrund von infrastrukturbedingten Veränderungen von Reisezeiten, Distanzen und damit verbundenen Nachfrageveränderungen in Folge der Verlagerung von Personenfahrten auf die Schiene kontinuierlich angepasst.

#### **3.1.1.1.6 Zugzahlen im Schienenpersonennahverkehr (SPNV)**

Grundlage für die Zugzahlenprognosen im SPNV sind grundsätzlich die Bestellungen der entsprechenden Nahverkehrsleistungen durch die Aufgabenträger der Länder. Hierbei wurde bei den zuständigen Aufgabenträgern abgefragt, welches Nahverkehrsangebot sie für das Zieljahr der Prognose planen. Um eine größtmögliche Aktualität dieser Zugzahlen zu gewährleisten, werden die Zugzahlen im SPNV von der DB InfraGO AG nach deren Übergabe durch das BMDV durch eine entsprechende Nachfrage bei den Aufgabenträgern der Länder verifiziert. Das SPNV-Angebot wird dabei um die aktuellen Erkenntnisse ergänzt bzw. korrigiert, um Fehlallokationen bzgl. des Infrastrukturausbaubedarfs zu vermeiden. Im Übrigen ist auch auf die Homepage des BMDV zu diesem Thema zu verweisen. Dort sind u.a. die Berichte zur Verkehrsprognose 2030 abrufbar:

<https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Mobilitaet/Infrastrukturplanung-Investitionen/Bundesverkehrswegeplan-2030/bundesverkehrswegeplan-2030.html>

### 3.1.1.1.7 Projektspezifische Zugzahlen Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung

Bis zum Jahr 1997 verkehrte täglich eine zweistellige Anzahl an Güterzügen auf der Strecke Bad Schwartau bis nach Dänemark. Der Güterverkehr wurde nach Eröffnung der Großen Beltbrücke eingestellt und die Züge verkehren seitdem über Padborg. Es gibt lediglich Fahrten von Zügen und Triebfahrzeugen zu innerbetrieblichen Zwecken der DB InfraGO AG. Darüber hinaus können die Eisenbahnverkehrsunternehmen auf der Eisenbahnstrecke 1100, Zugfahrten im Gelegenheitsverkehr anbieten.

Bis zum Jahr 2019 sind im Schienenpersonenfernverkehr im Abschnitt Lübeck bis Puttgarden bis zu 15 Züge gefahren. Aufgrund der Baumaßnahmen zur Anbindung der Festen Fehmarnbeltquerung auf der dänischen Seite wurde der Fernverkehr vorerst eingestellt und die Züge werden über Padborg nach Kopenhagen geleitet. Derzeit verkehrt nördlich des Abzweig Schwartau Waldhalle lediglich Schienenpersonennahverkehr auf der Strecke 1100 bis einschließlich Neustadt in Holstein. Im Schienenpersonennahverkehr verkehren täglich fahrplanmäßig:

Tabelle 3-1: Zugzahlen Bezugsfall

	SPFV	SPNV	SGV
Strecke 1100 (Bad Schwartau – Neustadt)	0	Bis zu 40	0
Strecke 1100 (bis Puttgarden)	0	Bis zu 20*	0

\* Der Streckenabschnitt Haffkrug-Puttgarden wird derzeit mit dem Busverkehr X85 bedient, da auf dem nördlichen Streckenabschnitt baubedingt kein regulärer Zugbetrieb stattfindet.

Für den Prognose-Nullfall 2030 (ohne Vorhabenrealisierung) ergeben sich folgende Zugzahlen:

Tabelle 3-2: Zugzahlen Prognose-Nullfall 2030

	SPFV	SPNV	SGV
Strecke 1100 (Bad Schwartau – Neustadt)	Bis zu 20	Bis zu 75	0
Strecke 1100 (bis Puttgarden)	Bis zu 20*	Bis zu 38	0

\* davon bis nach Puttgarden bis zu 16 Züge

Die DB InfraGO AG erwartet auf Grundlage der Verkehrsprognose des Bundesverkehrsministeriums nach Eröffnung der Festen Fehmarnbeltquerung für den Eisenbahnverkehr auf der Eisenbahnstrecke 1100, der Eisenbahnstrecke 1103 und der Eisenbahnstrecke 1104 nachfolgende Verkehre. Für den Prognose-Planfall 2030 (mit Vorhabenrealisierung) wurden folgende Zugzahlen gegenübergestellt:

Tabelle 3-3: Zugzahlen Prognose-Planfall 2030 Deutschlandtakt

	SPFV	SPNV	SGV
Strecke 1100 (Bad Schwartau – Neustadt)	Bis zu 24	Bis zu 112	68



	SPFV	SPNV	SGV
Strecke 1100 (bis Puttgarden)	Bis zu 24*	Bis zu 38	68**

\* davon bis nach Puttgarden bis zu 20 Züge (saisonal fahren 4 Züge von Hamburg bis Fehmarn-Burg, aber nicht weiter bis Puttgarden bzw. Dänemark)

\*\* bis zum Anschluss an die Schienenverbindung auf der Festen Fehmarnbeltquerung südlich von Puttgarden

Die Verkehrsdaten aus dem BVWP 2030 wurden im Anfang 2023 vom Bundesverkehrsministerium an die DB InfraGO AG übergeben, welche DB Netz-intern einer Plausibilisierung unterzogen wurden. Die Daten wurden zuerst innerhalb der DB InfraGO AG an die Abteilung für Verkehrswegeplanung und EU-Korridore übermittelt. Nach deren Prüfung auf Plausibilität wurden die Verkehrsdaten im Herbst 2018 an die Abteilung für Infrastrukturentwicklung im Regionalbereich Nord gesendet. Hierbei haben sich vorrangig bei den Angaben zum prognostizierten Schienenpersonennahverkehr Anpassungen aufgrund neuerer Erkenntnisse über zukünftige Veränderungen des jeweiligen Betriebsprogramms in Absprache mit den zuständigen Aufgabenträgern des Landes Schleswig-Holstein ergeben.

Projektspezifische Anpassungen im Schienenpersonennahverkehr erfolgten von Lübeck Hauptbahnhof bis Puttgarden und beim Fernverkehr von Hamburg Hauptbahnhof bis nach Fehmarn-Burg, bei dem saisonale Fahrten berücksichtigt wurden. Die Organisationseinheit DB Umwelt der Deutschen Bahn AG hat die auf diesem Wege ermittelten Rohdaten im Wesentlichen durch die Verkehrsdaten Traktion der Zuggattung, der Bremsbauart mit Scheibenbremsenanteil und der maximalen Geschwindigkeit ergänzt.

Darüber hinaus werden die Eisenbahnverkehrsunternehmen auf der Eisenbahnstrecke 1100, soweit Zugtrassen im Sinne des § 1 Abs. 20 des Eisenbahnregulierungsgesetzes verfügbar sind, auch Züge im Gelegenheitsverkehr anbieten können. Die hier zugrunde gelegten Zugzahlen weichen geringfügig von den Zugzahlen ab, die in dem Planfeststellungsverfahren für die Feste Fehmarnbeltquerung von der dortigen Vorhabenträgerin Femern A/S zugrunde gelegt wurden. Die Abweichungen sind insbesondere in unterschiedlichen Basisjahren und der Einbeziehung dänischer Statistiken und Daten in der dortigen Prognose begründet (vgl. vom BVerwG bestätigter Planfeststellungsbeschluss für den Neubau einer Festen Fehmarnbeltquerung von Puttgarden nach Rødby v. 31.1.2019, S. 1124).

### 3.1.1.1.8 Straße

Die B 207 stellt im Bereich der Ostküste von Schleswig-Holstein in nördlicher Verlängerung der A 1 die bedeutendste Fernverbindung dar. Gleichzeitig übernimmt die B 207 in ihrer Funktion als bedeutende europäische Fernverbindungsstraße (Europastraße E 47) eine maßgebende Verbindung zwischen Norddeutschland und dem östlichen Dänemark. Gemäß aktuellem BVWP 2030 ist der Ausbau der B 207 auf einen vierstreifigen Querschnitt zwischen Heiligenhafen-Ost und Puttgarden als Maßnahme des Vordringlichen Bedarfs eingestuft.

Mit dem Bau der geplanten FFBQ wird sich der Wirtschafts- und Privatverkehr erhöhen und damit eine steigende Belastung der Trasse A 1-B 207-FFBQ prognostiziert. Die Fehmarnsundbrücke ist im Bestand hinsichtlich der lichten Breite zu schmal, um einen vierstreifigen Straßenquerschnitt zu ermöglichen. Mit dem Ausbau der Fehmarnsundquerung soll die verbliebene Lücke geschlossen werden. Es bedarf daher eines Ersatzneubaus.

Es wurde im März 2025 durch PTV Group eine Verkehrsuntersuchung für die B 207 im Zuge der Fehmarnsundquerung erstellt. Das Ziel ist die Überprüfung der derzeitigen

Verkehrssituation sowie die zukünftig zu erwartenden Verkehrsverhältnisse für den Prognosehorizont 2035 unter Berücksichtigung der kleinräumigen und großräumigen infrastrukturellen Entwicklungen im Wirkungsbereich der B 207.

Die folgenden drei Belastungsfälle wurden im Verkehrsgutachten betrachtet:

- Analyse 2023 (ohne FFBQ und FSQ, mit Bestand B 207)
- Prognosenullfall 2035 (mit FFBQ und Ausbau B 207, ohne FSQ)
- Planfall 2035 (mit FFBQ, FSQ und Ausbau B 207).

Die Ergebnisse im Prognose-Planfall 2035 zeigen, dass insbesondere der Schwerlastverkehr (> 2,8 t) zwischen der AS B 207/K 42 "Großenbrode" und der AS B 207/L 217 "Avendorf" von etwa 1.736 (Analyse 2023) auf 2.087 Fahrzeuge pro 24 Stunden zunehmen wird. Dies entspricht dann einem Anteil von 11,2 % an der durchschnittlich täglichen Verkehrsstärke (DTV) (18.609 Kfz/24h). Der  $DTV_{w5}^1$  liegt bei 19.028 Kfz/24h.

Tabelle 3-4: Auszug verkehrstechnischer Kenngrößen B 207 zwischen Avendorf und Großenbrode

Querschnitt 1.5:	Tagesverkehr				Tag (6:00 - 22:00 Uhr)		Nacht (22:00 - 6:00 Uhr)	
B207	$DTV_{w5}$ [Kfz/24h]	DTV [Kfz/24h]	$DTV_{sv,w5}$ [SV/24h]	$DTV_{sv}$ [SV/24h]	$M_T$ [Kfz/h]	$P_{1,T}$	$M_N$ [Kfz/h]	$P_{1,N}$
Analyse	14.996	14.696	2.092	1.736	860	11,16 %	117	21,36 %
Prognosenullfall	20.024	19.624	2.514	2.087	1.148	10,05 %	157	19,22 %
Prognose	18.989	18.609	2.514	2.087	1.089	10,59 %	149	20,27 %

Es ergibt sich für den Querschnitt der Fehmarnsundquerung eine Steigerung der DTV der Analyse 2023 zum Prognose-Planfall 2035 von ca. 27 %.

## 3.2 Gesetzliche Planrechtfertigung

Das Vorhaben weist eine doppelte gesetzliche Planrechtfertigung aus dem Staatsvertrag und dem Bundesschienenwegeausbaugesetz (BSWAG) bzw. dem Fernstraßenausbaugesetz (FStrAbG) auf.

### 3.2.1 Staatsvertrag

Der zwischen der Bundesrepublik Deutschland und dem Königreich Dänemark 2008 geschlossene Staatsvertrag wurde mit Inkrafttreten des Zustimmungsgesetzes vom 17.07.2009 sowie dem völkerrechtlichen Inkrafttreten des Staatsvertrags im Rang eines Bundesgesetzes Teil der innerstaatlichen Rechtsordnung (BVerwG, Urteil vom 03.11.2020 - 9 A 12.19 Juris Rn. 101). Der Staatsvertrag sah ursprünglich vor, dass auf der bestehenden Fehmarnsundbrücke die Straßenverbindung zweispurig und die Schienenstrecke eingleisig bleiben sollen.

Allerdings haben im Jahr 2010 durchgeführte Belastungstests ergeben, dass die Brücke den künftigen Verkehrsanforderungen nicht gewachsen ist und insbesondere den prognostizierten Schienengüterverkehr nicht ausreichend abwickeln kann. Die in den Planfeststellungsbeschlüssen für die Planfeststellungsabschnitte 6 und 5.2 der Schienenanbindung der Feste Fehmarnbeltquerung als Zwischenlösung vorgesehene Anbindung und Elektrifizierung der bestehenden Fehmarnsundbrücke wird im Rahmen des Vorhabens des PFA FSQ überplant und nicht realisiert (vgl. Kapitel 7.1 und 7.2). Die Forderung nach Art. 5 des Staatsvertrages nach einer langfristigen und ausreichend leistungsfähigen Querung über den

<sup>1</sup> Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke werktags (Montag-Freitag)

Fehmarnsund wird mit der neuen Fehmarnsundquerung erfüllt. Aus dem Staatsvertrag in Verbindung mit dem Zustimmungsgesetz ergibt sich eine gesetzliche Planrechtfertigung.

### **3.2.2 Planrechtfertigung aus Bedarfsplänen**

Zusätzlich ergibt sich eine gesetzliche Planrechtfertigung aus den Bedarfsplänen für die Schiene und die Straße, es besteht mithin eine doppelte gesetzliche Planrechtfertigung.

#### **3.2.2.1 Bahn**

Der Ausbau der Schienenverbindung Hamburg - Lübeck - Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ), die über den Fehmarnsund verläuft, ist im geltenden BVWP 2030 als laufende Nr. 9 bei „Neue Vorhaben, Vordringlicher Bedarf“ sowie im Bundesschienenwegeausbaugesetz (BSWAG) im Abschnitt 2, Unterabschnitt 1, unter der lfd. Nr. 14 als „ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden“ aufgeführt. In dem Projektdossier des Projektinformationssystem (PRINS) zum BVWP 2030 ist festgehalten, dass eine 2-gleisige Fehmarnsundquerung Bestandteil des Vorhabens der Schienenanbindung ist.

Gemäß § 1 Absatz 2 BSWAG ist die Feststellung des Bedarfs für die Planfeststellung gemäß § 18 AEG verbindlich. Das bedeutet, dass nach der gesetzgeberischen Wertung unter Bedarfs Gesichtspunkten eine Planrechtfertigung vorhanden ist (vgl. nur BVerwG, Urteil vom 27.10.2000, Az. 4 A 18.99, juris, Rn. 26; Urteil vom 15.01.2004, Az. 4 A 11.02, juris, Rn. 16).

#### **3.2.2.2 Straße**

Der Ausbau der B 207 ist als Folge des Staatsvertrags Dänemark/Deutschland zur Fehmarnbeltquerung im geltenden BVWP 2030 als laufende Nr. 5 bei „Laufende und fest disponierten Projekte“ in Schleswig-Holstein sowie im Fernstraßenausbaugesetz (FStrAbG) aufgeführt. Auch insoweit besteht mithin eine (doppelte) gesetzliche Planrechtfertigung.

### **3.3 Allgemeine Planrechtfertigung**

Über die gesetzlichen Planrechtfertigungen hinaus und unabhängig von ihnen ist die Planrechtfertigung auch deswegen gegeben, weil das Vorhaben gemessen an den Zielen des AEG und des FStrG vernünftigerweise geboten ist.

## 4 Varianten und Variantenvergleich

### 4.1 Einleitung

Die Auswahl der Vorzugsvariante für die weitere Planung wurde nach gründlicher Prüfung verschiedener Optionen getroffen, deren Details in den folgenden Abschnitten erläutert werden. Für den Neubau oder die Erweiterung der FSQ bieten sich verschiedene Möglichkeiten bezüglich der Trassenwahl und der Konstruktionsmethode an. Der Ausbau der Bahnstrecke 1100 Lübeck-Puttgarden sowie der B 207 wird dabei in unterschiedlicher Art und Weise berücksichtigt.

Das fachplanerische Abwägungsgebot verlangt, sich ernsthaft anbietende Alternativlösungen bei der Zusammenstellung des abwägungserheblichen Materials zu berücksichtigen und mit der ihnen objektiv zukommenden Bedeutung in die vergleichende Prüfung der von den möglichen Alternativen jeweils berührten öffentlichen und privaten Belange einzustellen (BVerwG, Urteil vom 5.10.2021, Az. 7 A 14.20, juris, Rn. 76).

Das gestufte Vorgehen bei der Variantenprüfung entspricht den rechtlichen Vorgaben (vgl. BVerwG, Beschluss vom 24.04.2009, Az. 9 B 10.09, juris, Rn. 9). Alle relevanten Alternativen werden berücksichtigt und nach öffentlichen und privaten Interessen bewertet. Varianten, die sich im Rahmen einer Grobanalyse als weniger geeignet erweisen, können frühzeitig ausgeschlossen werden (vgl. BVerwG, Urteil vom 5.10.2021, Az. 7 A 14.20, juris, Rn. 84). Die dann noch ernsthaft in Betracht kommenden Trassenalternativen müssen im weiteren Planungsverfahren detaillierter untersucht und verglichen werden (vgl. BVerwG, Urteil vom 3.11.2020, Az. 9 A 12.19, juris, Rn. 660).

Dieses Kapitel fasst die wichtigsten und entscheidungsrelevanten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen zusammen, sodass der Entscheidungsprozess bis zur finalen Wahl nachvollziehbar ist. Für detailliertere Informationen wird auf den Erläuterungsbericht der Vorplanung [48] verwiesen.

Die Variantenbetrachtung in der Vorplanung erfolgt in getrennten Planungspaketen (PP) für die als technisch Lösungsmöglichkeiten identifizierten vier Bauwerksvarianten Kombiniertes Brückenbauwerk (PP1), Getrenntes Brückenbauwerk (PP2), Absenktunnel (PP3) und Bohrtunnel (PP4).

In der folgenden Aktualisierung der Stufe 2 sind die Erkenntnisse der Entwurfs- und Genehmigungsplanung zum Absenktunnel und der vertieften Vorplanung zum Bohrtunnel eingeflossen und schließen mit der Entscheidung der zur Planfeststellung beantragten Vorzugsvariante ab.

### 4.2 Methodik des Variantenvergleichs

Entwickelt wurden Lösungsansätze innerhalb von vier Planungspaketen:

- Kombinierte Brücke (PP1)
- Getrennte Brücken (PP2)
- Absenktunnel (PP3)
- Bohrtunnel (PP4).

Die Vergleichbarkeit zwischen diesen Ansätzen wurde durch standardisierte Bewertungsmethoden sichergestellt.

Für jeden der zuvor genannten vier Lösungsansätze wurden Varianten zu den drei folgenden Planungsfällen a, b und c zu entwickelt:

- **Planungsfall a:** Neubau der FSQ einschließlich Rückbau des Bestandsbauwerkes
- **Planungsfall b:** Neubau der FSQ in Kombination mit der Teilweaternutzung der Bestandsbrücke als reine Straßenbrücke für 30 Jahre mit anschließendem Ersatzneubau
- **Planungsfall c:** Neubau der FSQ in Kombination mit der Teilweaternutzung der Bestandsbrücke für den langsamen Verkehr (LaV) einschließlich Ertüchtigung der Bestandsbrücke für eine weitere Nutzung über 130 Jahre

Um eine systematische Entscheidungsfindung für die Fehmarnsundquerung zu gewährleisten, wurden die Varianten in einem mehrstufigen Prozess geprüft und abgeschichtet. Die Prüfung umfasste drei Stufen 0 und 1 für den Vorvariantenvergleich zur Identifizierung der jeweils 5 vorteilhaftesten Varianten je Planungspaket. Diese inkludieren die drei bevorzugten Linienvarianten in ihrer bevorzugten Bau- und Konstruktionsvariante im Planungsfall a sowie jeweils die vorteilhafteste Variante der Planungsfälle b und c.

In Stufe 2 wurde der Hauptvariantenvergleich durchgeführt, der eine Vorzugsvariante pro Planungspaket festlegte und bestehende Lösungsansätze kombinierte. Abschließend wurden die vier Vorzugsvarianten mittels einer Bewertungsmatrix evaluiert und verglichen. Die Entwicklung und Filterung der Varianten vom weiten Feld möglicher Lösungen bis hin zur finalen Auswahl wird nachfolgend erläutert.

**In Stufe 0** des Variantenvergleichs wurden innerhalb der vier Lösungsansätze (PP1 bis PP4) separate Betrachtungen für alle drei Planungsfälle (a, b und c) durchgeführt, noch ohne detaillierte technische Planung oder Risikobewertung. Hierbei wurden vorerst Linienvarianten entwickelt, die grundlegende technische Vorgaben und externe Anforderungen berücksichtigten.

Für die Lösungsansätze der getrennten Brücken und Bohrtunnel waren die Trassen- bzw. Linienvarianten für Schiene und Straße individuell gestaltet, was die Variantenvielfalt erhöhte. Alle Varianten mussten technisch umsetzbar und konform mit den projektspezifischen Kriterien sein, wobei Umwelt- und Drittbetroffenheiten sowie die Wirtschaftlichkeit bereits betrachtet wurden. Sodann wurde geprüft, ob Linienvarianten in allen drei Planungsfällen anwendbar, oder ggf. spezifische Anpassungen oder ein Variantenausschluss vorzunehmen waren. Schlussendlich erfolgte eine erste Abschichtung von Varianten mit deutlichen Nachteilen.

In der Stufe 0 der Variantenabschichtung wurden rund 200 technisch machbare Linienvarianten beurteilt, die allerdings noch nicht in einer Vorplanungstiefe ausgearbeitet waren. Die Bewertung erfolgte getrennt nach den vier Lösungsansätzen und den jeweiligen drei Planungsfällen, unter vereinfachten Annahmen wie z. B. einer konstanten Trassenbreite.

Wesentliche technische Details und ihre Auswirkungen wurden nur bei bedeutenden Einflüssen bewertet, während eine detaillierte Kostenbewertung aufgrund unzureichender Planungstiefe wegfiel. Es wurden lediglich Kriterien betrachtet, die in den Bereichen raumstrukturelle Wirkungen, technische Belange und Umweltbelange aussagekräftig waren. Am Ende der Stufe 0 wurde eine Vorauswahl der vorteilhaftesten Varianten je Lösungsansatz bzw. Planungspaket getroffen.

Ausgehend von der Prämisse, dass die Planungsfälle b und c eine Varianz des Planungsfalles a darstellen, wurden für jeden Lösungsansatz die drei (im Planungsfall a) sowie die jeweils vorteilhaftesten Varianten (in den Planungsfällen b und c) in die nächste Stufe des Variantenvergleiches geführt., vgl. Abbildung 4-1.

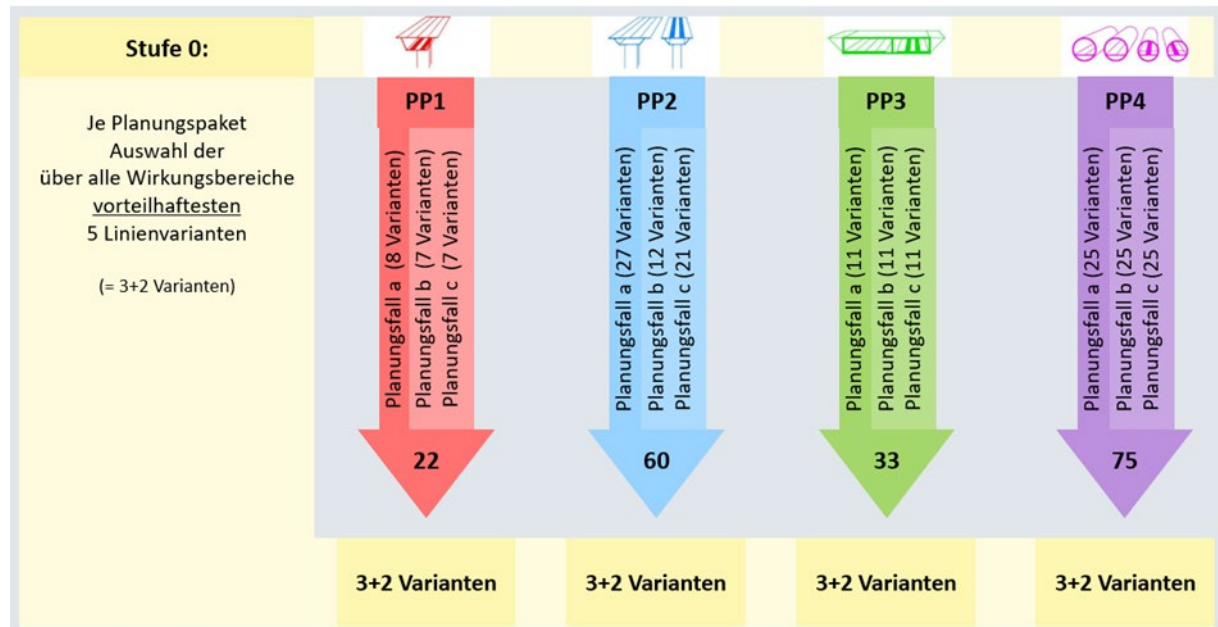


Abbildung 4-1: Übersicht Variantenentwicklung und Variantenabschichtung in der Stufe 0

Wurden nach Abschluss der Variantenabschichtung der Stufe 0 im Rahmen der Untersuchungen bei einer vorteilhaften Variante im Vergleich zu den übrigen vorteilhaften Varianten besondere Beeinträchtigungen des Umfeldes erkennbar, die sich jedoch mit einfachen Anpassungen beheben ließen, nahm man diese Optimierungen vor. Dies geschah unter der Bedingung, dass die Planungsdetaillierung unverändert blieb und die Optimierung neutral gegenüber anderen Varianten oder Lösungsansätzen erfolgte, d.h. keine angleichenden Anpassungen vorzunehmen waren.

**Innerhalb der Stufe 1** erfolgte eine umfassende Detaillierung der in der Vorauswahl bestimmten Linienvarianten. Dies fand in einer dreigliedrigen Prozessstruktur statt, welche die spezifischen Merkmale jeder Variante berücksichtigte und weiter ausarbeitete:

1. In Stufe 1.1 wurden für jeden Lösungsansatz die Variantengruppen, die unabhängig von den einzelnen Linienausführungen determiniert und entschieden werden konnten, untersucht. Die primäre Fragestellung richtete sich auf die technische Realisierbarkeit und die Minimierung von Nachteilen.
2. Stufe 1.2 befasste sich mit den linienabhängigen Variantengruppen, die für jeden Lösungsansatz individuell festgelegt werden mussten. Diese Bewertung erfolgte unter Einbezug bautechnischer Aspekte und umweltfachlicher Erwägungen. Die Zielsetzung lag darin, sofern linienabhängige Unterschiede bestehen, passende Lösungen zu finden, die technisch umsetzbar sind und gleichzeitig die besten Ergebnisse versprachen. Waren die bautechnischen und umweltfachlichen Aspekte allesamt linienunabhängig, so entfiel die Stufe 1.2.



3. Der Variantenvergleich gemäß Stufe 1.3 des Planungsprozesses war eine Synthese aus den Ergebnissen der Vorplanungsschritte der Stufen 1.1 und 1.2 sowie der anschließenden Ausarbeitung der aus Stufe 0 überführten vorteilhaftesten Linienvarianten.

Die umfassende Bewertung setzte sich aus den folgenden Komponenten zusammen:

- die Bewertungsmatrix, die Auswirkungen in den Kategorien raumstrukturell, verkehrlich, technisch, umweltfachlich und wirtschaftlich erfasste und bewertete
- die Analyse der sogenannten "Rote-Ampel-Sachverhalte", welche potentielle Risiken im Hinblick auf umweltrechtliche Bestimmungen, insbesondere bezüglich Natura 2000 und Artenschutz erörterte
- eine Untersuchung wasserrechtlicher Sachverhalte gemäß der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)
- eine Zusammenstellung der baulichen Risiken und umweltrechtlichen Bewertung.

Diese Faktoren wurden in der Gesamtbewertung berücksichtigt, wobei auch Optimierungspotenziale, welche die Vermeidung oder Minimierung von Beeinträchtigungen betrafen, als potenzielle Entwicklungschancen im weiteren Planungsprozess in Betracht gezogen wurden.

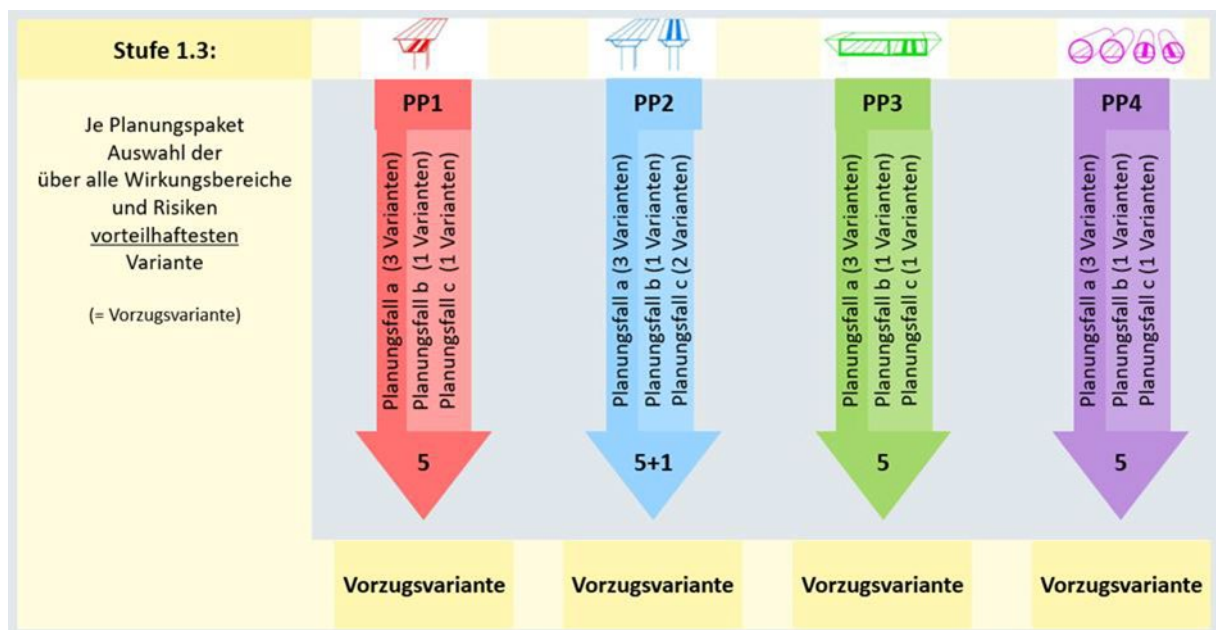


Abbildung 4-2: Übersicht Varianten und Variantenabschichtung in der Stufe 1.3

Im Zuge der Stufe 1 wurde besonderes Augenmerk auf die gleichbleibende Untersuchungstiefe aller Varianten sowie auf die Formierung und Abwägung von Variantengruppen gelegt, wobei das Ziel war, Vorzugslösungen zu identifizieren und einer präferierten Linie zuzuweisen. Dies involvierte den Austausch mit den Projektträgern und die gründliche Untersuchung von möglichen zusätzlichen Varianten. Am Ende dieser detaillierten



Vorplanungsphase wurde für jeden Lösungsansatz eine präferierte Variante herausgefiltert, die daraufhin in die nachfolgende Stufe des Variantenvergleichs überging.

In der Stufe 2 des Hauptvariantenvergleichs wurden die bevorzugten Lösungsvarianten aus Stufe 1, ohne weitere planerische Vertiefung, direkt gegenübergestellt. Es handelte sich dabei um je eine Vorzugsvariante aus den vier unterschiedlichen Lösungsansätzen. Die umfassende Bewertung erfolgte anhand der festgelegten Kriterien, die in der Bewertungsmatrix der Stufe 2 detailliert waren. Bautechnische, umwelt- und wasserrechtliche Risiken werden eingehend betrachtet.

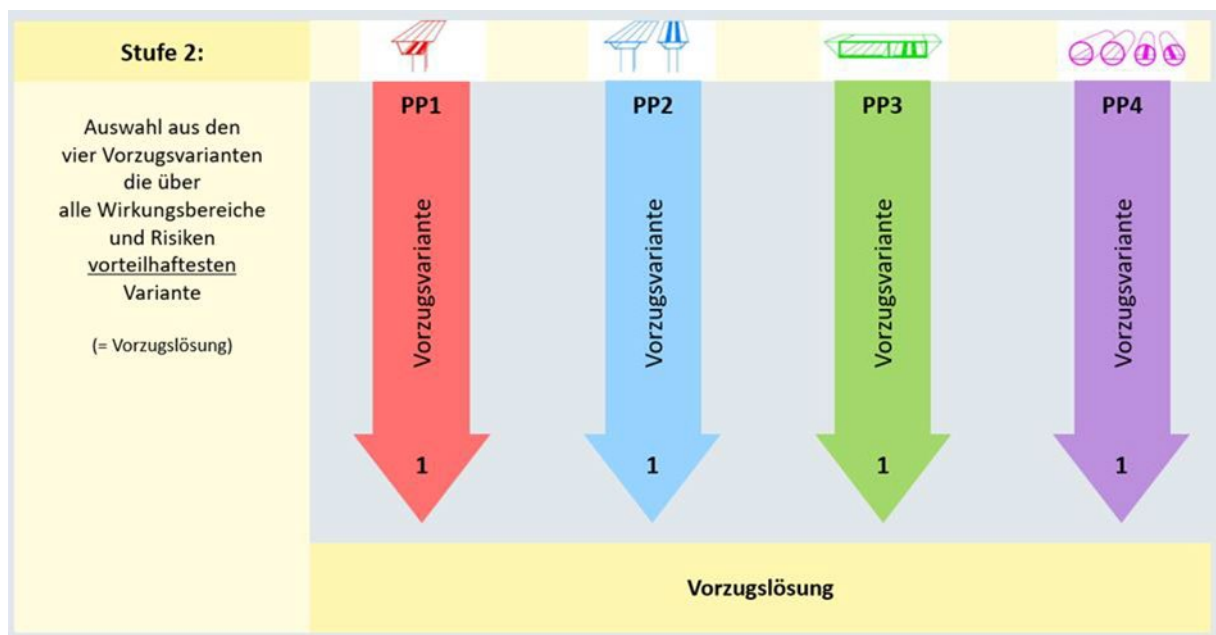


Abbildung 4-3: Übersicht Varianten und Variantenabschichtung in der Stufe 2

Zusätzlich zu den Einzelvarianten werden im Rahmen der Stufe 2 mögliche Kombinationsvarianten aus den Lösungsansätzen Brücken und Tunnel untersucht, um eventuell überlegene Lösungskombinationen zu identifizieren. Kombinationsvarianten, die sich aufgrund neuer Erkenntnisse oder Rahmenbedingungen auftun, sind in den Vergleich miteinzubeziehen.

In der Stufe 2 ist die Planungstiefe gleichbleibend zur Vorplanung der Stufe 1.3, und es wird die gleiche Anzahl an Kriterien und deren Verteilung auf Wirkungsbereiche beibehalten. Die zuvor abgeschätzten Risiken werden in die verbale Gesamtbewertung integriert, ergänzt um die CO<sub>2</sub>-Bilanz für die Vorzugsvarianten. Die abschließende Entscheidung für eine Vorzugslösung erfolgt unter Berücksichtigung aller Wirkungsbereiche und Risiken und dient als Basis für die nachfolgenden Planungsschritte bis zur Genehmigung.

## 4.3 Bewertungsverfahren

### 4.3.1 Festlegung des Bewertungsverfahrens

Für die Auswahl eines geeigneten Bewertungsverfahrens im Rahmen des Verkehrsprojekts wurden die „Hinweise zu Einsatzbereichen von Verfahren zur Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung“ (FGSV, 2010) als Grundlage herangezogen. Ziel war es, die notwendigen

Abwägungsprozesse so zu gestalten, dass ein konsistentes Vorgehen, Modularität, Flexibilität, Transparenz, Nachvollziehbarkeit, Überprüfbarkeit und Effizienz gewährleistet waren.

Zur Bewertung der Maßnahmen wurden drei Typen von Wertsyntheseverfahren unterschieden:

1. **Nichtformalisierte Verfahren:** Abwägungen erfolgten rein verbal ohne quantifizierbare Angaben.
2. **Teilformalisierte Verfahren:** Die Maßnahmen wurden nach Vorteilhaftigkeit geordnet, wobei möglichst viele relevante Kriterien einbezogen wurden.
3. **Formalisierte Verfahren:** Monetarisierung und Nutzenpunktbewertung mit hohen Anforderungen an die Datenverfügbarkeit.

Für die Fehmarnsundquerung wurden Kriterien wie die Vielzahl der Varianten (ca. 200) und Wirkungskriterien (75 bis 230), die begrenzte Datenlage sowie die notwendige Nachvollziehbarkeit im Genehmigungsverfahren berücksichtigt. Aufgrund der Komplexität wurde eine Kombination aus nicht formalisierter und teilformalisierter Wertsynthese gewählt. Dabei erfolgte die Bewertung durch eine multikriterielle Wirkungsanalyse, unterstützt durch eine Rangfolgenbildung und rechnerische Modelle.

Dieses Verfahren ermöglichte es, die vielen Varianten systematisch und nachvollziehbar gegeneinander abzuwägen und abzuschichten, wobei die Planungstiefe schrittweise vergrößert wurde. Hierbei wurden sowohl quantitative als auch qualitative Kriterien berücksichtigt. So wurde den komplexen umweltrechtlichen Anforderungen des Projekts entsprochen.

#### 4.3.2 Wirkungsbereiche

Im Rahmen der einzelnen Stufen des Bewertungsverfahrens werden eine Reihe von Wirkungsbereichen betrachtet, denen die zu berücksichtigenden Kriterien zugeordnet sind.

Die gewählten fünf Wirkungsbereiche sind:

- raumstrukturelle Belange
- verkehrliche Beurteilung
- technische Belange
- Umweltbelange
- Wirtschaftlichkeit (Kostenschätzung).

In der Stufe 0 werden aufgrund der dort erreichten Planungstiefe die Wirkungsbereiche Verkehrliche Beurteilung und Wirtschaftlichkeit nicht betrachtet.

<u>Stufe 0</u>	<u>Stufe 1 und 2</u>
<b>Raumstrukturelle Wirkungen</b> z.B. Auswirkungen auf land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen	<b>Raumstrukturelle Wirkungen</b> z.B. Auswirkungen auf land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen
	<b>Verkehrliche Belange</b> z.B. baubedingte Einschränkungen des Bahnverkehrs
<b>Technische Belange</b> z.B. Trassenlänge Straße/ Schiene, Neueinbau Bodenmassen, Bauzeit	<b>Technische Belange</b> z.B. Trassenlänge Straße/ Schiene, Neueinbau Bodenmassen, Bauzeit
<b>Umwelttechnische Belange</b> z.B. Verlärmung, Flächenverbrauch von Brut- u. Rastvogelflächen	<b>Umwelttechnische Belange</b> z.B. Verlärmung, Verlust von Brut- u. Rastvogelflächen, bauzeitliche Beeinträchtigung durch Schwebstoffe
	<b>Wirtschaftlichkeit</b> z.B. Investitionskosten, Lebenszykluskosten (LZK)

Abbildung 4-4: Übersicht der in den einzelnen Stufen betrachteten Wirkungsbereiche

### **Wirkungsbereich Raumstrukturelle Belange**

Im Wirkungsbereich Raumstrukturelle Belange wurden die Auswirkungen der Maßnahme auf die Landes- und Regionalplanung bewertet, insbesondere in Bezug auf Siedlungen, Gewerbe und Verkehr. Auch die Flächeninanspruchnahme während der Bauzeit wurde hier betrachtet.

### **Wirkungsbereich Verkehrliche Beurteilung**

Der Wirkungsbereich Verkehrliche Beurteilung umfasste die Bewertung der Auswirkungen der Maßnahme auf das Straßen- und Schienennetz.

### **Wirkungsbereich Technische Belange**

Im Wirkungsbereich Technische Belange wurden die bautechnischen Auswirkungen der Maßnahme erfasst, vor allem in Bezug auf die baulichen Anlagen des neuen Trassenabschnitts und des Querungsbauwerks am Fehmarnsund. In den detaillierteren Planungsstufen (1 und 2) reduzierte sich die Anzahl der Kriterien, da viele technische Aspekte über die Kosten im Wirkungsbereich Wirtschaftlichkeit abgebildet wurden. Zusätzliche Risikobetrachtungen wurden für Baugrund und bautechnische Risiken durchgeführt, deren Ergebnisse in die abschließende Gesamtbewertung einfließen.

### **Wirkungsbereich Umweltbelange**

Im Wirkungsbereich Umweltbelange wurden die Auswirkungen auf die Umwelt nach den Schutzgütern gemäß dem Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG) bewertet. In den Stufen 1 und 2 erfolgten für bestimmte umweltrechtliche Themen, wie Gebietsschutz (Natura 2000), Artenschutz und Wasserrahmenrichtlinie, gesonderte Risikobetrachtungen. Diese Ergebnisse gingen ebenfalls in die abschließende Gesamtbewertung ein. Die Umweltkriterien in den Bewertungsmatrizen waren nach den Schutzgütern des UVPG gegliedert.

## **Wirkungsbereich Wirtschaftlichkeit**

Im Wirkungsbereich Wirtschaftlichkeit wurden die Auswirkungen der Maßnahme auf die Kosten und die Finanzierung bewertet, einschließlich Investitions-, Betriebs- und Lebenszykluskosten. Ein Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) wurde für das Teilvorhaben nicht gesondert ausgewiesen, da es in die gesamtwirtschaftliche Bewertung des Vorhabens Hinterlandanbindung FBQ einfließt.

### **4.3.3 Bewertungskriterien**

Gemäß den „Hinweisen zu Einsatzbereichen von Verfahren zur Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung“ (FGSV, 2010) wurde eine Abwägung als fehlerfrei angesehen, wenn sie verbal-argumentativ und nachvollziehbar erfolgte, die relevanten Sachverhalte berücksichtigt wurden und die Belange angemessen gewichtet wurden. Die Auswahl geeigneter Bewertungskriterien unterstützte eine fehlerfreie Abwägung. Die Kriterien für die Variantenvergleiche wurden anhand üblicher Vergleichsschwerpunkte, regional bedeutsamer Aspekte und im Abgleich mit der FBQ ausgewählt. Eine doppelte Bewertung wurde durch klare Definitionen vermieden. Aktive Kriterien wurden dann berücksichtigt, wenn sie Unterschiede zwischen den Varianten aufwiesen, inaktive, wenn keine Unterschiede vorlagen oder sie aus der Bewertung ausgeschlossen waren.

#### **4.3.3.1 Raumstrukturelle Wirkungen**

Die raumstrukturellen Wirkungen wurden anhand von Plänen wie Bebauungsplänen, Flächennutzungsplänen, ALKIS-Daten, Luftbildern und Gutachten zur Raumwiderstandsanalyse [46] ermittelt. Die Kriterien umfassten die Themen Raumentwicklung, Land- und Forstwirtschaft sowie Industrie und Gewerbe. Erweiterungen von Verkehrsinfrastrukturen führen häufig zu Neuzerschneidungen und Verinselungen, was sich negativ auf bestehende Strukturen auswirkt. Diese Aspekte werden mit den gewählten Kriterien abgebildet.

In den fortgeschrittenen Stufen wurden auch Ver- und Entsorgungsanlagen sowie Flächeninanspruchnahmen berücksichtigt.

Regionale Effekte und touristische Anlagen spielten eine untergeordnete Rolle, und auf eine agrarstrukturelle Analyse wurde aufgrund geringer Unterschiede verzichtet.

#### **4.3.3.2 Verkehrliche Beurteilung**

Die Kriterien zur verkehrlichen Beurteilung wurden ab Stufe 1.3 des Variantenvergleichs berücksichtigt, da in der Stufe 0 keine ausreichend belastbaren Vergleichswerte für Straße und Bahn vorlagen.

##### **Kriterien für den Straßenverkehr:**

Der vierstreifige Ausbau der B 207 war bereits im Bedarfsplan für Bundesfernstraßen fest eingeplant. Für die Bewertung der verkehrlichen Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Straße wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- **Verkehrliche Auswirkungen im Bauzustand (Straße):** Während der Bauphase sollte der Verkehr durchgehend über das bestehende Bauwerk geführt werden. Da das erhöhte Verkehrsaufkommen erst mit der Inbetriebnahme der Fehmarnbeltquerung erwartet wurde, gab es keine relevanten Unterschiede zwischen den Varianten.

- **Verkehrliche Auswirkungen im Endzustand:** Da das Vorhaben eine bestehende Verbindung ersetzt, wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten erwartet.
- **Fahrzeugseitige Leistungen:** Unterschiede in Fahrleistung, Fahrzeit und Kraftstoffverbrauch waren gering, da die Varianten ähnliche Effekte aufwiesen.

#### **Kriterien für den Schienenverkehr**

Für die Schienenverbindung galten die Vorgaben der DB Netz AG, die sich auf die durchgehende zweigleisige und elektrifizierte Verbindung ab 2028 fokussierten. Bewertet wurden:

- **Bauablaufbedingte Beschränkungen der Streckenkapazität ab 12/2028:** Dieses Kriterium betrachtete, wie schnell die Varianten den Schienenverkehr im vollen Umfang ab Dezember 2028 gewährleisten konnten.
- **Bauablaufbedingte Streckenvollsperrungen ab 12/2028:** Es wurde bewertet, ob nach dem Eröffnungstermin noch Vollsperrungen der Strecke erforderlich sein könnten, um Bauarbeiten abzuschließen.

Zusammenfassend hatten die verkehrlichen Auswirkungen im Bauzustand und Endzustand sowohl bei Straße als auch Bahn keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten, was eine weitgehend einheitliche Bewertung ermöglichte.

#### **4.3.3.3 Technische Belange**

Die technischen Planungen der Verkehrsbauwerke dienten als Grundlage zur Bewertung der Varianten hinsichtlich ihrer baulichen Auswirkungen.

In der Stufe **0** wurden erste bauliche Kriterien betrachtet, die eine annähernde Bewertung des baulichen Umfangs ermöglichten.

- **Bauliche Kriterien in Stufe 0**  
Zu den gewählten Kriterien zählten unter anderem die Länge und Anzahl der Bauwerke, aufgeschlüsselt nach Verkehrs- und Bauwerksarten. Diese gaben einen ersten Hinweis auf den zu erwartenden Investitionsaufwand, der jedoch noch nicht abschließend bewertet wurde. Weitere Kriterien umfassten die Erdmassen, die dauerhafte Flächeninanspruchnahme und die Bauzeit, die alle von den Planern ermittelt wurden. Diese Aspekte wurden nur grob anhand des verfügbaren Planungsstands bewertet.
- **Unterscheidungen zwischen den Varianten**  
Einige technische Besonderheiten und Folgemaßnahmen wie „Kreuzung der Bestandsstrecke bei Struckkamp“ und erschwerte Baubedingungen in Nähe des Bestandsbauwerks wurden ebenfalls berücksichtigt. Diese Unterschiede ließen sich aufgrund der geringen Planungstiefe jedoch oft nur qualitativ (ja/nein) bewerten.

In späteren Stufen der Bewertung (Stufe **1.3 und 2**) wurden detailliertere Kriterien herangezogen:

- **Gesamttrassenlänge**  
Die Länge der Verkehrswege zwischen den Gelenkpunkten, getrennt nach Straße und Schiene, wurde für die Varianten bewertet.

- **Erdmassen**  
Es wurde zwischen neu eingebauten Erdmassen und Überschussmassen unterschieden, um den Materialaufwand zu bewerten.
- **Bauzeit**  
Die Bauzeit war ebenfalls ein Bewertungskriterium, wobei auch die Erneuerung der Bestandsbrücke nach 30 Jahren im Planungsfall b berücksichtigt wurde.
- **Sicherheit für die Schifffahrt**  
Sowohl im Endzustand (Reduzierung des Fehmarnsund-Querschnitts durch Bauwerksteile) als auch im Bauzustand (Beschränkung des Schiffsverkehrs durch Baumaßnahmen) wurden die Auswirkungen auf die Schifffahrt bewertet.
- **Personensicherheit**  
Die Entfernung vom Querungsbauwerk zur nächsten Landestelle für die Luftrettung wurde als Maß für die Personensicherheit in die Bewertung einbezogen.

Einige Kriterien, die in Stufe 0 zur Bewertung herangezogen wurden, wurden in den Stufen 1.3 und 2 nicht weiter berücksichtigt, um eine Doppelbewertung zu vermeiden, insbesondere in Bezug auf Investitionskosten und technische Aspekte. Auch Kriterien zur Trassierung sowie zur Verkehrssicherheit und zum Brand- und Rettungsschutz wurden nach gängigen Richtlinien geregelt, ohne dass signifikante Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt wurden.

Die Unterhaltungslast der Bauwerke wurde verwaltungstechnisch als lösbar angesehen und war daher kein Entscheidungskriterium im Variantenvergleich.

#### 4.3.3.4 Umweltbelange

Die umweltrelevanten Wirkungen des Projekts werden in anlagebedingte, betriebsbedingte und baubedingte Wirkungen eingeteilt. Die nachfolgende Zusammenfassung beschreibt die jeweiligen Projektwirkungen, ihre Ursachen und deren Einflüsse auf die Schutzgüter (wie Mensch, Flora, Fauna, Boden, Wasser, Klima, Kulturgüter und das Landschaftsbild) in Verbindung mit den Lösungsansätzen Brücke oder Tunnel.

##### Anlagebedingte Projektwirkungen

Anlagebedingte Wirkungen sind dauerhaft und entstehen durch die Präsenz der Bauwerke. Zu den wichtigsten Auswirkungen zählen:

- **Flächeninanspruchnahme**  
Verlust von Vegetation durch Rodung und Bodenumlagerung, Versiegelung oder Überbauung
- **Geländemorphologie**  
Veränderungen wie Aufschüttungen, die die natürliche Umgebung beeinflussen
- **Meeresströmungen**  
Eingriffe durch Bauwerke, die die Wasserbewegung verändern
- **Trennwirkungen/Zerschneidungen**  
Schaffung von Barrieren, welche Landschaft und Lebensräume unterbrechen



- **Visuelle Beeinträchtigungen**

Einfluss auf das Landschaftsbild durch Bauwerke und Barrierewirkung.

### **Betriebsbedingte Projektwirkungen**

Während des Betriebs der Verkehrsanlagen können insbesondere folgende Wirkungen auftreten:

- Geräuschemissionen und Schadstoffemissionen (z. B. Abgase)
- weitere mögliche Auswirkungen: Lichtemissionen, Erschütterungen, elektromagnetische Felder und Kollisionsrisiken.

### **Baubedingte Projektwirkungen**

Während der Bauphase entstehen temporäre Auswirkungen, wie:

- temporäre Flächeninanspruchnahme für Baustellen und Baustraßen
- Sedimentverdriftung durch Baggerarbeiten im Sund
- temporäre Schadstoffeinträge, Geräuschemissionen und Erschütterungen
- visuelle Beeinträchtigungen durch Baustellen und ein erhöhtes Kollisionsrisiko für den Schiffsverkehr.

Sämtliche anlagenbedingten, bau- und betriebsbedingten Projektteilwirkungen sind dem Erläuterungsberichts der Vorplanung [48] Abschnitt A 6.4.4.5, entnehmen.

### **Vergleich der Lösungsansätze (Brücke vs. Tunnel)**

Die anlagenbedingten, betriebsbedingten und baubedingten Wirkungen werden für Brückenlösungen (PP1 und PP2) und Tunnellösungen (PP3 und PP4) separat analysiert. Bei Brückenlösungen umfassen die Wirkungen die Schutzgüter wie Menschen, Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Klima, Luft, Kulturgüter, Fläche und das Landschaftsbild. Ähnliches gilt für die Tunnellösungen, wobei die spezifischen Einflüsse je nach Maßnahme und Schutzgut unterschiedlich ausfallen.

### **Schutzgüter und Raumwiderstand**

Umfang, Wertigkeit und Intensität der Beeinträchtigungen wurden auf Basis der Raumwiderstandsanalyse und des Fachbeitrags Flora und Fauna ermittelt. Die Raumwiderstandsklassen und Wertstufen bieten eine Orientierung zur Sensibilität der betroffenen Umweltthemen gemäß dem UVPG. Besonders sensible Schutzgüter werden nach ihrer höchsten Raumwiderstandsklasse und Wertstufe bewertet.

### **Besonders zu beachtende Schutzgüter** umfassen:

- **Menschen**  
Gesundheit, Wohlbefinden, Lärm (Tag/Nacht), Erschütterungen, Freizeit und Erholung
- **Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt**  
Natura-2000-Gebiete, Biotope, Lebensräume für Brut- und Rastvögel, Amphibiengewässer, Fledermauskorridore
- **Wasser und Boden**  
Oberflächengewässer, terrestrische Flächeninanspruchnahme



- **Landschaftsbild und Kulturgüter**

Auswirkungen auf die Landschaftsqualität, Denkmäler und Bauwerke.

Neben den Indikatoren, die eine Verschneidung der Planung mit spezifischen Umweltthemen erforderten, gab es auch solche, die auf verbalen Bewertungen basierten. Besonders wichtig waren marine Themen, die aufgrund der geografischen Lage und im Zusammenhang mit dem Projekt Fehmarnbeltquerung eine besondere Bedeutung hatten. Die Auswirkungen auf Meeressäuger, benthische und planktische Flora und Fauna sowie den Meeresboden wurden anhand hydronumerischer Modelle bewertet und in die Kategorien „kleiner“, „gleich“ oder „größer“ im Vergleich zum Ist-Zustand eingeordnet. Diese Bewertungen erfolgten sowohl innerhalb der einzelnen Lösungsansätze als auch lösungsansatzübergreifend.

Ähnliche verbale Einstufungen galten für Sach- und Kulturgüter, wobei die Anforderungen des Denkmalschutzes berücksichtigt wurden. Dabei wurde bewertet, wie sich die Neubauten zur bestehenden Fehmarnsundbrücke und der Eisenbahnüberführung Struckamp verhielten.

### **Nicht betrachtungsrelevante Kriterien**

Kriterien im Umweltbereich, die keine relevanten Unterschiede zwischen den Lösungsansätzen aufwiesen, wurden als nicht entscheidungsrelevant eingestuft. Dabei bedeutete „keine Entscheidungsrelevanz“ nicht zwangsläufig „keine Beeinträchtigung“, sondern lediglich, dass die Unterschiede zwischen den Lösungsansätzen nicht bedeutend waren. Folgende Kriterien wurden als nicht weiter betrachtungsrelevant eingestuft:

- **Menschliche Gesundheit**

Zerschneidung und Barriereeffekte bei Erholungsflächen wurden als nicht entscheidungsrelevant bewertet, da alle Wege nach der Bauphase wiederhergestellt werden

- **Schadstoffeinträge**

Es wurden keine entscheidungsrelevanten Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt

- **Tiere**

Der anlagenbedingte Flächenverlust für Schweinswale, Kegelrobben und Seehunde ist aufgrund der geringen Flächenbeanspruchung nicht entscheidungsrelevant

- **Benthische Flora und Fauna**

Lichtemissionen während der Bauphase haben nur minimale Auswirkungen auf benthische Flora, Fauna und Fische

- **Kultur- und Sachgüter**

Keine relevanten Unterschiede in archäologischen Untersuchungen konnten festgestellt werden

- **Klima**

Es werden keine bedeutenden Unterschiede zwischen den Lösungsansätzen in Bezug auf die Beeinflussung des globalen Klimas erwartet.

### **Hinweise**

In gemeinsamen Abstimmungsterminen mit dem Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein (MELUND) wurde festgelegt, dass die im terrestrischen Bereich des marinen FFH-Gebietes „Meeresgebiet der

östlichen Kieler Bucht“ erfassten Lebensraumtypen aus den Biotopkartierungen von 2016 diesem Gebiet zugeschlagen und nachträglich in den Standarddatenbogen aufgenommen werden sollten. Dadurch wurde das FFH-Gebiet unter anderem um den prioritären Lebensraumtyp „Festliegende Küstendünen mit krautiger Vegetation (Graudünen)“ (2130\*) erweitert. Das Gleiche galt für die Aufnahme der Schmalen Windelschnecke in den Standarddatenbogen des FFH-Gebietes „Küstenlandschaft vor Großenbrode und vorgelagerte Meeresbereiche“.

Nicht alle Kriterien konnten in der frühen Planungsstufe vollständig erfasst werden. In den späteren Planungsstufen (z. B. Stufe 1.3) werden detailliertere Gutachten und Studien herangezogen, um die Auswirkungen auf Umwelt, Schutzgüter und relevante Entscheidungskriterien umfassender zu bewerten. Die vollständige Liste der berücksichtigten Umweltkriterien ist der Raumwiderstandsanalyse [46] und dem Fachbeitrag Flora und Fauna [45] zu entnehmen. Ihre Anwendung ist darüber hinaus im Erläuterungsberichts der Vorplanung [48] beschrieben. Auch die Umweltverträglichkeitsstudie zur Fehmarnbeltquerung [47] diente als Grundlage.

#### 4.3.3.5 Wirtschaftlichkeit

Kriterien zur Wirtschaftlichkeit wurden erst ab Stufe 1.3 des Variantenvergleichs herangezogen. In Stufe 0 waren keine ausreichend abgesicherten Vergleichswerte ermittelt worden.

- **Kostenvereinheitlichung**

Die Kosten für die Erüchtigung und den Rückbau des Bestandsbauwerks wurden für alle Varianten einheitlich angesetzt, wobei zusätzliche 20 % für Erschwernisse bei dicht angeordneten Neubauten hinzukamen.

- **Investitionskosten**

Diese umfassten alle baulichen Maßnahmen zwischen definierten Gelenkpunkten und basierten auf Einheitspreiskatalogen. Planungskosten wurden ausgeschlossen, während geschätzte Kosten für die Erneuerung des Bestandsbauwerks nach 30 Jahren gesondert ausgewiesen wurden.

- **Betriebskosten**

In Stufe 1 wurden die Betriebskosten nicht bewertet, da konsistente Daten fehlten. Sie wurden in Stufe 2 im Rahmen der Lebenszykluskosten (LZK) einbezogen.

- **Lebenszykluskosten**

Diese umfassten Gesamtkosten über die Nutzungsdauer (130 Jahre) und beinhalteten Investitions-, Erhaltungs- und Abbruchkosten. Zukünftige Kosten wurden auf den Zeitpunkt der Inbetriebnahme verzinst.

- **Nutzen-Kosten-Faktor**

Dieser Faktor wurde nicht weiter betrachtet, da die Fehmarnsundquerung nur einen Teil der größeren Festen Fehmarnbeltquerung darstellt und somit kein wesentlicher Nutzen allein aus diesem Teilvorhaben generiert wird. Die Investitionskosten blieben entscheidend.

#### **4.3.4 Rechnerisches Hilfsmodell**

##### **4.3.4.1 Modell und Rangfolge**

Das rechnerische Hilfsmodell wurde entwickelt, um die Vielzahl von Varianten (rund 200 Linien) und Kriterien (bis zu 230 Stück) strukturiert zu bewerten und eine durchgehende Gleichbehandlung sicherzustellen. Es ermöglichte Transparenz und Nachvollziehbarkeit im Variantenvergleich, ersetzte jedoch nicht die fachliche Beurteilung. Bei der Bildung einer absoluten Rangfolge wurden die Varianten nach ihren Auswirkungen je Kriterium geordnet.

Gleichwertige Varianten erhielten denselben Rang, während die tatsächlichen Unterschiede durch die relative Rangfolge deutlicher dargestellt wurden. Die relative Rangfolge bildete die Abstände zwischen den Varianten auf einer Skala von 0 bis 1 ab. Diese Methode ermöglichte eine rechnerische Gesamtbewertung der Varianten pro Wirkungsbereich.

Im Wirkungsbereich Umweltbelange setzten sich die verschiedenen Kriterien aus mehreren Teilflächen und Funktionselementen zusammen. In die Bewertung innerhalb der Schutzgüter ging jedoch nur das Kriterium selbst ein. Um aus den Teilflächen und Funktionselementen einen gemeinsamen Wert zu generieren, erfolgte die Aggregation der Einzelwerte unter Berücksichtigung einer einheitlichen Ausprägung, die nach umwelt- und naturschutzfachlicher Bedeutung differenziert wurde: sehr hochwertige, hochwertige, mittlere sowie besondere und allgemeine Bedeutung. Der Prozentanteil zur Ausprägung wurde entsprechend definiert (z. B. 60 % für sehr hochwertig).

Zudem beinhalteten weitere Kriterien mehrere Wirkzonen, deren Einzelwerte ebenfalls aggregiert wurden, um einen gemeinsamen Wert zu ermitteln. Im Fall der betriebsbedingten Beeinträchtigungen von Brut- und Rastvögeln erfolgte eine Überlagerung von naturschutzfachlicher Bedeutung und den vordefinierten Wirkzonen. In die Variantenbewertung floss die Summe der Teilflächen unter Berücksichtigung der jeweiligen Ausprägungen ein.

Das rechnerische Hilfsmodell ermöglichte so eine (relative) Rangfolge der Varianten für jeden Wirkungsbereich, während die Bewertung über unterschiedliche Zielsetzungen verbalargumentativ stattfand, um unzulässige Gewichtungen zu vermeiden.

##### **4.3.4.2 Gewichtung in der Stufe 0**

In der ersten Auswertung der Variantenvergleiche erhielten alle Kriterien und Wirkungsbereiche den Faktor 1, um eine Bevorzugung zu vermeiden. Auf dieser Grundlage wurden verschiedene Gewichtungsmodelle (siehe Kapitel A 6.4.8 des Erläuterungsberichts der Vorplanung [48]) entwickelt, um die Rangfolge im rechnerischen Hilfsmodell zu überprüfen.

Die Gewichtungsmodelle reflektierten unterschiedliche Interessenslagen und gewährleisteten ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den Kriterien. In Stufe 0 des Variantenvergleichs kamen neben dem einheitlichen Gewichtungsmodell 0 drei weitere Modelle zur Anwendung.

Modell 1 unterschied Kriterien in Faktoren von 1 bis 3 basierend auf ihrer Relevanz. Modell 2 überprüfte die Ergebnisrelevanz von ja/nein-Abfragen und vergab den Faktor 0 für diese Kriterien. Modell 3 wies dem Wirkungsbereich Umweltbelange einen höheren Faktor zu, um der besonderen Sensibilität in diesem Bereich gerecht zu werden. Die einzelnen Wichtungsfaktoren der Teilkriterien aller drei Modelle sind dem Erläuterungsberichts der Vorplanung [48], Kapitel 6.4.8, zu entnehmen.

#### 4.3.4.3 Gewichtung in den Stufen 1.3 und 2

Die entwickelten Gewichtungsmodelle wurden mit den Vorhabenträgern abgestimmt und in einem Dialog mit zuständigen Behörden sowie Umweltverbänden diskutiert. Zudem wurde bei zwei öffentlichen Informationsveranstaltungen die interessierte Öffentlichkeit zu relevanten Schwerpunkten befragt. Ein Runder Tisch zur Fehmarnsundquerung, bestehend aus Vorhabenträgern, Gemeindevertretern, Tourismusvertretern und Bürgerinitiativen, ergänzte diesen Dialog. Die genannten Schwerpunkte wurden in den Gewichtungsmodellen berücksichtigt.

In den Stufen 1 und 2 des Variantenvergleichs werden neben dem einheitlichen Gewichtungsmo-  
dell 0 auch sechs weitere Modelle verwendet.

- **Gewichtungsmodell 0**  
Alle Elemente erhalten den Faktor 1
- **Gewichtungsmodell 1**  
Unterscheidung zwischen anlage- und baubedingten Wirkungen mit Faktoren 1 - 3
- **Gewichtungsmodell 2**  
Höhergewichtung mariner Kriterien aufgrund ihrer Sensibilität, Faktoren 1 - 2
- **Gewichtungsmodell 3**  
Berücksichtigung der rechtlichen Relevanz von Kriterien mit Faktoren 1 - 3
- **Gewichtungsmodell 4 (UB F 2)**  
Doppelte Gewichtung für Umweltbelange (UB; Faktor 2)
- **Gewichtungsmodell 5 (UB F 4)**  
Extrembetrachtung; Gleichgewichtung des Wirkungsbereichs Umweltbelange (Faktor 4) mit der Summe aller übrigen (jeweils Faktor 1)
- **Gewichtungsmodell 6 (UB + Ko F 2)**  
Doppelte Gewichtung für Umweltbelange und Wirtschaftlichkeit.

Die jeweils gewählten Gewichtungsfaktoren der einzelnen Gewichtungsmodelle der Stufe 1.3 und 2 des Variantenvergleichs sind dem Erläuterungsbericht der Vorplanung [48] in Tab. 24 zu entnehmen.

#### 4.3.4.4 Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse ermöglichte eine detaillierte Untersuchung der Auswirkungen verschiedener Gewichtungsmodelle auf die Rangfolge der Varianten. Indem verschiedene Gewichtungen auf die einzelnen Kriterien angewandt wurden, konnte untersucht werden, wie stark diese Gewichtungen die Ergebnisse beeinflussten. Dabei war das Ziel, festzustellen, ob bestimmte Varianten besonders empfindlich auf Veränderungen der Gewichtung reagierten, was auf eine mögliche Instabilität der Ergebnisse hinweisen könnte.

Durch die Nutzung des rechnerischen Hilfsmodells wurde eine einheitliche und nachvollziehbare Berechnung der Rangfolgen gewährleistet. Die Sensitivitätsanalyse spielte eine wichtige Rolle, um die Robustheit der Ergebnisse sicherzustellen. Insbesondere bei komplexen Entscheidungsprozessen wie dem Variantenvergleich, wo zahlreiche Kriterien und Gewichtungen eine Rolle spielten, half diese Analyse, Unsicherheiten oder Schwachstellen in der Bewertung frühzeitig zu erkennen.

#### 4.3.4.5 Risikobetrachtung

##### **Bautechnische Risiken**

Im Rahmen der bautechnischen Risiken wurde eine Abschätzung hinsichtlich der Kosten, Termine, des Inhalts/Umfangs und der Umweltbedeutung durchgeführt. Diese Faktoren wurden jeweils in den Stufen „keine“, „gering“, „mittel“ und „hoch“ bewertet. Die Eintrittswahrscheinlichkeit wurde in drei Stufen (25 %, 50 % und 75 %) betrachtet. Für die Kosten wurden einheitliche Wertgrenzen festgelegt. Rechnerisch ergab sich aus der Summe der Risiken unter Berücksichtigung der Eintrittswahrscheinlichkeit für jede Variante eine Prioritätskennzahl. Je niedriger diese Kennzahl war, desto geringer war das bautechnische Risiko.

Besondere bautechnische Risiken ergaben sich durch den Baugrund, der je nach Variante von erheblicher Bedeutung sein konnte, insbesondere durch das Vorkommen von Tarraston. Im Bereich des Bestandsbauwerks, vor allem des südlichen Brückendamms, wurden die Risiken als erheblich eingeschätzt, aber nicht als Ausschlusskriterium gewertet. Bei der Ertüchtigung des Bestandsbauwerks im Planungsfall c waren keine risikorelevanten Eingriffe notwendig.

##### **Umweltrechtliche Bewertung**

Die umweltrechtliche Bewertung, insbesondere im Zusammenhang mit naturschutz- und artenschutzrechtlichen Konflikten, wurden nicht in die Variantenmatrix aufgenommen. Dies lag daran, dass ihre mögliche erhebliche Bedeutung, beispielsweise als Ausschlussgrund für Varianten, im Vergleich zu den vielen anderen betrachteten Kriterien nicht ausreichend berücksichtigt werden konnte. Umweltkonflikte, die selbst unter Berücksichtigung von Maßnahmen zur Vermeidung oder Schadensbegrenzung weiterhin arten- oder gebietsschutzrechtliche Probleme verursachten, wurden als „Rote-Ampeln“ gewertet.

Die Konfliktschwere wurde auf Grundlage der Beeinträchtigungsintensität ermittelt, wobei betroffene Flächen oder Individuen sowie die Dauer der Beeinträchtigung eine Rolle spielten. In einer Skala wurde die Schwere des Konflikts für jede Variante bewertet und die Ergebnisse wurden in die Gesamtbewertung der Varianten einbezogen.

##### **Wasserrechtliche Bewertung**

Projektwirkungen konnten auch Auswirkungen auf die Qualitätskomponenten der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und der Meeresstrategierichtlinie (MSRL) haben. Ziel der Betrachtung war es, Hindernisse frühzeitig zu erkennen, die im weiteren Verfahren Probleme hinsichtlich der Vereinbarkeit eines Vorhabens mit den Bewirtschaftungszielen nach den §§ 27 und 44 WHG bereiten könnten. Eine Verschlechterung des Zustands eines Wasserkörpers durch das Vorhaben wurde, falls vorhanden, ebenfalls als „Rote-Ampel“ gekennzeichnet.

Insgesamt wurden die Ergebnisse der Risikobetrachtungen umfassend in die verbale Gesamtbewertung integriert, um eine ganzheitliche Einschätzung der Machbarkeit und Risiken der einzelnen Varianten zu ermöglichen.

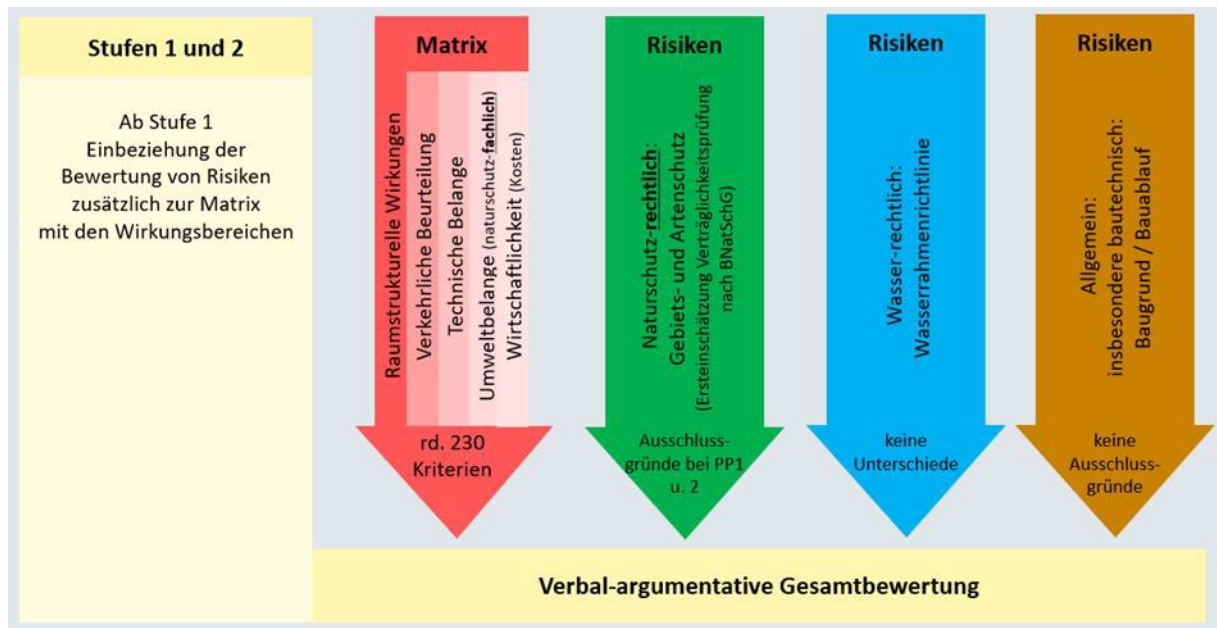


Abbildung 4-5: Einbeziehung der Risiken in die verbal-argumentative Gesamtbewertung

#### 4.4 Stufe 0 – Vorvariantenvergleich

##### 4.4.1 Untersuchungsraum und Linienuntersuchungen

Der Untersuchungsraum der unterschiedlichen Bauwerksarten war nicht identisch. Je nach Bauwerksart ergaben sich unterschiedliche Trassenkorridore zur Findung der jeweiligen, zur vertieften Analyse vorausgewählten Linienführungen.

Für die Erstellung der Trassenkorridore galten die folgenden Hauptbedingungen:

- Minimierung von Eingriffen in bestehende Siedlungsbereiche, insbesondere Strukkamp, Fehmarnsund, Avendorf, Albertsdorf und Blieschendorf
- Schutz von FFH-Gebieten und Lebensräumen von Arten des Anhangs II oder IV der FFH-Richtlinie vor Beeinträchtigungen durch das Bauvorhaben
- Vermeidung einer Beeinflussung des Bestandsbauwerks Fehmarnsundbrücke.

Innerhalb des Untersuchungsraums wurden fünf Korridore definiert:

1. westlich der Bestandsbrücke, westlich/nördlich von Strukkamp
2. westlich der Bestandsbrücke, östlich/südlich von Strukkamp
3. östlich der Bestandsbrücke, westlich von Avendorf
4. östlich der Bestandsbrücke, zwischen Avendorf und Blieschendorf
5. östlich der Bestandsbrücke, östlich von Blieschendorf.

Weitere Korridore wurden aus wirtschaftlichen und technischen Gründen ausgeschlossen, da die resultierende Streckenlänge aufgrund der höheren Entfernung zwischen Fehmarn und dem Festland deutlich zunehmen würde und die damit verbundene technische Querungslösung wesentlich komplexer würde.



Die Linienführung orientierte sich an den Trassierungsparametern der RAA 2008 und DB-Richtlinien.

Für den Straßenverkehr der B 207 galten folgende Randbedingungen:

- Entwurfsgeschwindigkeit von 100 km/h
- Mindestradius  $r = 470$  m (min  $L = 55$  m)
- homogene Kurvenradienfolge von max.  $R1/R2 = 1,5$
- Mindestquerneigung von 2,5 % und maximale Längsneigung von 4,5 % bzw. 6,5 % für langsame Verkehrsmittel
- Längenbeschränkungen für Geraden und Zwischengeraden
- Sicherheitsanforderungen für Parallellage von Schienenwegen und Straßen.

Für die Schienenstrecke 1100 wurden die folgenden Randbedingungen zugrunde gelegt:

- Leitgeschwindigkeit 200 km/h
- Mindestradius  $r = 1.628$  m
- maximale Überhöhung  $u = 160$  mm
- maximaler Überhöhungsfehlbetrag  $u_f = 130$  mm im Schotteroberbau
- max. Längsneigung 12,5 ‰
- Regelausrundung 10.240 m

Zusätzlich waren spezifische Anforderungen für Tunnelbauten und Bahnbetrieb zu beachten, z. B.:

- langer Tunnel mit Zweiröhrenkonzept
- Befahrbarkeit für gummi-bereifte Fahrzeuge und Rettungstollen
- Sicherheitsbereiche und Fluchtwege
- Abstandsregelungen für Betriebspersonal.

Für die Bauwerksvariante Bohrtunnel war zudem folgendes zu beachten:

- Mindestüberdeckung entspricht einem Außendurchmesser des Bohrtunnels zzgl. 50 cm Erosionszuschlag.

Die Planung berücksichtigte auch Anforderungen für zusätzliche Verkehrsträger im Tunnel und Anschlüsse an bestehende Straßen und Bahnstrecken.

Die auf Basis der vorgestellten Kriterien definierten Variantenkorridore für die Bauwerksarten Tunnel und Brücken sind in Abbildung 4-6 dargestellt.

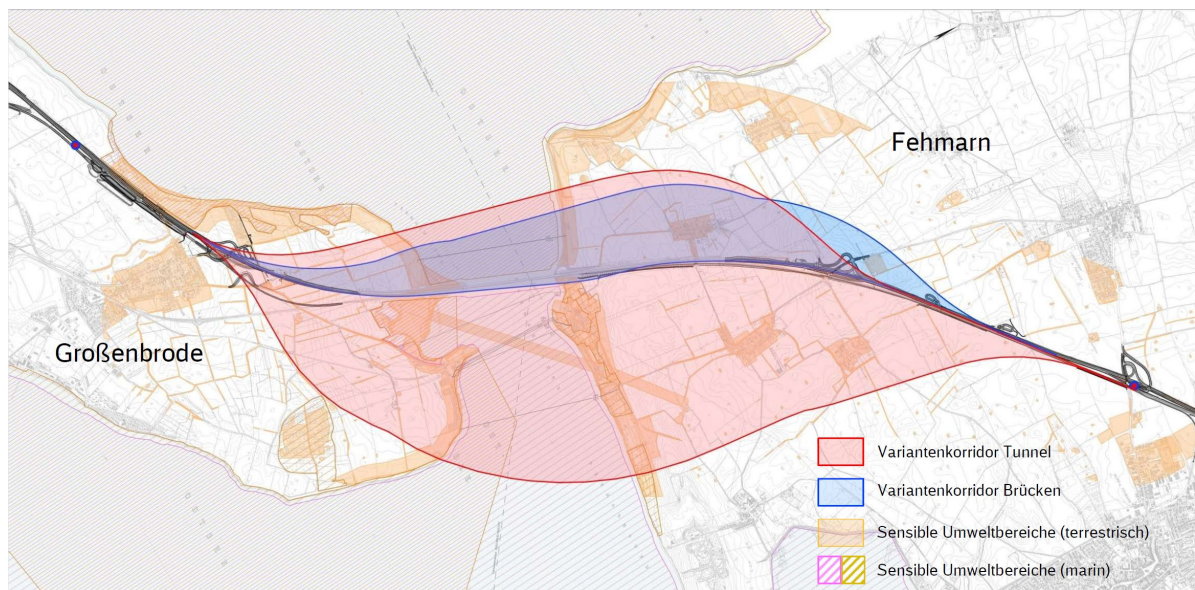


Abbildung 4-6: Variantenkorridore der Bauwerksarten Tunnel und Brücken, Stufe 0

Im Nachfolgenden werden die in den einzelnen Planungspaketen entworfenen Trassen vorgestellt. Die Bezeichnung der Trassen erfolgt hierbei jeweils gemäß nachfolgendem Schema:

- Vorangestellt wird der Lösungsansatz (Bauwerksart):
  - „KB“: Kombinierte Brücken
  - „GB“: Getrennte Brücken
  - „AT“: Absenktunnel
  - „BT“: Bohrtunnel
- Als nächstes folgt der Planfall gemäß Erläuterung in Abschnitt 4.2:
  - „a“: Planfall a
  - „b“: Planfall b
  - „c“: Planfall c.
- Dieses kombinierte Präfix für Lösungsansatz und Planfall wird von der weiteren Trassenbezeichnung durch einen „\_“ Unterstrich getrennt.
- Es folgt ein „T“ für Trasse, ergänzt um eine fortlaufende zweistellige Ziffer, startend mit der 01 in jedem Planungspaket.
- Der Verkehrsträger wird abschließend mit einem Suffix kenntlich gemacht. S“ für Straße, „B“ für Bahn und „BS“ für eine Kombination beider Verkehrsträger.

**Beispiel:** Die KBa\_T01BS steht für Kombinierte Brücke im Planfall a, Trasse 01, Verkehrsträger Bahn und Straße.

#### **4.4.2 Ausgewählte und frühzeitig ausgeschiedene Linien innerhalb der untersuchten Korridore**

##### **4.4.2.1 Kombiniertes Brückenbauwerk (PP1)**

Innerhalb des Planungskorridors wurden verschiedene Trassenvarianten entwickelt, die das Planungsziel einer kombinierten Eisenbahn-/Straßenbrücke über den Fehmarnsund erfüllen sollen. Diese Trassen berücksichtigen technische Machbarkeit, örtliche Zwangspunkte, Abstand zu Siedlungsbereichen und Schutzgebieten. Die Trassen für Straße und Bahn verlaufen meist parallel, mit Abweichungen nur an den Übergangsbereichen. Die Bundesstraße 207 ist gemäß ihrer Bedeutung als länderübergreifende Verbindung der Kategorie „Autobahn kontinental“ zugeordnet, und die Planung folgt den Richtlinien für Autobahnen.

Frühzeitig ausgeschlossen wurden Trassenführungen, bei denen aufgrund großer Umwege über den Fehmarnsund hohe Kosten entstehen, ohne wesentliche Umweltvorteile zu bieten. Trassen weiter westlich liegen im westlichen Öffnungsbereich des Fehmarnsunds zur Ostsee und sind aufgrund hoher Kosten und fehlender Umweltvorteile ungeeignet. Zudem würden sie besondere Gebiete wie das Mutter-Kind-Kurheim und die Campinganlage Struckamphuk durchschneiden.

Trassen weiter östlich führen ebenfalls zu hohen Kosten ohne Umweltvorteile und sind aufgrund der dann tangierten Siedlungsgebiete Großenbroderfähre und Fehmarnsund ungeeignet.

Weder westliche noch östliche Trassen ermöglichen das Ziel einer kombinierten Eisenbahn- und Straßenbrücke über den Fehmarnsund.

Die Trassenvariante T03BS wurde entwickelt, aber aufgrund komplizierter Bauweise und schnellerem Verschleiß durch eine Bogenführung frühzeitig ausgeschlossen. Stattdessen wurde die Variante T03.1 BS abgeleitet, die eine gerade Querung des Sundes ohne Bogen ermöglicht.

Die folgenden Trassenvarianten, von West nach Ost nummeriert, wurden zur tieferen Betrachtung ausgewählt:

- KBa\_T01BS: Westlich, orthogonal zur Schifffahrtsachse, keine Seekabelkreuzung
- KBa\_T02BS: Westlich, orthogonal zur Schifffahrtsachse, berührt geschützte Küstenbereiche
- KBa\_T03.1BS: Westlich, umgeht geschützte Küstenbereiche, gerade Sundquerung
- KBa\_T04BS: Westlich, orthogonal zur Schifffahrtsachse, Kreuzung Seekabel mit Hauptbrücke
- KBa\_T05BS: Westlich, parallel zum Seekabel, lange Umfahrung Struckamp
- KBa\_T06BS: Westlich, parallel zum Seekabel, lange Umfahrung Struckamp
- KBa\_T07BS: Westlich, neben der rückzubauenden Bestandsbrücke
- KBa\_T09BS: Östlich, neben der rückzubauenden Bestandsbrücke.

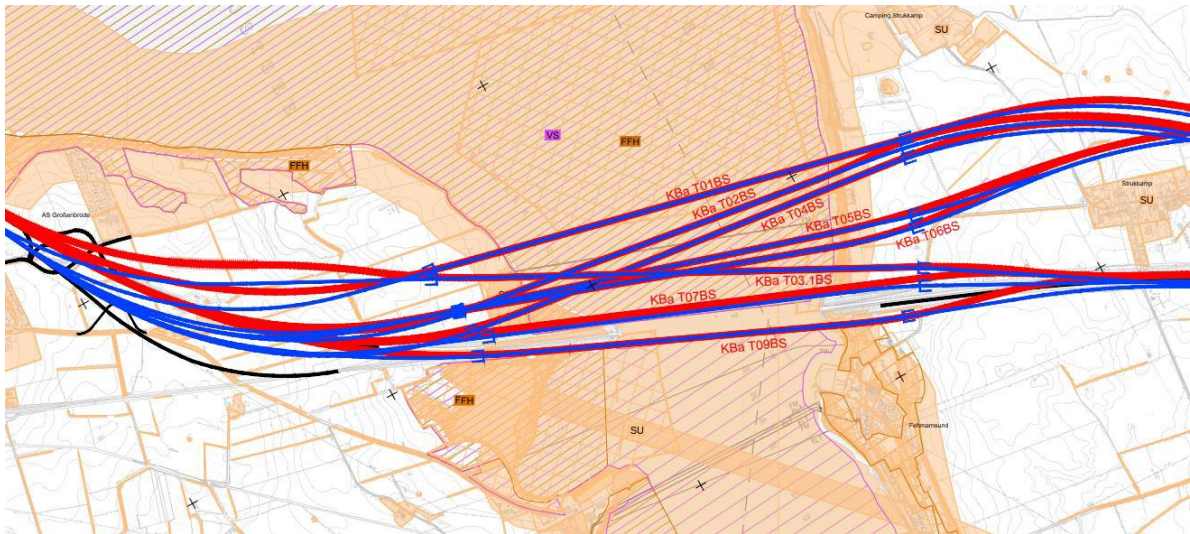


Abbildung 4-7: Variantenübersicht PP1

#### 4.4.2.2 Getrennte Brückenbauwerke (PP2)

Innerhalb des Planungskorridors wurden verschiedene Trassenvarianten entwickelt, um das Ziel verkehrsträgergetrennter Brückenbauwerke über den Fehmarnsund zu erfüllen. Es wurden acht Bahntrassen ausgearbeitet: drei westlich des Bestands, eine entlang der Bestandstrasse und vier östlich des Bestands. Zudem wurden fünf Straßentrassen entwickelt, die sich an den Bahntrassen orientieren, um den Verkehr zu bündeln. Dabei bleiben Bahn- und Straßentrassen grundsätzlich unabhängig voneinander.

Trassenvarianten weiter östlich als die Bahntrasse GBa\_T09B sind ungeeignet, da sie durch Naturschutzflächen und Ortslagen von Großenbroder Fähre und Fehmarnsund verlaufen und keine Vorteile bieten. Östliche Trassen weichen stark von der Bestandstrasse ab und erfordern längere Bauwerke, ohne erkennbare Vorteile gegenüber westlichen Trassen. Westlich der Bestandstrasse ist der Raum durch das Mutter-Kind-Kurhaus und die Campanganlage Struckamphuk begrenzt. Die Trasse GBa\_T01S stellt die westlichste sinnvolle Trasse dar, da weiter westliche Trassen keine Vorteile bieten. Bis zur beschriebenen Grenze würde die Länge des Querungsbauwerks zunehmen und jeglichen Vorteil in Bezug auf die Bewertungskriterien.

Frühzeitig ausgeschieden sind Bahn- und Straßentrassen, die aufgrund der jeweiligen Lage keine Vorteile gegenüber den anderen Trassen- bzw. Trassenkombinationen bieten. Weiterhin wurde die Trasse GBa\_T05B, die weitgehend dem Verlauf der Bestandstrasse folgt, verworfen. Sie sollte den bestehenden Damm für den Eisenbahnverkehr nutzen, um Betroffenheiten und Erdbewegungen zu minimieren. Die Umsetzung dieser Trasse bedarf zunächst die Errichtung einer Brücke für den Straßenverkehr, sodass die Bestandsbrücke für den Rück- und Neubau der Bahnbrücke außer Betrieb genommen werden kann. Die Trasse GBa\_T05B wurde jedoch frühzeitig ausgeschlossen, da die Projektziele hinsichtlich Bauzeit mit der seriellen Bauweise nicht erreicht werden konnten.

Die folgenden Trassenvarianten, von West nach Ost nummeriert, wurden zur tieferen Betrachtung ausgewählt:



### Trassenvarianten Schiene

- GBa\_T01B: Westlich des Bestandsbauwerks, ca. 400 – 600 m Abstand; westliche Umfahrung von Strukkamp; Länge: ca. 9.328 m (längste Trasse)
- GBa\_T02B: Westlich des Festlanddamms, Fehmarnsundquerung in 150 – 350 m Abstand zum Bestandsbauwerk Länge: ca. 5.855 m
- GBa\_T04B: Westlich des Bestandsbauwerks, ca. 80 m Abstand; Länge: ca. 5.880 m
- GBa\_T06B: Östlich des Bestandsbauwerks, parallele Führung (66 m Abstand); Länge: Ca. 6.381 m
- GBa\_T07B: Festlandseitig identisch mit GBa\_T06B, inselseitig größere Parallelführung; Länge: ca. 9.023 m
- GBa\_T08B: Östlich des Bestandsbauwerks, größere Distanz zu geschützten Flächen; Länge: ca. 5.887 m
- GBa\_T09B: Östlich des Bestandsbauwerks, Grundlage für die Varianten GBa\_T06B, GBa\_T07B und GBa\_T08B; Länge: ca. 5.919 m.

### Trassenvarianten Straße

- GBa\_T01S: Westlich des Bestandsbauwerks, Abstand 530 – 670 m; Länge: ca. 11.090 m
- GBa\_T02S: Westlich des Bestandsbauwerks, Abstand 250 – 400 m; Länge: ca. 7.107 m
- GBa\_T03S: Westlich des Bestandsbauwerks, Entfall des Gegenbogens im südlichen Vorlandbereich; Länge: ca. 8.890 m
- GBa\_T04S: Parallel zum Bestandsbauwerk, Abstand ca. 150 m; Länge: ca. 9.050 m
- GBa\_T05S: Parallel zum Bestandsbauwerk, Abstand ca. 70 m; Länge: ca. 6.340 m
- GBa\_T07.6S / GBa\_T06S: Kombination, Abstand ca. 30 m; Länge: ca. 6.340 m.

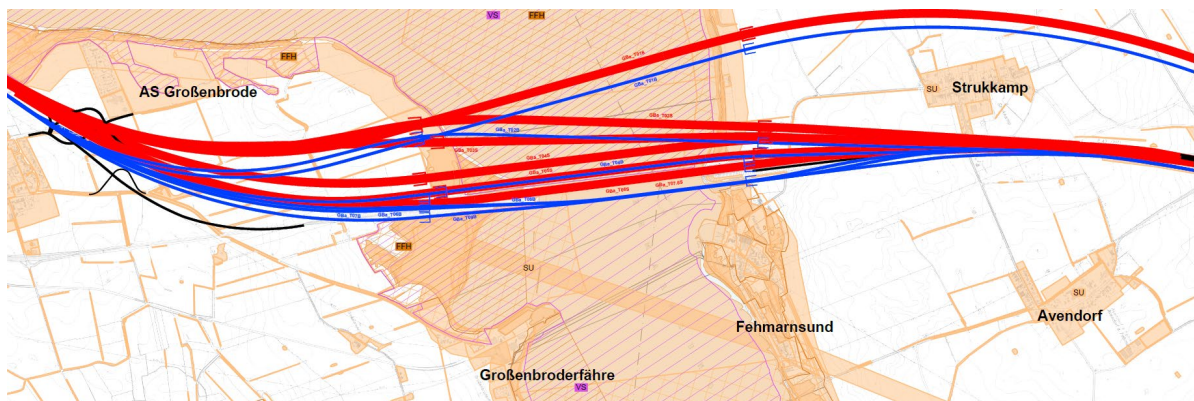


Abbildung 4-8: Variantenübersicht PP2

Die Kombination von Bahn- und Straßentrassen im beschriebenen Kontext stößt auf technische und gestalterische Einschränkungen. Drei Hauptkriterien führten zum Ausschluss bestimmter Trassenkombinationen:

1. Überschneiden bzw. Überlappung der Trassen, entweder vollständig oder teilweise, was bei 14 Trassenkombinationen der Fall ist
2. Die Notwendigkeit eines Überwerfungsbauwerks über dem Fehmarnsund oder im Uferbereich zur Querung der unterschiedlichen Verkehrsträger, was technisch aufgrund langer und

hoher Rampen zur Trassenkreuzung nicht sinnvoll ist und sich visuell nicht ins Landschaftsbild einfügt. Drei Trassenkombinationen wurden hierdurch ausgeschlossen

3. Das Erfordernis eines Überwerfungsbauwerks nahe der bestehenden Überführung Struckamp in der +2 Ebene. Dabei würde ein Bauwerk mit sehr großen Stützweiten notwendig, da Zwischenstützen auf den Fahrbahnen nicht möglich sind. Dies ist technisch nicht tragbar, und die dafür benötigten langen Rampen und hohen Dämme würden sich gestalterisch nicht zufriedenstellend in die umliegende Landschaft beim Ort Struckamp einfügen.

Aus diesen Gründen werden bestimmte Varianten frühzeitig aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen.

Tabelle 4-1:      Untersuchte Trassenkombinationen der getrennten Brücken  
*o: frühzeitig ausgeschlossene Kombination, x: mögliche Kombination*

		Straßentrassen				
		T05 S	T04 S	T03 S	T02 S	T01 S
<b>Bahntrassen</b>	<b>T09 B</b>	x	x	x	x	x
	<b>T08 B</b>	o	o	o	x	x
	<b>T07 B</b>	x	x	x	x	x
	<b>T06 B</b>	x	x	o	x	x
	<b>T04 B</b>	o	x	x	x	x
	<b>T02 B</b>	o	o	o	x	x
	<b>T01 B</b>	x	x	o	o	x

#### 4.4.2.3 Absenktunnel (PP3)

Insgesamt wurden 11 Linienführungen analysiert, vgl. Abbildung 4-9. Vor dem Ausschluss des Korridors 5 waren es 13 Linien. Aufgrund der Trassierungsparameter sind weitere Variationen nicht möglich. Linien mit geringen Unterschieden wurden durch eine repräsentative Linie ersetzt, weitere Anpassungen sind in späteren Entwurfsphasen möglich.



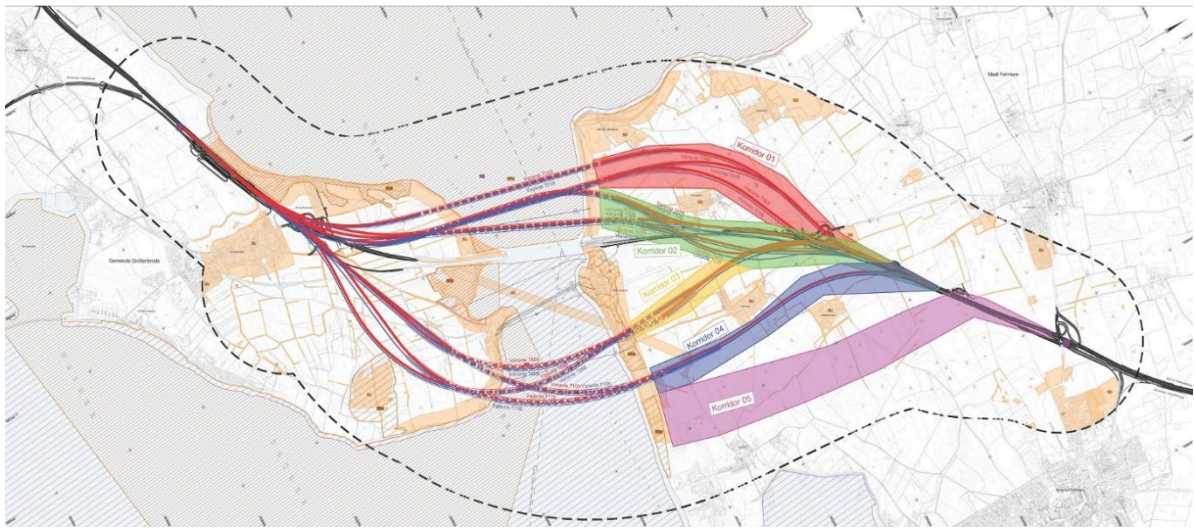


Abbildung 4-9: Korridor- und Variantenübersicht PP3  
(mit Korridor rot = 1; grün = 2; gelb = 3; blau = 4; lila = 5)

Die Auswahl und Priorisierung der Linienführungen basieren auf verschiedenen Kriterien, die sowohl technische als auch ökologische und soziale Aspekte berücksichtigen. Grundsätzlich wird das Ziel einer möglichst kurzen Verbindung unter Beibehaltung der bestehenden Verkehrsträgerachsen verfolgt.

Alle Varianten weisen jeweils dieselben Startpunkte auf:

- die Trassen der B 207 (T01S bis T11S) beginnen mit dem Straßen-km 0+000; dies entspricht der Station 2+958,651 der B 207 und liegt ca. 1,5 km westlich von Großenbrode nördlich des Lütjenhofes
- die Trassen DB-Strecke 1100 (T01B bis T11B) beginnen am Ende des PA5.2 mit dem Bahn-km 0+000; dies entspricht dem DB-Strecken-km 170+066,24. Dieser Ausgangspunkt liegt nördlich von Großenbrode und ca. 1,4 km östlich des Startpunktes der B 207.

### **Korridor 1 (T01BS, T04BS, T05BS)**

Die Auswahl im Korridor 1 erfolgte unter Berücksichtigung der Lärmimmissionen und der Tunnellängen. Linien, die stärkere Lärmimmissionen in Strukkamp verursachen (T05BS) oder eine längere Tunnellänge aufweisen, wurden ausgeschlossen. Die Trasse T04BS geht auf der Festlandseite in den Verlauf der Linie T01BS über, vermeidet aber die Nähe zu Strukkamp und liegt dabei auf der Inselseite etwa mittig zwischen Strukkamp und Albertsdorf.

Die Linie T01BS ist in diesem Korridor die Linie mit der längsten Strecke und der größten Tunnellänge. Es wurde keine weiteren Linien westlich von T01BS untersucht, da sich die Länge der Linien vergrößern und zusätzliche Eingriffe in die Schutzgüter Campingplatz Strukkamphuk und den archäologischen Fundorten auf dem Festland erfolgen würden.

### **Korridor 2 (T02BS, T03BS, T06BS, T07BS)**

In diesem Korridor wurden Linien aufgrund ihrer Nähe zu Siedlungen und der Auswirkungen auf Schutzgebiete ausgewählt. Linien mit stärkeren Eingriffen in die Siedlungsstruktur von Strukkamp wurden ausgeschlossen. Weiterhin sind trassierungstechnische Beschränkungen

zu berücksichtigen, die weitere Linienführungen zwischen den ausgewählten Linien unmöglich machen.

Im Korridor wurden vier Linienvarianten untersucht. T02BS und T03BS verlaufen zunächst gleich, unterscheiden sich jedoch auf Fehmarn: T02BS bindet östlich von Strukkamp an die B 207 an, während T03BS Strukkamp weiter östlich umfährt und nördlich bei Avendorf die B 207 erreicht. T06BS und T07BS liegen nahe der Fehmarnsundbrücke, wobei das Vorkommen von Vertigo-Windelschnecken eine nähere Position zur Brücke verhindert.

T06BS bindet nahe Strukkamp an die B 207 an, während T07BS weiter östlich, aber ähnlich wie T03BS, bei Blieschendorf an die B 207 anschließt. Linien westlich von T02BS und T06BS wurden wegen Eingriffen in die Siedlungsstruktur von Strukkamp ausgeschlossen. Weitere Linien zwischen T03BS/T07BS und T02BS/T06BS sind trassierungstechnisch nicht realisierbar. Linien östlich von T03BS/T07BS wurden wegen längerer Strecken und negativer Lärmimmissionseffekte ausgeschlossen.

### **Korridor 3 (T08BS, T09BS)**

Die beiden Linien basieren auf der Vermeidung von Inanspruchnahmen von Schutzgebieten und der Berücksichtigung der Trassierungsparameter. Aufgrund des engen Linienkorridors zwischen den Schutzgebieten sind keine großen Variationen der Linien möglich.

T08BS verläuft entlang der Festlandküste, tangiert dabei Großenbroderfelde und eine Ferienhaussiedlung bei Großenbroderfähre. Im Gegensatz dazu wählt T09BS einen südlicheren Verlauf, um das südlich gelegene FFH-Gebiet 1632-392 zu schützen. Beide Varianten führen dann in einem gebogenen Tunnelbereich auf die Insel, östlich der Ortschaft Fehmarnsund. Von dort aus verlaufen sie in ähnlicher nordwärtiger Richtung, westlich von Avendorf, und binden sich nördlich des Ortes wieder an die B 207 an.

### **Korridor 4 (T10BS, T11BS)**

Im Korridor 4 werden zwei Linien untersucht, die sich auf dem Festland ähnlich zu den Linien des Korridors 3 verhalten. Beide unterqueren auf Fehmarn die Campinganlage Miramar östlich von Fehmarnsund. T10BS folgt dem kürzesten Weg und tangiert Großenbroderfelde und eine Ferienhaussiedlung bei Großenbroderfähre. T11BS wählt einen südwestlicheren Verlauf, um diese Gebiete zu meiden. Beide Linien führen in einem gebogenen Tunnel auf die Insel und verlaufen parallel zur Küstenlinie nördlich zwischen Avendorf und Blieschendorf. Sie binden sich nördlich von Blieschendorf wieder an die B 207 an, wobei ein zentraler Verlauf zwischen den Ortschaften gewählt wurde, um optimale Bedingungen zu schaffen.

### **Korridor 5 (T12BS, T13BS)**

Obwohl Linien in Korridor 5 zunächst entwickelt wurden, wurden diese aufgrund erheblicher Beeinträchtigungen von Schutz- und Erhaltungszielen sowie der Beeinträchtigung prioritärer FFH-LRT 2130 (Graudüne) ausgeschlossen. Diese Linien boten gegenüber den Varianten des Korridors 4 keine zusätzlichen Vorteile.

Die folgenden Trassenvarianten, von West nach Ost, wurden zur tieferen Betrachtung ausgewählt:

Korridor 1

- T01BS: Westliche Variante, längste Strecke, größte Tunnellänge. Keine weiteren Linien westlich untersucht wegen Schutzgüter-Eingriffen
- T04BS: Mittige Linie zwischen Strukkamp und Albertsdorf, wechselt auf Festlandseite in T01BS-Verlauf.

Korridor 2

- T02BS: Östlicher Anschluss an die B 207 bei Strukkamp
- T03BS: Umfahrung Strukkamps, nördlicher Anschluss an die B 207 bei Avendorf
- T06BS: Nahe der Fehmarnsundbrücke, Anschluss bei Strukkamp
- T07BS: Ähnlich T03BS, Anschluss bei Blieschendorf.

Korridor 3

- T08BS: Entlang der Festlandküste, tangiert Großenbroderfelde und Ferienhaussiedlung
- T09BS: Südlich von T08BS, um FFH-Gebiet zu schützen. Ähnlicher Verlauf auf Fehmarn, Anschluss nördlich von Avendorf.

Korridor 4

- T10BS: Kürzeste Variante, tangiert Großenbroderfelde und Ferienhaussiedlung
- T11BS: Südwestlicher Verlauf, meidet tangierte Gebiete. Beide Linien verlaufen parallel zur Küste, Anschluss nördlich von Blieschendorf.

#### 4.4.2.4 Bohrtunnel (PP4)

Bei allen Bohrtunnelvarianten besteht ein enger Zusammenhang zwischen Linienführung und Bauwerksplanung. Bohrtunnel, die mit Schildvortriebsmaschinen gebaut werden, haben einen kreisförmigen Querschnitt und erfordern eine ausreichende Überdeckung, was die Gestaltung der Gradienten von Bahn und Straße beeinflusst. Varianten ohne Berücksichtigung des Bestandsbauwerks Fehmarnsundbrücke zur zukünftigen Nutzung beinhalten zwei Tunnelröhren für die Bahn, zwei für die B 207 und eine für landwirtschaftlichen Verkehr sowie Shuttlebusse für Fußgänger und Radfahrer.

Sowohl festland- als auch inselseitig verlaufen die Trassen der B 207 westlich und die der DB-Strecke 1100 östlich, was auch für die Fehmarnsundquerung gilt. Trassenvarianten mit einer westlichen Bahnstrecke und einer östlichen B 207 wurden ausgeschlossen, da die unterschiedlichen Tiefenlagen und Längsneigungen ein Kreuzen der Trassen unmöglich machen. Die zulässige Steigung der Gradienten des Bohrtunnels der B 207 ist steiler als die der Bahn, was zu einer kürzeren Baustrecke führt. Es gibt keine technischen, finanziellen oder umweltrechtlichen Gründe, die eine westliche Bahn- und eine östliche Straßentrasse vorteilhafter erscheinen lassen. Überwurfungsvarianten wären deutlich länger und teurer, ohne erkennbaren Nutzen, und würden zu erheblichen Konflikten in den Bereichen von Großenbrode und Burg führen.

Die Trassen T01 und T06 begrenzen den untersuchten Trassenkorridor jeweils westlich und östlich und umgehen die Ortslagen auf Fehmarn. Die Trasse T02S wurde nur für die B 207 weiterverfolgt, da die Variante T02B für die DB-Strecke 1100 nicht umsetzbar eingeschätzt wurde. Bei der T02-Trasse führen die beengten Verhältnisse und große Tiefenlage des

Tunnels zu erheblichen Bauzeit- und finanziellen Risiken, weshalb T02B frühzeitig ausgeschlossen wurde.

Weitere Varianten westlich von T01 wurden ausgeschlossen, da die erforderliche Verschwenkung der Trasse in südliche Richtung kleinere Radien erfordern würde, die mit der Entwurfsgeschwindigkeit von 200 km/h nicht möglich sind. Eingriffe in Natur- und Landschaftsschutzgebiete wären zudem unvermeidbar. Varianten östlich von T06 sind im Bereich Großenbrode nicht möglich und würden im Sundbereich deutlich längere Tunnelbauwerke erfordern. Eine Verschiebung der Trasse wäre nur bis maximal 200 m möglich und würde umfangreiche Umplanungen und Eingriffe in Gewerbeflächen verursachen.

Im Rahmen der Stufe 0 wurden folgende Trassen eines Bohrtunnels für den Verkehrsträger Schiene untersucht:

- T01B: ca. 550 m westlich des Bestandsbauwerks, Beginn Verschwenkung ab Haltepunkt Großenbrode, Verlauf westlich von Struckkamp
- T02: Trasse ist zu kurz, um die fahrtechnischen Randbedingungen der Schiene einzuhalten, daher wird diese Trasse nur für die Straße betrachtet
- T03B: ca. 240 m östlich des Bestandsbauwerks, Beginn Verschwenkung nördlich Haltepunkt Großenbrode, Unterquerung Lagune, minimaler Abstand zur Bestandsstrasse auf Fehmarn
- T04B: ca. 620 m östlich des Bestandsbauwerks, Beginn Verschwenkung nördlich Haltepunkt Großenbrode, Unterquerung Hafen Großenbroderfähre, Mittellage zwischen Bestandsstrasse und Avendorf
- T05B: ca. 1200 m östlich des Bestandsbauwerks, Beginn Verschwenkung nördlich Haltepunkt Großenbrode, von der Bestandsstrasse auf Fehmarn abgerückt, Verlauf zwischen Avendorf und Blieschendorf;
- T06B: ca. 1200 m östlich des Bestandsbauwerks Beginn Verschwenkung nördlich Haltepunkt Großenbrode, Verlauf östlich Blieschendorf.

Für den Verkehrsträger Straße sind es die folgenden Trassen:

- T01S: ca. 500 m westlich des Bestandsbauwerks, Beginn Verschwenkung südlich AS Großenbrode, Verlauf westlich von Struckkamp, Einschleifen in den Bestand nördlich AS Avendorf
- T02S: ca. 110 m westlich des Bestandsbauwerks, nur Straße, Beginn Verschwenkung nördlich Parkplatz Süd, Einschleifen in den Bestand der B 207 nördlich Struckkamp
- T03.1S: ca. 60 m östlich des Bestandsbauwerks, Beginn der Verschwenkung in Höhe der Ortslage Großenbrode, Unterquerung Lagune, minimaler Abstand zur Bestandsstrasse auf Fehmarn
- T03.2S: ca. 140 m östlich des Bestandsbauwerks, Beginn der Verschwenkung in Höhe der Ortslage Großenbrode, Unterquerung Lagune, Einschleifung in den Bestand der B 207 nördlich AS Avendorf



- T04S: ca. 450 m östlich des Bestandsbauwerks, Beginn der Verschwenkung in Höhe der Ortslage Großenbrode, Unterquerung Lagune, Unterquerung Ortslage Fehmarnsund, Mittellage zwischen Bestandstrasse und Avendorf
- T05.1S: ca. 1070 m östlich des Bestandsbauwerks, Beginn der Verschwenkung in Höhe der Ortslage Großenbrode, Unterquerung der Ortslage Großenbroderfähre, randliche Unterquerung Ortslage Fehmarnsund; Passage zwischen Avendorf und Blieschendorf
- T05.2S: ca. 1100 m östlich des Bestandsbauwerks, Beginn der Verschwenkung in Höhe der Ortslage Großenbrode, Unterquerung der Ortslage Großenbroderfähre, randliche Unterquerung Ortslage Fehmarnsund; zügige Einschleifung in den Bestand der B 207 nördlich AS Avendorf
- T06B: ca. 1100 m östlich des Bestandsbauwerks, Beginn der Verschwenkung in Höhe der Ortslage Großenbrode, Unterquerung der Ortslage Großenbroderfähre, Verlauf östlich Blieschendorf, Einschleifen in den Bestand der B 207 südlich AS Burg.

Die beschriebenen Trassen werden in Abbildung 4-10 gemeinsam dargestellt.

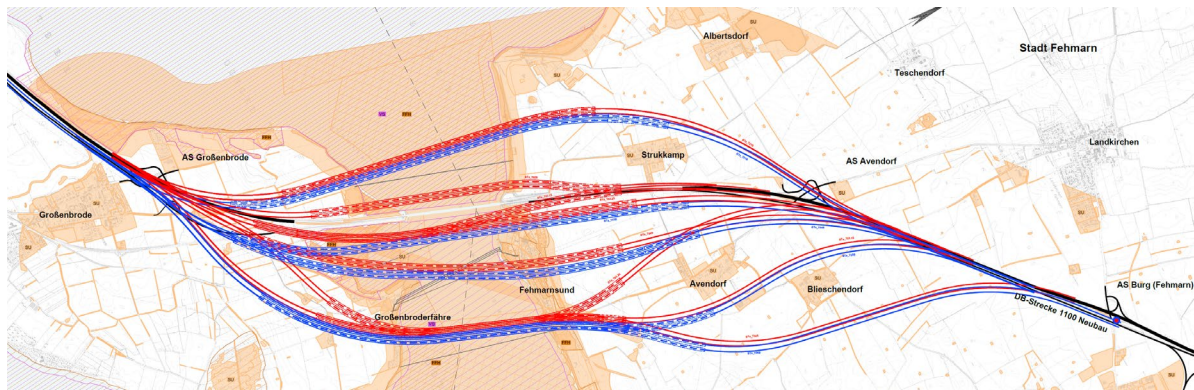


Abbildung 4-10: Variantenübersicht PP4  
*Straßentrassen in Rot, Bahntrassen in Blau*

Durch die grundsätzlich getrennten Tunnelbauwerke für Straße und Bahn ergeben sich aus den einzelnen Trassenvarianten weitere Kombinationsmöglichkeiten. Hierbei ist die nachbarschaftliche Lage der Verkehrsträger maßgebend. Die Straßentrasse muss sich stets westlich der Bahntrasse befinden, um konfliktfreie Kombinationen ohne zusätzliche Bauwerke zu gewährleisten. Zusätzliche Überwerfungsbauwerke werden hinsichtlich Flächenverbrauch und Kosten als nachteilig angesehen und diese Trassen daher frühzeitig ausgeschlossen. Die folgenden Kombinationsmöglichkeiten ergaben sich somit:

Tabelle 4-2: Übersicht Kombinationsmöglichkeiten der Bahn- und Straßentrassen für den Bohrtunnel

Straße Bahn	T01S	T02S	T03.1S	T03.2S	T04S	T05.1S	T05.2S	T06S
T01B	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
T03B	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗
T04B	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
T05B	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
T06B	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

#### 4.4.3 Bau- und Konstruktionsvarianten

Sämtliche Bauwerksvarianten betrachteten jeweils drei unterschiedliche Planfälle in Bezug auf die bestehende Fehmarnsundbrücke, vgl. Abschnitt 4.2. Hieraus ergaben sich die nachfolgenden Bau- und Konstruktionsvarianten einer neuen Fehmarnsundquerung.

##### Planfall a (ohne Bestandsbauwerk)

- **Brückenbauwerke:** Zweigleisige Bahnführung, vierspurige B 207, LaV; Fehmarnsundbrücke Rückbau; kombiniertes oder getrenntes Brückenbauwerk für Schienenverkehr
- **Tunnelbauwerke:** Zwei Bahn-Tunnelröhren, zwei B 207-Tunnelröhren, eine LaV-Tunnelröhre mit Gegenverkehr.

##### Planfall b (Bestandsbauwerk 30 Jahre)

- **Brückenbauwerke:** Zweigleisige Bahnführung, zweispurige B 207, LaV; Gegenverkehr auf Bestandsstraße B 207; separates Brückenbauwerk für Schienenverkehr
- **Tunnelbauwerke:** Zwei Bahn-Tunnelröhren, eine B 207-Tunnelröhre, eine LaV-Tunnelröhre mit Gegenverkehr.

##### Planfall c (Bestandsbauwerk 130 Jahre)

- **Brückenbauwerke:** Zweigleisige Bahnführung, vierspurige B 207; LaV über ein bestehendes Bauwerk geführt; getrenntes Brückenbauwerk für Schienenverkehr
- **Tunnelbauwerke:** Zwei Bahn-Tunnelröhren, zwei B 207-Tunnelröhren; LaV über bestehendes Bauwerk.

Geh- und Radwege: Geh- und Radwege werden entsprechend der Anpassung der bestehenden Strukturen integriert (Planfall b und c über Bestandsbauwerk) oder ersetzt (Planfall a mittels Shuttlebusverkehr).

#### 4.4.4 Vorteilhafteste Linienvarianten

In Stufe 0 wurden Varianten innerhalb der vier Lösungsansätze (Planungspakete) getrennt nach drei Planungsfällen untersucht, was zu 12 Variantenvergleichen mit bis zu 27 Linienvarianten (insgesamt rund 200 Varianten inklusive Kombinationsvarianten) führte.



Es wurden drei Wirkungsbereiche betrachtet:

- raumstrukturelle Wirkungen
- technische Belange
- Umweltbelange.

Die Kostenbewertung wurde bewusst ausgelassen, da zu diesem Zeitpunkt keine verlässlichen Aussagen möglich waren. Stattdessen wurden technische Kriterien verglichen.

Am Ende der Stufe 0 wurden für jeden Lösungsansatz die drei vorteilhaftesten Varianten ohne Weiternutzung des Bestandsbauwerks (Planungsfall a) sowie die zwei besten Varianten mit Weiternutzung für 30 Jahre (Planungsfall b) und für 130 Jahre (Planungsfall c) ausgewählt. Diese 3+2 Varianten pro Planungspaket gehen in die Stufe 1 des Variantenvergleichs ein.

#### 4.4.4.1 Kombiniertes Brückenbauwerk (PP1)

Für die Varianten ohne Weiternutzung des Bestandsbauwerks im Planungsfall a wiesen die Linienvarianten KBa\_T03.1BS, KBa\_T07BS und KBa\_T09BS die größten Vorteile auf.

Tabelle 4-3: Absolute Ränge in den Wirkungsbereichen Raumstrukturelle Wirkung (RW), Technische Belange (TB) und Umweltbelange (UB) im Planungsfall a (PP1)

Linienvariante	Wirkungsbereich		
	RW	TB	UB
KBa_T01BS	6	5	3
KBa_T02BS	5	6	4
KBa_T03.1BS	3	2	1
KBa_T04BS	4	4	8
KBa_T05BS	8	8	7
KBa_T06BS	7	7	6
KBa_T07BS	1	1	5
KBa_T09BS	2	3	2

Die Auswahl basiert auf der Auswertung der Rangfolge sämtlicher betrachteter Varianten entsprechend der drei Wirkfaktoren „Raumstrukturelle Wirkung“, „Technische Belange“ und „Umweltbelange“. Folgende Bewertung lässt sich zusammenfassen:

1. **KBa\_T07BS** ist insgesamt die beste Variante mit den Rängen 1 in den raumstrukturellen Wirkungen (RW) und technischen Belangen (TB) sowie Rang 5 in den Umweltbelangen (UB).
2. **KBa\_T03.1BS** folgt als zweitbeste Option, mit einer konsistenten Platzierung im oberen Bereich: Rang 3 in raumstrukturellen Wirkungen, Rang 2 in technischen Belangen und der Spitzenplatz, Rang 1, in Umweltbelangen.

3. **KBa\_T09BS** folgt mit soliden Platzierungen über die verschiedenen Wirkungsbereiche hinweg: Rang 2 in den raumstrukturellen Wirkungen, Rang 3 in den technischen Belangen und Rang 2 in den Umweltbelangen.

In den Planungsfällen b und c wurde die Linienvariante T03.1BS zur Linienvariante T03.2BS angepasst, um die Bestandsbrücke mit der Richtungsfahrbahn Puttgarden an die B 207 sowie den LaV an das untergeordnete Netz anzubinden. Die Linienvarianten KBb\_T07BS bzw. KBc\_T07BS wurden aufgrund ihrer erheblichen negativen Auswirkungen auf terrestrische und marine Lebensraumtypen innerhalb von FFH-Gebieten nicht in die vertiefte Betrachtung der Stufe 1 aufgenommen. Somit waren die Linienvariante KBb\_T03.2BS im Planungsfall b und die Linienvariante KBc\_T03.2BS im Planungsfall c als vorteilhafteste Varianten zu betrachten.

Eine Bündelung der Trassen von Bundesstraße und Bahn ist bei allen Varianten, insbesondere im Planungsfall a, bauartbedingt gegeben. Im Planungsfall b erfolgt eine geringere Bündelung, da die B 207 auf zwei Bauwerke aufgeteilt wird. Im Planungsfall c erfolgt eine Bündelung des LaV inklusive Fuß- und Radwegs auf dem Bestandsbauwerk und des autobahnfähigen Verkehrs mit der Bahn auf der neuen Brücke.

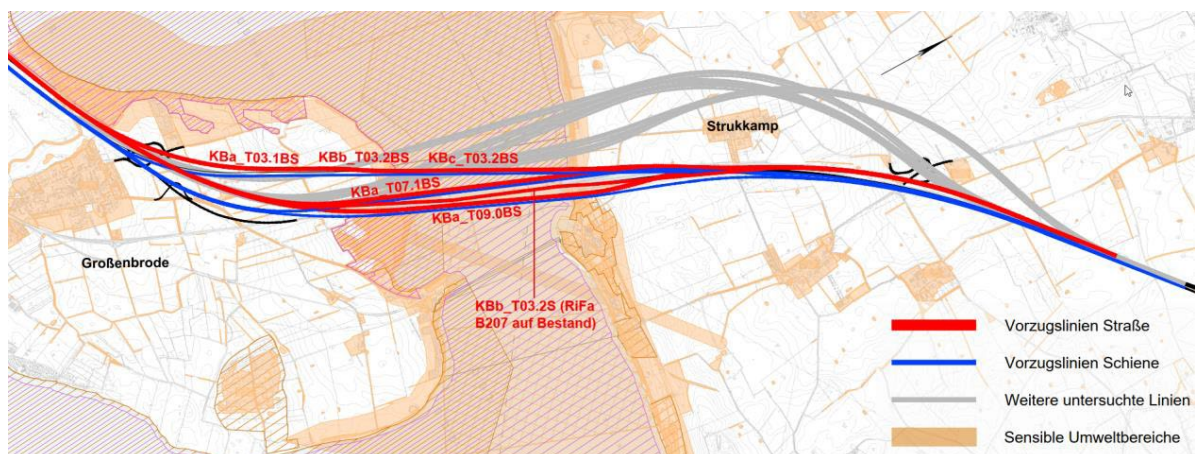


Abbildung 4-11: Übersicht der vorteilhaftesten Linien PP1

#### 4.4.4.2 Getrennte Brückenbauwerke (PP2)

In den Szenarien ohne Erhalt der existierenden Sundbrücke (Planungsfall a) zeigten die Linienvarianten GBa\_T06B+T07.6S+T06S, GBa\_T09B+T07.6S+T06S, GBa\_T02B+T02S, GBa\_T06B+T05S sowie GBa\_T09B+T05S insgesamt die größten Pluspunkte. Die zwei ähnlichen Bahnlinienvarianten T06B und T09B wurden in Phase 1 zu einer neuen Variante T06.9B zusammengelegt, die die Vorzüge beider Linien vereint. Diese fusionierte Variante T06.9B wurde dann in Phase 1 sowohl als GBa\_T06.9B+T05S wie auch als GBa\_T06.9B+T07.6S+T06S weitergeführt.

Tabelle 4-4: Absolute Ränge in den Wirkungsbereichen Raumstrukturelle Wirkung (RW), Technische Belange (TB) und Umweltbelange (UB) im Planungsfall a (PP2)

Linienvariante	Wirkungsbereich		
	RW	TB	UB
<b>GBa_T09B+T05S</b>	5	4	5
<b>GBa_T06B+T05S</b>	3	8	3
<b>GBa_T07B+T05S</b>	8	14	4
<b>GBa_T04B+T04S</b>	6	7	18
<b>GBa_T04B+T03S</b>	7	6	15
<b>GBa_T02B+T02S</b>	10	1	6
<b>GBa_T09B+T07.6S+T06S</b>	2	3	2
<b>GBa_T06B+T07.6S+T06S</b>	1	5	1

Die Auswahl basierte auf der Auswertung der Rangfolge sämtlicher betrachteter Varianten entsprechend der Wirkfaktoren „Raumstrukturelle Wirkung“, „Technische Belange“ und „Umweltbelange“:

1. **GBa\_T06B+T07.6S+T06S:** Diese Variante weist die besten gesamthaften Ergebnisse auf. Sie erzielt den ersten Rang sowohl im Bereich der raumstrukturellen Wirkungen als auch in Umweltbelangen, und sie ist fünftbeste in technischen Belangen. Das macht sie zur ausgeglichensten und anscheinend vorteilhaftesten Wahl unter den betrachteten Linienvarianten.
2. **GBa\_T09B+T07.6S+T06S:** Diese Variante kommt in den Kategorien raumstrukturelle Wirkungen und Umweltbelange auf den zweiten Rang und belegt im Bereich der technischen Belange den dritten Rang.
3. **GBa\_T06B+T05S:** Diese Linienvariante nimmt im Bereich der raumstrukturellen Wirkungen den dritten Rang ein, ist jedoch im Bereich der technischen Belange mit Rang acht etwas schwächer. In Umweltbelangen belegt sie den dritten Platz.

Im Kontext der Szenarien, die eine Nutzung des bestehenden Bauwerks vorsehen (Planungsfall b), hob sich die Linienvariante GBb\_T06B+T07.6S+T06S als die am meisten bevorzugte hervor. Sie weist eine weitestgehende Bündelung der Trassen von Straße und Bahn auf und kann insbesondere durch die geringste Raumstrukturelle Wirkung und die geringste Beeinträchtigung der Umweltbelange punkten. Sie wurde für Phase 1 als GBb\_T06.9B+T06S übernommen.

Für Planungsfall c waren, bei anhaltender Nutzung des bestehenden Bauwerks, die Varianten GBc\_T06B+T05S und GBc\_T09B+T05S führend; diese wurden zu einer einzigen Variante GBc\_T06.9B+T05.6S für die nächste Phase zusammengefasst.

Generell zeichnen sich die vorteilhaftesten Varianten in allen Planungsszenarien durch eine möglichst umfangreiche Kombination der Verkehrstrassen von Bundesstraße und Bahnstrecke aus.

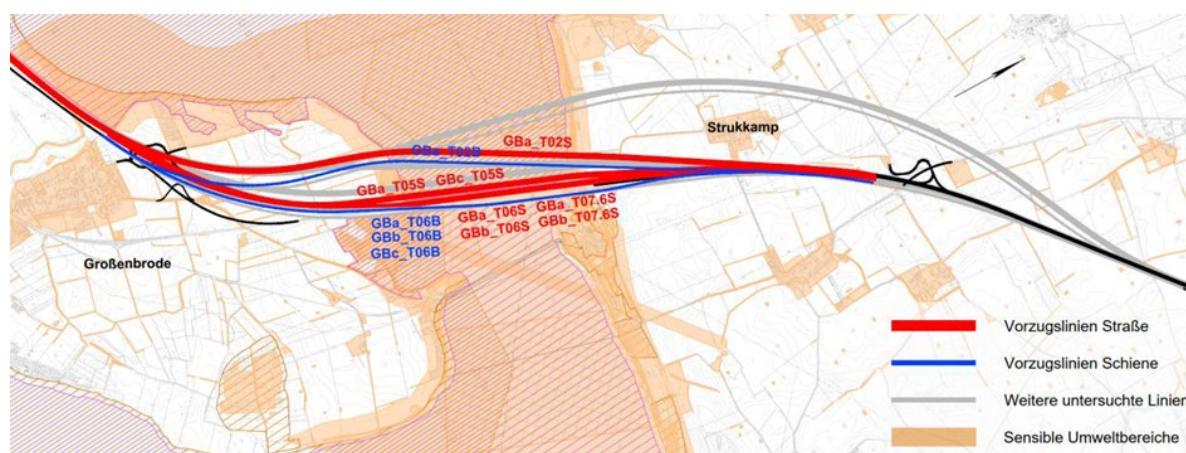


Abbildung 4-12: Übersicht der vorteilhaftesten Linien PP2

#### 4.4.4.3 Absenktunnel (PP3)

In Planungsfall a ohne Umwidmung des Bestandsbauwerks zeigten sich die Linienvarianten ATa\_T02BS, ATa\_T05BS und ATa\_T06.3BS insgesamt als vorteilhafteste Lösungen.

Tabelle 4-5: Absolute Ränge in den Wirkungsbereichen Raumstrukturelle Wirkung (RW), Technische Belange (TB) und Umweltbelange (UB) im Planungsfall a (PP3)

Linienvariante	Wirkungsbereich		
	RW	TB	UB
ATa_T01BS	5	8	7
ATa_T02BS	2	1	3
ATa_T03BS	4	6	6
ATa_T04BS	8	4	1
ATa_T05BS	5	3	2
ATa_T06.3BS	1	2	5
ATa_T07BS	3	5	4
ATa_T08BS	7	7	8

Die Auswahl basiert auf der Auswertung der Rangfolge sämtlicher betrachteter Varianten entsprechend der Wirkfaktoren „Raumstrukturelle Wirkung“, „Technische Belange“ und „Umweltbelange“:

1. **ATa\_T02BS:** Diese Variante weist in allen Wirkungsbereichen hervorragende Platzierungen auf: Rang 2 bei den raumstrukturellen Wirkungen, Rang 1 bei den technischen Belangen und Rang 3 bei den Umweltbelangen. Diese Kombination zeigt, dass diese Variante sowohl technisch machbar als auch umweltschonend ist und zudem positive Auswirkungen auf die Raumstruktur hat.



2. **ATa\_T06.3BS:** Diese Variante hat den besten Rang bei den raumstrukturellen Wirkungen und den zweitbesten Rang bei den technischen Belangen, was zeigt, dass diese Variante sehr gut in die bestehende Raumstruktur integriert werden kann und technisch vorteilhaft ist. Die Platzierung im Umweltbereich (UB: 5) ist nicht die beste, aber dennoch akzeptabel.
3. **ATa\_T05BS:** Diese Variante zeigt eine gute Balance zwischen den Wirkungsbereichen, mit Rang 5 bei den raumstrukturellen Wirkungen, Rang 3 bei den technischen Belangen und Rang 2 bei den Umweltbelangen.

ATa\_T02BS war insgesamt die vorteilhafteste Variante, da sie in allen Bereichen vorn platziert ist. ATa\_T06.3BS war besonders stark in den raumstrukturellen Wirkungen und technischen Belangen, während ATa\_T05BS eine ausgewogene Lösung darstellte.

Für Szenarien mit Weiternutzung des Bestandsbauwerks führte die Linienvariante ATb\_T06.3BS im Planungsfall b, während im Planungsfall c die Linie ATc\_T06.3BS (Position siehe zugehörige Abbildung Trasse T06.3BS) bevorzugt wurde.

Trotz der grundsätzlichen Bündelung von Straße und Schiene ist dies bei den Varianten im Planungsfall b aus konstruktiven Gründen nur begrenzt umsetzbar. Die Nutzung der bestehenden Fehmarnsundbrücke für eine Richtungsfahrbahn der B 207 würde eine zweifache Querung der Bahnstrecke erfordern.

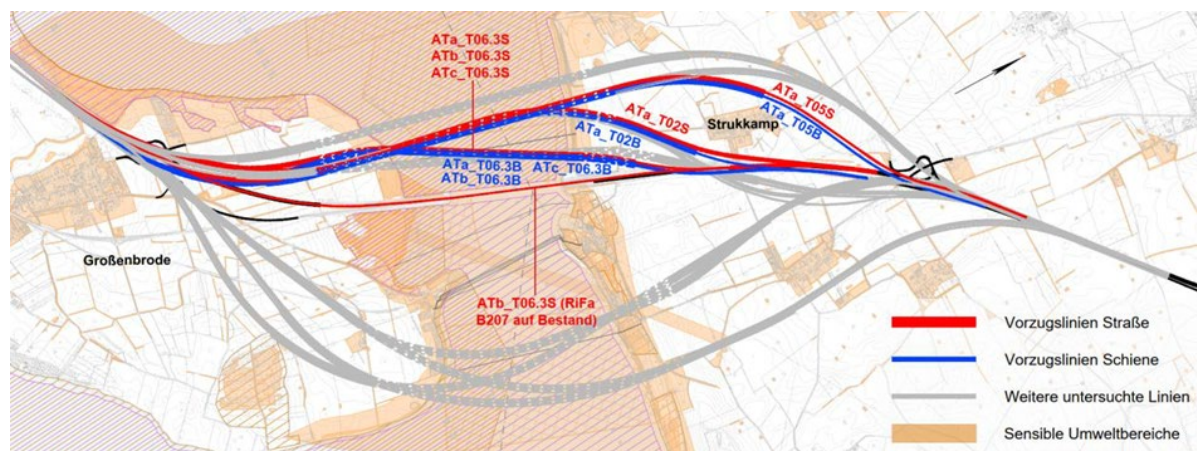


Abbildung 4-13: Übersicht der vorteilhaftesten Linien PP3

#### 4.4.4.4 Bohrtunnel (PP4)

In Planungsfall a boten die Varianten BTa\_T03B+T02S, BTa\_T03B+T03.1S und BTa\_T04B+T02S, die das bestehende Brückenbauwerk nicht weiter nutzen, die größten Vorteile.

Tabelle 4-6: Absolute Ränge in den Wirkungsbereichen Raumstrukturelle Wirkung (RW), Technische Belange (TB) und Umweltbelange (UB) im Planungsfall a (PP4)

Linienvariante	Wirkungsbereich		
	RW	TB	UB
<b>BTa_T01B+T01S</b>	5	15	1
<b>BTa_T03B+T01S</b>	20	13	2
<b>BTa_T03B+T02S</b>	2	2	6
<b>BTa_T04B+T02S</b>	4	1	11
<b>BTa_T03B+T03.1S</b>	1	4	9
<b>BTa_T04B+T03.1S</b>	3	3	12
<b>BTa_T03B+T03.2S</b>	6	12	5
<b>BTa_T04B+T04S</b>	11	7	3

Die Auswahl basierte auf der Auswertung der Rangfolge sämtlicher betrachteter Varianten entsprechend der Wirkfaktoren „Raumstrukturelle Wirkung“, „Technische Belange“ und „Umweltbelange“:

1. **BTa\_T03B+T02S:** Diese Variante weist insgesamt die besten Platzierungen auf: Rang 2 sowohl bei den raumstrukturellen Wirkungen als auch bei den technischen Belangen, und Rang 6 bei den Umweltbelangen. Diese Variante ist insgesamt sehr gut balanciert und zeigt sowohl technische Machbarkeit als auch moderate Umweltverträglichkeit.
2. **BTa\_T04B+T02S:** Sie hat die beste Platzierung bei den technischen Belangen und gute Platzierungen bei den raumstrukturellen Wirkungen (RW: 4). Allerdings liegt sie bei den Umweltbelangen nur auf Rang 11. Diese Variante ist besonders technisch vorteilhaft, jedoch weniger umweltfreundlich.
3. **BTa\_T03B+T03.1S:** Diese Variante erreicht den besten Rang bei den raumstrukturellen Wirkungen und eine gute Platzierung bei den technischen Belangen (TB: 4). Die Platzierung bei den Umweltbelangen (UB: 9) ist akzeptabel. Diese Variante ist stark in der Integration in die Raumstruktur und technisch gut umsetzbar.

In Szenarien, die das bestehende Bauwerk weiternutzen, waren BTb\_T03B+T02S für Planungsfall b und BTc\_T03B+T03.1S für Planungsfall c am vorteilhaftesten. Bohrtunnelvarianten, welche die empfindlichen Umweltgebiete unterqueren, verursachen minimalen oberirdischen Eingriff und somit geringere Umweltauswirkungen. Daher wurden die übrigen Wirkungsbereiche als wesentliche Kriterien für die Rangfolgenbewertung herangezogen. In der Kombination der beiden Wirkungsbereiche Raumstrukturelle Wirkung und Technische Belange zeichnen sich die genannten Trassen als führend aus.

Fast alle bevorzugten Varianten bündeln Straßen- und Bahntrassen, außer ATa\_T04B+T02S im Planungsfall a.



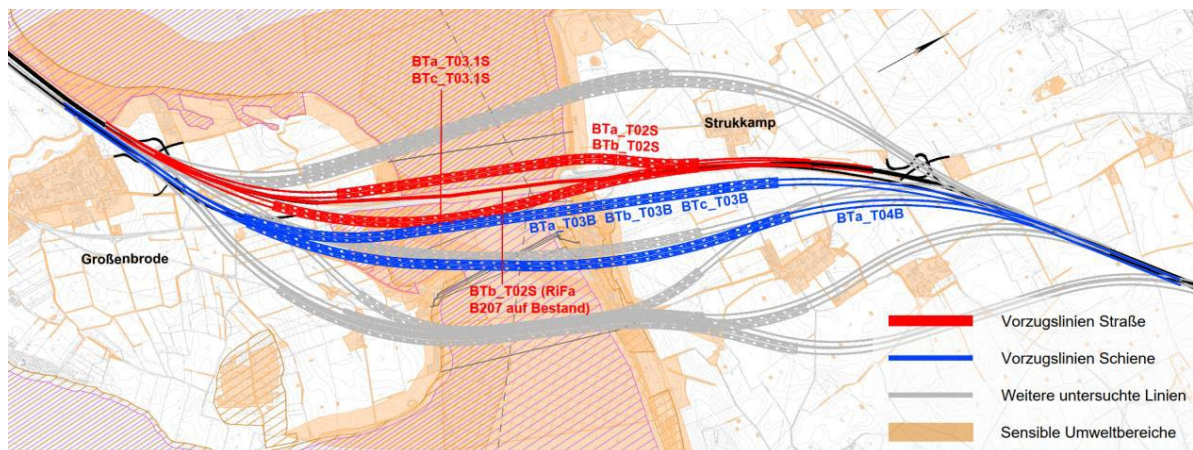


Abbildung 4-14: Übersicht der vorteilhaftesten Linien PP4

#### 4.4.5 Ergebnisse Stufe 0

Bei der ganzheitlichen Bewertung der untersuchten Linienvarianten aus Stufe 0 im Variantenvergleich fließen die separaten Ergebnisse aus den Bewertungsmatrizen für raumstrukturelle, technische und umweltfachliche Gesichtspunkte ein, angepasst an die spezifischen Planungssituationen.

Die Zusammenführung (Synthesen) von Werten erfolgt ausschließlich innerhalb der einzelnen Wirkungsbereiche. Dabei wird das Hilfsmodell dazu verwendet, die vielen Einzelbewertungen innerhalb eines solchen Bereichs zu einem übergreifenden Wert zusammenzuführen, um eine konsistente und nachvollziehbare Bewertung der Varianten in jedem spezifischen Bereich zu erreichen.

Eine gesamtheitliche Bewertung über alle Bereiche hinweg erfolgt durch eine verbale und argumentative Analyse, um ungewollte Verzerrungen durch die Zusammenführung relativer Ränge aus verschiedenen Wirkungsbereichen zu vermeiden.

Allgemeine Ergebnisse aus dem Variantenvergleich der Trassenlinien in Stufe 0 sind:

- Kurze Trassen sind vorteilhaft wegen geringem Neubauanteil, geringen Eingriffen in Eigentum Dritter und geringem Flächenbedarf.
- Gebündelte Trassen sind vorteilhaft durch geringere Auswirkungen wie Lärm und Vermeidung von Verinselung, außer beim Bohrtunnel, der kaum Oberflächenauswirkungen hat.
- Trassen nahe dem Bestandsbauwerk und außerhalb von Natura 2000-Gebieten sind vorteilhaft, außer beim Bohrtunnel, der sensible Umweltbereiche kaum beeinträchtigt.
- Bestandnahe Trassenführung ist vorteilhaft wegen geringer Neuzerschneidung und Vermeidung von Verinselung, insbesondere in Verbindung mit Zwangspunkten wie Siedlungsflächen.
- Bestandnahe Trassenführungen haben Nachteile hinsichtlich Bauablauf, Baulogistik und Bauzeit.

- Ein gebogener Verlauf der Sundquerung ist aufwendiger und komplexer und hat somit Nachteile in Bezug auf die technischen Belange.
- Westliche Linien entlasten Avendorf, belasten jedoch die westliche Seite von Strukkamp neu.
- Der Baugrund im Sund ist generell ungünstig, jedoch nach Osten hin noch ungünstiger. Daher sind westliche Linien hinsichtlich der Baugrundverhältnisse vorteilhafter.

## 4.5 Stufe 1 – Vorvariantenvergleich

### 4.5.1 Untersuchungsraum

Aus Stufe 0 werden für jedes Planungspaket die drei vorteilhaftesten Varianten ohne Weiternutzung des Bestandsbauwerkes (Planungsfall a) sowie die zwei besten Varianten mit Weiternutzung für 30 Jahre (Planungsfall b) und für 130 Jahre (Planungsfall c) in die Stufe 1 übernommen. Die jeweiligen Kurzbeschreibungen der Linien sind in der Erläuterung zur Stufe 0 enthalten. In Abbildung 4-15 sind die sich daraus ergebenden Variantenkorridore aufgetragen.

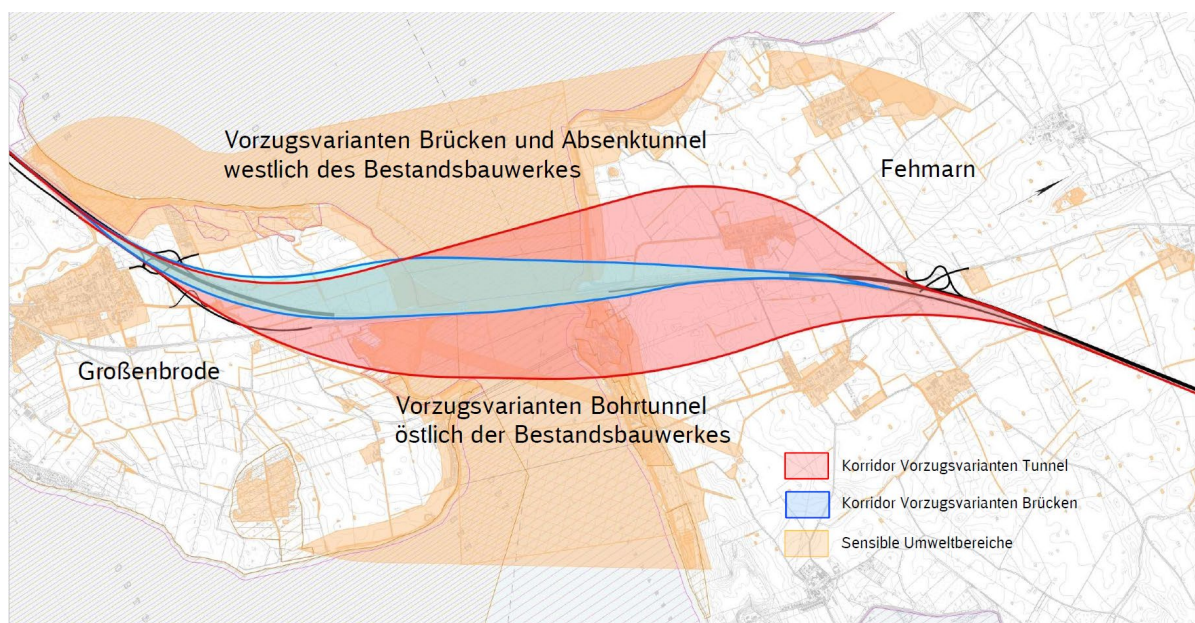


Abbildung 4-15: Variantenkorridore der Bauwerksarten Tunnel und Brücken, Stufe 1

### 4.5.2 Vorzugsvarianten

Das Ziel der Stufe 1 ist die Festlegung von einer Vorzugsvariante hinsichtlich Bauwerksausprägung und Linienführung je Planungspaket. Zu diesem Zweck ist die Stufe 1 unterteilt in eine linienunabhängige Betrachtung (Stufe 1.1) und eine linienabhängige Betrachtung (Stufe 1.2) der Bauformen bzw. -ausprägung. Abschließend erfolgt ein kombinierter Variantenvergleich (Stufe 1.3) zur Festlegung der Vorzugsvariante.

#### 4.5.2.1 Kombiniertes Brückenbauwerk (PP1)

##### Linienunabhängige Betrachtung (Stufe 1.1)

Die "Linienunabhängige Betrachtung" (Stufe 1.1) des Fehmarnsunds konzentriert sich auf die Bewertung verschiedener Brückenbauformen zur Querung. Ziel ist es, Bauwerke zu identifizieren, die die notwendige lichte Weite von mehr als 200 m und eine Betonfahrbahn ermöglichen. Darüber hinaus wird die Realisierbarkeit anhand der drei Kriteriengruppen Tragwerk, Baugestaltung und Baugrund bewertet.

Die nachfolgende Auflistung fasst die untersuchten Brückenvarianten zusammen:

##### 1. Fachwerkbogen mit Verbundplatte

- **Beschreibung:** Fachwerkkasten in Stahlbauweise mit einer Stahlbetonfahrbahnplatte, die durch einen Bogen überspannt wird, Verbindung durch fachwerkförmig angeordnete Stäbe
- **Vorteile:** Geringe Bauhöhe, stabiles System gegenüber Schwingungen, Möglichkeit für Paralleldeck oder Doppeldeck
- **Nachteile:** Keine spezifischen Ausschlüsse in den Bewertungskriterien für die Querung des Fehmarnsunds
- **Eignung für Fehmarnsund:** Geeignet für Spannweiten bis ca. 550 m, ermöglicht eine Betonfahrbahn und eine unterliegende Gradienten

##### 2. Schrägseilbrücken mit Fachwerk-Versteifungsträger

- **Beschreibung:** Schrägseilbrücken mit einem räumlichen Fachwerksystem als Versteifungsträger
- **Vorteile:** Torsionssteifes System, geeignet für Hochgeschwindigkeitsverkehr bis 200 km/h, geringer Unterhaltungsaufwand
- **Nachteile:** Keine spezifischen Ausschlüsse in den Bewertungskriterien für die Querung des Fehmarnsunds
- **Eignung für Fehmarnsund:** Realisierung von Spannweiten über 200 m möglich, unterliegende Gradienten durch Fachwerkversteifungsträger.

##### 3. Hängebrücken

- **Beschreibung:** Bestehen aus Pylonen, Tragseilen, Hängern und einem Fahrbahnträger. Geeignet für große Spannweiten über 1.000 m
- **Vorteile:** Hohe Spannweiten möglich ohne Vorlandbrücken, flexible Konstruktionshöhe durch verschiedene Bauformen
- **Nachteile:** Nicht geeignet für den Hochgeschwindigkeitszugverkehr, hohe Schwingungsanfälligkeit
- **Eignung für Fehmarnsund:** Aufgrund der Schwingungsanfälligkeit für Hochgeschwindigkeitszüge ungeeignet.

##### 4. Hybride Hängebrücke

- **Beschreibung:** Kombiniert Eigenschaften von Hänge- und Schrägseilbrücken für höhere Stabilität



- **Vorteile:** Zusätzliche Schrägseile erhöhen die Stabilität, mögliche Ausführung als Parallel- oder Doppeldeck
- **Nachteile:** Erfordert umfangreiche Untersuchungen für Hochgeschwindigkeitsverkehr
- **Eignung für Fehmarnsund:** Realisierbar, erfordert jedoch umfangreiche Untersuchungen für den Hochgeschwindigkeitsverkehr.

Insgesamt wurden Fachwerkbogenbrücken und Schrägseilbrücken mit Fachwerk-Versteifungsträger als besonders geeignet für die Querung des Fehmarnsunds angesehen, da sie die geforderten Spannweiten ermöglichen und die Anforderungen an die Bauhöhe und Schwingungsstabilität erfüllen. Hängebrücken hingegen wurden aufgrund ihrer Schwingungsanfälligkeit für Hochgeschwindigkeitszüge nicht empfohlen. Die hybride Hängebrücke bietet Potenzial, erfordert jedoch weitere Untersuchungen für den speziellen Anwendungsfall.

### Linienabhängige Betrachtung (Stufe 1.2)

In der linienabhängigen Betrachtung (Stufe 1.2) wurden vorausgewählte Trassenvarianten mit möglichen Brückenbauwerken für die Querung des Fehmarnsunds gekoppelt. Die Trassenführung wurde optimiert, um u.a. den Eingriff in schützenswerte Dünenlandschaften zu minimieren und den Abstand zur bestehenden Brücke zu verringern. Bei der Umweltbewertung wurden Faktoren wie Verschattung durch die Brücke, Anzahl der Stützen und Kollisionsrisiko für Vögel berücksichtigt. Technisch unpassende Varianten wurden nicht weiter bewertet.

Bei der Trassierung wurden Haupt- und Vorlandbrücken geradeaus geführt, um Schwingungen und Vibrationen aufgrund von Hochgeschwindigkeitsverkehr zu minimieren. Längsneigungen sind auf maximal 12,5 ‰ begrenzt, was die Gesamthöhe und -länge des Brückenbauwerks beeinflusst. Die Höhe setzt sich aus verschiedenen Komponenten wie Durchfahrts-höhe für Schiffe, Konstruktion und Oberbau der Brücke sowie Toleranzen zusammen.

Um eine optimale Gradienten zu erreichen, sind Deckbrücken unpassend; stattdessen sollten Fachwerkkonstruktionen verwendet werden, um die Bauhöhe zu reduzieren. Die Steigung der Straße kann steiler sein als die für die Bahn, was bei Doppeldeckkonstruktionen zu übereinander gelagerten Verkehrsebenen führt, wobei die Straßenführung oben erfolgen soll.

Während des Baus der neuen Querung ist die Funktionsfähigkeit der bestehenden Fehmarnsundbrücke sicherzustellen. Der Rückbau der alten Brücke sollte erst nach Fertigstellung des Neubaus erfolgen, wobei Beeinträchtigungen auf ein Minimum zu beschränken sind.

Nachfolgende Brückenvarianten wurden entsprechend der Ergebnisse der Stufe 1.1 entwickelt und ihre Umsetzbarkeit für die ausgewählten Trassen der Stufe 0 untersucht.

Die Brückenvariante **B01**, eine Fachwerkbogenbrücke mit Doppeldeck, wurde nicht weiterverfolgt für die Trassenvarianten KBa\_T03.1 BS, KBb\_T03.2 BS, KBc\_T03.2 BS und KBa\_T07.1 BS, hauptsächlich wegen notwendiger komplexer Überwerfungsbauwerke, der großen Höhe des Überbaus infolge der Doppeldeckerkonstruktion und der großen Anzahl erforderlicher Brückenpfeiler. Für KBa\_T09 BS wird sie jedoch weiter betrachtet.

Die Schrägseilbrücke **B02** mit zwei Z-Pylonen und Paralleldeck wird für KBa\_T03.1 BS und KBa\_T07.1 BS weiterverfolgt, für die anderen genannten Trassen aufgrund von Asymmetrien im Querschnitt und statischen Betrachtungen jedoch nicht.

Die Schrägseilbrücke **B03** mit zwei A-Pylonen und Paralleldeck wird für die Trassen KBb\_T03.2 BS und KBc\_T03.2 BS weiterverfolgt, für KBa\_T03.1 BS, KBa\_T07.1 BS und KBa\_T09 BS jedoch nicht, unter anderem wegen der zu erwartenden notwendigen Überwerfungsbauwerke und statischen Herausforderungen.

Die hybride Hängebrücke **B05** mit zwei A-Pylonen und Paralleldeck wird für keine der Trassen KBa\_T03.1 BS, KBb\_T03.2 BS, KBc\_T03.2 BS, KBa\_T07.1 BS und KBa\_T09 BS weiterverfolgt, da die Komplexität und die zu erwartenden Schwierigkeiten aufgrund des Baugrundes und erforderlicher Überwerfungsbauwerke zu hoch sind.

Die Schrägseilbrücke **B06** mit drei Z-Pylonen und Paralleldeck wird für die Trassen KBa\_T03.1 BS, KBb\_T03.2 BS, KBc\_T03.2 BS und KBa\_T07.1 BS nicht weiter betrachtet, vor allem aufgrund von geotechnischen Einschränkungen und der Überschneidung mit bestehenden Strukturen. Für die Trasse KBa\_T09 BS wird sie ebenfalls nicht weiterverfolgt, da der Rückbau eines Bestandsbauwerks vor Inbetriebnahme einer neuen Querung nicht den Planungsvorgaben entspricht.

### Variantenvergleich der Stufe 1.3

Im Variantenvergleich der Stufe 1.3 kristallisierte sich in Planungspaket 1 die Variante KBc\_T03.2BS als bevorzugte Option heraus. Nachstehend werden die zugrundeliegenden Bewertungen und Ergebnisse erörtert.

**Gebiets- und Artenschutzrechtliche Bewertung:** Die umweltrechtliche Betrachtung verdeutlicht, dass sämtliche Varianten von Planungspaket 1 Rote-Ampel-Sachverhalte provozieren, die einer Genehmigung entgegenstehen können oder die Einholung der Stellungnahme der EU-Kommission notwendig machen könnten, insbesondere im Kontext des Schutzes prioritärer Lebensräume wie des LRT 2130\* (Graudüne). Unter den betrachteten Varianten zeigen die der Linienführung T03BS geringere gravierende Rote-Ampel-Sachverhalte und bieten am ehesten Optimierungspotential zur Verminderung der Beeinträchtigung des LRT 2130\*.

**Raumstrukturelle Wirkung:** Die Varianten weisen im Wirkungsbereich der räumlichen Struktur vergleichbare Charakteristika auf, mit einem leichten Vorteil für den Planungsfall a. Die Diskrepanzen im Flächenbedarf liegen innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Planung.

**Verkehrliche Beurteilung:** Für den Wirkungsbereich der verkehrlichen Beurteilung ragt die Variante KBa\_T03.1BS mit geringen zeitlichen Vorteilen hervor. Dennoch können bei Betrachtung der gesamten Bauzeit alle Optionen als etwa gleichwertig angesehen werden.

**Technische Belange:** Im technischen Segment ist die Variante KBa\_T03.1BS leicht vorteilhafter als KBc\_T03.2BS, insbesondere in Bezug auf Erdbau und Bauzeit.

**Umweltbelange:** In der Gesamtbeurteilung der Umweltbelange schneidet der Planungsfall c klar überlegen ab, während die Planungsfälle a und b nur differenziertere Vorteile aufweisen, die nach bestimmten Kriterien variieren.

**Wirtschaftlichkeit:** Die Wirtschaftlichkeitsanalyse zeigt einen minimalen Kostenvorteil der KBc\_T03.2BS gegenüber KBa\_T03.1BS und einen signifikanten Vorteil gegenüber KBb\_T03.2BS.

## Fazit

Vergleicht man alle Wirkungsbereiche und Risiken, schneiden KBa\_T03.1BS und KBc\_T03.2BS sehr ähnlich ab und gelten bei Berücksichtigung der Planungsgenauigkeit als nahezu gleichwertig.

Unter Berücksichtigung des großen relativen Abstands zwischen den beiden Varianten im Wirkungsbereich *Umweltbelange* und unter Einbeziehung des Aspekts *Denkmalschutz* fiel die Wahl auf die **KBc T03.2BS** für die Übernahme in die Stufe 2 des Variantenvergleichs, wobei ohne Berücksichtigung der Unterschiede im verkehrlichen Bereich der Planungsfall c noch attraktiver wird.

### 4.5.2.2 Getrennte Brückenbauwerke (PP2)

#### Linienunabhängige Betrachtung (Stufe 1.1)

In Stufe 1.1 wurden verschiedene Tragwerksarten für die Fehmarnsundquerung hinsichtlich ihrer technischen Eignung bewertet. Die Bewertung erfolgte unabhängig von den Linienführungen, jedoch unter Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen und Herausforderungen der Fehmarnsundquerung. Umweltaspekte wurden erst in Stufe 1.2 berücksichtigt.

#### 1. Vollwandbalken als Deckbrücke

- **Beschreibung:** Eine Brücke mit einem Vollwandträger, bei der die Fahrbahn auf dem Träger liegt
- **Vorteile:** Keine Sichteinschränkungen für den Verkehr, guter Schutz gegen Witterungseinflüsse, geringer Korrosionsschutzaufwand, geringer Herstellungsaufwand, gute Montagemöglichkeiten, wirtschaftlich und unterhaltungsarm
- **Nachteile:** Konstruktion wirkt bei großer Bauhöhe nicht transparent, hohes Ansichtsband bei großer Bauhöhe und Windabweisern
- **Eignung für Fehmarnsundquerung:** Geeignet, insbesondere aufgrund der wirtschaftlichen und wartungsarmen Aspekte.

#### 2. Vollwandbalken als Trogbrücke

- **Beschreibung:** Eine Brücke mit einem Vollwandträger, bei der die Fahrbahn zwischen den Trägern liegt
- **Vorteile:** Integration der Hauptträgerkonstruktion in Windabweiser, geringer Korrosionsschutzaufwand, geringer Herstellungsaufwand, gute Montagemöglichkeiten, unterhaltungsarm
- **Nachteile:** Stahlkonstruktion oberhalb der Fahrbahn ist wetteranfällig, unwirtschaftliche Querträger bei außenliegenden Hauptträgern, statische Probleme bei moderater Bauhöhe, gestalterisch unbefriedigend, Sichteinschränkungen
- **Eignung für Fehmarnsundquerung:** Diese Bauwerksart scheidet aufgrund der statischen Probleme, der unwirtschaftlichen Querträger und der gestalterischen Nachteile als ungeeignet aus.

#### 3. Parallelgurtiges Fachwerk als Deckbrücke

- **Beschreibung:** Eine Brücke mit parallelen Fachwerkträgern, bei der die Fahrbahn auf den Trägern liegt



- **Vorteile:** Keine Sichteinschränkungen für den Verkehr, guter Schutz gegen Witterungseinflüsse, Transparenz bei großen Bauhöhen
- **Nachteile:** Hoher Korrosionsschutzaufwand, hoher Herstellungsaufwand, eingeschränkte Montagemöglichkeiten, Verschmutzung durch Vögel
- **Eignung für Fehmarnsundquerung:** Geeignet, jedoch aufwendig in der Herstellung und Wartung.

#### 4. Parallelgurtiges Fachwerk als Trogbrücke

- **Beschreibung:** Eine Brücke mit parallelen Fachwerksträgern, bei der die Fahrbahn zwischen den Trägern liegt
- **Vorteile:** Keine Sichteinschränkungen durch aufgelöste Fachwerkkonstruktion, Integration der Hauptträgerkonstruktion in Windabweiser
- **Nachteile:** Wetteranfälligkeit der Stahlkonstruktion oberhalb der Fahrbahn, unwirtschaftliche Querträger bei außenliegenden Hauptträgern, hoher Korrosionsschutzaufwand, hoher Herstellungsaufwand
- **Eignung für Fehmarnsundquerung:** Diese Bauwerksart scheidet aufgrund der hohen Kosten, der Witterungsanfälligkeit und des hohen Herstellungsaufwands als ungeeignet aus.

#### 5. Echte Bogenbrücke mit obenliegender Fahrbahn

- **Beschreibung:** Eine Brücke mit einem Bogen, der unter der Fahrbahn verläuft.
- **Vorteile:** Unterhaltungsarm, besonders in Betonbauweise
- **Nachteile:** Größere Fundamentabmessungen erforderlich, Anprallgefahr durch Schiffsverkehr, lange Bauzeit
- **Eignung für Fehmarnsundquerung:** Diese Bauwerksart scheidet aufgrund der Anprallgefahr durch Schiffsverkehr, der großen Fundamentabmessungen und der langen Bauzeit als ungeeignet aus.

#### 6. Echte Bogenbrücke mit durchschneidender Fahrbahn

- **Beschreibung:** Eine Brücke mit einem Bogen, der durch die Fahrbahn verläuft.
- **Vorteile:** Unterhaltungsarm, besonders in Betonbauweise
- **Nachteile:** Größere Fundamentabmessungen erforderlich, Anprallgefahr durch Schiffsverkehr, lange Bauzeit
- **Eignung für Fehmarnsundquerung:** Diese Bauwerksart scheidet aus den gleichen Gründen wie die echte Bogenbrücke mit obenliegender Fahrbahn als ungeeignet aus.

#### 7. Stabbogenbrücke

- **Beschreibung:** Eine Brücke mit einem Bogen und hängenden Stäben, die die Fahrbahn tragen
- **Vorteile:** Geringer Korrosionsschutzaufwand, schlanke Konstruktion
- **Nachteile:** Eingeschränkte Montagemöglichkeiten, lange Bauzeit
- **Eignung für Fehmarnsundquerung:** Geeignet, besonders aufgrund der schlanken Konstruktion, jedoch ist die Montage anspruchsvoll.

## 8. Netzbogen

- **Beschreibung:** Eine Brücke mit einem Bogen und diagonalen Hängeseilen, die die Fahrbahn tragen.
- **Vorteile:** Geringer Korrosionsschutzaufwand, schlanke Konstruktion, günstigeres Verformungsverhalten
- **Nachteile:** Eingeschränkte Montagemöglichkeiten
- **Eignung für Fehmarnsundquerung:** Geeignet, da sie eine schlanke und stabile Lösung bietet.

## 9. Extradosedbrücke

- **Beschreibung:** Eine Brücke, die eine Kombination aus Schrägseil- und Balkenbrücke darstellt
- **Vorteile:** Kombination von Schrägseil- und Balkenbrücke, geringere Pylonenhöhe und Bauhöhe des Balkens, unterhaltungsarm
- **Nachteile:** Lange Bauzeit
- **Eignung für Fehmarnsundquerung:** Geeignet, besonders wegen der Kombination aus geringerer Bauhöhe und Pylonenhöhe.

## 10. Schrägseilbrücke

- **Beschreibung:** Eine Brücke mit schräg verlaufenden Seilen, die die Fahrbahn tragen
- **Vorteile:** Wenige Stützpunkte erforderlich, geringer Herstellungsaufwand, unterhaltungsarm, schlanke Konstruktion
- **Nachteile:** Keine wesentlichen Nachteile
- **Eignung für Fehmarnsundquerung:** Sehr geeignet, da sie wirtschaftlich und unterhaltungsarm ist.

## 11. Hängebrücke

- **Beschreibung:** Eine Brücke mit horizontal verlaufenden Hauptseilen, von denen die Fahrbahn abgehängt ist
- **Vorteile:** Wenige Stützpunkte erforderlich, schlanke Konstruktion
- **Nachteile:** Seilzugkräfte müssen verankert werden, lange Bauzeit
- **Eignung für Fehmarnsundquerung:** Geeignet, besonders aufgrund der schlanken Konstruktion, jedoch sind die Seilzugkräfte eine Herausforderung.

In der nächsten Stufe (1.2) wurden die geeigneten Tragwerksarten weiter untersucht, wobei die gewählten Linien und Umweltaspekte berücksichtigt werden.

Im Rahmen der Stufe 1.1 wurden weiterhin verschiedene Anordnungen der Verkehrsträger für die Fehmarnsundquerung untersucht.

- **Planungsfall a:** Die Verkehrsträger (B 207, Geh- und Radweg, langsamer Verkehr) werden auf einer neuen Straßenbrücke mit einer Gesamtbreite von 42,25 m geführt. Eine getrennte Überbauweise wird bevorzugt, da sie eine klare Trennung der Verkehrsarten ermöglicht. Die B 207 erhält je Richtung 10,5 m breite Fahrbahnen, der langsame Verkehr

nutzt eine 7,0 m breite Fahrbahn im Gegenverkehr, während der 2,5 m breite Geh- und Radweg separat auf der bahnabgewandten Seite verläuft.

- **Planungsfall b:** Das bestehende Bauwerk wird für 30 Jahre weitergenutzt. Eine Richtungsfahrbahn der B 207 bleibt auf der heutigen Trasse, während der Geh- und Radweg auf der Ostseite angeordnet wird. Die finale Trassenführung wird in Stufe 1.3 festgelegt.
- **Planungsfall c:** Der langsame Verkehr sowie der Geh- und Radweg werden vollständig auf das Bestandsbauwerk verlagert. Die neue Richtungsfahrbahn der B 207 wird mit einer geringeren Gesamtbreite ausgeführt, weshalb ein gemeinsamer Überbau bevorzugt wird.

Nach Ablauf der Restnutzungsdauer des Bestandsbauwerks (ca. 130 Jahre) sollen langsamer Verkehr sowie Geh- und Radweg auf die neue Straßenbrücke verlegt werden. Die bauzeitliche Verkehrsführung ist sowohl mit gemeinsamen als auch getrennten Überbauten umsetzbar.

### Linienabhängige Betrachtung (Stufe 1.2)

#### **Variantengruppe Tragwerk**

In der Untersuchung zur Auswahl von Tragwerksvarianten für Brücken wurden verschiedene Konstruktionen für Bahn- und Straßenbrücken hinsichtlich ihrer Eignung, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit evaluiert. Hierbei wurden die geeigneten Tragwerkstypen für die jeweiligen Haupt- und Nebenöffnungen betrachtet und die Stützenstellungen der Bahn- und Straßenbrücke aufeinander abgestimmt, um ein einheitliches Erscheinungsbild zu erreichen. Ein Schwerpunkt lag dabei auf der Beschränkung technischer und umweltbedingter Eingriffe in das Landschaftsbild. Größere Stützweiten von ca. 100 m wurden bevorzugt, um Eingriffe zu minimieren. Im Rahmen der Bewertungen wurden folgende Schlussfolgerungen gezogen:

#### Ohne Berücksichtigung des Bestandsbauwerks

*Trassenkombinationen GBa\_ T06.9B + T06S + T07.6S sowie GBa\_ T06.9B + T05S*

1. **Netzwerkbogen:** Diese Art von Brücke ist sowohl für Straßen- als auch für Bahnbrücken prinzipiell geeignet. Allerdings übersteigen die benötigten Stützweiten die Standarderfahrungswerte, was zur Nichtweiterverfolgung dieser Variante führt.
2. **Schrägseilbrücke:** Technisch machbar und ökologisch günstig dank minimierter Stützzahl. Empfohlen für beide Trassenkombinationen
3. **Bogenbrücke:** Passt zwar zu Vorlandbrücken, ein unterliegendes Tragwerk wird jedoch aus technischen Gründen abgelehnt
4. **Fachwerkbrücke:** Wegen hoher Unterhaltskosten und unkonventionell großer Stützweiten als ungeeignet bewertet
5. **Hängebrücke:** Unpassend für Straßenverläufe nahe bestehenden Konstruktionen und für Bahnen aufgrund fehlender Referenzwerte und abnormaler Verformungskriterien.

*Trassenkombination GBa\_T02B + T02S*

1. **Netzwerkbogen:** Überschreitet die vertrauten Grenzwerte für Spannweiten und wird als technisch nicht realisierbar abgelehnt
2. **Schrägseilbrücke:** Gilt als vorteilhaft für die erforderlichen Stützweiten und Reduzierung der Pfeileranzahl; für die weitere Planung empfohlen
3. **Bogenbrücke:** Ähnlich dem Netzwerkbogen wird sie wegen ungewöhnlicher Stützweiten als nicht realisierbar abgelehnt
4. **Fachwerkbrücke:** Wird wegen hohen Unterhaltungsanforderungen und unwirtschaftlicher Feingliedrigkeit der Konstruktion nicht weiterverfolgt
5. **Hängebrücke:** Die geringste Pfeileranzahl wird durch Gründungsprobleme und unzureichende Erfahrung in reiner Eisenbahnanwendung kompromittiert, daher keine weitere Verfolgung.

Mit 30-jähriger Berücksichtigung des Bestandsbauwerks

*Trassenkombination GBb\_T06.9B + T06S + T07.6S*

1. **Netzwerkbogen:** Erfüllt die technischen Kriterien mit einer Hauptöffnung von etwa 250 m, wird aber aus gestalterischen Gründen (Bogentragwerk steht in Konkurrenz mit dem vorhandenen Netzwerkbogen) nicht weiterverfolgt
2. **Schrägseilbrücke:** Technisch ähnlich anwendbar wie der Netzwerkbogen; aus Umwelt- und Designgründen vorteilhaft, wobei die teurere Variante V2.1S aus Kostengründen ausscheidet
3. **Bogenbrücke:** Grundsätzlich passend, aber erhöhte Kollisionsgefahr und Schwierigkeiten im Umgang mit Bogenschub führen zur Nichtweiterverfolgung
4. **Fachwerkbrücke:** Technisch und wirtschaftlich nicht realisierbar, beeinträchtigt die Sicht auf die vorhandene Struktur
5. **Hängebrücke:** Ökologisch und sicherheitstechnisch potenziell günstig, doch fehlende Erfahrung bei Eisenbahnhängebrücken wegen Verformungskriterien. Die Widerlagergründung in nächster Nähe zum Bestandsbauwerk ist problematisch (Mitnahmesetzungen), eine Hängebrücke ist nur im geraden Bereich möglich. Die technischen Herausforderungen und Risiken führen zum Ausschluss.

Mit 130-jähriger Berücksichtigung des Bestandsbauwerks

*Trassenkombination GBc\_T06.9B + T05.6S*

1. **Netzwerkbogen:** Trotz üblichem Unterhaltungsaufwand, grundsätzlicher technischer Eignung und ökologischer Vorteile wird diese Variante aus gestalterischen Gründen nicht weiterverfolgt. Das Bogentragwerk stünde in Konkurrenz mit dem vorhandenen Netzwerkbogen des Bestandsbauwerks.

2. **Schrägseilbrücke:** Die Untervarianten V2S der Straße und V2B der Bahn mit jeweils zwei Pylonen im Bereich der Hauptöffnung werden für die weitere Planung empfohlen. Sie weisen einen durchschnittlichen Unterhaltungsaufwand, sowie eine durchschnittliche Wirtschaftlichkeit und Risiken auf. Überzeugen kann die der geringe Umwelteingriff, die Sicherheit gegen Schiffsanprall und insbesondere das filigrane Tragwerk, welches sich optisch vom Bestand unterscheidet und positiv hervorhebt.
3. **Bogenbrücke:** Wird nicht weiterverfolgt, da sie technische Planungsrisiken und Sicherheitsbedenken bei Schiffsanprall aufweist. Weiterhin stünde das Bogentragwerk in optischer Konkurrenz zum Bestandsbauwerk.
4. **Fachwerkbrücke:** Aus technischen Gründen, aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen und wegen des hohen Wartungsaufwands ausgeschlossen.
5. **Hängebrücke:** Wird trotz positiver Sicherheitstechnischer und gestalterischer Bewertung aufgrund der Nähe zur Bestandsbrücke, technischer Risiken, negativer wirtschaftlicher Bewertung und mangelnder Erfahrung für Eisenbahnhängebrücken nicht weiterverfolgt.

**Abschlussbewertung:** Für alle Trassenkombinationen wird die Schrägseilbrücke aufgrund ihrer technischen Eignung, Umweltfreundlichkeit und des ästhetisch ansprechenden Designs bevorzugt. Alle anderen Brückentypen werden aufgrund von praktischen Beschränkungen, wirtschaftlichen und technischen Aspekten, höheren Risiken oder Designkonflikten mit der Bestandsbrücke zurückgestellt.

### **Variantenvergleich der Stufe 1.3**

Die Ergebnisse der Variantenmatrix der Stufe 1.3 des Erläuterungsberichts der Vorplanung zeigten zunächst, dass die Variante GBc\_T06.9B+T05.6S die meisten Vorteile auf sich vereint und daher in der Rangfolge vorn zu platzieren wäre. Aufgrund der relativ geringen Flächeninanspruchnahme scheidet sie auch in Bezug auf die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung positiv ab. Allerdings zeigte sich im weiteren Verlauf der Untersuchung, dass der Gebietsschutzrechtliche Variantenvergleich, insbesondere wegen geschützter Lebensraumtypen, eine veränderte Reihenfolge der umwelttechnischen Beurteilung bewirkt.

Bewertung im Bereich Umweltrecht – Umgang mit prioritären Lebensraumtypen: Alle vorgeschlagenen Varianten erweisen sich als problematisch im Hinblick auf Natura 2000 und Artenschutz. Insbesondere betrifft dies die Beeinträchtigung prioritärer Lebensräume, unter anderem des Lebensraumtyps 2130\* (Graudünen), innerhalb des FFH-Gebiets.

Die Variante T02S+T02B weist die geringste Anzahl erheblicher Beeinträchtigungen auf und lässt den LRT 2130\* unberührt. Dies führt dazu, dass die Varianten GBc\_T02B+T02S (Rang 1) und GBa\_T02B+T02S (Rang 2) nunmehr favorisiert werden. Die Variante GBc\_T06.9B+T05.6S wird aufgrund ihrer negativen Auswirkungen auf den prioritären LRT 2130\* und einem hohen Aufkommen an kritischen Aspekten am niedrigsten eingestuft und ist somit in der Genehmigungsfähigkeit deutlich gehemmt.

Nach eingehender Bewertung und Abwägung wurden in der Folgeplanung nur noch die potenziell genehmigungsfähigen Varianten der Linie T02S+T02B in den Planungsfällen a und c weiterverfolgt und verglichen.



**Raumstrukturelle Wirkung:** Beide Varianten zeigen ähnliche räumliche Auswirkungen, wobei Planungsfall c aufgrund höheren Flächenbedarfs leicht ungünstiger erscheint, jedoch liegt der Unterschied innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Planung.

**Verkehrliche Beurteilung:** Keine Unterschiede in der verkehrlichen Effizienz der Varianten.

**Technische Belange:** Beim Vergleich der technischen Kriterien tritt Planungsfall a als überlegen hervor, vor allem bei Erdbau und Bauzeit. Hingegen führt bei Planungsfall c die Anpassung der bestehenden Dämme zu einer Verlängerung der Bauzeit, obgleich die Fertigstellungszeit für die Brückenneubauten identisch ist.

**Umweltbelange:** Unter Umweltaspekten zeigt Planungsfall a Vorteile bezüglich der Schutzgüter Mensch und Boden / Fläche. Bei den Schutzgütern Tiere, Pflanzen und Wasser sind die Auswirkungen vergleichbar, mit leichten Vorteilen für Planungsfall c bei Landschaft und deutlichen bei Kultur- und Sachgütern.

**Wirtschaftlichkeit:** Planungsfall c ist kostentechnisch günstiger, hauptsächlich durch den teilweisen Erhalt des bestehenden Bauwerks.

**Fazit:** Bei gleichgewichtiger Betrachtung der Wirkungsbereiche zeigte Planungsfall a leichte Vorteile, die sich jedoch durch spezifische Risikoabwägungen, insbesondere umweltrechtliche, zu Gunsten des Planungsfalls c verschoben.

Die Variante **GBc T02S+T02B** (Planungsfall c) wies die beste Kombination aus Vorteilhaftigkeit und Genehmigungsfähigkeit auf und wurde für den Hauptvariantenvergleich in Stufe 2 berücksichtigt. Weitere Planungsschritte versprechen zusätzliches Optimierungspotenzial, insbesondere in der Minimierung von Beeinträchtigungen am Standort Struckamp.

#### 4.5.2.3 Absenktunnel (PP3)

##### Linienunabhängige Betrachtung (Stufe 1.1)

In Stufe 1.1 wurde die Auswahl und Konfiguration der Bauweise, die räumliche Anordnung von Tunnelröhren im Bauwerk, sowie die differenzierte Unterbringung der einzelnen Verkehrsträger im konzipierten Absenktunnel untersucht. Zu diesem Zweck wurden die genannten Themen zunächst in so genannten Variantengruppen zur Findung der jeweiligen bevorzugten Themenvariante betrachtet. Ihre Kombination bildet schließlich die gleichbleibenden Randbedingungen der nachfolgenden linienabhängigen Betrachtungen.

##### 1. Variantengruppe Bauweise

- **Baumaterial:** Empfohlen wird die Verwendung von wasserundurchlässigem Stahlbeton für den Tunnel, begründet durch die Vorteile in den Bereichen Kosteneffizienz, Robustheit, Formbarkeit und einem optimalen Gewichts-/Auftriebsverhältnis.
- **Fertigungsprozess:** Die Fertigung der Tunnelabschnitte erfolgt in ca. 200 m langen Elementen, die in 25 m langen Segmenten innerhalb eines Trockendocks hergestellt werden. Diese Segmentbauweise ermöglicht ein ungestörtes Schwinden der Einzelsegmente während des Aushärtungsprozesses, um Rissbildung zu vermeiden. Somit kann auf eine zusätzliche außenliegende Abdichtung verzichtet werden.

## 2. Variantengruppe Anordnung der Röhren im Bauwerk, äußere Geometrie

- **Rechteck vs. Rund/Eiförmig:** Die Untersuchung legt eine Rechteckform der Tunnelröhren nahe, da diese im Gegensatz zu runden oder eiförmigen Tunnelquerschnitten stabilere Schwimmeigenschaften während der Installation bieten und einfacher in Bettung und Wiederverfüllung sind.
- **Vorteile von Rechtecktunneln:** Neben einfacherer Bauweise führt die Anordnung der Tunnelröhren nebeneinander zu geringerem Aushub und Flächenverbrauch im Vergleich zu einer übereinanderliegenden Konfiguration sowie zu einer stabileren Struktur während des Einschwimmvorgangs.

## 3. Variantengruppe nach Verkehrsträgern getrennte Tunnel

- **Kombinierter Tunnel für alle Verkehrsträger:** Es wird empfohlen, alle Verkehrsträger in einem Tunnel zu führen, **um** den geringsten Gesamtaufwand zu erzielen. Dies reduziert unter anderem den Flächenverbrauch und den Verkehrseinschnitt.
- **Zwei oder drei separate Tunnel:** Die Aufteilung in zwei oder drei separate Tunnel wird aufgrund dem erhöhten Materialaufwands, höherer Kosten und eines größeren Flächenverbrauches nicht empfohlen.

## 4. Variantengruppe Querschnittsgestaltung der Bahn

- **Optimierung des Querschnittes:** Die Tunnelröhren sollten unter Einhaltung der erforderlichen Sicherheits- und Betriebsparameter möglichst klein gehalten werden, ohne dabei die gesetzlichen Mindestanforderungen zu unterschreiten.
- **Vorzugsvariante:** Variante 3 bzw. 3a wurde unter Berücksichtigung der Einhaltung der Regelabstände und anderer Kriterien als optimaler designierter Querschnitt ausgewählt, wobei weitere Untersuchungen zum Thema Mikrodruckwellen und deren Auswirkung auf den Druckkomfort notwendig sind.

## 5. Variantengruppe Langsamverkehr, Fußgänger und Radfahrer, Shuttle-Verkehr

- **Verkehrsführung im Tunnel:** Fußgänger und Radfahrer sollen gemeinsam mit dem langsamen Verkehr in einer Röhre geführt werden, um den zusätzlichen Aufwand für einen separaten Tunnel **zu** vermeiden und die Verkehrssicherheit zu gewährleisten.

## 6. Variantengruppe Querschnittsgestaltung der Tunnelröhre für den Langsamverkehr (LaV)

- **Querschnittsgestaltung:** Der **Tunnelquerschnitt** für den kombinierten Langsamverkehr soll gemäß der RABT 2016 für Gegenverkehrsbetrieb mit Seitenstreifen konzipiert werden.

## 7. Variantengruppe Anordnung der Verkehrsträger im Tunnel von West nach Ost

- Es wird eine parallele Anordnung vorgeschlagen, die sich an den Randbedingungen und der Anordnung der **Verkehrsträger** an Land orientiert und operative Anforderungen sowie die Notentfluchtung berücksichtigt.

## 8. Variantengruppe Tunnel Tiefenlage

- **Planungskriterien:** Die Höhenposition des Absenktunnels richtet sich primär nach den maritimen Durchfahrtshöhen und minimalen Schutzschichten zur Verankerungssicherheit gemäß den Anforderungen des Wasser- und Schifffahrtsamtes **Lübeck**

(Oberkante Deckschicht bei max. -7,00 mNHN im Bereich der Schifffahrtsrinne). Ökologische Aspekte sowie Strömungs- und Sedimentverhältnisse beeinflussen ebenfalls die Tiefe.

- **Trassenstudie:** Die umfassenden Analysen zu den Auswirkungen der Tunnelkonstruktion auf Hydraulik und Sedimenttransport wurden unter Variation von Tunneltrassen und Tiefen durchgeführt. Die Definitionen und Annahmen für die betrachteten Trassen und Tiefenniveaus orientieren sich an der bestehenden Bathymetrie und der Positionierung der Schifffahrtswege, um optimale Gradienten unter Minimierung externer Effekte und Baukosten zu ermitteln.
- **Auswirkungsanalyse:** Die bauzeitlichen und langfristigen Auswirkungen der unterschiedlichen Tiefenvarianten auf die Küstenmorphologie, das Wellenregime und die Sedimentdynamik wurden analysiert. Es wurden Vorschläge und Anforderungen bezüglich des Umgangs mit Veränderungen des Wellenklimas, der Gefahr der Versandung und der Notwendigkeit, Eingriffe in das vorhandene Meeresökosystem zu minimieren, formuliert.
- **Festlegung von Tiefanlage und baulichen Maßnahmen:** Die endgültige Festlegung berücksichtigt die technisch sinnvollste Tiefenlage unter Beachtung von Navigationserfordernissen und den Schutz der maritimen Umwelt. Dabei sollen die strukturellen Maßnahmen so ausgeführt werden, dass keine Nachteile für die Küstenabschnitte entstehen und die natürlichen Prozesse möglichst wenig beeinträchtigt werden. Der definitive Verlauf der Gradienten wird festgelegt, um kosteneffektive, umweltverträgliche und funktionell geeignete Bauausführungen zu ermöglichen.

## 9. Variantengruppe Tunnelgrabenverfüllung

### Optionen mit Folgen

- **Keine Nachverfüllung:** Unverändert bleibt die obere Tunnel-Ankerschutzschicht sichtbar. Höhenunterschiede bis zu mehreren Metern sind **in** Uferbereichen möglich, ökologische Durchgängigkeit fehlt, doch hydrodynamische Effekte sind vernachlässigbar. Natürliche Versandung und Auffüllung ist zu erwarten.
- **Vollständige Nachverfüllung:** Erneute Abdeckung mit **natürlichem** Sediment bis zur Ursprungshöhe, wodurch der ursprüngliche Zustand fast erreicht und ökologische Durchgängigkeit im Uferbereich hergestellt wird.
- **Teilverfüllung:** Nachfüllung nur in ökologisch sensiblen **Uferzonen**, während im Tunneltiefpunkt keine ebene Fläche erforderlich ist. Empfehlung für partielle Auffüllung mit natürlichem Sediment in gefährdeten Uferbereichen.

Die weitere Planung berücksichtigt eine selektive Wiederauffüllung des Tunnels nur in ökologisch sensiblen Uferbereichen mit natürlichem, lokal gewonnenem Sediment bis zur ursprünglichen Meeressohle. Im übrigen Bereich bleibt die Ankerschutzschicht sichtbar.

## 10. Variantengruppe Hochwasserschutz

- **Bemessungsgrundlagen:** Für den Tunnel auf der Festlandseite geben länderspezifische Wasserstände HW100 und HW200 die Hochwasserwerte mit +2,10 m und +2,20 m an; für Insel Fehmarn sind es rund +2,20 m **und** +2,30 m. Als Klimazuschlag werden +0,9 m angesetzt, basierend auf Prognosen bis 2100.

- **Bemessungswerte:** Für den dauerhaften Betriebszustand des Tunnels wird ein Bemessungswert von +4,0 mNHN empfohlen, einschließlich eines Klimazuschlags und eines Zuschlags für Wellenüberlauf. Für die **bauzeitliche** Absicherung wird ein Schutzniveau von +3,5 mNHN empfohlen.

## 11. Variantengruppe Betriebliche Steuerung

- Die Tunnelsteuerung kann entweder zentral von einer externen Leitzentrale oder direkt am Tunnel erfolgen. **Sicherheitseinrichtungen** für Straße und Bahn müssen unabhängig voneinander geplant werden. Empfohlen wird die Nutzung existierender Leitzentralen, mit strikter Trennung der Zuständigkeiten von Straßen- und Bahnbetreibern. Betriebsgebäude mit technischer Ausrüstung und weiteren Funktionsräumen sind an beiden Tunnelportalen vorgesehen.

## 12. Variantengruppe Bodenmanagement:

- Aufgrund der zu diesem Planungszeitpunkt ungeklärten zeitlichen und räumlichen Verfügbarkeit von Bodenzwischenlagern und der technischen wie auch abfallrechtlichen Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials, sieht die Planung vor, ausgehobenes Erdmaterial extern zu deponieren und benötigtes Bodenmaterial von extern zu beziehen. Dies entspricht zugleich der potenziellen maximalen Auswirkungen auf die Umwelt. Ein optimiertes Bodenmanagement mit Zwischenlagerung und Wiederverwendung eines Teilaushubs könnte die Situation verbessern. Bei den Bauarbeiten sind rund 3,7 Mio. m<sup>3</sup> im Nassbaggerverfahren für den Absenkgraben und das Trockendock zu bewegen. Zusätzlich fallen 1,1 Mio. m<sup>3</sup> Trockenaushub für Baugruben der Landanlagen und ca. 0,3 Mio. m<sup>3</sup> beim Teilrückbau des Bestandsdamms an.
- Für den Tunnelbau fallen hauptsächlich bindige Böden wie Mergel und Ton (4,8 Mio. m<sup>3</sup>) sowie Sande bei der Küste Fehmarns (0,5 Mio. m<sup>3</sup>) an. Der überwiegende Teil des Bodenaushubs, gewonnen durch Nassbaggerei (3,7 Mio. m<sup>3</sup>), ist bindig und nicht wiedereinbaufähig, sodass er in Meeresablagerungen verbracht werden muss. Sande (0,5 Mio. m<sup>3</sup>) können dagegen wiederverwendet werden. Geeignete Zwischenlagerflächen nahe der Tunnelportale, überwiegend auf Fehmarn, könnten diese Prozesse erleichtern. Bindige Böden sind schwer zu verdichten, eignen sich aber, wegen ihrer nahezu kompletten Wasserundurchlässigkeit, für den Einbau im Küstenbereich und zur Verwendung in Schutzdämmen. Die sandigen Böden sind für die Verfüllung auf der Festlandseite des Tunnels vorgesehen.
- Die erforderlichen Sandmengen für die Tunnelgraben-Verfüllung müssen vornehmlich aus marinen Quellen bezogen werden. Ein effektives Bodenmanagement verspricht erhebliche Kosteneinsparungen (z. B. etwa 70 Millionen Euro bei der Variante ATa\_T06.3BS) gegenüber einer Strategie ohne Wiederverwendung von Erdmaterial. Diese potenziellen Einsparungen sind in der Kostenschätzung und Umweltbilanz noch nicht berücksichtigt.

## 13. Variantengruppe Technische Ausrüstung Straßentunnel

- Die technische Ausrüstung von Straßentunneln für die Fehmarnsundquerung basiert auf den Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT, Entwurf 2016). Die Planung im Planfall a sieht drei separate Tunnelröhren für überregionalen Verkehr (Bundesfernstraße B 207) mit jeweils eigenem Richtungsverkehr, sowie für kombinierten Verkehr aus Radfahrern, Fußgängern und regionalen, langsameren Fahrzeugen mit Gegenverkehr vor.

Wichtige Elemente der technischen Ausstattung, mit Einfluss auf den Tunnelquerschnitt oder weitere bauliche Anlagen, umfassen unter anderem:

- **Tunnelhöhe/ Höhenkontrolle:** Röhren für Straßenverkehr benötigen eine lichte Höhe von 4,85 m. Empfohlen wird, auf Höhenkontrollen zu verzichten und die lichte Höhe um 30 cm auf mindestens 5,15 m zu erhöhen.
- **Notausgänge und Rettungswege:** Notausgänge sind in Abständen von  $\leq 300$  m und Rettungsüberfahrten alle 1.200 m vorgesehen. Die Maße der Notausgänge und -wege sowie die der Rettungsüberfahrten erfolgen gemäß RABT 2016.
- **Notrufstationen:** Im Tunnel sind Notrufräumen, in spezifischen Abständen, in begehbarer Form mit Türen, einzurichten.
- **Löschwasserversorgung und Speicherbecken:** Löschwasser muss innerhalb von 5 Minuten nach Alarmierung verfügbar sein. Nach Abstimmung erfolgt die Versorgung über Speicherbecken von jeweils 72 m<sup>3</sup>.
- **Rampen- und Tunnelentwässerung:** Zufließendes Wasser ist getrennt vom Tunnel zu erfassen und in Rückhaltebecken zu leiten. Tunnelentwässerung erfolgt über Schlitzrinnen.
- **Tunnellüftung:** Eine Lüftung erfolgt gemäß RABT und Lüftungsgutachten, unter Berücksichtigung von Verkehrsaufkommen und Tunnellänge. Im Bedarfsfall werden individuell richtungsgesteuerte Strahlventilatoren im Nischenbereich unter der Tunneldecke berücksichtigt.
- **Lüftungstrennwände:** Diese verhindern Lüftungskurzschlüsse und werden an den Tunnelportalen errichtet.
- **Tunneleinbauten und Versorgungsleitungen:** Transporthilfen wie Rollpaletten für Rettungs- und Bergungsgeräte sowie Verletzte müssen vorhanden sein. Versorgungsleitungen werden in Galerien platziert, die sich über den Fluchtwegen befinden.
- **Oberleitung:** Speise-, Verstärkungs- und Umgehungsleitungen der Oberleitung werden im Tunnel separat und an eigenen Stützpunkten geführt.

Die technischen Lösungen werden wie beschrieben ausgeführt. Der jeweiligen Auswahl lag ein Variantenvergleich zugrunde, sofern die Lösung sich nicht direkt aus der Richtlinie ergibt.

#### 14. Variantengruppe Bauablauf und Herstellung der Tunnelelemente

Die Absenktunnelelemente mit maßgeblichen Abmessungen von bis zu 63,4 m Breite, 9,67 m Höhe und 223 m Länge werden in einem dafür vorgesehenen Trockendock gefertigt, welches in der festlandseitigen, künftigen Trog- und Tunneltrasse zu errichten ist. Die Position des Trockendocks minimiert den notwendigen zusätzlichen Aushub. Die Möglichkeit, existierende Docks zu nutzen, wurde geprüft, jedoch durch die Dimensionen der Elemente und unsichere Verfügbarkeit verworfen. Umweltfachliche Erwägungen präferieren die Errichtung des Trockendocks vor Ort, anstatt einen andernfalls erforderlichen Zufahrtsgraben innerhalb des FFH-Gebiets im Meeresboden auszuheben, trotz der damit verbundenen Bau- und Baggerkosten.



Das Trockendock wird landseitig im Küstenbereich Großenbrode konzipiert, um zwei Tunnelelemente simultan zu fertigen, mit inneren Maßen von ca. 450 bis 500 m Länge, ca. 80 bis 100 m Breite und ca. 14 m Tiefe gegenüber dem bauzeitlichen Hochwasserschutz von NHN+3,50 mNHN. Die Böschungen und konstruktiven Maßnahmen befinden sich vorwiegend in undurchlässigen Böden.

Der wasserseitige Dockabschluss besteht aus einem Fangedamm mit zwei Spundwänden, welcher nach der Herstellung zweier Tunnelelemente entfernt und nach deren Ausschwimmen wieder hergestellt wird. Nach Fertigung der Tunnelelemente im Trockendock dient dieses als Baugrube für den Tunnel in offener Bauweise. Der Bauablauf ist für alle Trassenvarianten gleich, mit Herstellung des Trockendocks, der Landanlagen, des Absenkgrabens, dem Ausschwimmen der Tunnelelemente und der Verkehrsanlagen. Es folgt die Endmontage und technische Ausstattung des Tunnels, bevor die Brücke je nach Planfall abgerissen, ertüchtigt oder saniert wird.

In jeder Untersuchungsgruppe wurden Aspekte wie Wirtschaftlichkeit, Sicherheit, Umweltverträglichkeit und Funktionalität eingehend geprüft und sind dementsprechend in den vorgeschlagenen Plänen reflektiert.

### **Linienabhängige Betrachtung (Stufe 1.2)**

Eine linienabhängige Betrachtung der Bauwerksvarianten entfällt. Sämtliche Bauwerksvarianten der Stufe 1.1 sind linienunabhängig. Weitere Informationen zu Stufe 1.2 finden sich auch in Abschnitt 4.2.

### **Variantenvergleich der Stufe 1.3**

Die Auswertung der Variantenmatrix zeigt, dass unter Berücksichtigung aller Wirkungsbereiche die Variante ATc\_T06.3BS (Planungsfall c) die vorteilhafteste ist. Diese Variante belegt mit Ausnahme der raumstrukturellen Wirkungen durchgängig den ersten Rang.

Bei den anvisierten Trassenführungen sind die Auswirkungen auf der Festlandseite unter der Prämisse der Vermeidung des prioritären Lebensraumtyps LRT 2130\* (Graudüne) für alle Varianten weitgehend identisch, wohingegen sich die trassenspezifischen Effekte auf der Inselfseite signifikant unterscheiden. Hier verläuft die Variante ATa\_T05BS westlich von Struckkamp, ATa\_T02BS berührt den Ort am östlichen Rand und ATc\_T06.3BS wird östlich von Struckkamp geführt und anschließend schnellstmöglich in die bestehende Straße integriert.

**Raumstrukturelle Wirkung:** Die Variante ATa\_T02BS erzeugt die geringsten negativen raumstrukturellen Auswirkungen. Diese Variante beeinträchtigt zwar fünf Wohngebäude innerhalb der Anbaubeschränkungszone, hat aber die niedrigste Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Flächen und keine Auswirkung auf Gewerbeflächen. Die Variante ATc\_T06.3BS, auf Rang 2, und die Varianten ATa\_T06.3BS und ATb\_T06.3BS haben keine Auswirkungen auf Siedlungsgebiete und sind vergleichbar bei der Länge und Dauer von Straßenverlegungen.

Die ATa\_T05BS nimmt am meisten Siedlungs- und landwirtschaftliche Flächen in Anspruch, hat jedoch die kürzeste Dauer von Straßenverlegungen. In der Kategorie Industrie und Gewerbe ist die ATa\_T06.3BS negativ hervorzuheben, sie benötigt die größte Fläche, während die ATa\_T02BS und ATa\_T05BS keine Flächen beanspruchen. Im Bereich Ver- und Entsorgung verlangen die ATa\_T02BS und ATa\_T05BS die wenigsten Abbrüche. Schließlich erweist sich die ATa\_T05BS als am ungünstigsten in Bezug auf die dauerhafte Inanspruchnahme von Flächen Dritter, während die ATc\_T06.3BS hier am besten abschneidet.

**Verkehrliche Beurteilung:** Die Varianten ATb\_T06.3BS und ATc\_T06.3BS erzeugen die geringste baubedingte Einschränkung der Streckenkapazität.

**Technische Belange:** Die Varianten ATa\_T06.3BS und ATc\_T06.3BS weisen aufgrund der geringsten Trassenlängen für Schiene und Straße die insgesamt beste Bewertung auf, knapp gefolgt von der Variante ATa\_T02BS. Diese benötigt eine deutlich kürzere Neubaulänge für das nachgeordnete Wegenetz. Die Varianten der Linie T06.3BS besitzen dagegen die Trassenlängen für Schiene und Straße. Der Massenüberschuss im Planfall c ist erwartungsgemäß am geringsten. Die marine Verkehrssicherheit profitiert hingegen in den Varianten des Planungsfalls a durch den Wegfall des Bestandsbauwerks, auch die bauzeitlichen Auswirkungen sind für die Varianten des Planungsfalls a am kürzesten.

**Umweltbelange:** Die Variante ATc\_T06.3BS erreicht den höchsten Gesamtrang im Bereich Umweltbelange, bedeutet die geringsten umweltbezogenen Beeinträchtigungen. Die Varianten ATa\_T02BS und ATa\_T06.3BS folgen auf den Rängen 2 und 3 mit einigem Abstand. Im Detail besticht ATc\_T06.3BS durch minimale visuelle und akustische Störungen und geringste Flächenverluste. Sie stellt die niedrigste Beeinträchtigung von Lebensräumen für Vögel und Fledermäuse, für Fisch- und Meeressäugerpopulationen sowie für die benthische und planktische Flora und Fauna sicher. Weiterhin verursacht sie die geringsten baubedingten Veränderungen der Hydrographie und Sedimentation, minimiert temporäre Verluste von Landschaften, Küstenstreifen und Boden sowie anlagenbedingte Verluste des Meeresbodens. Zudem ermöglicht sie den Erhalt der Fehmarnsundbrücke.

**Wirtschaftlichkeit:** Im Bereich der Wirtschaftlichkeit sticht ATc\_T06.3BS hervor, mit Investmentkosten, die rund 13 % unter denen der nächstfolgenden Variante ATa\_T06.3BS liegen. Der Fokus liegt auf Investitions- und Lebenszykluskosten, wobei die Betriebskosten erst in späteren Vergleichsstufen beachtet werden.

**Fazit:** Schlussfolgernd erweist sich ATc\_T06.3BS, bei gleichwertiger wie auch gewichteter Betrachtung aller Bewertungskriterien als überlegen gegenüber ATa\_T02BS und ATa\_T06.3BS. Die Variante **ATc T06.3BS** wurde demnach für die nächste Planungsphase empfohlen.

#### 4.5.2.4 Bohrtunnel (PP4)

##### Linienunabhängige Betrachtung (Stufe 1.1)

###### Tunnelquerschnitte

Bei der Untersuchung von Bohrtunnelquerschnitten werden verschiedene Konfigurationen hinsichtlich der Anordnung von Verkehrsträgern betrachtet. Analysiert werden Optionen für Einzelverkehrsmittel wie Bahn oder Straße sowie kombinierte Layouts. Mögliche Anordnungen schließen horizontale und vertikale Ausrichtungen ein, wobei auch sicherheitstechnische und bauliche Aspekte berücksichtigt werden. Insbesondere sollen Lösungen geschaffen werden, die auf Querschläge verzichten können, indem innerhalb des Tunnels Fluchtwege vorgesehen sind. Innerhalb der Bohrtunnelquerschnitte wird unterschieden zwischen:

- Bahntunnel (z. B. QB01Bo für **Q**uerschnitt **B**ahn, ein Gleis pro Röhre, **B**ohrtunnel)
- Straßentunnel (z. B. QS01Bo für **Q**uerschnitt **S**traße, eine Fahrbahn je Röhre, **B**ohrtunnel)
- Querschnittskombination für mehrröhrigen Bahn-Straße-Tunnel (QBS01Bo für **Q**uerschnitt **B**ahn+**S**traße, **B**ohrtunnel; zusammengesetzt aus den Einzelröhrenquerschnitten für Bahn und Straße).

Die mittige Zahl ist die Querschnitts-ID des Tunnelquerschnitts bzw. der Querschnittskombination.

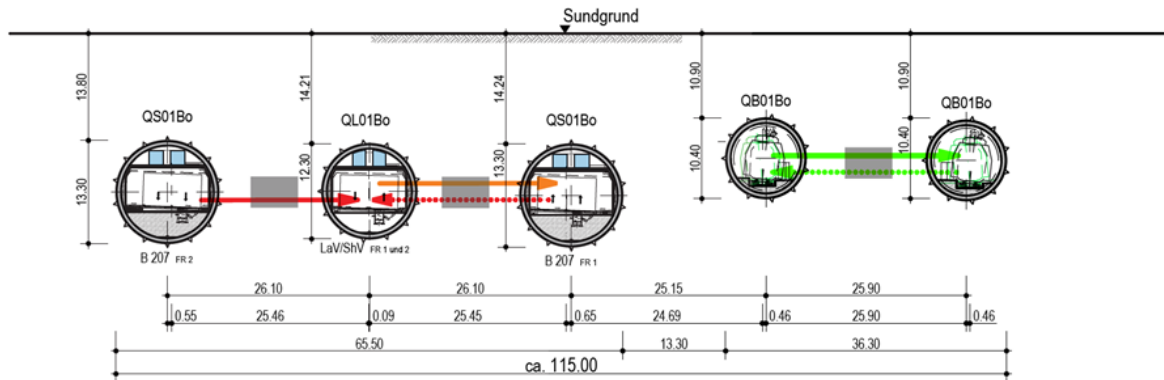


Abbildung 4-16: Beispielhafte Anordnung der Einzelquerschnitte der Tunnelröhren für Straße Langsamverkehr und Bahn in der Querschnittskombination QBS11Bo, der langsame Verkehr befindet sich mittig zwischen den Röhren der B 207

Bei der Untersuchung der Bohrtunnelquerschnitte für verschiedene Verkehrsträger werden insgesamt 21 Varianten zur grundsätzlichen Anordnung entwickelt. Diese Varianten umfassen ausschließlich Bahntunnel, Straßentunnel sowie Kombinationslösungen von Bahn- und Straßentunneln.

Die Querschnittsgestaltung erfolgt im Hinblick auf Rettungskonzepte und eine platzsparende Einrichtung technischer Anlagen. Bei der Realisierung der Querschnitte werden bergmännische Verfahren und Spezialtiefbauverfahren herangezogen, um eine sichere Verbindung zwischen den Röhren zu gewährleisten. In der Gesamtbetrachtung werden für die verschiedenen Bohrtunnelquerschnitte Parameter wie Innendurchmesser, Tübbingstärken und Ringspaltbreiten festgelegt.

### Linienabhängige Betrachtung (Stufe 1.2)

Die linienabhängige Variantenuntersuchung (Stufe 1.2) befasst sich mit einer Bewertung verschiedener Querschnittskombinationen im Zusammenhang mit präferierten Trassenkombinationen für verschiedene Planungsfälle. Die Anordnung des langsam fahrenden, nicht autobahnfähigen Verkehrs (LaV) wird als einzige Variantengruppe näher betrachtet:

#### Planungsfall a

- **BTa\_T03B+T02S:** Die Querschnittskombination QBS13Bo\_SB wird gegenüber QBS12Bo\_SB bevorzugt. Sie bietet raumstrukturelle und verkehrliche Vorteile, da sie den "Schleichverkehr" vermeidet und weniger landwirtschaftliche Nutzfläche beansprucht. Umwelttechnisch ist QBS13Bo\_SB günstiger, da sie weniger Verkehrslärm am Kurheim verursacht und weiter von Struckamp's Bebauung entfernt liegt.
- **BTa\_T03B+T03.1S:** QBS13Bo\_SB wird auch hier als bevorzugte Querschnittskombination für die Trassenkombination in der Vorplanungstiefe weiterverfolgt.
- **BTa\_T04B+T02S:** Ebenfalls wird QBS13Bo\_SB als Vorzugsquerschnittskombination gewählt, basierend auf ähnlichen Kriterien wie bei T03B+T02S.

#### Planungsfall b

- **BTb\_T03B+T02S:** Hier sind die Querschnittskombinationen QBS51Bo\_SB und QBS53Bo\_SB in Betracht gezogen. QBS53Bo\_SB wird bevorzugt, da sie keine Kreuzungsbereiche benötigt, was zu kürzeren Trog- und Tunnelstrecken sowie geringerer Flächeninanspruchnahme führt.

#### Planungsfall c

- **BTc\_T03B+T03.1S:** Für diesen Fall ist nur die Querschnittskombination QBS16Bo\_SB realisierbar.

### **Variantenvergleich der Stufe 1.3**

Im qualifizierten Vergleich der fünf untersuchten Trassenvarianten zeichnet sich die Variante BTc\_T03B+T03.1S durch die größten Vorteile über alle relevanten Wirkungsbereiche hinweg aus. Es folgen die Varianten BTa\_T04B+T02S und BTa\_T03B+T03.1S, die nahezu gleichauf liegen, jedoch mit deutlichem Abstand zur präferierten Variante. Die Variante BTc\_T03B+T03.1S bietet insbesondere in den Bereichen der raumstrukturellen Wirkungen und Umweltbelange erheblichen Mehrwert gegenüber den anderen Varianten.

**Raumstrukturelle Wirkungen:** Im spezifischen Bereich der raumstrukturellen Wirkungen übertrifft die Variante BTb\_T03B+T02S die übrigen Varianten. Sie besticht durch die geringste dauerhafte und vorübergehende Flächeninanspruchnahme Dritter und einer nicht notwendigen bauzeitlichen Verlegung von Straßen. Die Variationen BTa\_T04B+T02S und BTa\_T03B+T03.1S folgen auf den nachgelagerten Plätzen.

**Verkehrliche Beurteilung:** In der verkehrlichen Beurteilung zeigt sich, dass trotz marginaler Verzögerungen aufgrund von Betriebsbeschränkungen nach Inbetriebnahme, die im Dezember 2028 vorgesehen ist, die Unterschiede zwischen den Varianten bei genauerer Betrachtung vernachlässigbar sind.

**Technische Belange:** Bei der Bewertung der technischen Belange erweist sich die Variante BTa\_T03B+T02S als überlegen, wobei sie insbesondere in Bezug auf die Summe der Trassenlänge sowohl bei Schiene als auch bei Straße und die begrenzten bauzeitlichen Auswirkungen auf die Schifffahrt mit der kürzesten voraussichtlichen Bauzeit von 128 Monaten hervorsteht. Zudem ermöglicht diese Variante eine Reduktion der festen Hindernisse in der Fahrrinne des Sundes durch den Entfall des Bestandsbauwerks und zeigt in der Kategorie des Neueinbaus von Bodenmassen niedrige Werte auf. Im Hinblick auf betriebs- und baubedingte Indikatoren einschließlich der Fremdrettung mittels Luftrettung gilt sie als vergleichsweise vorteilhaft, lediglich übertroffen von BTc\_T03B+T03.1S in Bezug auf fehlende bauzeitliche Einschränkungen für die Schifffahrt.

**Umweltbelange:** Unter ökologischen Gesichtspunkten ist ebenfalls die Variante BTc\_T03B+T03.1S hervorzuheben, die insbesondere beim Schutz von Tieren und Pflanzen, sowie Kultur- und Sachgütern wesentliche Vorteile bietet. Die reduzierte Flächeninanspruchnahme, getrieben durch die Weiterverwendung bestehender Baustrukturen und deren Bewahrung als denkmalgeschützte Objekte, unterstreicht die Umweltverträglichkeit dieser Variante. Die Variante BTa\_T03B+T03.1S folgt knapp auf dem zweiten Platz. Die übrigen Varianten liegen mit bedeutend höheren relativen Abständen zurück.

Hinsichtlich des Schutzguts Mensch dominiert die Variante BTc\_T03B+T03.1S beim Minimieren von Wohn- und Siedungsverlusten sowie von Beeinträchtigungen durch Lärm. Ebenso ist sie führend beim Schutz von Vogelbrutgebieten und der Vermeidung von Beeinträchtigungen von Amphibienlebensräumen sowie im Erhalt der biologischen Vielfalt.

Die umweltrelevanten Faktoren wie Oberflächengewässer, Hydrographie und Sedimente, Landschaftsbild und Bodenqualität werden durch die Variante BTc\_T03B+T03.1S am wenigsten negativ beeinflusst. Auch der Erhalt der Fehmarnsundbrücke, ein wichtiger Aspekt des Kulturgutschutzes, ist bei dieser Option gewährleistet.

**Wirtschaftlichkeit:** Ökonomisch betrachtet zeigt sich die Variante BTc\_T03B+T03.1S als die kosteneffizienteste Option, mit geschätzten Investitionskosten, die 12 bis 19 Prozent unter denen anderer Varianten liegen. Dies ist insbesondere der teilweisen Fortführung existierender Konstruktionen für den Bahnverkehr zu verdanken.

**Fazit:** In einer ganzheitlichen Betrachtung über alle Wirkungsbereiche und bewerteten Risiken hinweg erweist sich die Variante BTc\_T03B+T03.1S als die bevorzugte Wahl. Signifikant ist hierbei, dass diese Option keine roten Ampel-Aspekte aufweist, was sie frei von Genehmigungshindernissen macht.

Aufgrund der dargelegten Überlegenheit in den wesentlichen Bewertungskriterien und der Abwesenheit jeglicher Genehmigungshürden wurde die Variante **BTc T03B+T03.1S** zur Weiterverfolgung in die Stufe 2 des Variantenvergleichs übernommen.

## 4.6 Stufe 2 – Hauptvariantenvergleich

### 4.6.1 Kombinationsuntersuchung

Entsprechend der Ergebnisse aus der Stufe 1.3 des Variantenvergleichs werden in der Stufe 2 die folgenden vier Vorzugsvarianten weiter geprüft: für die kombinierte Brücke KBc\_T03.2BS, für die getrennten Brücken GBc\_T02S+T02B, für den Absenktunnel ATc\_T06.3BS und für den Bohrtunnel BTc\_T03B+T03.1S. Alle Varianten basieren auf dem Planungsfall c, der die Teilweaternutzung des Bestandsbauwerks über den Fehmarnsund für den LaV sowie den Geh- und Radweg vorsieht, wobei das Bestandsbauwerk für eine Nutzungsdauer von weiteren 130 Jahren ertüchtigt wird. Die Planungstiefe entspricht weiterhin der Vorplanungsstufe 1.3.

Im Vorfeld des Hauptvariantenvergleichs wurden zusätzlich zu den Vorzugsvarianten gemäß den Vorgaben des Scoping-Termins weitere Varianten geprüft. Dabei wurden Kombinationsvarianten aus den Lösungsansätzen Absenktunnel, Bohrtunnel und getrennte Brücken entwickelt, um mögliche Vorteile gegenüber den Vorzugsvarianten aus Stufe 1.3 zu identifizieren. Ergänzend wurde eine vereinfachte Plausibilitätsprüfung durchgeführt, um zu bewerten, ob durch die Kombination von Linien aus der Stufe 0 Varianten mit deutlichen Vorteilen entstehen könnten.

Im Ergebnis zeigten die zusätzlichen und die Kombinationsvarianten jedoch keine wesentlichen Vorteile gegenüber den Vorzugsvarianten und wurden daher nicht in den Hauptvariantenvergleich einbezogen. Im Einzelnen:



#### 4.6.1.1 Kombinationsvarianten

Das Abwägungsgebot verpflichtet die Vorhabenträger, alle ernsthaft in Betracht kommenden Varianten unter fachlichen und rechtlichen Gesichtspunkten zu prüfen. Vor diesem Hintergrund wurden in der Stufe 2 des Variantenvergleichs zusätzlich Kombinationsvarianten aus den Lösungsansätzen der Stufe 1.3 untersucht. Dabei handelte es sich um folgende Kombinationen:

- Absenktunnel für Straße und Brücke für Schiene
- Absenktunnel für Schiene und Brücke für Straße
- Bohrtunnel für Straße und Brücke für Schiene
- Bohrtunnel für Schiene und Brücke für Straße.

Die Entwicklung dieser Varianten erfolgte auf Grundlage der in Stufe 1.3 betrachteten Trassenführungen sowie der dort verwendeten Bewertungskriterien. Im Rahmen der Prüfung wurden technische Machbarkeit, Vor- und Nachteile sowie Konfliktpunkte berücksichtigt.

Technische und wirtschaftliche Einschränkungen führten dazu, dass bestimmte Kombinationsvarianten bereits frühzeitig ausgeschlossen wurden. Varianten, bei denen Brückenpfeiler in der Nähe von Bohrtunneln angeordnet werden müssten, wurden aufgrund fehlender technischer Realisierbarkeit ausgeschlossen. Ebenso erwiesen sich Varianten, bei denen sich Trassen über den Fehmarnsund kreuzen, als unwirtschaftlich, da hierfür Brücken mit sehr großen Spannweiten erforderlich wären, die nicht nur hohe Kosten verursachen, sondern auch das Bündelungsgebot verletzen.

Bestandsnahe Trassenlagen wurden aufgrund umweltfachlicher und rechtlicher Aspekte, insbesondere im Zusammenhang mit den „Rote-Ampel-Sachverhalten“ (s.o. unter Abschnitt 4.3.4.5), als eindeutig nachteilig eingestuft.

In der Bewertung hinsichtlich Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit schnitten Varianten, die nicht dem Planungsfall c entsprechen, ebenfalls negativ ab. Der Planungsfall c sieht die Teilweaternutzung des Bestandsbauwerks für den lokalen Verkehr sowie für Geh- und Radwege vor und erwies sich im Vergleich als vorteilhafter.

Auch spezifische Kombinationsvarianten, wie beispielsweise eine Kombination aus Absenktunnel und Brücke, konnten keine signifikanten Vorteile gegenüber einer reinen Absenktunnellösung aufweisen. Zwar verbinden diese Varianten die Vorteile eines Absenktunnels, sie tragen jedoch auch die Nachteile eines Brückenneubaus. Zusätzlich ergeben sich bautechnische Herausforderungen, da die beiden Trassen aufgrund ihrer Nähe zueinander gemeinsam errichtet werden müssten. Dies würde eine zeitgleiche Fertigstellung mit der Fehmarnbeltquerung unmöglich machen und somit eine zentrale Vorgabe der Planung verletzen.

#### 4.6.1.2 Ergebnis

Die untersuchten Kombinationsvarianten bieten weder wirtschaftlich noch ökologisch Vorteile gegenüber den Vorzugsvarianten. Bohrtunnel und Kombinationen aus Absenktunnel und Brücke erweisen sich als technisch, wirtschaftlich und ökologisch nachteilig.

#### Zusammenfassung der Ergebnisse

- der Planungsfall c ist wirtschaftlich und ökologisch günstiger als die Planungsfälle a und b

- reine Tunnellösungen sind umweltfreundlicher als Kombinationen mit Brücken
- Kombinationen mit Bohrtunneln sind unwirtschaftlich
- Kombinationen aus Absenktunnel und Brücke bieten keine Vorteile gegenüber einer reinen Absenktunnellösung.

Somit drängt sich keine der untersuchten Kombinationsvarianten zur weiteren Betrachtung in der Stufe 2 des Hauptvariantenvergleichs auf.

Zusätzliche Varianten aus den Planungsfällen a und b boten keine Vorteile gegenüber den Vorzugsvarianten der Stufe 1.3 und wurden daher nicht in Stufe 2 übernommen

#### **4.6.2 Vergleich der Vorzugsvarianten**

##### **4.6.2.1 Untervarianten im Planungsfall b**

Im Planungsfall b wird vorgeschlagen, eine Richtungsfahrbahn der vierspurigen B 207 sowie den Geh- und Radweg über die bestehende Fehmarnsundbrücke zu führen. Das Bauwerk soll dafür ertüchtigt und etwa 30 Jahre weiter genutzt werden (Baustufe 1). Anschließend ist ein Ersatzneubau in neuer Lage für die zweite Richtungsfahrbahn vorgesehen, gefolgt vom Abbruch des Bestandsbauwerks (Baustufe 2).

##### **Untervariante b-01**

Die Untervariante b-01 beschreibt dieses Konzept ohne Vorhaltungsmaßnahmen, wobei Neubauten für Schiene, LaV und eine Richtungsfahrbahn (RiFa) westlich oder östlich des Bestandsbauwerks ergänzt werden.

- Errichtung Neubauten für Schiene, LaV und eine RiFa der B 207 westlich und/oder östlich des Bestandsbauwerkes als kombinierte Brücke oder mit getrennten Brücken
- Ertüchtigung Bestandsbauwerk für eine RiFa der B 207
- Betrieb Bestandsbauwerk über rund 30 Jahre
- Errichtung Ersatzneubau in neuer Lage für eine zweite RiFa der B 207
- Abbruch Bestandsbauwerk.

Die Vorteile der Lösung liegen in der weitgehenden Nutzung der verbleibenden Lebensdauer der Fehmarnsundbrücke, wodurch der Ersatzneubau um etwa 30 Jahre verschoben werden kann. Zudem bleibt das Denkmal Fehmarnsundbrücke für diesen Zeitraum erhalten, und Querschnittseinschränkungen auf der B 207 während der Bauzeit wären nur kurzzeitig erforderlich.

Demgegenüber stehen jedoch Nachteile wie zusätzliche dauerhafte und vorübergehende Flächeninanspruchnahmen, wiederholte Bautätigkeiten mit erheblichen Auswirkungen auf Umwelt und Schutzgüter sowie eine verlängerte Gesamtbauzeit. Die begrenzte Einhaltung des Bündelungsgebots, hohe Investitionen für die Ertüchtigung des Bestandsbauwerks und gestalterische Einschränkungen bei den Brückenkonstruktionen stellen weitere Herausforderungen dar. Hinzu kommen verfahrensrechtliche Risiken durch veränderte Rahmenbedingungen nach 30 Jahren sowie höhere Gesamtinvestitionen durch doppelte Maßnahmen wie Baustelleinrichtungen.

### **Untervariante b-02**

Die Untervariante b-02 ist wirtschaftlich nur mit einzelnen Konstruktionen des Lösungsansatzes Kombinierte Brücke umsetzbar. Dabei wird der Brückenquerschnitt so gestaltet, dass die Verkehrsfunktionen des Bestandsbauwerks nach 30 Jahren ohne oder mit minimalen baulichen Anpassungen übernommen werden können.

- Errichtung Neubauten für Schiene, LaV und konzeptionell für zwei RiFa der B 207
- Ertüchtigung Bestandsbauwerk für eine RiFa der B 207
- Betrieb Bestandsbauwerk über rund 30 Jahre (mit Nutzung nur einer RiFa auf den Neubauten)
- ggf. Umbau der Neubauten für Inbetriebnahme 2. RiFa der B 207
- Verlagerung RiFa vom Bestandsbauwerk auf Neubauten
- Abbruch Bestandsbauwerk.

Die Untervariante b-02 bietet Vorteile wie reduzierte bauzeitliche Auswirkungen auf Schutzgüter bei der Verlagerung der Richtungsfahrbahn (RiFa) nach rund 30 Jahren, bauliche Synergieeffekte durch Vorhaltungsmaßnahmen, die weitgehende Nutzung der Restlebensdauer des Bestandsbauwerks sowie die Erhaltung des Denkmals Fehmarnsundbrücke für weitere 30 Jahre.

Nachteile sind jedoch wiederholte Bautätigkeiten mit Auswirkungen auf Schutzgüter, hohe Gesamtinvestitionen über beide Bauphasen, zusätzliche Unterhaltungskosten für Vorhaltungsmaßnahmen und eine erhebliche Reduzierung der Lebensdauer relevanter Neubauten. Hinzu kommen dauerhafte und vorübergehende Flächeninanspruchnahme, potenzielle Nachrüstkosten nach 30 Jahren und mögliche Schutzgüterbeeinträchtigungen.

### **Untervariante b-03**

Wesentliches Kennzeichen ist der Ersatzneubau im Bereich des Bestandsbauwerkes. Diese Variante ist nur für den Lösungsansatz Getrennte Brücken sinnvoll umsetzbar.

- Errichtung Neubauten für Schiene, LaV und eine RiFa der B 207
- Ertüchtigung Bestandsbauwerk für eine RiFa der B 207
- Betrieb Bestandsbauwerk über rund 30 Jahre
- Abbruch Bestandsbauwerk (temporäre Verkehrsführung über Neubau mit 1 RiFa der B 207)
- Errichtung Ersatzneubau in Bestandslage.

Die Vorteile der Variante umfassen die maximale Nutzung der Restlebensdauer des Bestandsbauwerks, die Verschiebung des Ersatzneubaus um 30 Jahre sowie reduzierte Herstellkosten durch die Nutzung der Bestandsdämme und Trasse. Zudem ermöglicht die Anordnung des Ersatzneubaus im schutzgebietfreien Korridor die Einhaltung des Bündelungsgebots, und das Denkmal Fehmarnsundbrücke bleibt weitere 30 Jahre erhalten.

Nachteilig sind jedoch wiederholte Bautätigkeiten mit Auswirkungen auf Schutzgüter, erhöhte Gesamtinvestitionen durch mehrfach durchzuführende Arbeiten sowie bautechnische Herausforderungen aufgrund sensibler Baugrundverhältnisse an den Bestandsdämmen. Weitere Nachteile sind eingeschränkte Baufelder in der zweiten Bauphase, mögliche verfahrensrechtliche Risiken, langfristige Verkehrseinschränkungen auf der B 207 während des Abbruchs und gestalterische Abhängigkeiten bei der Brückenkonstruktion, die die wirtschaftliche Bauweise beeinträchtigen können.

## **Zusammenfassende Bewertung der Untervarianten b-02 und b-03**

Die Untervarianten b-02 und b-03 bieten gegenüber b-01 zwar einige Vorteile, zeigen jedoch erhebliche Nachteile. Aufgrund umfangreicher Baumaßnahmen am Bestandsbauwerk ergeben sich keine deutlichen Vorteile gegenüber den Vorzugsvarianten aus Stufe 1.3. Insbesondere bei Umweltbelangen (z. B. Rote-Ampel-Sachverhalte), Wirtschaftlichkeit und Risiken, wie dem Baugrundrisiko bei b-03, fehlen klare Vorteile. Eine Modifikation, der Planungsfall X, sieht den direkten Abbruch der Bestandsbrücke nach den Erweiterungsbauten vor, ohne eine Teilweiternutzung über 30 Jahre. Diese Varianten gehören daher zum Planungsfall a.

### **4.6.2.2 Planungsfall X**

Die Varianten X-01 bis X-03 kombinieren die beiden Baustufen des Planungsfalls b und setzen das Bestandsbauwerk teilweise neu auf, um wiederholte Baumaßnahmen in der Zukunft zu vermeiden.

Variante X-01 kombiniert beide Baustufen zu einer einzigen. Das Bestandsbauwerk wird nach der Inbetriebnahme der Erweiterungsbauten abgebrochen und ersetzt. Vorteile sind geringere Herstellungskosten, das Vermeiden wiederholter Baumaßnahmen und gestalterische Freiheit. Nachteile sind eine längere Bauzeit und das Nicht-Erhalten des Denkmals Fehmarnsundbrücke.

Variante X-02 optimiert X-01, indem sie die Anzahl der Querungsbauwerke reduziert und Bahn, LaV sowie Geh- und Radweg auf einem gemeinsamen Brückenquerschnitt kombiniert. Dies verkürzt die Bauzeit und reduziert die Flächeninanspruchnahme. Nachteile bleiben jedoch ähnlich wie bei X-01, einschließlich der Nichtnutzung des Bestandsbauwerks.

Variante X-03 reduziert die Breite des westlichen Neubaus für den Straßenverkehr im Vergleich zu X-01, wodurch auch die Herstellungskosten sinken. Auch hier entfallen die wiederholten Baumaßnahmen. Nachteile umfassen eine weiterhin lange Bauzeit und Risiken durch Eingriffe in die Bestandsdämme.

Insgesamt bietet X-02 Vorteile durch die geringere Anzahl an Querungsbauwerken und eine kürzere Bauzeit im Vergleich zu den anderen Varianten, weshalb sie weiter untersucht wird.

### **Variante X-02 beim Lösungsansatz Kombinierte Brücke**

Variante X-02 wurde sowohl für eine Doppeldeckbrücke als auch für eine Paralleldeckbrücke überschlägig insbesondere hinsichtlich Bauablauf und Bauzeit betrachtet.

### **Doppeldeckbrücke (Variante KBx\_T09+B0x1)**

In dieser Variante wird eine Doppeldeckbrücke für Bahn, LaV/Geh- und Radweg sowie eine separate Straßenbrücke für die B 207 gebaut. Der Bau erfolgt in zwei Hauptbaustufen. In der ersten Baustufe bleibt der Straßenverkehr auf der bestehenden Brücke, während eine neue Brücke für Bahn und Rad-/Fußverkehr errichtet wird. Nach der Umleitung des Verkehrs in der ersten Betriebsstufe erfolgt in der zweiten Baustufe der Abbruch der alten Brücke und der Bau einer neuen Brücke für die B 207.

Die gesamte Bauzeit beträgt ca. 78 Monate, mit einer letzten Anpassungsphase von 6 Monaten. Der Vorteil dieser Variante liegt in der Nutzung eines bestehenden Korridors ohne

Schutzgebietsausweisung, was Flächeninanspruchnahmen und Neuverinselungen reduziert. Allerdings wird der FFH-Gebietsschutz beeinträchtigt, insbesondere der LRT 2130 und die Störungen der Reiherenten. Aufgrund der Gesamtbewertung wird diese Variante nicht in den Hauptvariantenvergleich aufgenommen.

### **Paralleldeckbrücke (Variante KBx\_T09+B0x2)**

Diese Variante sieht eine Paralleldeckbrücke vor, die die B 207, Bahn sowie den LaV, Geh- und Radweg kombiniert. Es wird auch eine separate Brücke für die B 207 in der Bestandsachse gebaut. In der ersten Baustufe bleibt die Bestandsbrücke für den Straßenverkehr erhalten, während eine neue Brücke für Bahn und Rad-/Fußverkehr errichtet wird. Nach dem Abbau der alten Brücke in der zweiten Baustufe wird eine neue, autobahnähnliche Brücke für die B 207 gebaut.

Im Endzustand gibt es zwei nebeneinanderliegende Brücken: eine Paralleldeckbrücke für die B 207 und Bahn sowie eine separate Brücke für die zweite B 207. Diese Variante bietet Vorteile durch die Nutzung des vorhandenen Korridors und eine kürzere Bauzeit. Jedoch werden wertvolle FFH-Gebiete beeinträchtigt und durch die größere Fläche der Paralleldeckbrücke entstehen zusätzliche Umweltbelastungen. Aufgrund dieser Nachteile wird auch diese Variante nicht weiter berücksichtigt.

### **Variante X-02 beim Lösungsansatz Getrennte Brücken**

Für den Lösungsansatz "Getrennte Brücken" wurde eine Variante entwickelt, die eine reine Straßenbrücke für die B 207 und eine kombinierte Eisenbahnbrücke für Bahn, LaV sowie Fuß- und Radverkehr vorsieht. Die Variante X-02 wurde in Bezug auf Bauablauf und Bauzeit für Doppeldeck- und Paralleldeckbrücken überschlägig bewertet und mit den Vorzugstrassen der Stufe 1.3 verglichen. Dabei wurden insbesondere die Verkehrsspuren, Stützenstellungen und der grobe Bauablauf berücksichtigt.

Die Variante sieht vor, den Verkehr der B 207 während der Bauzeit über die kombinierte Eisenbahnbrücke auf die für den LaV vorgesehenen Spuren umzuleiten, um das Bestandsbauwerk ohne Hindernisse abubrechen. Anschließend wird eine neue Straßenbrücke (RQ28) in der Bestandsachse gebaut.

Es gibt zwei Varianten für die Verkehrsspuren auf der Brücke:

- Variante 1: LaV sowie Geh- und Radweg westlich der Bahntrasse
- Variante 2: LaV westlich, Geh- und Radweg östlich der Bahntrasse.

In beiden Varianten muss der LaV südlich weitergeführt und dann durch eine Unter- oder Überführung ausfädeln. Variante 1 hat einen symmetrischen Querschnitt, erfordert jedoch ein aufwändiges Trogbauwerk für den Geh- und Radweg. Variante 2 ist asymmetrisch, bietet jedoch verkehrstechnische Vorteile, da keine zusätzlichen Überwerfungsbauwerke notwendig sind und der Geh- und Radweg eine bessere Lage hat.

Die kombinierte Bahnbrücke wird zuerst gebaut, wobei die Unterbauten so platziert werden, dass sie die Bestandsgründungen nicht beeinträchtigen. Nach dem Rückbau des Bestandsbauwerks werden die Unterbauten der Straßenbrücke in denselben Achsen der neuen Bahnbrücke errichtet, was eine gemeinsame Stützenstellung für beide Bauwerke ermöglicht.



In der ersten Baustufe werden zwei Jahre für die Vorarbeiten zur Gründung der Bahnbrücke benötigt, einschließlich der Umleitung des Straßen- und Bahnverkehrs. Anschließend wird die kombinierte Eisenbahn- /LaV-Brücke gebaut, und der Verkehr auf die neue Brücke umgeleitet. In der zweiten Baustufe erfolgt der Rückbau des Bestandsbauwerks, der Bau der neuen Straßenbrücke B 207 und die Umleitung des Kfz-Verkehrs. Die Straßenflächen der alten Brücke werden dann für den LaV sowie Geh- und Radverkehr umgebaut. Während des Baus muss der Damm westlich verbreitert werden, wobei ein hohes Stützbauwerk vorübergehend notwendig ist, das später verringert werden kann. Ein weiteres Stützbauwerk wird auf der Ostseite des Dammes benötigt, um Kollisionen mit dem Bestandsdamm zu verhindern.

Die Variante X-02 bietet einige Vorteile, wie den Rückbau des Bestandsbauwerks ohne Einschränkungen und eine kürzere Gesamtbauzeit durch die geringere Anzahl an Querungsbauwerken. Das landseitige westliche Stützbauwerk ist vergleichsweise klein, und die Ausführung von zwei statt drei Brückenbauwerken könnte architektonisch vorteilhaft sein. Zudem ist die breite Bahnbrücke in Querrichtung steifer als eine reine Bahnbrücke.

Jedoch ergeben sich auch Nachteile. Die größere Brückenfläche führt zu höheren Kosten (ca. +25 %), was sich jedoch durch eine mögliche Bauwerksverlängerung relativieren könnte. Auch die längere Bauzeit der Bahnbrücke (ca. +25 %) verursacht ab 12/2028 Einschränkungen im Bahnbetrieb, sodass eine Umfahrung erforderlich wird. Der LaV kann nicht direkt hinter dem festlandseitigen Widerlager der Bahnbrücke abgeführt werden und müsste eventuell bis zur AS Großenbrode geführt werden. Zudem müssen die Fachwerkträger auf Kfz-Anprall bemessen werden, und die Führung eines Geh- und Radweges neben der Hochgeschwindigkeitstrasse ist kaum zumutbar.

Komplexe Baumaßnahmen unter laufendem Bahnbetrieb und das zusätzliche Stützbauwerk am Bestandsdamm stellen bautechnische Herausforderungen dar. Das Baugrundrisiko bleibt hoch, und die größere Brückenfläche führt zu einer stärkeren Verschattung der Lagune Großenbroder Fährre.

Insgesamt zeigen sich keine deutlichen Vorteile gegenüber den Vorzugsvarianten der Stufe 1.3 des Variantenvergleiches, weshalb die Variante X-02 für den Lösungsansatz „Getrennte Brücken“ nicht weiter berücksichtigt wird.

#### **4.6.3 Variantenvergleich**

Die sich aus der Stufe 1.3 ergebenden vier Vorzugsvarianten der vier Lösungsmöglichkeiten werden im Hauptvariantenvergleich gegenübergestellt und bewertet. In der Stufe 2 werden die Vorzugsvarianten zur klaren sprachlichen Definition im Folgenden als Varianten bezeichnet:

- Variante Kombinierte Brücke: KBc\_T03.2BS
- Variante Getrennte Brücken: GBc\_T02B+T02S
- Variante Absenktunnel: ATc\_T06.3BS
- Variante Bohrtunnel: BTc\_T03B+T03.1S.

Nachfolgend die Abbildungen der Varianten der Stufe 2 in den Übersichtsplänen:

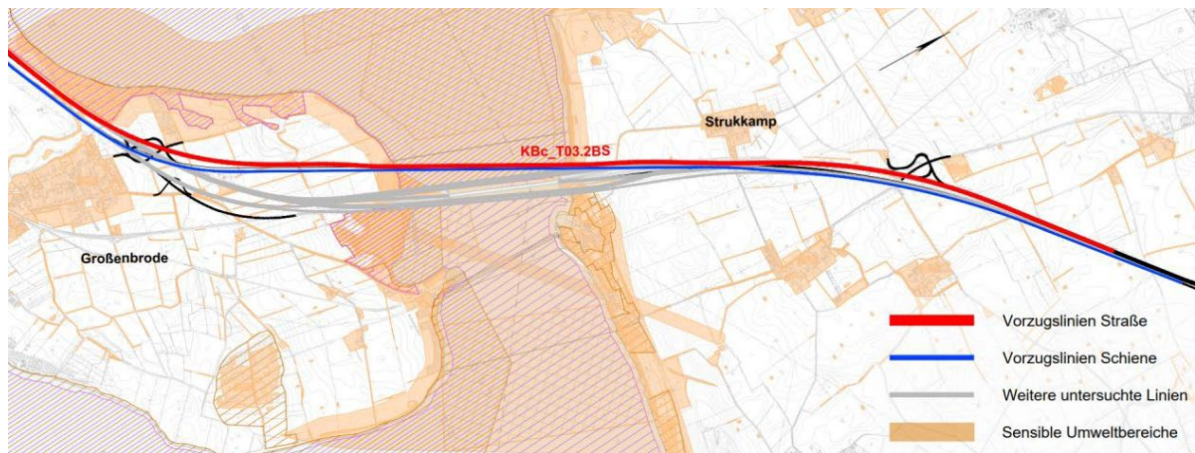


Abbildung 4-17: Variante Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS)

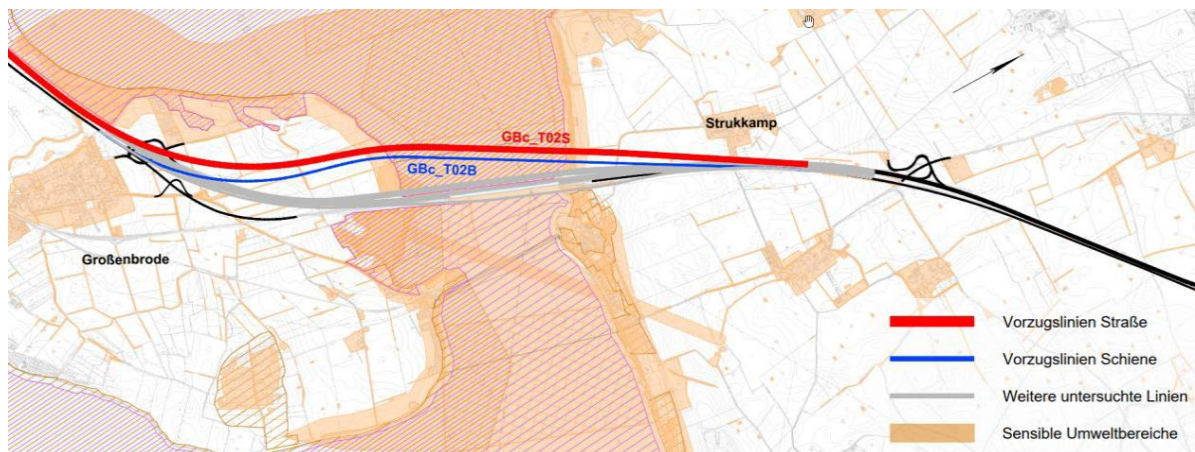


Abbildung 4-18: Variante Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S)

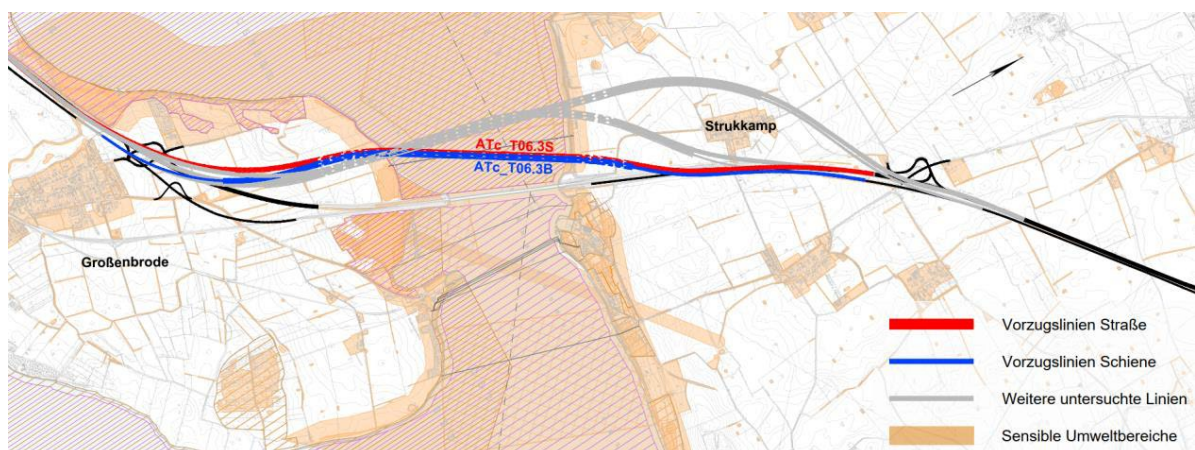


Abbildung 4-19: Variante Absenktunnel (ATc\_T06.3BS)



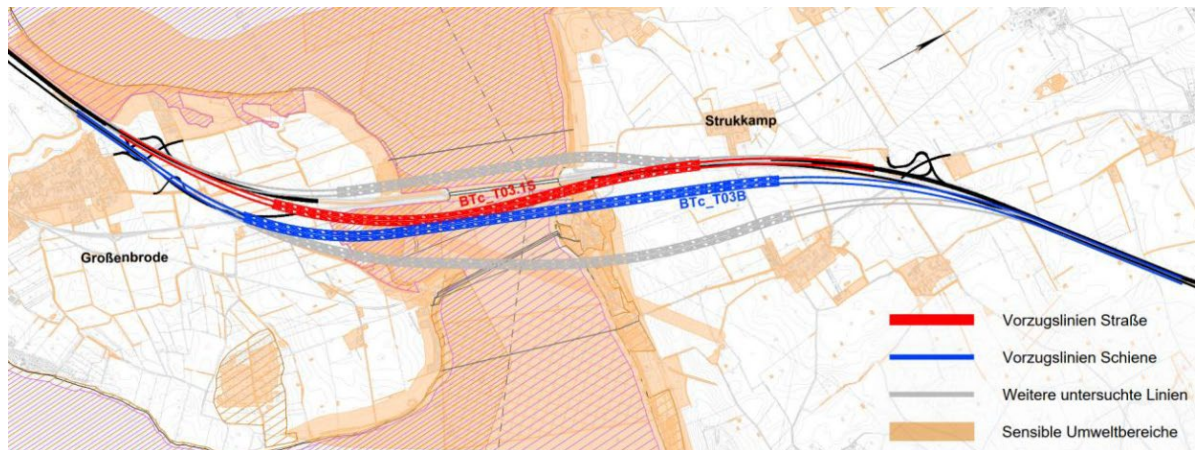


Abbildung 4-20: Variante Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S)

Die Gesamtbewertung der vier Vorzugsvarianten basiert auf den Ergebnissen der Bewertungsmatrix, die raumstrukturelle, verkehrliche, technische, umweltfachliche und wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt. Dabei wurden auch umweltrechtliche Belange, insbesondere in Bezug auf Natura 2000, Artenschutz und wasserrechtliche Aspekte, bewertet. Potenziale für Optimierungen im weiteren Planungsverlauf wurden ebenfalls aufgezeigt. Die Vorzugslösung, die aus dieser Bewertung hervorgeht, wird für die weitere Planung und Genehmigung empfohlen.

#### 4.6.4 Wirkungsbereiche und Wichtung

Es werden die Wirkungsbereiche „Raumstrukturelle Wirkungen“, „Verkehrliche Beurteilung“, „Technische Belange“, „Umweltbelange“ und „Wirtschaftlichkeit“ betrachtet und in einer neuen Variantenmatrix für alle Varianten bewertet (siehe Anlage IV-PP0-V0-1).

Tabelle 4-7: Übersicht Ergebnisse absolute Ränge der Varianten

Variante	Kombinierte Brücke KBc_T03.2BS	Getrennte Brücken GBc_T02B+T02S	Absenktunnel ATc_T06.3BS	Bohrtunnel BTc_T03B+03.1S
Raumstrukturelle Wirkungen	2	4	1	3
Verkehrliche Beurteilung	1	3	2	4
Technische Belange	2	4	3	1
Umweltbelange	3	4	2	1
Wirtschaftlichkeit	3	2	1	4

In der Gesamtbewertung der Variantenmatrix der Stufe 2 zeigt sich, dass der Absenktunnel (ATc\_T06.3BS) insgesamt am vorteilhaftesten abschneidet. Besonders vorteilhaft sind die Raumstrukturellen Auswirkungen und die Wirtschaftlichkeit dieser Variante sowie ihre insgesamt ausgewogene Bewertung. Die „Kombinierte Brücke“ (KBc\_T03.2BS) folgt knapp dahinter, belegt jedoch im Bereich Umweltbelange mit deutlichem Abstand nur Rang 3.

Einige Indikatoren gehen aus verschiedenen Gründen nicht in die Bewertung ein oder zeigen keine Unterschiede zwischen den Varianten und tragen daher nicht zur Rangfolge bei. Diese Indikatoren werden in der Variantenmatrix Stufe 2 als inaktiv gewertet. Inaktiv bedeutet nicht,

dass keine Beeinträchtigungen vorliegen, sondern dass die Indikatoren aufgrund identischer Bewertung und Gewichtung keinen Einfluss auf die Entscheidungsfindung haben.

Tabelle 4-8: Ergebnis der Bewertung im Wirkungsbereich Raumstrukturelle Wirkungen

<b>Raumstrukt. Wirkungen</b>	<b>Kombinierte Brücke</b> KBc_T03.2BS	<b>Getrennte Brücken</b> GBc_T02B+T02S	<b>Absenktunnel</b> ATc_T06.3BS	<b>Bohrtunnel</b> BTc_T03B+03.1S
Relativer Rang	0,07	1,00	0,00	0,49
Absoluter Rang	2	4	1	3

#### 4.6.4.1 Raumstrukturelle Wirkung

Im Bereich „Raumstrukturelle Wirkungen“ erzielt der Absenktunnel (ATc\_T06.3BS) den besten Rang, gefolgt von der Kombinierten Brücke (KBc\_T03.2BS) auf Rang 2. Der Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S) liegt deutlich dahinter auf Rang 3, während die Getrennten Brücken (GBc\_T02B+T02.S) den letzten Platz belegen.

#### Inaktive Indikatoren

Tabelle 4-9: Übersicht der inaktiven Indikatoren in Stufe 2 im Wirkungsbereich Raumstrukturelle Wirkungen

<b>Indikatoren</b>	<b>Beschreibung</b>
1.2	Landwirtschaft
1.2.2	Auswirkungen auf land- und forstwirtschaftlich genutzte Anlagen
1.5	Eigentumsverhältnisse
1.5.1	Dauerhafte Grundinanspruchnahme (Gesamt)

Im Bereich „Raumstrukturelle Wirkungen“ wurden zwei Indikatoren als inaktiv gewertet, weil sie keine relevanten Unterschiede zwischen den Varianten aufweisen oder zu einer Doppelbewertung führen: Der Indikator 1.2.2 wurde nicht bewertet, da kein Abbruch land- und forstwirtschaftlich genutzter Gebäude erforderlich ist. Der Indikator 1.5.1 zur dauerhaften Flächeninanspruchnahme wurde auf inaktiv gesetzt, da dieser durch den Indikator 1.5.2 abgedeckt wird, um eine Doppelbewertung zu vermeiden.

#### Aktive Indikatoren

##### 1.1 Raumentwicklung

Auswirkung auf Siedlungsgebiete:

- Auswirkungen auf Wohngebäude (Anbaubeschränkungszone)
- Bauzeitliche Umverlegung von Wegen und Straßen  
(Dauer Umverlegung x Länge Umverlegung je Einzelmaßnahme).

In der Raumentwicklung (1.1.1, 1.1.2, 1.1.3) schneidet die *Kombinierte Brücke* am besten ab, gefolgt vom *Absenktunnel*. Der *Bohrtunnel* und die *Getrennten Brücken* weisen größere Auswirkungen auf Siedlungsgebiete und längere Verlegungen von Wegen auf.

## 1.2 Land- und Forstwirtschaft

### 1.2.1 Auswirkungen auf land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen

In der Land- und Forstwirtschaft (1.2.1) ist der Bohrtunnel mit der geringsten Flächeninanspruchnahme am vorteilhaftesten, gefolgt von der Kombinierten Brücke, den Getrennten Brücken und dem Absenktunnel, die ähnliche Werte aufweisen.

## 1.3 Industrie und Gewerbe

### 1.3.1 Auswirkungen auf gewerblich genutzte Flächen

Bei den gewerblich genutzten Flächen (1.3.1, 1.3.2) verursacht der Absenktunnel die geringsten Auswirkungen, während der Bohrtunnel zwar weniger Flächen beansprucht, jedoch zwei Gebäude abgebrochen werden müssen. Die Getrennten Brücken sind hier am ungünstigsten.

## 1.4 Ver- und Entsorgung

### 1.4.1 Auswirkung auf Flächen für Ver- und Entsorgung

### 1.4.2 Auswirkung auf Anlagen für Ver- und Entsorgung

In Bezug auf Ver- und Entsorgung (1.4.1, 1.4.2) hat der Bohrtunnel keine negativen Auswirkungen, während die Kombinierte Brücke die meisten Flächen beansprucht.

## 1.5 Eigentumsverhältnisse

### 1.5.2 Anteil Flächen in öffentlicher Hand

### 1.5.3 Vorübergehende Grundinanspruchnahme

In den Eigentumsverhältnissen (1.5.2, 1.5.3) ist die Kombinierte Brücke am günstigsten, gefolgt vom Absenktunnel. Der Bohrtunnel weist die größten Inanspruchnahmen auf.

## **4.6.4.2 Verkehrliche Beurteilung**

Tabelle 4-10: Ergebnis der Bewertung im Wirkungsbereich Verkehrliche Beurteilung

<b>Verkehrliche Beurteilung</b>	<b>Kombinierte Brücke</b> KBc_T03.2BS	<b>Getrennte Brücken</b> GBc_T02B+T02S	<b>Absenktunnel</b> ATc_T06.3BS	<b>Bohrtunnel</b> BTc_T03B+03.1S
Relativer Rang	0,00	0,44	0,17	1,00
Absoluter Rang	1	3	2	4

Im Bereich „Verkehrliche Beurteilung“ belegt die Variante Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS) den ersten Rang, gefolgt vom Absenktunnel (ATc\_T06.3 BS) auf Rang 2. Die Getrennten Brücken (GBc\_T02B+T02S) liegen auf Rang 3, während der Bohrtunnel (BTc\_T03B+03.1S) den letzten Platz einnimmt.

### **Inaktive Indikatoren**

Im Wirkungsbereich „Verkehrliche Beurteilung“ sind insgesamt drei Indikatoren aufgeführt, die alle als entscheidungsrelevant in die Bewertung für den Hauptvariantenvergleich eingehen.



## Aktive Indikatoren

Im Bauzustand verursachen alle Varianten Einschränkungen der Streckenkapazität (2.2.1). Die Kombinierte Brücke schneidet dabei mit nur zwei Monaten am besten ab, gefolgt vom Absenktunnel mit 3,5 Monaten. Deutlich ungünstiger ist die Variante Getrennte Brücken mit sechs Monaten, während der Bohrtunnel mit 15,5 Monaten die schlechtesten Werte aufweist. Zudem erfordert die Kombinierte Brücke keine Gleis- oder Streckensperrungen (2.2.2 und 2.2.3) und ermöglicht ab Dezember 2028 einen ungestörten zweigleisigen Betrieb mit planmäßiger Geschwindigkeit. Im Gegensatz dazu führen die übrigen Varianten zu Einschränkungen der Streckenkapazität für zwei bis drei Monate sowie zu zwei bis drei Streckensperrungen von bis zu einer Woche.

### 4.6.4.3 Technische Belange (Entwurfs- und Verkehrssicherheit)

Tabelle 4-11: Ergebnis der Bewertung im Wirkungsbereich Technische Belange

Technische Belange	Kombinierte Brücke KBc_T03.2BS	Getrennte Brücken GBc_T02B+T02S	Absenktunnel ATc_T06.3BS	Bohrtunnel BTc_T03B+03.1S
Relativer Rang	0,16	1,00	0,89	0,00
Absoluter Rang	2	4	3	1

Im Wirkungsbereich „Technische Belange“ liegt der Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S) auf dem Rang 1 (relativer Rang 0,00), gefolgt von der Variante Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS) auf Rang 2 (0,16). Mit sehr großem relativem Abstand liegen die Varianten Absenktunnel (ATc\_T06.3BS) auf Rang 3 (0,89) und Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S) auf dem letzten Rang (1,00).

Die der Bewertung im Wirkungsbereich Technische Belange zugrunde liegenden Indikatoren und die Ergebnisse der Bewertung nach Teilkriterien werden im Folgenden erläutert.

## Inaktive Indikatoren

Tabelle 4-12: Übersicht der inaktiven Indikatoren im Wirkungsbereich Technische Belange

Indikatoren	Beschreibung
3.1	Entwurf (Endzustand)
3.1.1	Trassenlänge Neubau (Schiene)
3.1.2	Trassenlänge Neubau (Straße B 207)
3.1.3	Trassenlänge Neubau (Straße LaV)
3.1.4	Summe Trassenlänge Neubau + Bestand (Schiene)
3.1.5	Summe Trassenlänge Neubau + Bestand (Straße)

Im Wirkungsbereich „Technische Belange“ sind 14 Indikatoren aufgeführt, von denen neun entscheidungsrelevant sind. Die Indikatoren 3.1.1, 3.1.2 und 3.1.3 werden grundsätzlich als nicht zielführend angesehen und daher nicht bewertet, da ihre Inhalte bereits in den Indikatoren 3.1.4 und 3.1.5 berücksichtigt werden, um eine Doppelbewertung zu vermeiden. Die Indikatoren 3.1.4 und 3.1.5 bleiben in der Stufe 2 ebenfalls unberücksichtigt, da alle

Varianten eine ähnliche Trassenlänge von rund 11 km aufweisen und aufgrund der Vorplanungstiefe keine signifikanten Unterschiede erkennbar sind.

### Aktive Indikatoren

Beim Indikator 3.1.6 weist der Bohrtunnel mit 4.300 m die kürzeste Baulänge des nachgeordneten Wegenetzes auf, während die Variante Getrennte Brücken mit 6.300 m am ungünstigsten ist. Die Kombinierte Brücke und die Variante Getrennte Brücken zeigen beim Massenüberschuss (Indikatoren 3.1.7 und 3.1.8) ähnliche Werte und Vorteile gegenüber den Tunnelvarianten. Der Bohrtunnel benötigt die geringsten Neueinbauten von Bodenmassen (3.1.9 und 3.1.10) und ist hier am günstigsten, während der Absenktunnel besonders hohe Werte aufweist.

Im Endzustand (3.2.1) bleibt der Versperrungsgrad bei den Tunnelvarianten und den Getrennten Brücken bei 4 %, während die Kombinierte Brücke mit 12 % den ungünstigsten Wert erzielt. Beim Sicherheitskonzept (3.3.1) hat die Kombinierte Brücke mit 1.000 m den geringsten Abstand zu Rettungslandeplätzen, während der Bohrtunnel und die Getrennten Brücken mit über 3.000 m am ungünstigsten abschneiden.

Bei den bauzeitlichen Auswirkungen (3.4.1 und 3.4.2) überzeugt der Absenktunnel mit der kürzesten Bauzeit (106 Monate) und einer zweimonatigen Einschränkung der Schifffahrt. Die Kombinierte Brücke und die Getrennten Brücken benötigen deutlich länger (118 bzw. 132 Monate) und führen zu zwölfmonatigen Einschränkungen, während der Bohrtunnel zwar keine Behinderungen der Schifffahrt verursacht, aber mit 180 Monaten die längste Bauzeit hat.

#### 4.6.4.4 Umweltbelange

Tabelle 4-13: Auswertung Wirkungsbereich Umweltbelange

<b>Umweltbelange</b>	<b>Kombinierte Brücke</b> KBc_T03.2BS	<b>Getrennte Brücken</b> GBc_T02B+T02S	<b>Absenktunnel</b> ATc_T06.3BS	<b>Bohrtunnel</b> BTc_T03B+03.1S
Relativer Rang	0,65	1,00	0,35	0,00
Absoluter Rang	3	4	2	1

Im Wirkungsbereich „Umweltbelange“ belegt der Bohrtunnel mit Abstand den besten Rang (relativer Rang 0,00), gefolgt vom Absenktunnel (Rang 0,35). Die Brückenvarianten liegen mit großem Abstand dahinter.

Der Bohrtunnel überzeugt durch den geringsten Verlust von Wohn-, Erholungs- und Biotopflächen sowie die geringsten akustischen und visuellen Beeinträchtigungen. Er minimiert baubedingte Eingriffe in Lebensräume von Tieren und Pflanzen, einschließlich Brutvögeln, Amphibien und Fledermäusen, und reduziert marine Auswirkungen auf Flora und Fauna. Im Schutzgut Wasser weist er die geringsten Verluste und Veränderungen auf, während der Boden ebenfalls weitgehend geschont wird, abgesehen von höheren Schadstoffeinträgen durch den Schienenverkehr.

Der Absenktunnel punktet durch die geringsten visuellen Beeinträchtigungen, minimalen Verlust von Fledermauslebensräumen und geringere Auswirkungen auf Landschaftsräume. Zudem verursacht er die geringsten Schadstoffeinträge in Böden und Oberflächengewässer und schont kulturelles Erbe wie die Eisenbahnüberführung (EÜ) Struckamp.

Insgesamt schneiden die Tunnellösungen in Bezug auf Umweltbelange deutlich besser ab als die Brückenvarianten.

### Inaktive Indikatoren

Im Wirkungsbereich „Umweltbelange“ sind 124 Indikatoren aufgeführt, von denen 116 in die Bewertung einfließen. Einige Indikatoren wurden als inaktiv eingestuft, da sie für alle Varianten gleich bewertet werden.

Tabelle 4-14: Übersicht der inaktiven Indikatoren in Stufe 2 im Wirkungsbereich Umweltbelange

Indikatoren	Beschreibung
4.2	Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt
4.2.1.5	Gefährdung von Brutvögeln durch Verkehrstod
4.2.2.5	Gefährdung von Rastvögeln durch Verkehrstod
4.2.3.1	Beeinträchtigungen des übergeordneten Vogelzugs durch Barrierewirkung
4.2.4.3	Betriebsbedingte Gefährdung von Amphibien durch Verkehrstod
4.2.5.3	Anlagebedingte oberirdische Beeinträchtigung des bedeutsamen Fledermauszugs
4.2.6.1	Anlagebedingter Verlust von potenziellen Lebensräumen der Windelschnecke innerhalb von FFH-Gebieten
4.2.6.2	Baubedingte Beeinträchtigung von potenziellen Lebensräumen Windelschnecke innerhalb von FFH-Gebieten
4.6	Sach- und Kulturgüter
4.6.1.1	Anlagebedingte visuelle Veränderungen von Kulturgütern bzw. Kulturlandschaftsteilen: Fehmarnsundbrücke – Veränderung neues oberirdisches Querungsbauwerk

Die Gefährdung von Brut- und Rastvögeln sowie Amphibien durch Verkehrstod ist für alle Varianten identisch oder geringer als im Ist-Zustand. Auch der saisonale Vogelzug und der Fledermauszug über den Sund werden durch keine Variante beeinträchtigt. Ebenso bleibt der Lebensraum der schmalen Windelschnecke unberührt. Geringfügige visuelle Veränderungen durch Ertüchtigungsmaßnahmen sind für alle Varianten gleich und daher nicht entscheidungsrelevant.

### Aktive Indikatoren

- **Schutzgut: Menschen – Gesundheit und Wohlbefinden**

Tabelle 4-15: Auswertung Schutzgut Mensch

Umweltbelange	Kombinierte Brücke KBc_T03.2BS	Getrennte Brücken GBc_T02B+T02S	Absenktunnel ATc_T06.3BS	Bohrtunnel BTc_T03B+03.1S
Relativer Rang	0,10	1,00	0,03	0,00
Absoluter Rang	3	4	2	1

Die Bohrtunnelvariante (BTc\_T03B+T03.1S) erzielt den besten Rang im Bereich Schutzgut Mensch, gefolgt von der Absenktunnelvariante (ATc\_T06.3BS). Sie verursacht den geringsten Verlust von Wohn- und Erholungsflächen und führt zu den geringsten akustischen und erschütterungsbedingten Beeinträchtigungen. Weitere Varianten schneiden schlechter ab.

Bewertet wurden Kriterien wie der Verlust und die Beeinträchtigung von Wohngebieten und Erholungsflächen durch Lärm, visuelle Eindrücke und Erschütterungen.

Die betriebsbedingten Störungen, u.a. durch Lärm, Licht und Erschütterung, wurden mithilfe von Wirkzonen ausgehend vom Bahn-/Straßenrand (Wirkzone 1 = 0 - 100 m; Wirkzone 2 = 100 - 300 m; Wirkzone 3 = 300 - 500 m) ermittelt und bewertet.

#### Wohn- und Erholungsflächen

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Geringe baubedingte Beeinträchtigungen von Wohn- und Erholungsflächen, aber hohe betriebsbedingte Erschütterungen und Lärm. Visuelle Beeinträchtigungen sind besonders in Wirkzone 2 problematisch.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Hohe betriebsbedingte Beeinträchtigungen durch Erschütterungen und Lärm, aber geringe baubedingte und visuelle Beeinträchtigungen, vor allem in Wirkzone 2. Höherer Verlust von Erholungsflächen.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Unvorteilhaft bei anlagebedingtem Verlust von Wohn- und Erholungsflächen sowie baubedingten Verlusten. Geringe visuelle Beeinträchtigungen (Wirkzone 1) und geringe Lärmbeeinträchtigungen, aber vorteilhaft bei Erschütterungen.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* Geringste Beeinträchtigungen für den Verlust von Wohn- und Erholungsflächen, Lärm und Erschütterungen. Unvorteilhaft bei visuellen Beeinträchtigungen, hauptsächlich in Wirkzone 2.

Insgesamt bietet der Bohrtunnel die geringsten Beeinträchtigungen für Mensch und Umwelt.

#### • **Schutzgut: Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt**

Tabelle 4-16: Auswertung Schutzgut Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt

<b>Umweltbelange</b>	<b>Kombinierte Brücke</b> KBc_T03.2BS	<b>Getrennte Brücken</b> GBc_T02B+T02S	<b>Absenktunnel</b> ATc_T06.3BS	<b>Bohrtunnel</b> BTc_T03B+03.1S
Relativer Rang	0,74	0,96	1,00	0,00
Absoluter Rang	2	3	4	1

Die **Bohrtunnelvariante (BTc\_T03B+T03.1S)** erzielt den besten Rang im Vergleich zu anderen Varianten, mit dem geringsten Verlust oder der geringsten Zerschneidung von Brut- und Rastvogellebensräumen sowie Amphibienhabitaten. Sie zeigt die geringsten Auswirkungen auf den Fledermauszug und andere Tier- und Pflanzenarten, wie Nachtfalter und marine Lebewesen. Auch der Verlust von geschützten Biotoptypen und die Zerschneidung von Gebieten mit hoher biologischer Vielfalt sind minimal. In Bezug auf den Schutz von Tieren und Pflanzen werden verschiedene Indikatoren wie Verlust von Lebensräumen, Kollisionsgefahr, und Störungen durch Lärm und Stoffeinträge bewertet, bei denen der Bohrtunnel insgesamt am vorteilhaftesten abschneidet.

*Brut- und Rastvögel:* Betriebsbedingte Störungen stellen sich in den unterschiedlichen Brutvogellebensräumen unterschiedlich dar. Im Folgenden werden sie gemeinsam mit weiteren Aspekten für die vier Varianten ausgewertet.

Die verschiedenen Varianten (Kombinierte Brücke, Getrennte Brücken, Absenktunnel, Bohrtunnel) haben unterschiedliche Auswirkungen auf Brutvogel- und Rastflächen:

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Geringer Verlust und Zerschneidung von Brutvogel-Lebensräumen. Betriebsbedingte Störungen sind in allen Zonen hoch, insbesondere bei hochwertigen Brutvogel-Lebensräumen. Rastflächen sind weniger betroffen, aber baubedingte Störungen (Lärm, Licht) sind hoch.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Höherer Verlust und Zerschneidung von Brutvogel-Lebensräumen, besonders im Sund. Betriebsbedingte Störungen sind in allen Zonen hoch, insbesondere bei sehr hochwertigen und hochwertigen Brutvogel-Lebensräumen. Rastflächen sind stark betroffen, sowohl baulich als auch betriebsbedingt.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Geringe bauliche Beeinträchtigungen, aber hoher Verlust von Rastflächen, insbesondere von mittlerer und hochwertiger Bedeutung. Betriebsbedingte Störungen sind weniger stark. Diese Variante ist insgesamt vorteilhaft für Brutvögel, jedoch weniger vorteilhaft für Rastvögel.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* Geringer Verlust von Brutvogel-Lebensräumen und keine Zerschneidung. Betriebsbedingte Störungen sind insgesamt gering. Auch bei Rastflächen ist die Variante vorteilhaft, besonders in Bezug auf den Verlust und die temporäre Zerschneidung. Bauliche Beeinträchtigungen sind gering.

Insgesamt zeigt der Bohrtunnel die geringsten negativen Auswirkungen, während die Getrennten Brücken am meisten beeinträchtigen.

### Amphibien

Die verschiedenen Varianten haben unterschiedliche Auswirkungen auf Amphibiengewässer und Aktionsräume von Amphibienarten:

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Kein dauerhafter Verlust von Amphibiengewässern, aber Betriebsbedingte Zerschneidung von Aktionsräumen der Amphibien (insbesondere Moorfrosch). Die Variante ist insgesamt unvorteilhaft für Amphibien.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Dauerhafte Beeinträchtigung eines hochwertigen Amphibiengewässers und bauliche Beeinträchtigung eines sehr hochwertigen Gewässers. Zerschneidung der Aktionsräume, besonders für Moorfrosch und Teichmolch, macht diese Variante ebenfalls unvorteilhaft.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Kein dauerhafter Verlust von Amphibiengewässern, was diese Variante vorteilhaft macht. Bauliche Beeinträchtigung eines mittleren Gewässers, Zerschneidung von Aktionsräumen, besonders für Teichmolch, macht die Variante insgesamt unvorteilhaft.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* Dauerhafte Beeinträchtigung eines Amphibiengewässers mittlerer Bedeutung. Keine baulichen Beeinträchtigungen von Amphibiengewässern. Betriebsbedingte Zerschneidung der Aktionsräume, besonders für Teichmolch, aber insgesamt vorteilhaft im Vergleich zu den anderen Varianten.

Zusammenfassend ist der Bohrtunnel die vorteilhafteste Variante für Amphibien, während die Getrennten Brücken die größten negativen Auswirkungen haben.



### Fledermäuse

Die verschiedenen Varianten haben unterschiedliche Auswirkungen auf Fledermauslebensräume:

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Die dauerhafte Inanspruchnahme von Fledermauslebensräumen ist am höchsten, vor allem in Bereichen von mittlerer Bedeutung (nördlich und nordöstlich von Großenbrode). Temporär gesehen ist die Variante jedoch vorteilhaft, da nur mittlere Lebensräume beeinträchtigt werden. Baubedingt sind die Beeinträchtigungen des Fledermauszugs größer als im Ist-Zustand, was sie insgesamt weniger vorteilhaft macht.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Geringe dauerhafte und temporäre Inanspruchnahme von Fledermauslebensräumen. Betroffene Lebensräume sind vorwiegend von mittlerer Bedeutung, mit einigen kleinen Verlusten hochwertiger Lebensräume. Baubedingt sind die Beeinträchtigungen des Fledermauszugs ebenfalls größer als im Ist-Zustand, was diese Variante als unvorteilhaft einstuft.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Geringe dauerhafte Inanspruchnahme von Fledermauslebensräumen, hauptsächlich von mittlerer Bedeutung. Baubedingt sind die Verluste höher, aber die Beeinträchtigungen des Fledermauszugs bleiben im Vergleich zum Ist-Zustand gleich, was die Variante insgesamt vorteilhaft macht.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* Hohe dauerhafte und temporäre Inanspruchnahme von Fledermauslebensräumen, vor allem in Bereichen mittlerer Bedeutung. Temporär wird auch ein kleiner Bereich von hoher Bedeutung beeinträchtigt. Die baubedingten Beeinträchtigungen des Fledermauszugs sind jedoch kleiner als im Ist-Zustand, was diese Variante insgesamt als Vorteilhafteste darstellt.

Zusammengefasst stellt der Bohrtunnel die vorteilhafteste Variante für Fledermauslebensräume dar, während die Kombinierte Brücke und Getrennte Brücken größere negative Auswirkungen haben.

### Nachtfalter

Die Auswirkungen auf potenzielle hochwertige Nachtfalterlebensräume sind wie folgt:

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Beansprucht dauerhaft den größten Anteil dieser Lebensräume, mit nur geringen temporären Verlusten.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Beansprucht dauerhaft einen geringen Anteil der Lebensräume, führt jedoch temporär zu hohen Verlusten.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Beansprucht dauerhaft einen hohen Anteil dieser Lebensräume und verursacht temporär die höchsten Verluste.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* Beansprucht weder dauerhaft noch temporär potenzielle hochwertige Nachtfalterlebensräume, was diese Variante als am vorteilhaftesten macht.

Zusammengefasst hat der Bohrtunnel die geringsten Auswirkungen auf Nachtfalterlebensräume, während der Absenktunnel die höchsten Beeinträchtigungen verursacht.

### Fische

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Vergleichsweise vorteilhaft für die meisten Fischfunktionselemente, mit baubedingten Verlusten und Beeinträchtigungen durch Schwebstoffe, Sedimentation, und Wasserqualität. Unvorteilhaft bei anlagebedingten Verlusten und Barrierewirkungen, sowie bei Veränderungen der Meeresboden- und Küstenmorphologie.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Unvorteilhaft für viele Funktionselemente, mit baubedingten Verlusten und Beeinträchtigungen der Meeresboden- und Küstenmorphologie, Hydrographie und Wasserqualität. Besonders unvorteilhaft bei anlagebedingten Verlusten und Barrierewirkungen.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Unvorteilhaft in Bezug auf baubedingte Verluste, Schwebstoffe, Sedimentation, Stoffeinträge, Lärm und elektromagnetische Felder. Vorteilhaft bei anlagebedingten Verlusten und Beeinträchtigungen durch Veränderungen der Meeresboden- und Küstenmorphologie sowie Hydrographie.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* Sehr vorteilhaft für Fischlebensräume, da keine marinen Lebensräume beeinträchtigt werden, aufgrund der unterirdischen Führung des Tunnels.

Zusammengefasst hat der Bohrtunnel die geringsten Auswirkungen auf Fischlebensräume, während der Absenktunnel die meisten negativen Effekte verursacht.

### Meeressäuger

Die Bedeutung des Fehmarnsunds als Nahrungs- und Aufzuchtgebiet für Schweinswale, Kegelrobben und Seehunde wird als gering eingeschätzt.

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Diese Variante stellt sich für alle Funktionselemente der Meeressäuger als vorteilhaft dar.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Die baubedingten Beeinträchtigungen für Seehunde und Kegelrobben sind hier vorteilhaft, während die Beeinträchtigungen für Schweinswale vergleichsweise hoch ausfallen.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Diese Variante stellt sich für Meeressäuger als unvorteilhaft dar.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* Da der Bohrtunnel keine marinen Lebensräume beeinträchtigt, stellt sich diese Variante als am vorteilhaftesten für Meeressäuger dar.

### Benthische Flora und Fauna

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Die Variante verursacht hohe Verluste der benthischen Flora durch Flächeninanspruchnahme, insbesondere in Bereichen von besonderer Bedeutung. Die benthische Fauna ist gering betroffen, jedoch sind größere Flächen von besonderer Bedeutung betroffen. Hohe Beeinträchtigungen treten durch den Eintrag gebietsfremder Arten und Veränderungen der Meeresboden- und Küstenmorphologie auf.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Die baubedingten Verluste sind gering, während die anlagebedingten Verluste der benthischen Fauna hoch sind. Schwebstoffe, Sedimentation und der Eintrag gebietsfremder Arten verursachen hohe Beeinträchtigungen. Auch hier gibt es hohe Beeinträchtigungen durch Veränderungen der Meeresboden- und Küstenmorphologie.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Diese Variante verursacht die höchsten Verluste für benthische Flora und Fauna, besonders in Bereichen von besonderer Bedeutung. Auch Schwebstoffe, Sedimentation und Stoffeinträge sind problematisch, während die Beeinträchtigungen durch gebietsfremde Arten und Veränderungen der Küstenmorphologie vergleichsweise gering ausfallen. Lärm und elektromagnetische Felder stellen jedoch eine große Belastung dar.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* Diese Variante stellt sich insgesamt als am vorteilhaftesten für die benthische Flora und Fauna dar, mit wenigen negativen Auswirkungen, abgesehen von den baubedingten Verlusten von Flora- und Faunagemeinschaften.

#### Planktische Flora und Fauna

Insgesamt hat der Fehmarnsund in Bezug auf Plankton keine besondere Bedeutung und unterliegt einer hohen Variabilität (Arge FBQ, 2019).

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Die Variante verursacht vergleichsweise geringe Beeinträchtigungen des Planktons durch Sedimentation und Schwebstoffe. Allerdings gibt es negative Auswirkungen durch Veränderungen der Hydrographie, Wasserqualität und des Fraßdrucks.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Diese Variante führt zu hohen Beeinträchtigungen des Planktons durch Sedimentation und Schwebstoffe. Sie stellt sich auch am unvorteilhaftesten in Bezug auf Veränderungen der Hydrographie, Wasserqualität und Fraßdruck.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Die Beeinträchtigungen des Planktons durch Sedimentation und Schwebstoffe sind hier am höchsten. Allerdings sind die Auswirkungen auf Hydrographie, Wasserqualität und Fraßdruck vorteilhaft.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* Da der Bohrtunnel unterirdisch verläuft und keine marinen Lebensräume beeinträchtigt werden, stellt sich diese Variante für das Plankton durchweg am vorteilhaftesten dar.

#### Pflanzen

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Diese Variante verursacht hohe dauerhafte Flächeninanspruchnahmen, insbesondere in Biotopen mittlerer und sehr hoher Bedeutung, wobei hochwertige Biotope nicht betroffen sind. Temporäre Flächeninanspruchnahmen betreffen hauptsächlich terrestrische Bereiche wie Sonstiges Feldgehölz und Ruderale Grasfluren. Im marinen Bereich werden Flachwasserbereiche und wertvolle Küstenbiotope wie Schilf-Röhrichte und Brackwasser-Flutrasen beansprucht. Festlandseitig werden geschützte Biotope wie naturnahe Gewässer beeinträchtigt.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Diese Variante führt zu geringen dauerhaften Flächeninanspruchnahmen, wobei Biotope mittlerer und sehr hoher Bedeutung betroffen sind. Temporär sind die Beeinträchtigungen vorteilhaft, und es werden hauptsächlich terrestrische Biotope mit mittlerer Bedeutung in Anspruch genommen. Im Küstenbereich werden ebenfalls wertvolle Biotope wie Naturnahe Graudünen, Schilf-Röhrichte und andere geschützte Küstenbiotope beeinträchtigt. Auch Stillgewässer sind betroffen, sowohl festland- als auch inselseitig.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Diese Variante verursacht sowohl dauerhaft als auch temporär hohe Flächeninanspruchnahmen, vor allem in sehr hochwertigen Biotopen im marinen Bereich wie Flachwasserbereiche der Ostsee und angrenzende Küstenbiotope. Auch

hochwertige Biotope wie Naturnahe Graudünen und Schilf-Röhrichte sind betroffen. Festlandseitig werden Kleingewässer und Knicks beansprucht. Es gibt keine dauerhafte Beeinträchtigung hochwertiger Biotope, aber zahlreiche geschützte Biotope werden temporär oder dauerhaft beeinträchtigt, wie Brackwasser-Flutrasen und Schilf-Röhrichte.

**Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):** Der Bohrtunnel weist im Vergleich zu den anderen Varianten den geringsten dauerhaften Verlust an Biotoptypen auf, wobei hauptsächlich terrestrische Biotope mittlerer Bedeutung betroffen sind. In Bezug auf temporäre Flächeninanspruchnahmen sind Biotope mittlerer Bedeutung besonders betroffen, jedoch gibt es auch Beeinträchtigungen von Flachwasserbereichen der Ostsee und Schilf-Röhrichten. Hochwertige Biotope werden weder dauerhaft noch temporär in Anspruch genommen.

### Biologische Vielfalt

**Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):** Diese Variante beansprucht anlagebedingt relativ viele Flächen mit Bedeutung für die biologische Vielfalt, während die baubedingten Auswirkungen gering sind. Die dauerhafte Zerschneidung ist moderat, und die temporäre Zerschneidung ist am vorteilhaftesten im Vergleich zu den anderen Varianten.

**Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):** Die anlagebedingte Flächeninanspruchnahme ist gering, aber die baubedingte Belastung hoch. Sowohl die temporäre als auch die dauerhafte Zerschneidung biologisch wertvoller Bereiche ist bei dieser Variante am unvorteilhaftesten.

**Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):** Diese Variante verursacht die höchste anlage- und baubedingte Inanspruchnahme von Flächen mit biologischer Vielfalt, wobei überwiegend hochwertige, aber auch sehr hochwertige Bereiche betroffen sind. Sowohl die dauerhafte als auch die temporäre Zerschneidung biologisch wertvoller Bereiche wird als unvorteilhaft bewertet.

**Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):** Der Bohrtunnel hat die geringsten Auswirkungen auf die biologische Vielfalt. Es werden nur hochwertige, keine sehr hochwertigen Bereiche beansprucht. Die dauerhafte und temporäre Zerschneidung sowie die baubedingten Auswirkungen sind ebenfalls am vorteilhaftesten.

### • **Schutzgut: Wasser**

Tabelle 4-17: Ergebnis Matrix Schutzgut Wasser

<b>Umweltbelange</b>	<b>Kombinierte Brücke</b> KBc_T03.2BS	<b>Getrennte Brücken</b> GBc_T02B+T02S	<b>Absenktunnel</b> ATc_T06.3BS	<b>Bohrtunnel</b> BTc_T03B+03.1S
Relativer Rang	0,29	1,00	0,63	0,00
Absoluter Rang	2	4	3	1

Die Bohrtunnelvariante (BTc\_T03B+T03.1S) wird in Bezug auf das Schutzgut Wasser als die vorteilhafteste Variante bewertet, da sie den absoluten Rang 1 und den relativen Rang 0,00 erreicht. Mit deutlichem Abstand folgt die Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS) auf Rang 2 (relativer Rang 0,29). Die übrigen Varianten weisen einen großen bis sehr großen relativen Abstand auf.

Die Bohrtunnelvariante verursacht die geringsten temporären Verluste und Veränderungen von Oberflächengewässern. Zudem wirken sich bau- und anlagebedingte Änderungen positiv auf die Hydrographie und Sedimentation im Vergleich zum aktuellen Zustand aus.

#### Oberflächengewässer

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Diese Variante ist bei anlagebedingten Verlusten von Oberflächengewässern und der Zerschneidung von Fließgewässern am vorteilhaftesten. Baubedingte Verluste sind gering, jedoch sind die betriebsbedingten Schadstoffeinträge durch den Schienenverkehr hoch. Beeinträchtigt wird die Großenbroder Aue, und die betroffenen Oberflächengewässer befinden sich festlandseitig bei Großenbrode und auf Fehmarn südlich von Strukkamp.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Diese Variante ist hinsichtlich baubedingter Verluste von Oberflächengewässern und anlagebedingter Zerschneidung von Fließgewässern am unvorteilhaftesten. Die baubedingten Verluste sind hoch, jedoch sind die betriebsbedingten Schadstoffeinträge gering. Die beeinträchtigte Großenbroder Aue sowie weitere betroffene Gewässer liegen in den gleichen Gebieten wie bei der Kombinierten Brücke.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Diese Variante schneidet bei anlagebedingten Verlusten von Oberflächengewässern am schlechtesten ab, während die baubedingten Verluste ebenfalls hoch sind. Die anlagebedingte Zerschneidung von Fließgewässern ist gering, und die betriebsbedingten Schadstoffeinträge sind die niedrigsten im Vergleich. Beeinträchtigt wird die Großenbroder Aue sowie Gewässer festlandseitig bei Großenbrode und auf Fehmarn südlich und nordöstlich von Strukkamp.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* Diese Variante ist bei baubedingten Verlusten von Oberflächengewässern und der Zerschneidung von Fließgewässern am vorteilhaftesten. Die baubedingten Verluste sind am geringsten, jedoch sind die betriebsbedingten Schadstoffeinträge am höchsten. Beeinträchtigt werden zwei Kleingewässer nordöstlich von Großenbrode.

#### Hydrographie und Sedimente

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Diese Variante zeigt anlagebedingte Verschlechterungen der Hydrographie und Sedimentation und ist daher am unvorteilhaftesten. Baubedingte Beeinträchtigungen sind jedoch gering, was sie in diesem Punkt vorteilhaft macht.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Sowohl anlage- als auch baubedingte Veränderungen der Hydrographie und Sedimentation führen zu Verschlechterungen, weshalb diese Variante unvorteilhaft ist.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Anlagebedingte Verbesserungen der Hydrographie und Sedimentation machen diese Variante vorteilhaft. Baubedingte Beeinträchtigungen sind jedoch am größten und daher unvorteilhaft.

Diese Variante führt sowohl anlage- als auch baubedingt zu Verbesserungen der Hydrographie und Sedimentation und ist damit die vorteilhafteste.



- **Schutzgut: Landschaftsbild**

Tabelle 4-18: Auswertung Schutzgut Landschaftsbild

<b>Umweltbelange</b>	<b>Kombinierte Brücke</b> KBc_T03.2BS	<b>Getrennte Brücken</b> GBc_T02B+T02S	<b>Absenktunnel</b> ATc_T06.3BS	<b>Bohrtunnel</b> BTc_T03B+03.1S
Relativer Rang	1,00	0,51	0,00	0,26
Absoluter Rang	4	3	1	2

Die **Absenktunnelvariante (ATc\_T06.3BS)** ist hinsichtlich des Schutzguts Landschaftsbild die vorteilhafteste Option (absoluter Rang 1, relativer Rang 0,00). Mit deutlichem Abstand folgt die **Bohrtunnelvariante (BTc\_T03B+T03.1S)** auf Rang 2 (relativer Rang 0,26). Die anderen Varianten liegen noch weiter zurück. Die Absenktunnelvariante überzeugt besonders bei zwei von drei Teilkriterien: dem anlagebedingten Verlust von Landschaftsräumen und Landschaftselementen sowie der anlagebedingten visuellen Beeinträchtigung und Zerschneidung von Landschaftsräumen.

#### Landschaftsräume

Die visuellen Beeinträchtigungen von Landschaftsräumen, einschließlich der Zerschneidung von Sichtbeziehungen, wurden in drei Wirkzonen unterteilt. Die **Wirkzone 1** erstreckt sich über 0 bis 200 m vom Bahn-/Straßenrand bei einer Gradienten-/Objekthöhe von bis zu 10 m. Die **Wirkzone 2** reicht von 200 bis 1.500 m, mit einer Höhe zwischen 10 und 30 m. Die **Wirkzone 3** umfasst Entfernungen von 1.500 bis 5.000 m mit einer Gradienten-/Objekthöhe von über 30 m. Diese Zonen dienen der Ermittlung und Bewertung der Schwere der Beeinträchtigungen durch die verschiedenen Varianten.

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Anlagebedingt führt diese Variante zu einem hohen Verlust von Landschaftsräumen und -elementen, weshalb sie als unvorteilhaft eingestuft wird. Baubedingt fällt die Flächeninanspruchnahme vorteilhaft aus. Visuelle Beeinträchtigungen, einschließlich Zerschneidung von Sichtbeziehungen, sind am stärksten, vor allem in den Wirkzonen 1 und 2.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Die Variante führt anlagebedingt zu einem vorteilhaften Verlust von Landschaftsräumen, der baubedingte Verlust ist am vorteilhaftesten. Visuell stellt sie sich als unvorteilhaft dar, mit Beeinträchtigungen vor allem in den Wirkzonen 1 und 2.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Anlagebedingt verursacht der Absenktunnel den geringsten Verlust von Landschaftsräumen und schneidet in dieser Hinsicht am vorteilhaftesten ab. Auch bei den visuellen Beeinträchtigungen ist er am günstigsten, mit Beeinträchtigungen in Wirkzone 1 und ohne Auswirkungen in den Wirkzonen 2 und 3.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* Diese Variante führt anlagebedingt zu den höchsten Verlusten von Landschaftsräumen und -elementen und wird daher als unvorteilhaft bewertet. Baubedingt ist die Flächeninanspruchnahme ebenfalls unvorteilhaft. Die visuellen Beeinträchtigungen sind vergleichsweise gering, mit Auswirkungen hauptsächlich in der Wirkzone 1.

• **Schutzgut Boden/Fläche**

Tabelle 4-19: Auswertung Schutzgut Boden / Fläche

<b>Umweltbelange</b>	<b>Kombinierte Brücke</b> KBc_T03.2BS	<b>Getrennte Brücken</b> GBc_T02B+T02S	<b>Absenktunnel</b> ATc_T06.3BS	<b>Bohrtunnel</b> BTc_T03B+03.1S
Relativer Rang	0,79	1,00	0,91	0,00
Absoluter Rang	2	4	3	1

Die Bohrtunnelvariante (BTc\_T03B+T03.1S) belegt den ersten Platz in Bezug auf das Schutzgut Boden/Fläche und zeigt sich in fast allen Aspekten als vorteilhaft. Sie erzielt für die meisten Funktionselemente des Bodenschutzes die besten Werte, mit Ausnahme des baubedingten Verlusts von Böden und den betriebsbedingten Schadstoffeinträgen durch den Schienenverkehr, bei denen sie schlechter abschneidet. Die Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS) folgt auf dem zweiten Rang, jedoch mit einem deutlich schlechteren relativen Rang. Insgesamt stellt sich die Bohrtunnelvariante als die günstigste Option in Bezug auf den Bodenschutz dar.

Boden

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* In Bezug auf die dauerhaften und temporären Flächeninanspruchnahmen von Böden stellt sich die Variante als vorteilhaft dar, wobei die temporären Inanspruchnahmen am geringsten sind. Sehr hochwertige Böden werden geschont, und die betriebsbedingten Schadstoffeinträge durch den Schienenverkehr sind gering.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Diese Variante ist in Bezug auf temporäre und dauerhafte Flächeninanspruchnahmen von Böden vergleichsweise unvorteilhaft. Sehr hochwertige Böden bleiben geschont, jedoch sind die betriebsbedingten Schadstoffeinträge in der 50 m Wirkzone durch die Schiene am höchsten.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Die Variante Absenktunnel hat vergleichsweise geringe temporäre Flächeninanspruchnahmen, jedoch sind die dauerhaften Inanspruchnahmen relativ hoch. Sehr hochwertige Böden bleiben geschont, und die betriebsbedingten Schadstoffeinträge sind die geringsten.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* In Bezug auf dauerhafte Flächeninanspruchnahmen von Böden ist der Bohrtunnel am vorteilhaftesten. Die temporären Flächeninanspruchnahmen sind jedoch am höchsten. Sehr hochwertige Böden werden geschont, jedoch sind die betriebsbedingten Schadstoffeinträge durch den Schienenverkehr relativ hoch.

Fläche

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Diese Variante stellt sich hinsichtlich der Neuversiegelung und Neuüberbauung von Flächen als vergleichsweise unvorteilhaft dar.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Die Variante Getrennte Brücken schneidet bei der Neuversiegelung von Flächen vergleichsweise vorteilhaft ab, ist jedoch bei der Neuüberbauung am unvorteilhaftesten.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* In Bezug auf die Neuversiegelung von Flächen stellt sich die Absenktunnel-Variante als vergleichsweise am unvorteilhaftesten dar, während sie bei der Neuüberbauung vorteilhaft ist.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* Die Bohrtunnel-Variante zeigt sich in Bezug auf die Neuversiegelung und Neuüberbauung von Flächen als vergleichsweise am vorteilhaftesten.

#### Küstenmorphologie

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Diese Variante führt zu den höchsten anlagebedingten Verlusten und Funktionsbeeinträchtigungen des Küstenstreifens, wobei die baubedingten Funktionsbeeinträchtigungen jedoch gering ausfallen.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Bei dieser Variante zeigen sich sowohl anlagebedingte als auch baubedingte Verluste und Funktionsbeeinträchtigungen des Küstenstreifens als vergleichsweise unvorteilhaft.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Der Absenktunnel führt zu den geringsten anlagebedingten Verlusten des Küstenstreifens, hat aber eine höhere temporäre Funktionsbeeinträchtigung im Vergleich zum Ist-Zustand.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* In dieser Variante werden anlage- und baubedingte Verluste sowie Funktionsbeeinträchtigungen des Küstenstreifens als am vorteilhaftesten bewertet.

#### Meeresboden

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* Diese Variante wird hinsichtlich der anlage- und baubedingten Verluste von Meeresböden als unvorteilhaft eingestuft, wobei nur Böden allgemeiner Bedeutung betroffen sind.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Bei den Getrennten Brücken sind die anlage- und baubedingten Verluste von Meeresböden vergleichsweise vorteilhaft, wobei auch hier nur Böden allgemeiner Bedeutung betroffen sind.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Die Variante Absenktunnel ist am unvorteilhaftesten hinsichtlich der anlage- und baubedingten Verluste von Meeresböden, jedoch sind nur Böden allgemeiner Bedeutung betroffen.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* Diese Variante ist am vorteilhaftesten, da keine Meeresböden, weder allgemeiner noch besonderer Bedeutung, betroffen sind.

- **Schutzgut: Sach- und Kulturgüter**

Tabelle 4-20: Auswertung Schutzgut Sach- und Kulturgüter

<b>Umweltbelange</b>	<b>Kombinierte Brücke</b> KBc_T03.2BS	<b>Getrennte Brücken</b> GBc_T02B+T02S	<b>Absenktunnel</b> ATc_T06.3BS	<b>Bohrtunnel</b> BTc_T03B+03.1S
Relativer Rang	0,75	0,50	0,00	1,00
Absoluter Rang	3	2	1	4

Der Absenktunnel (ATc\_T06.3BS) erzielt im Teilschutzgut Sach- und Kulturgüter den vorteilhaftesten Rang, da er den Erhalt der EÜ Strukkamp unverändert vorsieht, was ihm den absoluten Rang 1 (relativen Rang 0,00) einbringt. Auf Rang 2 folgt mit deutlichem Abstand die Variante Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S) mit einem relativen Rang von 0,50. Die anderen Varianten weisen einen großen bis sehr großen Abstand auf. Die Einordnung der Denkmäler Fehmarnsundbrücke und EÜ Strukkamp erfolgt gemäß ALSH, wobei beide Denkmäler gleichrangig bedeutsam sind und deshalb mit gleicher Gewichtung berücksichtigt werden.

#### EU Strukkamp

*Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS):* In Bezug auf die visuelle Veränderung der EÜ Strukkamp stellt sich die Variante als unvorteilhaft dar, da sie einen beidseitigen Umbau vorsieht.

*Getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S):* Diese Variante stellt sich ebenfalls als unvorteilhaft dar, da sie einen einseitigen Umbau der EÜ Strukkamp vorsieht.

*Absenktunnel (ATc\_T06.3BS):* Der Absenktunnel ist am vorteilhaftesten, da er den unveränderten Erhalt der EÜ Strukkamp vorsieht.

*Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S):* Diese Variante ist am unvorteilhaftesten, da sie den Rückbau der EÜ Strukkamp vorsieht.

#### **4.6.4.5 Wirtschaftlichkeit**

Tabelle 4-21: Ergebnis der Bewertung im Wirkungsbereich Wirtschaftlichkeit

<b>Wirtschaftlichkeit</b>	<b>Kombinierte Brücke</b> KBc_T03.2BS	<b>Getrennte Brücken</b> GBc_T02B+T02S	<b>Absenktunnel</b> ATc_T06.3BS	<b>Bohrtunnel</b> BTc_T03B+03.1S
Relativer Rang	0,21	0,05	0,00	1,00
Absoluter Rang	3	2	1	4

Im Bereich „Wirtschaftlichkeit“ belegt der Absenktunnel (ATc\_T06.3BS) den ersten Platz, gefolgt von den Getrennten Brücken (GBc\_T02B+T02S) auf Rang 2 mit einem sehr kleinen Abstand. Die Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS) folgt auf Rang 3, und der Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S) liegt mit einem großen Abstand auf dem letzten Rang.

Es gibt insgesamt drei Indikatoren im Bereich Wirtschaftlichkeit, von denen jedoch nur einer, die Lebenszykluskosten (LZK), in die Bewertung eingeht. Die Inaktivierung der Indikatoren für Investitions- und Betriebskosten dient dazu, eine Doppelbewertung zu vermeiden.

#### 4.6.4.6 Bewertung der aktiven Indikatoren

##### **Kosten**

Die Lebenszykluskosten (LZK) beinhalten Investitions-, Unterhaltungs-, Erneuerungs- und Betriebskosten. Der Absenktunnel weist aufgrund der niedrigsten Investitionskosten (714 Mio. Euro) und der höchsten Betriebskosten (34,5 Mio. Euro über 130 Jahre) den vorteilhaftesten Wert auf. Die Getrennten Brücken folgen mit niedrigeren Kosten (781 Mio. Euro / 12,5 Mio. Euro), während die Kombinierte Brücke (878 Mio. Euro / 12 Mio. Euro) auf dem dritten Platz liegt. Der Bohrtunnel hat mit 1.615 Mio. Euro Investitionskosten und 43 Mio. Euro Betriebskosten die höchsten Werte und belegt daher den letzten Rang.

##### **Bautechnische Risiken und umweltrechtliche Bewertung**

###### Bautechnische Risiken

Die bautechnischen Risiken unterscheiden sich stark zwischen den Varianten. Beim Absenktunnel werden keine relevanten Risiken erwartet, da die mächtigen Tarrastonschichten durch die flächige Lagerung des Bauwerks gut beherrschbar sind. Bei den Brücken (Getrennte und Kombinierte Brücke) ergeben sich größere Herausforderungen durch die erforderlichen Vorbelastungen und tiefere Bohrpfahlgründungen.

Der Bohrtunnel hat die Schwierigkeit, den Stützdruck bei mächtigen Tarrastonschichten zu beherrschen. Diese Schichten können den Tunnelbau erheblich erschweren, insbesondere durch hohen Stützdruck und heterogene Bodenverhältnisse. Die technische Herausforderung, mit diesen Bedingungen umzugehen, stellt ein erhöhtes bautechnisches Risiko dar, das zusätzlich zu den hohen Baukosten und der langen Bauzeit berücksichtigt werden muss.

###### Umweltrechtliche Bewertung

Die gebiets- und artenschutzrechtliche Bewertung zeigt, dass der Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S) aus dieser Sicht den besten Rang (1) einnimmt, da er keine roten Ampeln aufweist und keine gebiets- oder artenschutzrechtlichen Ausnahmen erfordert. Der Absenktunnel (ATc\_T06.3BS) folgt auf Rang 2, da er im Vergleich zu den Brückenvarianten weniger Rote-Ampel-Sachverhalte und eine geringere Beeinträchtigungsintensität aufweist.

Bei den Brückenvarianten ist die Rangfolge weniger eindeutig: Die Getrennten Brücken (GBc\_T02B+T02S) erreichen mehr Rote-Ampel-Sachverhalte, jedoch eine geringere Konfliktschwere als die Kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS). Letztlich ergibt sich folgende Rangfolge für die umweltrechtlichen Risiken:

1. Bohrtunnel (BTc\_T03B+T03.1S)
2. Absenktunnel (ATc\_T06.3BS)
3. getrennte Brücken (GBc\_T02B+T02S)
4. kombinierte Brücke (KBc\_T03.2BS).

Nur die Bohrtunnel-Variante benötigt voraussichtlich keine Ausnahme im gebiets- und artenschutzrechtlichen Bereich.



### Wasserrechtliche Bewertung

Die Vorabschätzung der wasserrechtlichen Bewertung betrifft ausschließlich die Oberflächenwasserkörper Fehmarnsund und Mummendorfer Graben, da der Hydrogeologische Bericht (BBI [49]) keine Auswirkungen auf das Grundwasser feststellt. Weitere Oberflächengewässer sind nach aktuellem Stand nicht betroffen. Eine detaillierte Untersuchung zeigt, dass es in Bezug auf die wasserrechtliche Bewertung keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Varianten gibt. Eine wasserrechtliche Genehmigungsfähigkeit ist grundsätzlich gegeben, jedoch sind Maßnahmen zur Einhaltung des Verschlechterungsverbots und des Verbesserungsgebots erforderlich.

#### **4.6.5 Ergebnis Stufe 2**

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die in Stufe 2 betrachteten Varianten mit Ausnahme der Bohrtunnelvariante in der Lage einen sehr ähnlichen Trassenverlauf aufweisen, der festlandseitig mit größerem Abstand zur Bestandstrasse liegt, bei Querung des Sundes sich der Bestandstrasse nähert und inselseitig östlich von Struckamp in diese wieder einbindet. Im Vergleich der vier betrachteten Varianten ergibt sich folgendes Bild:

### Raumstrukturelle Wirkungen

Der Absenktunnel hat die größten Vorteile. Die Kombinierte Brücke folgt mit einem geringen Abstand, während der Bohrtunnel und die Getrennten Brücken, insbesondere aufgrund der Zerschneidung des Raumes, ungünstiger abschneiden.

### Verkehrliche Beurteilung

Der Absenktunnel und die Kombinierte Brücke liegen gleichauf. Der Unterschied bei den Einschränkungen des Schienenverkehrs nach Inbetriebnahme ist minimal.

### Technische Belange

Der Bohrtunnel hat die vorteilhafteste Bewertung, da die großen Bauwerkslängen eher im Kostenbereich berücksichtigt werden. Der Absenktunnel erfordert umfangreiche Erdbewegungen, während Brückenvarianten durch den Dammbau benachteiligt sind.

### Umweltbelange

Der Bohrtunnel ist insgesamt vorteilhafter und schont besonders das Schutzgut Tiere und Pflanzen aufgrund des unterirdischen Verlaufs. Der Absenktunnel folgt auf Rang 2, und die Brückenvarianten schneiden schlechter ab, vor allem wegen der visuellen Beeinträchtigungen.

### Wirtschaftlichkeit

Der Absenktunnel ist hinsichtlich der Lebenszykluskosten (LZK) vorteilhafter als die anderen Varianten, mit einem deutlichen Kostenunterschied von rund 6 % gegenüber den Getrennten Brücken, 19 % gegenüber der Kombinierten Brücke und 54 % gegenüber dem Bohrtunnel.

Zusammenfassend ergibt sich, dass der Bohrtunnel aus Umweltsicht die vorteilhafteste Variante darstellt, während der Absenktunnel die günstigsten Kosten und die geringsten bautechnischen Risiken aufweist.

#### 4.6.6 Fazit

Im Vergleich der vier Varianten (Absenktunnel, Kombinierte Brücke, Getrennte Brücken, Bohrtunnel) zeigt sich, dass der Absenktunnel bei gleicher Gewichtung aller Kriterien als die vorteilhafteste Variante abschneidet, insbesondere in den Bereichen Raumstruktur, Verkehr und Kosten. Die Kombinierte Brücke folgt auf Rang 2, hat jedoch bautechnische Risiken aufgrund der hohen Lasten auf kleinen Flächen und der Auswirkungen auf das Umfeld. Der Bohrtunnel hat zwar aus umweltrechtlicher Sicht die größten Vorteile, weist jedoch hohe Kosten und eine lange Bauzeit auf und ist risikobehaftet in Bezug auf den Baugrund.

Die Getrennten Brücken haben Verbesserungsmöglichkeiten in der Trassenführung, die sie etwas vorteilhafter machen als die Kombinierte Brücke. Der Absenktunnel überzeugt durch geringere bautechnische Risiken, eine bessere Raumwirkung und eine schonendere Auswirkung auf das Umfeld, insbesondere das Bestandsbauwerk, das durch den Tunnel nicht beeinträchtigt wird. Daher wird der Absenktunnel als Vorzugsvariante empfohlen.

Nachfolgende Tabelle dient der visuellen Unterstützung des zuvor Beschriebenen.

Tabelle 4-22: Zusammenfassende Bewertungsmatrix des Stufe 2 – Hauptvariantenvergleichs  
*Hinter den Wirkungsbereichen befindet sich jeweils eine eigene Bewertungsmatrix;  
 Angaben: Absoluter Rang*

	PP1 <b>Kombinierte Brücke</b> KBc_T03.2BS	PP2 <b>Getrennte Brücken</b> GBc_T02S+T02B	PP3 <b>Absenktunnel</b> ATc_T06.3BS	PP4 <b>Bohrtunnel</b> BTc_T03B+T03.1S
Raumstrukturelle Wirkungen [Matrix]	2	4	1	3
Verkehrliche Beurteilung [Matrix]	1	3	2	4
Technische Belange [Matrix]	2	4	3	1
Umweltbelange [Matrix]	3	4	2	1
Wirtschaftlichkeit [Matrix]	3	2	1	4
<b>Gesamtergebnis</b> [Matrix]	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
Gesamtergebnis unter Berücksichtigung der Gewichtungsmodelle				
Ergebnis Umweltrechtliche Bewertung				
Ergebnis Wasserrechtliche Bewertung				
Ergebnis Bautechnische Risiken				
Investitionskosten	878 Mio. €	781 Mio. €	714 Mio. €	1.615 Mio. €
Lebenszykluskosten (LZK) inkl. Betriebskosten	1.465 Mio. €	1.257 Mio. €	1.183 Mio. €	2.548 Mio. €
Bauzeit Schiene / Bauzeit Straße inkl. LaV	5 Jahre / 10 Jahre	4,5 Jahre / 11 Jahre	4,5 Jahre / 9 Jahre	5,5 Jahre / 15 Jahre

**Legende:**

Matrix, Risiken, Ergebnisse, Kosten, Bauzeit	sehr vorteilhaft	vorteilhaft	nachteilig	sehr nachteilig
Wirkungsbereiche	sehr vorteilhaft	vorteilhaft	nachteilig	sehr nachteilig

## 4.7 Aktualisierung des Stufe 2 – Hauptvariantenvergleichs

### 4.7.1 Planungsrandbedingungen

Mit Abschluss der Vorplanung in den vier Planungspaketen wurde der Variantenvergleich durchgeführt und eine Vorzugsvariante festgelegt: der Absenktunnel in der Linienführung und Ausgestaltung gemäß Lösung ATc\_T06.3BS. Diese Entscheidung basierte auf der zum damaligen Zeitpunkt einheitlichen Planungstiefe aller vier Planungspakete.

Mit Vorlage dieses technischen Erläuterungsberichts der Planfeststellungsunterlage erfolgt eine Überprüfung des Stufe 2 – Hauptvariantenvergleichs. Hierbei wird der aktuelle Planungsstand der Vorzugsvariante, des Absenktunnels, berücksichtigt. Auch die Stufe 2 – Variante des Bohrtunnels wurde zwischenzeitlich vertiefter betrachtet und wird in der Überprüfung berücksichtigt. Diese vertiefte Vorplanung erfolgte aufgrund der Tatsache, dass der Bohrtunnel im Stufe 2 – Hauptvariantenvergleich die beste Bewertung der Umweltbelange vorzuweisen hatte und in der gebietsschutzrechtlichen Bewertung die vorzugswürdige Alternative darstellt. Aus diesem Grund werden die Brücken im Rahmen der technischen Variantenuntersuchung nicht weiter als sich aufdrängende Alternative verfolgt.

Für die beiden Varianten Absenk- und Bohrtunnel ergaben sich Weiterentwicklungen, Präzisierungen und Änderungen im Vergleich zur Vorplanung. Diese resultieren teilweise aus geänderten Planungsrandbedingungen, welche zum Zeitpunkt der Vorplanung nicht bekannt waren. Hierzu gehören insbesondere die folgenden:

Tabelle 4-23: Veränderungen der planerischen Randbedingungen gegenüber der Vorplanung

<b>Veränderte Randbedingungen gegenüber der Vorplanung</b>	<b>Allgemeine resultierende planerische Anpassungen</b>
Baugrund: Ausdehnung grundwasserführender Schichten und Heterogenität des Baugrunds	Wasserdichter Baugrubenverbau, erhöhtes Baugrundrisiko
Baugrund: abschnittsweise geringe Steifigkeiten (Tarraston) und entsprechende Schichtenabfolge im Gründungshorizont	Baugrundverbesserungen, Tiefgründungen und Böschungssicherungen
Grenzlastberechnung für den Güterverkehr	Reduzierte Steigung der Schienenstreckengradienten im Bereich der Trogbauwerke bzw. Vorlandbrücken, somit deutliche Verlängerung der Bauwerke
Bemessungshochwasser für den Betriebszustand erhöht	Hochwasserschutz

### 4.7.2 Absenktunnel

In der Entwurfs- und Genehmigungsplanung des Absenktunnels wurde die Vorzugsvariante weiter ausgearbeitet. Neben der detaillierten technischen Ausgestaltung der Bauwerke, die unter anderem zu angepassten Bauteildimensionen und modifizierten technischen Lösungen führte, wurden zusätzliche Baugrund-, Schadstoff- und Umweltgutachten erstellt. Deren Ergebnisse mussten in die Planung integriert werden, was häufig technische Anpassungen erforderlich machte.

Zugleich führte die Berücksichtigung der in Tabelle 4-23 aufgeführten Änderungen der Planungsrandbedingungen zu planerischen Anpassungen. Wesentliche Planungsanpassungen sind in Tabelle 4-24 aufgeführt.

Tabelle 4-24: Planungsanpassungen des Absenktunnels gegenüber der Vorplanung infolge veränderter Planungsrandbedingungen

<b>Veränderte Randbedingungen gegenüber der Vorplanung</b>	<b>Resultierende planerische Anpassungen der Vorzugsvariante</b>
Baugrund: Ausdehnung grundwasserführender Schichten und Heterogenität im Bereich des Trockendocks und des Tunnels in offener Bauweise sowie des Trogs Fehmarn	Wasserdichte Umschließung des Trockendocks und wasserdichter Baugrubenverbau auf Fehmarn
Baugrund: abschnittsweise geringe Steifigkeiten (Tarraston) und entsprechende Schichtenabfolge im Gründungshorizont	Baugrundverbesserungen, Tiefgründungen und Böschungssicherungen, veränderter Trockendockverschluss
Grenzlastberechnung für den Güterverkehr	Reduzierte Steigung der Schienenstreckengradienten im Bereich der Trogbauwerke, somit deutliche Verlängerung der Trogbauwerke Großenbrode und Fehmarn
Bemessungshochwasser für den Betriebszustand erhöht	Hochwasserschutzbauwerk auf der Seite Großenbrode vergrößert

Neben den Anpassungen infolge der veränderten Randbedingungen erfolgten weitere Anpassungen der Planung. Diese resultierten aus dem übergeordneten Ziel einer koordinierten Bauausführung der gesamten Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung mit ihrer Eröffnung zur Fertigstellung der Fehmarnbeltquerung. Die folgenden Anpassungen sind diesen Veränderungen geschuldet:

Tabelle 4-25: Planungsanpassungen des Absenktunnels gegenüber der Vorplanung infolge Lösungsoptimierungen und -änderungen

<b>Veränderung gegenüber der Vorplanung</b>	<b>Resultierende planerische Anpassungen</b>
Absenktunnel: Verlängerung des Absenktunnels auf Fehmarn und entsprechende Verkürzung des Tunnels in offener Bauweise Fehmarn	Änderung der Anzahl Absenktunnelelemente (12 statt 9) und ihrer Längen, Änderung der Anzahl paralleler Herstellungsvorgänge der Absenktunnelelemente im Trockendock (3 statt 2), Vergrößerung und geometrische Anpassung des Trockendocks, Reduktion der Länge Tunnel in offener Bauweise Fehmarn
Absenktunnel: Optimierung der Schlussfuge zur Beschleunigung der Bauausführung	Anstelle einer Unterwasserschlussfuge zwischen zweier Absenktunnelelemente wird diese nun zwischen Absenktunnel und Tunnel in offener Bauweise Großenbrode ausgeführt
Baustelleneinrichtung: größerer Flächenbedarf für Baustelleneinrichtung, insbesondere als bautechnische Bodenlagerfläche	o.g. Planungsänderungen (Trockendockgeometrie, Troglänge) führen zu Mehraushüben, die erforderliche Fläche zur Zwischenlagerung erhöht sich

### 4.7.3 Bohrtunnel

Die Ausführungsvariante des Bohrtunnels wurde sowohl in der Vorplanung als auch in einer vertieften Vorplanung untersucht und bewertet. Grund für die vertiefte Betrachtung auf Vorplanungsniveau sind die geologischen Erkenntnisse. Bereits in der Vorplanung wurde absehbar, dass eine Ausführung mit einer Tunnelbohrmaschine (TBM) technisch äußerst risikoreich und anspruchsvoll sein würde. Risiken wurden unter anderem im weichen Baugrund verortet, technisch anspruchsvoll ist die Ausführungsvariante dahingehen, dass der Bedarf an Ressourcen wie Wasser und Elektrizität die bestehenden Kapazitäten beträchtlich übersteigt.

Tabelle 4-26: Planungsanpassungen des Bohrtunnels der vertieften Vorplanung gegenüber der Vorplanung

Veränderung gegenüber der Vorplanung	Resultierende planerische Anpassungen
Baugrundrisiko infolge neu entdeckter Erdschichten (Beckenschluff)	Stützdruckuntersuchungen mit angepassten Bodenkennwerten
Bestätigung der Arbeitsdrücke beim Durchfahren weicher und scherschwacher Bodenschichten mit einer TBM	Risikoanalyse zur Quantifizierung der Risiken und Beschreibung eventueller Gegenmaßnahmen

### Baugrund

Im Rahmen der vertieften Vorplanung wurden ergänzende geologische Erkundungen durchgeführt, um die in der Vorplanung identifizierten Baugrundrisiken, insbesondere im Zusammenhang mit dem Antreffen der Bodenart Tarraston, weiter zu untersuchen. Die Nacherkundung bestätigte das Vorkommen des Tarraston und ergab zusätzlich, dass im Bereich der geplanten Tunneltrasse unterhalb des Fehmarnsunds auch Beckenschluff anzutreffen ist. Dabei handelt es sich um ein feinkörniges, gering tragfähiges Sediment, dessen geomechanische Eigenschaften nochmals ungünstiger einzustufen sind als die des Tarraston.

Für den maschinellen Tunnelvortrieb mittels TBM ist in diesen Baugrundverhältnissen insbesondere die Einstellung eines geeigneten Stützdrucks im Bereich der Ortsbrust von entscheidender Bedeutung. Der Stützdruck muss so gewählt werden, dass er einerseits ausreichend hoch ist, um das Eindringen von Wasser und Bodenmaterial in die Maschine zu verhindern und den erforderlichen Vortrieb zu ermöglichen. Andererseits darf der Stützdruck jedoch nicht so hoch sein, dass es zu einer hydraulischen Auflockerung oder Aufwölbung des darüberliegenden Erdreichs kommt.

Die Auswahl eines geeigneten Stützdruckniveaus erfolgt auf Grundlage geotechnischer Berechnungen und numerischer Nachweise. Nur wenn für den jeweils anstehenden Boden ein geeigneter Bereich sicherer Betriebsdrücke bestimmt werden kann, ist ein risikominimierter Vortrieb möglich. Die Erkundungsergebnisse sind daher maßgeblich für die Bewertung der technischen Machbarkeit und Betriebssicherheit des Tunnelvortriebs.

Auf Grundlage der durchgeführten geotechnischen Untersuchungen und darauf aufbauender numerischer Analysen wurde geprüft, ob für die identifizierten Bodenverhältnisse ein statischer Nachweis für den Einsatz einer TBM geführt werden kann. Die Berechnungen zeigen, dass im Falle des Antreffens von Beckenschluff in Kombination mit Tarraston ein stabiler Tunnelvortrieb mit konventionellen Mitteln des Stützdruckmanagements rechnerisch nicht nachgewiesen werden kann. Insbesondere ist es in diesen Bodenschichten nicht möglich, einen ausreichenden Bereich zulässiger Arbeitsdrücke zu definieren, der sowohl die



Ortsbrüst sichert als auch ein Aufbrechen des darüberliegenden Bodens sicher verhindert. Damit ist ein kontrolliertes und standsicheres Auffahren in diesen Abschnitten nicht planbar.

Gemäß der Stellungnahme des beauftragten Bodengutachters ist das Risiko, im Bereich der Tunneltrasse auf diese geologischen Schichten zu treffen, als hoch einzustufen. Dies basiert auf der Auswertung der aktuellen Bohrkernuntersuchungen, geophysikalischer Messungen sowie der Interpretation regionaler geologischer Zusammenhänge im Fehmarnsund.

In Bezug auf die Nachweisführung sind insbesondere die Empfehlungen des Arbeitskreises "Maschineller Tunnelbau" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT, 2016) relevant. Dort wird ausdrücklich gefordert, dass bei fehlender Nachweisbarkeit geeigneter Stützdruckbereiche alternative bautechnische Maßnahmen oder eine Änderung der Vortriebstechnologie in Betracht zu ziehen sind.

Ergänzend wird auch in den Empfehlungen zur Auswahl von Tunnelbohrmaschinen des DAUB (2021) hervorgehoben, dass die Stabilität der Ortsbrüst unter den gegebenen Baugrundverhältnissen durch eine belastbare Stützdruckberechnung nachgewiesen werden muss. Ist dies nicht möglich – etwa bei feinkörnigen, wenig standfesten Böden mit Aufbruchrisiko – sind die Einsatzgrenzen des maschinellen Vortriebsverfahrens erreicht und eine Anpassung des Verfahrens zwingend erforderlich (vgl. DAUB, 2021).

Die Erkenntnisse aus der vertieften Baugrunderkundung sind somit nicht nur für die Risikoabschätzung im Bauablauf von zentraler Bedeutung, sondern haben auch unmittelbare Auswirkungen auf die technische Machbarkeit der geplanten TBM-Vortriebsvariante.

### **Stützdruck in Anbetracht technischer Instandsetzungen**

Für die Wartung des Schildes unter diesen technischen Randbedingungen ergeben sich ebenfalls Herausforderungen bei der Einhaltung der Arbeitssicherheit: Bei einer Revision und Instandsetzung der Verschleißteile an dem Schneidrad, ist dieses in der Regel zurückzufahren. Dadurch ergibt sich ein Raum vor dem Schild und die Zugänglichkeit des Schildes ist grundsätzlich gegeben. Dabei ist der atmosphärische Druck in dem freigewordenen Raum aufrechtzuerhalten, um die Stabilität der Kammer zu gewährleisten.

### **Verfügbarkeit obligatorischer Ressourcen (Frischwasser)**

Im Zuge der weiterführenden Vorplanung ist der Bedarf von Frischwasser einer Tunnelbohrmaschine berechnet worden. Diese werden mit 3.570 m<sup>3</sup> pro Tag bestimmt, bei einem Einsatz von zwei Maschinen und einem Vortrieb von 7 m am Tag.

Gleichzeitig ist die verfügbare Menge an Frischwasser von den Versorgungswerken Ostholstein mit 1.200 m<sup>3</sup> pro Tag angegeben, jedoch nur für die Wintermonate. In den Sommermonaten stehe faktisch kein Wasser der Baustelle zur Verfügung, da alles in der Region verbraucht würde.

Es steht somit ein erhebliches Ungleichgewicht zwischen den verfügbaren Mengen und den Bedarfen.

#### 4.7.4 Brücken

Die Vorzugsvarianten des kombinierten Brückenbauwerks (PP1) und der getrennten Brückenbauwerke (PP2) wurden im Hauptvariantenvergleich (Stufe 2) abgeschichtet. Im Vergleich zur Vorzugsvariante des Absenktunnels drängt sich für die Brückenbauwerke kein Wirkungsbereich oder Vorzug auf, der eine Weiterverfolgung der Planung rechtfertigen würde. Auch die vorliegende Entwurfs- und Genehmigungsplanung des Absenktunnels zeigt keine Erkenntnisse, die eine Wiederaufnahme der Brückenplanung stützen oder erzwingen würde. Aus diesem Grund wäre eine Aktualisierung der Kennwerte der in Stufe 2 untersuchten Wirkungsbereiche nicht substantiiert.

Die Betrachtung der FFH-Ausnahmeprüfung (Unterlage 18.04.002) unter Berücksichtigung einer fiktiven bzw. Annahmen basierten Fortschreibung der Kennzahlen der umweltrelevanten Wirkungsbereiche wird nachrichtlich in der Bewertungsmatrix der aktualisierten Stufe 2 auch für die Brückenbauwerke übernommen.

#### 4.7.5 Wirkungsbereiche und Vorgehen

Die Wirkungsbereiche und Wichtungen des Stufe 2 Hauptvariantenvergleich bleiben für die Aktualisierung unverändert. Eine Erläuterung der aktiven und inaktiven Indikatoren erfolgt in Abschnitt 4.6.4.

Für den Bereich Umwelt wird jedoch von der Bewertungsmatrix der Stufe 2 abgewichen. Aufgrund der fortgeschrittenen Planung haben sich hier im Detail umweltrelevante Wirkungsbereiche verändert. Anstelle der Stufe 2 Umweltbelange wird nunmehr die fortgeschriebene Bewertungsmatrix der Umweltverträglichkeitsstudie für die Bewertung der Umweltbelange verwendet. Die Erläuterung der Wirkungsbereiche und die Bewertung der Varianten befindet sich in Unterlage 16.01.001.

Zusätzlich zum Wirkungsbereich „Umweltbelange“ wurde zusätzlich der Wirkungsbereich Natura 2000 Prüfung eingeführt. Hierbei wird der unterschiedlichen Fokusbereiche der umweltrelevanten Betrachtung genüge getan. Die einzelnen Wirkungsbereiche hinter der Bewertungsmatrix „Natura 2000 Prüfung“ und die Bewertung der Varianten wird in der Unterlage 18.04.002 erläutert.

Eine Untersuchung der Gewichtungsmodelle hat in der Stufe 2 Aktualisierung nicht stattgefunden. Entsprechend entfällt hier ihre Bewertung.

Eine Überprüfung der umweltrechtlichen und der wasserrechtlichen Bewertung der Stufe 2 Variantenuntersuchung hat ebenfalls nicht stattgefunden. Auch diese Bewertungen entfallen in der Stufe 2 Aktualisierung.

#### 4.7.6 Ergebnis aktualisierter Variantenvergleich Stufe 2

Die planerischen Anpassungen der Absenktunnel- und der Bohrtunnelvariante im Vergleich zur Vorplanung beeinträchtigt die Bewertung der im Variantenvergleich untersuchten Kriterien. Daher erfolgt eine Überprüfung des Hauptvariantenvergleichs der Stufe 2 unter Berücksichtigung der planerischen Anpassungen.

Die der zusammenfassenden Bewertungsmatrix (siehe Tabelle 4-27) zugrundeliegenden Kennzahlen basieren bei der Variante Absenktunnel auf der vorliegenden Entwurfs- und Genehmigungsplanung, bei der Variante Bohrtunnel auf der erweiterten Vorplanung und bei den

Brückenvarianten auf der Vorplanung. Hierbei wurden die Ergebnisse der Bewertungsmatrizen der Wirkungsbereiche Raumstrukturelle Wirkung, Verkehrliche Beurteilung, Technische Belange, Wirtschaftlichkeit und Bautechnische Risiken für die Brückenvarianten direkt aus dem Stufe 2 Hauptvariantenvergleich übernommen. Die Ergebnisse der Bewertungsmatrizen der Wirkungsbereiche Umweltbelange und Natura 2000 Prüfung basieren auf der jeweils aktualisierten Betrachtung, welche für die Brückenvarianten auf einer Annahme basierten Aktualisierung fußen, vgl. hierzu UVS (Unterlage 16.01.001) und FFH-Ausnahmeprüfung (Unterlage 18.04.002).

Die Brückenvarianten sind, wie in Abschnitt 4.7.4 ausgeführt, nach dem Stufe 2 Hauptvariantenvergleich aus der weiteren Planung ausgeschieden. Ihre Aufführung in der Tabelle 4-27 mit dem überwiegenden Stand der Stufe 2 Betrachtung ist daher hier nur nachrichtlich. Die Wirtschaftlichkeit und die Bauzeit lassen sich so nicht seriös fortschreiben und entfallen in der Betrachtung. Die beiden Varianten sind daher in Tabelle 4-27 ausgegraut dargestellt.

#### 4.7.7 Fazit

Im Rahmen der FFH-Ausnahmeprüfung (vgl. Unterlage 18.04.002) wird festgestellt, dass die Absenktunnelvariante trotz vorübergehender Beeinträchtigungen des FFH-Gebietes - im Gegensatz zur Bohrtunnelalternative - grundsätzlich zu bevorzugen ist. Die unterirdische Fehmarnsundquerung vermeidet dauerhafte betriebsbedingte Störwirkungen, da alle baubedingten Eingriffe nur temporär sind und nach Abschluss des Vorhabens eine vollständige Regeneration der betroffenen Lebensraumtypen möglich ist.

Zusätzlich führen die ergriffenen Maßnahmen zur Kohärenzsicherung zu einer tatsächlichen Verbesserung - mit einer Vergrößerung der marinen Riff-Flächen (LRT 1170) und langfristigen ökologischen Vorteilen im terrestrischen Bereich (LRT 2120). Die Absenktunnelvariante bietet technisch und betriebsbedingt die besseren Voraussetzungen für störungsfreien Betrieb, langfristige Sicherheit sowie Kosteneffizienz durch modulare Bauweise, geringere Wartungsaufwände und zügige Bauausführung. Somit ist diese Variante gegenüber alternativen Verfahren vorzuziehen.

Diese Einschätzung spiegelt sich auch im aktualisierten Stufe 2 Hauptvariantenvergleich wider. Das Gesamtergebnis der Bewertungsmatrix, unter Berücksichtigung beider umweltrelevanten Submatrizen Umweltbelange und Natura 2000 Prüfung, zeigt die ausgeplante Absenktunnelvariante gleichauf mit der vertieften Vorplanung der Bortunnelvariante. Hierbei unberücksichtigt bleiben die bautechnischen Risiken, welche für die Bohrtunnelvariante als deutlich höher eingeschätzt werden. Weiterhin unberücksichtigt bleibt die Bewertung der projektierten Bauzeit, welche für den Bohrtunnel mehr als doppelt so lang vorgesehen ist als für den Absenktunnel.

In der Gesamtbetrachtung ergibt sich damit eine Bestätigung der Wahl der Vorzugsvariante des Stufe 2 Hauptvariantenvergleichs.

Nachfolgende Tabelle dient der visuellen Unterstützung des zuvor Beschriebenen.

Tabelle 4-27: Zusammenfassende Bewertungsmatrix der aktualisierten Stufe 2

*Hinter den Wirkungsbereichen befindet sich jeweils eine eigene Bewertungsmatrix.*

	PP1 <b>Kombinierte Brücke</b> KBc_T03.2BS	PP2 <b>Getrennte Brücken</b> GBc_T02S+T02B	PP3 <b>Absenktunnel</b> ATc_T06.3BS	PP4 <b>Bohrtunnel</b> BTc_T03B+T03.1S
Raumstrukturelle Wirkungen [Matrix]			1	2
Verkehrliche Beurteilung [Matrix]			1	2
Technische Belange [Matrix]			1	1
Umweltbelange [Matrix, siehe UVS]	3	2	4	1
Natura 2000 Prüfung [Matrix, siehe Natura 2000 Prüfung]	4	3	2	1
Wirtschaftlichkeit [Matrix]			1	4
<b>Gesamtergebnis [Matrix]</b>			1	1
Ergebnis Bautechnische Risiken				
Investitionskosten			1.656 Mio. €	2.820 Mio. €
Lebenszykluskosten (LZK) inkl. Betriebskosten			3.015 Mio. €	4.663 Mio. €
Bauzeit Schiene / Bauzeit Straße inkl. LaV			5,6 Jahre / 6,3 Jahre	12 Jahre / 14,75 Jahre

**Legende:**

Matrix, Risiken, Ergebnisse, Kosten, Bauzeit	sehr vorteilhaft	vorteilhaft	nachteilig	sehr nachteilig
Wirkungsbereiche	sehr vorteilhaft	vorteilhaft	nachteilig	sehr nachteilig

## 5 Beschreibung des vorhandenen Zustands

### 5.1 Vom Vorhaben betroffene Strecken

#### 5.1.1 Bahnstrecke

Vom Vorhaben betroffen ist die eingleisige und nicht elektrifizierte Bestandsstrecke 1100, auf der seit dem 31.08.2022 zwischen Neustadt (Holstein) und Puttgarden kein regulärer Zugbetrieb mehr stattfindet. Bis zum Rückbau steht das Gleis als Baugleis zur Verfügung.

##### 5.1.1.1 Unterscheidung zwischen der Bestands- und der Ausbaustrecke - Bahnanlage

Bei der Beschreibung der in der Örtlichkeit vorhandenen und planfestgestellten Bahnanlagen ist zwischen der Bestandsstrecke 1100 (alt) und der in den Planfeststellungsabschnitten PFA 5.2 und 6 beschriebenen Bahnstrecke 1100 (neu) zu unterscheiden.

**Bestandsstrecke 1100 alt:** Kilometrierungsangaben der Bestandsstrecke 1100 alt im Planungsumgriff des PFA FSQ

Gemarkung Großenbrode	von km 73,000 – km 74,049
Gemarkung Fehmarn	von km 74,049 – km 78,171.

Auf der Bestandsstrecke 1100 alt findet seit dem 31.08.2022 kein regulärer Zugbetrieb mehr statt.

**Bahnstrecke 1100 neu:** Zur besseren Unterscheidung wird eine Bau-Kilometrierung für die neue Linienführung der Bahnstrecke 1100 eingeführt, der, bezogen auf die vorhandene Bahnstrecke 1100 alt, fiktive 100 Kilometer addiert werden - dies wird als Bau-km bezeichnet. Auf der gesamten Bahnstrecke 1100 ergeben sich durch neue Linienführungen Über- und Fehllängen in der Kilometrierung, die innerhalb eines Planfeststellungsabschnittes mit Angaben zur Überlänge und Fehllänge ausgeglichen werden.

Gemarkung Großenbrode, PFA 5.2:	von Bau-km 170,000 – Bau-km 173,115
Gemarkung Fehmarn, PFA 6:	von Bau-km 172,713 – Bau-km 176,900.

Im Übergang von dem PFA 5.2 und dem PFA 6 beträgt die Überlänge 402,62 m. Diese Überlänge wird als Kilometersprung ab PFA-Ende 5.2/ PFA-Beginn 6 angesetzt, woraus sich auch die unterschiedliche Kilometrierung von Bau-km 173,115 (Ende der Gemarkung Großenbrode) zu Bau-km 172,713 (Beginn der Gemarkung Fehmarn) ergibt.

##### 5.1.1.1.1 Bestandstrecke 1100 alt

Die Bestandsstrecke 1100 (alt) verläuft innerhalb des Planfeststellungsumgriffs des PFA FSQ in gestreckter Linienführung aus der Ortslage Großenbrode in Richtung Fehmarnsund. Die Bestandsstrecke 1100 (alt) kreuzt den Fehmarnsund und darin enthaltene Seeschiffahrtsstraße mittels der kombinierten Straßen- und Eisenbahnbrücke und bindet auf der Insel Fehmarn auf dem vorhandenen Straßen- und Bestandsstrecke ein.

Im Planungsumgriff des PFA FSQ ist die Bestandstrecke eingleisig ausgebildet, auf der Insel Fehmarn befindet sich zwischen der EÜ Struckamp und der SÜ L 217 der Bahnhof Struckamp, der mit zwei Weichen und zwei Gleisen ausgestattet ist, jedoch keinen Zughalt für den Personenverkehr vorsieht. Der Gleisoberbau besteht aus Schienen, Betonschwellen und anderen Materialien. Die Bestandstrecke ist mit Leit- und Sicherungs-, mit GSM-R-Technik und elektrotechnischen Anlagen für die Stromversorgung ausgestattet. Die bahntechnischen



Ausrüstungsgewerke werden nur noch im Rahmen der Verkehrssicherungspflicht gewartet.  
Die Bestandsstrecke 1100 alt ist nicht elektrifiziert.

Die zulässige Geschwindigkeit der Bestandsstrecke 1100 alt beträgt  $v = 140 \text{ km/h}$ .

#### **5.1.1.1.2 Bahnstrecke 1100 neu, PFA 5.2 & PFA 6**

Die Bahnstrecke 1100 neu im PFA 5.2 wird in Höhe der Großenbroder Aue parallel zur Bundesstraße B 207 auf der östlichen Seite neu errichtet. Hierzu wurde vom Eisenbahn-Bundesamt die Planfeststellung für den PFA 5.2 erteilt.

In Großenbrode wird ein neuer Betriebsbahnhof mit zwei durchgehenden Hauptgleisen und zwei seitenrichtig angelegten Überholungsgleisen gebaut. Alle Gleise werden elektrifiziert ausgebildet. Ein vollständiges Weichentrapez mit 4 Weichen ermöglicht das Ein- und Ausfahren in jedes der Überholgleise aus südlicher Richtung. In nördlicher Richtung ist wegen der eingleisigen Streckenführung zur Fehmarnsundbrücke nur eine Weichenverbindung für die Ein- und Ausfahrt sowohl in die Strecken- als auch in die Überholgleise erforderlich.

Die Bahnstrecke 1100 PFA 6 beginnt in Höhe des Bau-km 172,713 noch auf der Festlandseite in Großenbrode eingleisig, verläuft über die vorhandene Fehmarnsundbrücke bis nördlich des EÜ/ SÜ-Bauwerks Strukkamp. Nördlich von dem EÜ-Bauwerk befindet sich eine Weiche, die die Strecke im Weiteren dann zweigleisig auf dem vorhandenen Bahnkörper in Richtung Burg auf Fehmarn führt. Alle Gleise im PFA 6 inkl. der Fehmarnsundbrücke werden elektrifiziert ausgebildet.

Der Gleisoberbau besteht aus Schienen, Weichen, Betonschwellen und Schotter. Auf der Fehmarnsundbrücke bleibt der Oberbau mit Stahlschwellen erhalten. Die Gleisanlagen werden auf einem neuen Bahndamm verlegt, der zur Erhöhung der Tragfähigkeit mit einer Planungsschutzschicht versehen wird. Anfallendes Niederschlagswasser wird zwischen den Gleisen in Tiefenentwässerungsanlagen gesammelt und den seitlich angeordneten Bahnseitengräben und der dort verlegten Tiefenentwässerungsanlage zugeführt und in RRB eingeleitet.

Die Bahnstrecke 1100 neu wird mit dem modernen Leit- und Sicherungssystem ETCS, Level 2 ohne Signale ausgestattet. Des Weiteren kommt eine neue GSM-R-Technik zum Einsatz. Die eingebauten Weichen werden mit neuen elektrischen Weichenheizungsanlagen ausgestattet, die den elektrischen Strom über Transformatorentechnik aus der neuen Oberleitungsanlage bezieht.

#### **5.1.1.2 Bahnkörper**

##### **5.1.1.2.1 Bestandsstrecke 1100 alt**

Aus dem Bf Großenbrode kommend befindet sich die Bestandsstrecke in leichter Dammlage. Zur Fehmarnsundbrücke erstreckt sich ein Dammbauwerk auf einer Länge von rd. 700 m. Der Dammkörper ist als kombinierter Straßen- und Eisenbahndamm im Zusammenhang mit der Fehmarnsundbrücke in den 60iger Jahren des 20. Jahrhunderts neu errichtet worden und ragt ca. 336 m in den Sund hinein. Das Dammbaumaterial der zusammen mit der Fehmarnsundbrücke errichteten Dammbauwerke der Großenbroder Seite besteht aus Meeressanden, welche nahe der Nehrung Graswarcker entnommen wurden.

Im Uferbereich besitzt der Dammkörper eine Böschungsfußbreite von ca. 80 m, die Kronenbreite beträgt ca. 22 m. Die Böschungsflanken sind mit rund 1 : 2 flach geneigt, die höchste

Erhebung auf dem Damm liegt rd. 15 m über dem anstehenden Gelände. Der gesamte Dammbereich erstreckt sich von der Uferzone bis zum Überholbahnhof Struckamp in Höhe des ca. Bestands-km 77,8 und endet dann geländegleich.

Auf der Inselfseite besitzt der Dammkörper eine Länge von ca. 2.500 m Länge und eine Kubatur von ca. 1.4 Mio. m<sup>3</sup>. Das Dammbaumaterial des Dammkörpers auf Fehmarn entstammt eines Abbaus oberflächennaher, lokaler Sand und Kiesvorkommen des Wulfener Bergs. Zwecks Absicherung der sich in Ufernähe befindlichen Böschungsflanken wurde eine Bitumenschicht aufgebracht.

#### **5.1.1.2.2 Bahnstrecke 1100 neu – PFA 5.2 & PFA 6**

Der Bahnkörper der Bahnstrecke 1100 neu wird neu errichtet. Im Übergangsbereich vom PFA 5.2 zum PFA FSQ sind wegen gering tragfähiger Bodenschichten Spezialtiefbaumaßnahmen in Form von rasterförmig einzubringenden Schotterstopfsäulen einzubauen. Die Spezialtiefbaumaßnahmen enden kurz vor der PFA-Grenze PFA 5.2/PFA FSQ. Auf dem Bahnkörper werden Schutzschichten aus Erdstoff aufgebracht und die einzubauenden Gleise als Querschwellengleis in Schotter gebettet.

Die Bahnstrecke inkl. Fehmarnsundbrücke wird elektrifiziert und mit moderner Leit- und Sicherungstechnik ausgerüstet. Bahnfunk mittels neuester GSM-R-Technik sowie die Stromversorgung der elektrotechnischen und maschinentechnischen Anlagen werden in bahnparallel verlaufenden Betonkabeltrögen verlegt.

Der Bahnkörper der Bahnstrecke 1100 neu befindet sich ab der SÜ L 217 auf dem vorhandenen Bahnkörper der Bestandsstrecke 1100 alt. Der Bahnkörper wird verbreitert, um ausreichend Platz für das zweite Gleis und die zukünftigen Verkehre zu erhalten. Auf dem Bahnkörper werden Schutzschichten aus Erdstoff aufgebracht und die einzubauenden Gleise als Querschwellengleis in Schotter gebettet. Die Bahnstrecke wird elektrifiziert und mit moderner Leit- und Sicherungstechnik ausgerüstet. Bahnfunk mittels neuester GSM-R-Technik sowie die Stromversorgung der elektrotechnischen und maschinentechnischen Anlagen werden in bahnparallel verlaufenden Betonkabeltrögen verlegt.

#### **5.1.1.3 Bahnübergänge**

Innerhalb des PFA FSQ sind keine Bahnübergänge vorhanden.

#### **5.1.1.4 Streckenausrüstung und Energieversorgung**

Die Bestandsstrecke 1100 (alt) ist mit einer Signalanlage für die sichere Betriebsführung ausgestattet. Zur Kommunikation zwischen Lokführer und den Stellwerken sowie der Betriebszentrale ist GSM-R-Funk eingerichtet. Im Bereich der Fehmarnsundbrücke sind verschiedene Sensoriken zur Erfassung der Windgeschwindigkeiten installiert, die bei einer zu erwartenden Gefahrensituation entsprechende Signale an die Betriebszentrale melden, um erforderliche Maßnahmen einzuleiten.

Seit der Sperrung der Bahnstrecke 1100 zwischen Neustadt und Puttgarden zum 31.08.2022 werden die Anlagen der Streckenausrüstung im Regelbetrieb nicht mehr genutzt.

## 5.1.2 Straßen

### 5.1.2.1 Unterscheidung zwischen der Bestands- und der Ausbaustrecke – Straßenverkehrsanlage

Bei der Beschreibung der bestehenden Verkehrsanlagen der Straßen ist zwischen der B 207 (alt) und der im Planfeststellungsabschnitt „vierstreifiger Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen-Ost und Puttgarden“ beschriebenen B 207 (neu) mit dem im PFA FSQ überplanten Teilabschnitt der B 207 zu unterscheiden.

**Bestandsstrecke B 207 alt:** Kilometrierungsangaben der Bestandsstrecke B 207 alt im Planungsumgriff des PFA FSQ

Gemarkung Großenbrode: von km Abs. 585 4+682 – km Abs. 590 2+420  
Gemarkung Fehmarn: von km Abs. 590 3+397 – km Abs. 590 5+898.

**Ausbaustrecke B 207 neu:** Kilometrierungsangaben der Ausbaustrecke B 207 neu im Planungsumgriff des PFA FSQ

Gemarkung Großenbrode: von Bau-km 4+032,090 (LS 210) Abs. 585 4+682  
Gemarkung Fehmarn: bis Bau-km 10+679,217 (LS 210) Abs. 590 5+898.

#### 5.1.2.1.1 Bestandsstrecke B 207 alt

Die vorhandene A 1 im Süden ist als Autobahn vierstreifig und anbaufrei ausgebaut. Die A 1 endet derzeit östlich von Heiligenhafen-Ost. Daran schließt die zweistreifige B 207 an.

Die Bestandsstrecke B 207 (alt) verläuft innerhalb des Planfeststellungsumgriffs des PFA FSQ festlandseitig in West-Ost-Richtung nördlich von der Ortslage Großenbrode in Richtung Fehmarnsund. Die vorhandene Anschlussstelle B 207/K 42 Großenbrode liegt ganz nah an einer Kur- und Klinikeinrichtung am nördlich bebauten Rand von Großenbrode. Mittels der vorhandenen Fehmarnsundbrücke quert die Bestandsstrecke B 207 (alt) den Fehmarnsund und die darin enthaltene Seeschiffahrtsstraße.

Auf der Insel Fehmarn erstreckt sich die B 207 in Nord-Süd-Richtung westlich von Burg. Östlich der Ortschaft Strukkamp befindet sich eine Bogenbrücke als Kreuzungsbauwerk über die Avendorf und Strukkamp verbindende Straße für den damals geplanten Ausbau der Reichsautobahn 90, das Bauwerk steht unter Denkmalschutz.

Im Planungsumgriff des PFA FSQ weist die Bestandstrecke B 207 alt einen einbahnigen, zweistreifigen Querschnitt mit einer Befestigungsbreite von i. m. 10,50 m auf. Die Straße ist anbaufrei.

#### 5.1.2.1.2 Ausbaustrecke B 207 neu

Die Straßenverkehrsanlage B 207 neu umfasst den vierstreifigen bestandsbezogenen Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen-Ost und Puttgarden (Bau-km 0+180,6 – Bau-km 6+150 und Bau-km 9+850 – Bau-km 19+850). Der Bereich der Fehmarnsundbrücke ist von diesem Ausbau ausgenommen und verbleibt im Bestand (zweistreifig). Festlandseitig beginnt der Ausbau östlich der Anschlussstelle Heiligenhafen-Ost und endet am Rampenfuß der Fehmarnsundbrücke. Auf der Insel Fehmarn beginnt der Ausbau wiederum am

Rampenfuß der Fehmarnsundbrücke nördlich der Ortschaft Strukkamp und endet südlich der Ortschaft Puttgarden nördlich der geplanten Anschlussstelle Puttgarden.

Auf dem Festland ist eine Verbreiterung der B 207 in südlicher Richtung geplant. Auf der Insel Fehmarn verläuft die B 207 im Bestand parallel, westlich der Bahnstrecke Lübeck-Puttgarden. Daher erfolgt der geplante Ausbau ausgehend vom östlichen Fahrbahnrand in westliche Richtung. Die Linienführung wird im Grund- und Aufriss im Wesentlichen beibehalten.

Die Anbindung der B 207 an das nachgeordnete Straßennetz wird über folgende teilplanfreie Knotenpunkte vorgenommen:

- AS B 207/K 42 Großenbrode mit Anschluss der Kreisstraße K 42
- AS B 207/L 217 Avendorf mit Anschluss der Landesstraße L 217 AS Burg mit Anschluss der Landesstraße L 209
- AS Puttgarden mit Anschluss der Kreisstraße K 49.

Weitere folgende Straßen und Wege kreuzen die B 207 planfrei:

- Unterführung der Kreisstraße K 42
- Überführung der Gemeindestraße von Ostermarkelsdorf nach Niendorf
- Überführung der Gemeindestraße von Hinrichsdorf nach Bannesdorf.

Der vierstreifige Ausbau der B 207 ist gemäß Richtlinie für die Anlage von Autobahnen (RAA) [38] als autobahnähnliche Straße der Straßenkategorie AS 0 (EKA 2) mit einer Entwurfsgeschwindigkeit von 100 km/h vorgesehen. Die B 207 wird in diesem Bereich als Kraftfahrstraße gewidmet. Bei Puttgarden schließt die planfestgestellte Fehmarnbeltquerung an, die als Autobahn gewidmet wird.

Der vierstreifige Ausbau der B 207 erfolgt mit dem Regelquerschnitt RQ 28 gemäß RAA [38] und wird als Dachprofil ausgebildet. Die Länge der Baustrecke im Bereich des Festlandes beträgt 6,66 km, die Länge auf der Insel Fehmarn 10,0 km.

Die Planung des PFA FSQ geht von einem in Bau befindlichen vierstreifigen Ausbau der B 207 (neu) zwischen Heiligenhafen-Ost und Puttgarden aus, der in dem Überlagerungsbereich mit der FSQ noch nicht realisiert wurde. Der Planungsausblick für die Straßenverkehrsanlage B 207 (neu) mit dem Teilstück FSQ sieht vor, dass die Arbeiten parallel zur geplanten Eröffnung des Fehmarnbelttunnels abgeschlossen werden.

### **5.1.2.2 Straßenkörper**

#### **5.1.2.2.1 Bestandsstrecke B 207 alt**

Die Bestandsstrecke der B 207 alt kommt aus der Großenbrode Aue in Dammlage. Im Bereich der Anschlussstelle B 207/K 42 Großenbrode und Tankstelle verläuft die Trasse geländegleich. Nördlich davon ergibt sich eine höhere Dammlage durch die Rampe zur Fehmarnsundbrücke. Die Bestandsstrecke B 207 alt und die Bestandsstrecke 1100 alt verlaufen sowohl festlandseitig als auch inselseitig gemeinsam auf dem Dammkörper (siehe Kapitel 5.1.1.2.1).

Die vorhandene Dammschüttung der B 207 besteht überwiegend aus aufgefüllten, locker bis mitteldicht bzw. mitteldicht gelagerten Sanden mit wechselnden schluffigen und kiesigen Beimengungen, sowie aufgefüllten steifen bzw. steifen bis halbfesten stark sandigen Schluffen

mit wechselnden tonigen und kiesigen Beimengungen. Bei den aufgefüllten Schluffen handelt es sich um stark wasser- und frostempfindliche Böden.

#### **5.1.2.2.2 Ausbaustrecke B 207 neu**

Der Straßenkörper der Ausbaustrecke B 207 neu wird auf dem vorhandenen Straßenkörper der Bestandsstrecke B 207 alt neu errichtet. Der vorhandene Dammkörper ist treppenförmig zu profilieren, um eine ausreichende Verzahnung des vorhandenen mit dem neuen Dammbereich zu gewährleisten.

Das in den Einschnittsbereichen gewonnene Material (größtenteils Geschiebelehm und Geschiebemergel) wird in die Dammverbreiterung bzw. Dammherstellung wieder eingebaut. Für den Einbau werden witterungsabhängig bodenverbessernde Maßnahmen mit hydraulischen Bindemitteln vorgesehen.

#### **5.1.2.3 Verkehrstechnische Ausstattung**

Die Fehmarnsundbrücke ist seit 2009 mit einer modernen Windwarnanlage (WWA) ausgestattet. Zwei Windmessstationen, jeweils an einem Standort festland- und inselseitig unmittelbar am Brückenbauwerk, unbeeinflusst vom fließenden Verkehr, messen die Windstärke und -richtung. Die variablen Verkehrszeichen ermöglichen je nach Windverhältnissen, die zulässige Geschwindigkeit bzw. eine Teil- oder eine Vollsperrung der Brücke anzuzeigen. Die Fahrzeuge können auf die speziellen Auffangparkplätze zu beiden Seiten vor der Brücke abgeleitet werden.

Ferner verlaufen entlang der B 207 einseitig oder beidseitig Kabelleerrohrtrassen bzw. erdverlegte Kabel der Fernmeldetrasse des Baulastträgers. Im Bereich des Auffangparkplatzes Großenbrode befindet sich ein Kabelhaus, was die div. Anlagen, z. B. WWA, bündelt und über LWL/Kupferkabel in Richtung FIT Neumünster überträgt.

### **5.2 Baugrund**

#### **5.2.1 Allgemeine Geologie**

Im gesamten Untersuchungsgebiet variieren die Schichtgeometrien und Sedimente stark in ihrer lateralen Verbreitung und horizontalen Tiefenlage und sind daher diskontinuierlich. Dies ist hauptsächlich auf eine tiefgreifende glazialtektonische Überprägung zurückzuführen, die zu einer starken Diskordanz der Schichten führt. Jüngere und ältere Sedimente sind ineinander verzahnt und verschuppt vorhanden, unabhängig von ihrem eigentlichen Ablagerungszeitpunkt. Ein genereller Schichtenverlauf ist daher nicht ableitbar und zeichnet sich durch eine hohe kleinräumige Variabilität aus.

Oberflächennah dominiert eine Deckmoräne aus sandigem oder tonigem Geschiebemergel, der durch glazialtektonische Prozesse stellenweise mit Tarraston vermischt ist. Weitere bedeutende Sedimente sind der grüne oder braune eozäne Tarraston. Innerhalb dieser Schichten sind lokal und in variierender Ausprägung Sande und Kiese eingelagert, die gespanntes Grundwasser führen.

#### **5.2.2 Bereich Anschlussstelle (AS) B 207 / K 42 Großenbrode**

Die AS B 207/K 42 Großenbrode ist für die B 207 bei Bau-km 1+150 geplant. Die Bahntrasse verläuft dort parallel zur B 207 in einem Trogbauwerk. Die Überführung K 42 ist Teil der AS



B 207/K 42 Großenbrode. Sie variiert in der Höhe von +8,9 mNHN auf der Westseite bis zu +12,3 mNHN in der Mitte und befindet sich in Dammlage. Sie wird mittels Rampen erschlossen.

Der gewachsene Baugrund im Untersuchungsgebiet besteht aus glazigenen Sedimenten der Weichsel-Kaltzeit. Eine einheitliche Schichtenfolge ist nicht ableitbar. Jüngere und ältere Sedimente sind oft ineinander verzahnt und verschuppt. Die dominierenden Böden sind Geschiebemergel, Geschiebemergel mit Tarraston, sowie grüner und brauner Tarraston. Der Tarraston ist im Bereich der AS B 207/K 42 Großenbrode besonders mächtig ausgeprägt und in der Planung entsprechend als wesentlicher Baugrund zu berücksichtigen. Oberflächennahe Auffüllungen sind vorwiegend auf Straßenbaumaßnahmen zurückzuführen.

Eine detaillierte Beschreibung des angetroffenen Baugrunds inklusive der hydrogeologischen Verhältnisse, der interpretierten Bemessungsbodenprofilen und der Bodenparameter sind im zugehörigen Geotechnischen Bericht AS B 207/K 42 Großenbrode (Unterlage 41.05.001) enthalten.

### 5.2.3 Bereiche freie Strecke Bahn und Straße

Der Abschnitt der B 207 im Baufeld Großenbrode verläuft in süd-nördlicher Richtung und zeichnet sich durch eine bogenförmige Trasse aus, die die Anschlussstelle B 207/K 42 Großenbrode umfasst. Der Bereich ist geprägt von vorhandener Verkehrsbebauung in Form von Straßen und Schienen, umgeben von landwirtschaftlich genutzten Flächen und bewachsen mit Sträuchern, Bäumen und Großgehölzen. Die natürlichen Geländehöhen schwanken zwischen +1,0 mNHN und +5,0 mNHN.

Der Bahnstreckenabschnitt dieses Bereichs, der sich von Bau-km 170,422 bis Bau-km 171,547 erstreckt, liegt westlich von Großenbrode und verläuft parallel zur nördlich gelegenen Bundesstraße B 207. Die Trasse befindet sich überwiegend in einem Geländeeinschnitt. Die Geländehöhen in diesem Bereich liegen zwischen +3,7 mNHN und +8,0 mNHN.

Der Abschnitt der B 207 auf Fehmarn verläuft weitestgehend geradlinig entlang der bestehenden Trasse. Die Baufelder sind hier ebenfalls von Verkehrsbebauung geprägt und von landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie Bewuchs aus Sträuchern, Bäumen und Großgehölzen umgeben. Die Geländehöhen variieren zwischen ca. +5,0 mNHN und +12,0 mNHN, wobei die höchsten Punkte am nördlichen Ende des Streckenabschnitts liegen.

Der Bahnstreckenabschnitt auf Fehmarn, der sich von Bau-km 175,606 bis Bau-km 176,700 erstreckt, liegt nordöstlich der Ortschaft Strukkamp. Die Trasse verläuft überwiegend in einem Geländeeinschnitt.

### Strecke Festland

Im Festlandbereich des Untersuchungsgebiets wurde an der Geländeoberfläche eine Oberbodenschicht mit Dicken zwischen 0,2 m und 1,4 m festgestellt. Darunter folgt eine Deckschicht aus Geschiebemergel, überwiegend in steifer Konsistenz, teilweise von dünnen Geschiebelehmsschichten überlagert. Die Mächtigkeit des Geschiebemergels variiert stark. Unterhalb der Deckschicht findet sich eine heterogene Wechsellagerung von Böden, darunter Sande, Geschiebemergel mit Tarraston, grüner Tarraston und brauner Tarraston.

Etwa ab Bau-km 0+250 (Straße) bis Bau-km 1+450 treten mächtige, grundwasserführende Sand- und Kiesschichten mit Dicken von teilweise über 12 m auf. Im Bereich von Bau-km 0+500 (Straße) bis Bau-km 0+700 dominiert unterhalb der Deckschicht

Geschiebemergel mit Tarraston, während von Bau-km 0+700 (Straße) bis Bau-km 1+450 bzw. ab etwa Bau-km 171,3 (Bahn) grüner Tarraston vorherrscht. Diese Schichten weisen eine steif bis halbfeste Konsistenz auf.

Grundwasser wurde in ca. der Hälfte aller Aufschlüssen festgestellt, als Schichtenwasser in bindigen und gemischtkörnigen Böden sowie als Grundwasser in Sand und Kies, oft mit gespanntem Wasser.

In speziellen Bohrungen wurden besondere Schichten aus Mudde, Beckenschluff und Beckenton angetroffen, was auf eine tiefgreifende glazialtektonische Überprägung hinweist, die zu einer diskontinuierlichen Schichtverteilung führt.

### **Strecke Fehmarn**

Auf Fehmarn zeigt sich an der Geländeoberfläche eine Oberbodenschicht mit Dicken zwischen 0,3 m und 1,0 m. Darunter folgt überwiegend Geschiebemergel, oft durch sandige und lehmige Zwischenschichten unterbrochen. Die Unterkante des Geschiebemergels wurde in Tiefen zwischen etwa -8,0 mNHN und -16,0 mNHN angetroffen. Unterhalb des Geschiebemergels bestehen Wechsellagerungen aus Sanden, Kiesen, braunem Tarraston und Geschiebemergel mit Tarraston.

Im Bereich des Bestandsdammes bestehen die aufgefüllten Schichten überwiegend aus Sanden mit Zwischenschichten aus Geschiebemergel. Diese aufgefüllten Schichten weisen überwiegend eine steif-halbfeste Konsistenz auf. Die Unterkante der Dammauffüllung wurde in Tiefen von 6,2 m bis > 10 m unter Ansatzpunkt angetroffen. Bei Bohrungen außerhalb des Dammes wurden ab -4,5 mNHN sandige und kiesige Zwischenschichten innerhalb des Geschiebemergels erbohrt, die gespanntes Grundwasser führen.

Grundwasser wurde in ca. 50 % der Aufschlüsse festgestellt, als Schichtenwasser in bindigen und gemischtkörnigen Böden sowie als Grundwasser in Sande, oft mit gespanntem Wasser. In den übrigen Aufschlüssen wurde kein Grundwasser gefunden.

Eine detaillierte Beschreibung des angetroffenen Baugrunds inklusive der hydrogeologischen Verhältnisse, der Bodenparameter und der Gründungsempfehlungen sind in den zugehörigen Geotechnischen Berichten Freie Strecke Bahn (Unterlage 41.06.001) und Freie Strecke Straße (Unterlage 41.07.001) enthalten.

#### **5.2.4 Bereich Trockendock**

Das geplante Trockendock befindet sich auf der Seite Großenbrode des Fehmarnsunds im Kreis Ostholstein, Schleswig-Holstein, und liegt auf Höhen zwischen +0,37 mNHN in der Uferzone und +6,04 mNHN. Die Baufläche wird hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt. Details zur Lage der Baufläche sind in den Bauwerksplänen in Unterlage 07 enthalten.

Die geologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet des Trockendocks zeigen erhebliche laterale und vertikale Variabilität der Schichtgeometrien und Sedimente. Dominierende Böden sind Geschiebemergel sowie brauner und grüner Tarraston, oft in Mischungen anzutreffen. An der Geländeoberfläche befindet sich eine 0,3 bis 1,0 m dicke Oberbodenschicht, darunter folgt Geschiebemergel in verschiedenen Konsistenzen von steif bis halbfest.

#### **Nordwestlicher Bereich**

- Schichten: Dominanz von Geschiebemergel bis 50 m Tiefe

- Zwischenschichten: brauner Tarraston (2 m - 18 m), Sande und Beckenschluff in verschiedenen Tiefen (bis 39 m).

#### **Nordöstlicher Bereich**

- Schichten: grüner Tarraston und Geschiebemergel mit Tarraston bis 55 m Tiefe
- Besonderheit: Bohrung B 14 zeigt tonigen Geschiebemergel bis 80 m mit sandiger Schicht (47 m - 48 m).

#### **Südlicher Bereich**

- Schichten: Grundwasserführende Sande und Kiese (5 m - 12,1 m), darunter Wechsellagerungen von Tarraston und Geschiebemergel
- mitteldichte bis dichte rollige Böden (Sande und Kiese)
- zusätzliche Böden: Beckenschluff, Geschiebelehm, Ton (geringe Ausprägung).

Eine detaillierte Beschreibung des angetroffenen Baugrunds inklusive der hydrogeologischen Verhältnisse, der interpretierten Bemessungsbodenprofilen und der Bodenparameter sind im zugehörigen Geotechnischen Bericht Trockendock (Unterlage 41.02.001) enthalten.

### **5.2.5 Bereich Absenkgraben**

Der Bereich Absenkgraben erstreckt sich vom Baufeld Großenbrode, angrenzend an das Trockendock, bis ca. 320 m landeinwärts auf Fehmarn.

Im Bereich des Absenkgrabens variieren die geologischen Verhältnisse beträchtlich. Oberflächennah ist im Inselbereich ein humoser Oberboden vorhanden. Darunter folgen im gesamten Absenkgraben Geschiebelehm und sandig-schluffiger Geschiebemergel mit Tarraston-Einschlüssen. Besonders bemerkenswert sind die unterschiedlichen Vorkommen des grünen Tarrastons, der von steif-halbfester Konsistenz ist und bis in Tiefen von ca. -7,00 mNHN bis -10,00 mNHN reicht. Die Konsistenz und Verteilung des Tarrastons variiert stark zwischen den westlichen und östlichen Abschnitten.

Die Sandlagen im nördlichen Bereich sind in die oberflächennahen Deckschichten aus Geschiebemergel eingeschaltet und weisen eine sehr dichte Lagerung auf. Tiefer gelegene Sandschichten enthalten häufig Geschiebemergel und weisen eine dichte bis sehr dichte Lagerung auf. Kiesschichten sind ebenfalls vorhanden, jedoch weniger verbreitet.

Insgesamt zeigen die Aufschlüsse eine komplexe Verzahnung und Mischung der verschiedenen Sedimente, bedingt durch die glazialtektonischen Prozesse. Dies führt zu einer hohen Variabilität in den Baugrundverhältnissen.

Eine detaillierte Beschreibung des angetroffenen Baugrunds inklusive der hydrogeologischen Verhältnisse, der interpretierten Bemessungsbodenprofilen und der Bodenparameter sind im zugehörigen Geotechnischen Bericht Absenktunnel (Unterlage 41.01.001) enthalten.

### **5.2.6 Bereich Tunnel in offener Bauweise Fehmarn**

Im westlichen Untersuchungsgebiet bestehen die Böden überwiegend aus gemischtkörnigen und bindigen Materialien. Der oberflächennahe humose Oberboden hat eine Mächtigkeit von 0,4 m bis 0,7 m und wird meist von steifem Geschiebemergel unterlagert, vereinzelt auch in weicher bis steifer Konsistenz. Lokal stehen Schichten aus steifem Geschiebelehm oder Sand an. Der Geschiebemergel enthält teilweise schluffige Sandschichten und wird in Tiefen von 18 m bis 34 m angetroffen, gelegentlich auch tiefer.

Im östlichen Untersuchungsgebiet dominieren mächtige Sandschichten. Unter dem humosen Oberboden liegt Geschiebemergel, häufig in Verbindung mit Tarraston. Die Konsistenzen reichen von halbfest bis steif, und Schichtdicken variieren stark. Lokale Variationen umfassen zwischengelagerte Sande, tonigen Geschiebemergel und verschiedene Arten von Tarraston.

Die tiefsten Schichten bestehen aus grünen und braunen Tarraston sowie tonigen und schluffigen Materialien. Eine detaillierte Beschreibung des angetroffenen Baugrunds inklusive der hydrogeologischen Verhältnisse, der interpretierten Bemessungsbodenprofilen und der Bodenparameter sind im zugehörigen Geotechnischen Bericht Tunnel in offener Bauweise Fehmarn (Unterlage 41.03.001 und 41.03.002) enthalten.

### 5.2.7 Bereiche Trogbauwerke Großenbrode und Fehmarn

Nördlich der Anschlussstelle B 207 / K 42 Großenbrode der B 207 ist ein Trogbauwerk für die Bahnstrecke geplant, welches in das Trockendock mündet und ein starkes Gefälle Richtung Tunnel aufweist. Die Geländehöhen am Baufeld Großenbrode variieren zwischen +5,17 mNHN und niedrigeren Werten an der Uferzone.

Auf Fehmarn ist ein Trogbauwerk projektiert, welches die Bahn- und Straßentrasse ab dem Tunnelende zunächst gemeinsam aufnimmt. Anschließend teilt sich das Bauwerk in zwei parallele Trogbauwerke auf: das westliche für die Straße und das östliche für die Bahntrasse. Details zur Lage und Planung sind den Unterlagen 03 (Lagepläne) und 07 (Bauwerkspläne) zu entnehmen.

Die Untergrundverhältnisse in beiden Untersuchungsgebieten sind durch eine komplexe und variierende Schichtgeometrie gekennzeichnet, die stark von glazialtektonischen Prozessen geprägt ist. Es dominieren Geschiebemergel, Tarraston und lokal eingeschaltete Sandschichten. Eine durchgängige Schichtenabfolge lässt sich nicht ableiten, da jüngere und ältere Sedimente verzahnt und verschuppt vorliegen.

#### Trogbauwerk Großenbrode

Die geologischen Verhältnisse des Trogbauwerks südlich des geplanten Trockendocks auf der Seite Großenbrode umfassen:

- humoser Oberboden: 0,3 bis 1,0 m dick
- Geschiebelehm: teilweise vorhanden, bis 1,6 m mächtig, oft sandig
- oberer Geschiebemergel: 2 bis 16 m mächtig, meist steif bis halbfest, teils weich
- grüner Tarraston: im Norden ab 21 bis 33 m Tiefe, meist steif bis halbfest
- brauner Tarraston: unterlagert grünen Tarraston, 18,3 bis 35 m Tiefe, vorwiegend steif bis halbfest
- Beckenablagerungen: in Form von Schluff und feinen Sandschichten.

#### Trogbauwerke Fehmarn

Die geologischen Verhältnisse der auf Fehmarn lokalisierten Trogbauwerke umfassen:

- humoser Oberboden: 0,2 bis 1,0 m dick
- Geschiebelehm: bis 1,0 m dick, meist steif
- Geschiebemergel: bis 49 m tief, steif bis halbfest, mit Sandschichten und Tarraston
- grüner Tarraston: halbfest, unter Geschiebemergel, Wechsellagerung möglich.

Sand- und Kieslagen: wasserführend, teils als Dammaufschüttung genutzt; Lagerungsdichten variieren von locker bis sehr dicht, Kiese überwiegend mitteldicht bis sehr dicht, Sande überwiegend locker bis mitteldicht

Eine detaillierte Beschreibung des angetroffenen Baugrunds inklusive der hydrogeologischen Verhältnisse, der interpretierten Bemessungsbodenprofilen und der Bodenparameter sind im zugehörigen Geotechnischen Bericht Trogbauwerke Festland und Insel (Unterlage 41.04.001) enthalten.



## **6 Beschreibung des geplanten Zustandes**

### **6.1 Abweichungen vom Regelwerk**

Der Absenktunnel besteht aus 12 segmentierten Tunnelementen, die eine Gesamtlänge von ca. 1,8 km haben. Vorgesehen werden fünf Elemente mit einer Länge von ca. 137,4 m und sieben Elemente mit einer Länge von ca. 160,3 m.

Die Absenktunnelemente werden aus jeweils 6 bzw. 7 Stahlbetonsegmenten mit einer Blocklänge von ca. 22,9 m (Betonierabschnitte) errichtet. Die Tunnelsegmente werden im Trockendock produziert und abschließend mittels temporärer Vorspannung miteinander schwimmstabil verbunden.

In Deutschland ist es üblich, die Länge von Tunnelblöcken bzw. die Länge der Betonierabschnitte zwischen Blockfugen auf 10 m zu begrenzen. Diese Regelung wurde für das Projekt FSQ für die Tunnelbauwerke in offener Bauweise übernommen. Beim Bau von Absenktunneln ist es jedoch üblich, die Blocklängen zwischen sogenannten Segmentfugen mit Längen zwischen 20 m bis 25 m zu wählen und das genaue Maß auf die Länge der Absenkelemente abzustimmen. Dieser Ansatz wurde bereits bei internationalen Projekten erfolgreich angewandt.

Für den Bereich des Absenktunnels der FSQ wird mit ca. 22,9 m ein größerer Blockfugenabstand gewählt, da durch die Wahl von nur 10 m langen Blöcken im Absenktunnel sich die Zahl der zusätzlichen Fugen in den Absenkelementen von 68 auf 147 erhöhen würde. Dies würde die Bauzeit der Absenkelemente, die den kritischen Weg der Bauzeit darstellen, erheblich verlängern.

Zudem sollte die technisch erforderliche Anzahl von Blockfugen reduziert werden, um den Wartungsaufwand und potenzielle Schwachstellen zu reduzieren und damit das Risiko von Undichtigkeiten zu verringern.

Es ist von grundlegender Bedeutung, dass der Absenktunnel ausreichend wasserdicht ausgeführt wird. Daher ist gerade bei langen Blöcken ein robuster Ansatz erforderlich, um sicherzustellen, dass sowohl die Rissbildung durch die Querschnittsteile im Bauzustand ausgeschlossen wird als auch im Endzustand die Rissbildung unter Last beschränkt bleibt.

### **6.2 Planungsgrundlagen**

#### **6.2.1 Bahn**

Die Planungsgrundlage des PFA FSQ überlagert sich zum Teil mit dem planfestgestellten Streckenausbau des PFA 5.2 und des PFA 6. Die geplanten Maßnahmen werden bis zum Bau-km 170,422 vollständig umgesetzt.

Die Plangrundlage des PFA FSQ im PFA 6 ist die planfestgestellte Unterlage des PFA 6. Damit einher geht die Streckenelektrifizierung der Fehmarnsundbrücke und die zweigleisige Streckenführung in Richtung Burg auf Fehmarn nördlich der EÜ Strukkamp.

Die Gleisanlagen der Bahnstrecke 1100 alt werden im Planungsumgriff des PFA FSQ zurückgebaut. Hierzu zählen die eingleisigen Bestandsabschnitte von ca. km 73,4 - km 78,1 nebst dem kurzen zweigleisigen Bereich zwischen Strukkamp und SÜ L 217. Im

Zusammenhang mit dem PFA FSQ wird die eingleisige Streckenführung in dem PFA 6 zwischen km 74,0 – km 76,5 zurückgebaut. Der Rückbau der Gleisanlagen wird auch auf der Fehmarnsundbrücke vorgenommen.

Sofern Gleisanlagen aus den beiden Planfeststellungsabschnitten PFA 5.2 ab Bau-km 170,422 bis Bau-km 172,713 und daran anschließend PFA 6 ab Bau-km 172,713 bis Bau-km 176,75 / Höhe SÜ L 217 errichtet worden sind und diese nicht mit der Linienführung des PFA FSQ kompatibel sind, erfolgt deren Rückbau, um die erforderliche Baufreiheit für die baulichen Anlagen des PFA FSQ zu schaffen. Noch nicht errichtete Anlagen in den Überschneidungsbereichen werden nicht umgesetzt.

## **6.2.2 Straße**

Die Verkehrsanlage der B 207 des PFA FSQ überlagert sowohl festland- als auch inselseitig zum Teil den planfestgestellten vierstreifigen Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen-Ost und Puttgarden. Die Anschlussplanung befindet sich derzeit im Bau. Der planfestgestellte Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen-Ost und Puttgarden wird nur bis zu den Anschlussbereichen an den PFA FSQ realisiert.

## **6.3 Verkehrsanlagen**

### **6.3.1 Bahnanlage – Bahnstrecke 1100 neu Planfeststellungsabschnitt FSQ (PFA FSQ)**

#### **6.3.1.1 Festlandseite**

Die geplante Strecke des PFA FSQ befindet sich auf der Festlandsseite ab dem Bau-km 170,422 bis zum Sund in Höhe des Bau-km 172,875 auf flach ausgebildeten landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die straßenbaulichen Anlagen der vorhandenen Bundesstraße B 207/Europastraße E47 werden in dem Bau-km 170,8 bis Bau-km 170,9 sowie den Bau-km 171,3 bis Bau-km 171,65 mitsamt einer Tankstellenanlage in schleifenden Schnitten gekreuzt.

In Höhe des Bau-km 172,280 wird der Königsweg in etwa rechtwinklig gekreuzt.

#### **6.3.1.2 Fehmarnsundbereich**

Zwischen dem Bau-km 170,875 bis zum Bau-km 174,400 erfolgt die Streckenführung des PFA FSQ durch den Seeweg Fehmarnsund. Der Fehmarnsund hat in Höhe des Bau-km 173,950 seinen Tiefpunkt mit einer Höhe von ca. -11,34 mNHN.

#### **6.3.1.3 Inselseite**

Der Eisenbahndamm wird in Höhe des Bau-km 175,1 in einem schleifenden Schnitt gekreuzt. Im weiteren Verlauf befindet sich die Strecke der FSQ östlich des Bahndammes und verläuft nahezu trassengleich mit der Bestandsstrecke 1100 (alt) bis zur SÜ L 217 in Bau-km 176,720.

Die Flächen links und rechts des vorhandenen Straßen- und Eisenbahndammes werden landwirtschaftlich genutzt und sind weitestgehend eben mit geringen Senkbereichen.

In Höhe des Bau-km 175,3 wird die am Böschungsfußpunkt angelegte Straße Fehmarnsund zwischen der Straße Sietgrund und der Ortslage Fehmarnsund gekreuzt.

In Bau-km 175,720 kreuzt die Trasse der FSQ die Verbindungsstraße Sietgrund/K 43 zwischen den Ortslagen Strukkamp westlich und Avendorf östlich. Die Kreuzung erfolgt in etwa rechtwinklig. In dem weiteren Verlauf zwischen Bau-km 175,7 bis Bau-km 175,9 wird die Wasserversorgungsanlage des Wasserbeschaffungsverbandes Fehmarn (WBV) in Parallel-lage tangiert.

In Höhe des Bau-km 176,720 kreuzt die Landesstraße L 217 (Landkirchen - Burg) die Bahn-anlagen niveaufrei in Ebene +1.

### 6.3.2 Verkehrsanlagen (VA) Bahn/Bahnkörper

Der Bahnkörper der Bahnstrecke 1100/PFA FSQ wird in folgende Bereiche untergliedert:

Bahnkörper auf Erdkörper:	von Bau-km 170,422 - Bau-km 171,547
Bahnkörper im Trog:	von Bau-km 171,547 - Bau-km 172,586
Bahnkörper im Tunnel:	von Bau-km 172,586 - Bau-km 174,878
Bahnkörper im Trog:	von Bau-km 174,878 - Bau-km 175,606
Bahnkörper auf Erdkörper:	von Bau-km 175,606 - Bau-km 176,733.

Die Trassierung der Bahnstrecke erfolgt unter Zugrundelegung einer Entwurfsgeschwindigkeit von  $v_e = 200$  km/h. Die gesamte Linienführung befindet sich in einer Abfolge von großen Radien von  $r \geq 1.530$  m, die mit Überhöhungen mit bis zu 160 mm ausgeführt werden. Die Längsneigung beträgt max.  $\pm 12,5$  ‰, außerhalb des Tunnelbereiches sind flache Neigungen zwischengeschaltet worden, um insbesondere Güterzügen das Anfahren auch in den geneigten Streckenabschnitten zu ermöglichen.

Es ist der Einbau von insgesamt vier Weichen vorgesehen, um einen gesicherten Bahnbe-trieb durchführen zu können.

#### 6.3.2.1 Oberbau

Der Ausbau der Strecke erfolgt mit Schotteroberbau und Einsatz einer Festen Fahrbahn. Der Schotteroberbau wird auf Erdbauwerken und Trogstrecken realisiert. Die Feste Fahrbahn wird im Tunnel und an den daran anschließenden Trogstrecken bis hin zu den Rettungsplatz-zufahrten errichtet. Dies begründet sich darin, dass aus Brand- und Katastrophenschutzgrün-den gemäß geltender EBA-Richtlinie die Gleisanlagen in Tunneln für gummibereitete Fahr-zeuge ausgebildet werden müssen.

Somit ergeben sich die oberbautechnisch getrennt zu betrachtende Abschnitte:

- Schotter-Oberbau Festland von Planfeststellungsgrenze PFA 5.2/FSQ bis zum Rettungs-platz Festland (Bau-km 170,422 - 172,489; Länge 2.067,0 m)
- feste Fahrbahn im Tunnel bzw. den Trögen vom Rettungsplatz Festland durch den Tunnel Fehmarnsundquerung bis zum Rettungsplatz Insel (Bau-km 172,489 - 174,992; Länge 2.503 m)
- Schotter-Oberbau Insel von Rettungsplatz Insel bis Planfeststellungsgrenze PFA FSQ/6, (Bau-km 174,992-176,732; Länge 1.740,1 m).

### **Streckenabschnitte mit Schotteroberbau**

Für die durchgehenden Hauptgleise der freien Strecke sowie anteilig der Tröge wird mit einer Entwurfsgeschwindigkeit von  $v_e = 200$  km/h und Gleisbelastungen  $\geq 30.000$  Lt/d geplant. Als Schotter wird ein aufbereiteter und/oder Neu-Schotter eingebaut, der Schotter vor Kopf 50 cm und Bettungsdicke von 30 cm aufweist. Im Trogabschnitt werden Unterschottermatten eingesetzt.

Im Trogbauwerk steht für die Gleise mit Schotter-Oberbau ein Einbauraum von beidseitig  $\geq 2,20$  m und einer Tiefe von 72 cm unter SO zur Verfügung.

Die Übergänge zur Festen Fahrbahn erfolgen als Regellösung mit Schotterverklebung über eine Gesamtlänge von ca. 45 m in drei Abschnitten.

### **Feste Fahrbahn im Tunnel/Trog**

Der hier gegenständliche Entwurf ist produktneutral geplant. Die Systemauswahl erfolgt mit der Ausschreibung bzw. Vergabe der Bauleistung. Im Rahmen der Ausführungsplanung sind danach die systemspezifischen Detailplanungen und Nachweise aufzustellen bzw. beizubringen. Entsprechend den Anforderungen aus der Streckenbelastung, der Befahrbarkeit und der Troglage bieten sich jedoch Systeme mit einbetonierten Schwellen oder mit Fertigteilplatten an.

Bauwerksseitig steht für die Feste Fahrbahn ein Einbauraum von jeweils 1,70 m zu beiden Seiten und einer Tiefe von 72 cm unter SO zur Verfügung. Abweichend vom Schotteroberbau beträgt der Stützpunkt Abstand bei der Festen Fahrbahn 65 cm.

Die Oberfläche der Festen Fahrbahn wird zur Sicherstellung der Entwässerung entsprechend der Überhöhung nach bahnrechts quergeneigt, so dass ggf. anfallendes Schleppwasser über entsprechende Abläufe bzw. Rinnen in die Tunnelentwässerung übergeben werden kann.

Gemäß der EBA-Richtlinie „Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und den Betrieb von Eisenbahntunneln“ [19] müssen parallel verlaufende, eingleisige Tunnel eine Rettung über die jeweils benachbarte Tunnelröhre ermöglichen und somit für Straßenfahrzeuge befahrbar hergestellt sein. Die Befahrbarkeit mit Straßenfahrzeugen ist auch von der Zufahrt der Straßenfahrzeuge bis zum Tunnelportal zu gewährleisten. Dafür kommen Befahrbarkeitsbeläge zum Einsatz.

Die Oberkante des Befahrbarkeitsbelages liegt 60 mm unter SO. Beidseitig neben dem Schienenkopf wird in Längsrichtung ein durchgehender Spalt für die Instandhaltung (Inspektion der Schienenbefestigung) freigehalten. Die Befahrbarkeitsbeläge müssen passend zur Festen Fahrbahn ausgeführt werden.

#### **6.3.2.2 Entwässerung**

Die Verkehrsanlage der Bahn ist in acht Entwässerungsabschnitte (EA) unterteilt. In der folgenden Tabelle 6-1 sind diese zusammengefasst aufgeführt. In der Bezeichnung steht das G für Großenbrode, F für Fehmarn und das darauffolgende B für die Bahnanlage.

Tabelle 6-1: Übersicht der Entwässerungsabschnitte der VA-Bahn

Entwässerungsabschnitt	Beschreibung	Bau-km Beginn	Bau-km Ende	Drosselung über Regenrückhaltebecken	Vorflut
GB-1	Freie Strecke Großenbrode Süd	170,422	171,133	RRB 15 aus PFA 5.2	Gewässer Nr. 2
GB-2	Freie Strecke Großenbrode Nord	171,133	171,546	RRB 2	Gewässer Nr. 1
GB-3	Trog Großenbrode Süd	171,546	172,153	RRB 3	Gewässer Nr. 5
GB-4	Trog Großenbrode Nord	172,153	172,606	RRB 4	Ostsee
B-5	Tunnel	172,606	174,858		
FB-6	Trog Fehmarn Süd	174,858	175,290	RRB 5	Ostsee
FB-7	Trog Fehmarn Nord	175,290	175,607	RRB 6	Gewässer Nr. 7
FB-8	Freie Strecke Fehmarn	175,607	176,733	RRB 6	Gewässer Nr. 7

Das anfallende Niederschlagswasser der Abschnitte GB-2 bis FB-8 wird über Sammelleitungen Hebeanlagen zugeführt und zur Gewährleistung der gedrosselten Einleitung in die Vorfluter in die in Tabelle 6-1 erwähnten RRB (RRB 2 bis RRB 6) gepumpt. Ein besonderer Aspekt ist das RRB 15 (Entwässerungsabschnitt GB-1), dieses Becken wird im Planfeststellungsabschnitt FSQ mit genutzt, ist jedoch im PFA 5.2 enthalten.

Die aus dem Gebiet FSQ an dieses Becken angeschlossene Verkehrsanlagenfläche entspricht dem im PFA FSQ liegenden überplanten Abschnitt des PFA 5.2. Daher ergeben sich an diesem Punkt keine Änderungen gegenüber dem im PFA 5.2 bereits enthaltenen Bedingungen für das RRB 15. Die zur Entwässerung der Bahnanlage vorgesehenen RRB und Hebeanlagen sind im Bauwerksverzeichnis (Unterlage 04.01.001) aufgeführt.

Festlandseitig erfolgt die Entwässerung der Abschnitte GB-1 und GB-2 auf freier Strecke über beidseitig neben der Strecke angeordnete Sickerleitungen. Die geschlitzten Sickerleitungen nehmen das vom Planum und angrenzenden Böschungen abfließende Niederschlagswasser auf und leiten es zu den RRB. Auf einen Bahngraben über den Sickerleitungen wurde verzichtet, um die Sickerleitungen so hoch wie möglich und somit mit dem größtmöglichen Abstand zum anstehenden Grundwasser anzuordnen. Dadurch wird zusätzlich die Breite der Bahnanlage reduziert.

Im Anschluss an den PFA 5.2 (Abschnitt GB-1) wird die Entwässerung durch ein Huckepacksystem realisiert. In diesem System gibt es eine Sickerleitung und eine darunterliegende Sammelleitung. Die Sickerleitung gibt an jedem Schacht das gesammelte Wasser an die am selben Schacht tiefer angeschlossene Sammelleitung ab. Die Sickerleitung kann am nächsten Schacht wieder höher beginnen und muss kein durchgehendes Gefälle ausweisen, da die Sammelleitung darunter das Wasser in einem durchgehenden Gefälle zur Vorflut leitet. Im Anschluss an den PFA 5.2 wurde das System der Huckepackleitungen gewählt, um die Sickerleitungen höher zu legen und die Aufnahme von Grundwasser durch die Sickerleitungen zu vermeiden.

Am Ende der freien Strecke in Richtung Troganfang (Abschnitt GB-2) lässt es sich wegen der Höhenlage der Bahnstrecke nicht vermeiden, dass die Sickerleitungen der Bahnentwässerung an einigen Stellen mit dem Schichtenwasser in Berührung kommen können. Das aus dem Erdkörper einsickernde Schichtenwasser wird mit dem Niederschlagswasser abgeführt.



In diesen Bereichen werden daher die Sickerleitungen im Hinblick auf zusätzliche Wassermengen größer dimensioniert. Kurz vor Troganfang quert eine Entwässerungsleitung unter den Gleisen hindurch, um das Niederschlagswasser von bahnlinks zur Pumpstation zu leiten. Von dort wird das Wasser zum RRB 2 gepumpt.

Das auf der Trogfläche anfallende Niederschlagswasser wird über beidseitige Quergefälle zur Mitte des Troges geführt und in eine Kastenrinne eingeleitet und über eine mittig angeordnete Transportleitung zu den jeweiligen Pumpenschächten geleitet.

Das im Tunnel anfallende Schleppwasser der Bahnanlage (s. Entwässerungsabschnitt B-5 Tabelle 6-1) wird jeweils über die rechte Fahrbahnseite abgeführt und einer Sammelleitung zugeführt. Die Sammelleitungen werden im Tiefpunkt des Absenktunnels in einen Pumpensumpf geleitet. Vom Pumpensumpf wird das Schleppwasser in ein Becken am Portal Großenbrode (Bau-km 172,620) gepumpt und von dort in das RRB 4 geführt.

Inselseitig entwässert der Abschnitt FB-8 auf freier Strecke hauptsächlich über beidseitige Bahngräben. Diese haben ein Gefälle in Richtung Süden zum Trog. Vor dem Übergang von freier Strecke zum Trog befindet sich bahnrechts zwischen km 175,6+06,7 und km 175,7+96,0 eine Stützwand. Über die Länge dieser Stützwand wird das Niederschlagswasser bahnrechts über Sickerleitungen aufgenommen. Das im Bahngraben bahnrechts gesammelte Niederschlagswasser wird vor Beginn der Stützwand über einen Einlaufschacht in die Sickerleitungen überführt und von diesen bis zur Pumpstation kurz vor Troganfang überführt. Bei km 175,6+61,6 bringt eine Querung das Niederschlagswasser aus dem bahnlinken Bahngraben auf die bahnrechte Seite zur Pumpstation für das RRB 6.

Weitere Erläuterungen zu den Becken, deren Bemessung und den Einleitmengen in die vorhandenen Vorfluter sind den wassertechnischen Berechnungen (Unterlage 12) zu entnehmen. Mit diesen Unterlagen der Planfeststellung werden alle erforderlichen Erlaubnisse und Bewilligungen beantragt.

### **6.3.2.3 Erdarbeiten**

Der Bahnkörper für die Ausbaustrecke der Strecke 1100 ist für die Bereiche zwischen der jeweiligen Planfeststellungsgrenzen und dem entsprechenden Troganfang bzw. -ende neu herzustellen. Auf dem Festland verläuft die Strecke von der Geländegleiche am Bf Großenbrode im Einschnitt Richtung Trog. Auf der Insel kommt die Strecke aus dem Trog und verläuft bis zur Grenze zum PFA 6 wechselnd in Einschnitt- oder Dammlage.

Für den Ausbau der Strecke für eine Entwurfsgeschwindigkeit von  $v_e \leq 200$  km/h wird für den Schotteroberbau der abzusichernde Tragbereich mit mindestens 2,5 m unter SO realisiert. Der abzusichernde Tragbereich wird über die gesamte Breite des Planums hergestellt. Zur Herstellung der entsprechenden Tragbereiche wird in Anlehnung an den Geotechnischen Bericht der freien Strecke Bahn (Unterlage 41.06.001) ein Bodenaustausch mit kiesig-rollichem Erdstoffmaterial bis zu einer Höhe von mindestens 2,50 m unter SO vorgenommen. Auf diesem Erdstoffmaterial werden dann Schutzschichten in der entsprechenden Dicke aufgebracht.

Neben dem Bodenaustausch kann es in Bereichen mit einer weitestgehend homogenen Bodenschichtung – in dem vorliegenden Fall sind dies die als Geschiebemergel bezeichneten Böden – auch zu Bodenverbesserungsmaßnahmen mittels Kalken kommen. Bei einer Bodenverbesserung mit Kalk wird dieser bis in eine Tiefe von 0,50 m eingefräst und der

anstehende Boden in seinem Tragverhalten verbessert. Die verbesserte Bodenschicht befindet sich dabei unter den Schutzschichten.

Die Vorhabenträgerin strebt an, eine Kombination aus Bodenverbesserung mittels Kalkein-  
arbeitung und Bodenaustausch vorzunehmen, wird dies aber in Abhängigkeit der anzutref-  
fenden Böden erst im Rahmen der Bauausführung entscheiden können. Tendenziell ist auf  
der Festlandsseite auf ca. 40 % der Streckenlänge ein Bodenaustausch erforderlich, die ver-  
bleibenden Abschnitte wie auch die überwiegenden Teile auf der Inselseite sind hingegen  
mittels Kalkeinfräsung zu verbessern.

#### **6.3.2.3.1 Schutzschichten**

Die maßgebende Schutzschichtdicke ergibt sich aus der Regeldicke des frostsicheren Auf-  
baus und der Minstdicke nach Verformungskriterien.

Die Strecke liegt in der Frosteinwirkungszone II. In Abhängigkeit der Entwurfsgeschwindig-  
keit von  $v_e \leq 200$  km/h ergibt sich ein Regelaufbau der Schutzschichten bei Neubau mit  
Schotteroberbau mit einer Dicke von mindestens 45 cm und des frostsicheren Aufbaus mit  
mindestens 75 cm auf einer qualifizierten Bodenverbesserung.

Die Ausbildung der Schutzschicht erfolgt für die geotechnischen Voraussetzungen eines  
nicht oder schlecht versickerungsfähigen, wasserempfindlichen Untergrund und bindemittel-  
behandeltem Untergrund als schwach durchlässige Planums-Schutzschicht (PSS) über  
Frostschutzschicht (FSS).

Die Minstdicke der PSS beträgt 0,20 m, die Dicke der darunterliegenden FSS wird mit  
mindestens 0,25 m Dicke ausgeführt.

#### **6.3.2.3.2 Regelböschungsnegung**

Bei der Herstellung der Damm- und Einschnittsbereiche der neuen Eisenbahntrasse werden die  
Regelneigungen für gemischtkörnige und feinkörnige Bodenarten mit einer flachen Böschungs-  
neigung gemäß Richtlinienfamilie 836 zwischen 1 : 1,8 bis 1 : 2 - unabhängig von der Bö-  
schungshöhe - ausgebildet.

#### **6.3.2.4 Kabel und Leitungen**

In dem Bereich der Bahnanlage auf einem Erdkörper von Bau-km 170,422 -  
Bau-km 171,547 sowie von Bau-km 175,606 - Bau-km 176,733 werden in den Randwegbe-  
reichen bahnlinks und bahnrechts Kabeltröge eingebaut, in die betriebsnotwendige Kabel für  
die Leit- und Sicherungstechnik, der Oberleitungsanlage, der Telekommunikationsanlagen  
und der 50-Hz-Versorgung verlegt werden. Die Kabeltröganlage wird mit Kabelschachtbau-  
werken bei Querungen unter dem Gleis ausgestattet.

Innerhalb des Trogbauwerks Süd von Bau-km 171,547 - Bau-km 172,486 sowie in dem  
Trogbauwerk Nord von Bau-km 174,990 - Bau-km 175,606 werden die Kabel der Leit- und  
Sicherungstechnik, der Oberleitungsanlage, der Telekommunikationsanlagen und der  
50-Hz-Versorgung in einer Kabeltrasse bahnlinks und bahnrechts innerhalb des Ingenieur-  
bauwerks verlegt. Die Kabeltrassenanlage wird mit Kabelschachtbauwerken bei Querungen  
unter dem Gleis ausgestattet.

Im Tunnelbereich zwischen Bau-km 172,486 – Bau-km 174,990 werden die Kabel in Kabelleerrohrsystemen im Bankettbeton geführt, um die Überfahrbarkeit der Gleis- und Bahnkörperbereiche auch für Fahrzeuge der Fremddrettungskräfte zu ermöglichen. Innerhalb dieses Abschnittes sind die Kabelleerrohrsysteme mit Kabelzieh- und Kabelverteilerschachtbauwerken ausgestattet. Leitungen Dritter werden innerhalb der beschriebenen Kabeltröge nicht untergebracht.

### **6.3.3 Straßen und Wege**

#### **6.3.3.1 Straßenverkehrsanlagen**

##### **6.3.3.1.1 B 207**

Die B 207/PFA FSQ wird in folgende Bereiche untergliedert:

freie Strecke Festland:	von Bau-km 0-237,943 – Bau-km 1+760,000
Trog Festland:	von Bau-km 1+760,000 – Bau-km 2+113,231
Tunnel:	von Bau-km 2+113,231 – Bau-km 4+382,465
Trog Insel:	von Bau-km 4+382,465 – Bau-km 4+863,000
freie Strecke Insel:	von Bau-km 4+863,000 – Bau-km 6+342,852.

Die B 207 beginnt festlandseitig südlich der vorhandenen AS B 207 / K 42 Großenbrode bei Bau-km 0--237,943. Dies entspricht der Referenzstation bei Bau-km 4+032,090 (LS 210) der angrenzenden / tangierenden Planung des Planungsabschnittes

vierstreifiger Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen-Ost und Puttgarden. Zu Beginn der Baustrecke FSQ wurde die Trassierung der B 207-neu im Anschlussbereich mit dem Radius  $R = 6.500$  m (aus der Anschlussplanung) aufgenommen und mit einer nachfolgenden Eilinie mit Übergangsbogen  $A = 1.700$  m und Radius  $R = 5.000$  m und mit Übergangsbogen  $A = 700$  m und  $R = 2.100$  m nach Norden weitergeführt.

Diese Eilinien haben den Vorteil, dass große Streckenbereiche der B 207-neu, die bereits planfestgestellt sind, unverändert weiter beplant werden können und dass eine Änderung der Trassenführung nur im unmittelbaren Bereich der Ausschwenkung der B 207 aus dem Bestand der Bundesstraße B 207-alt erforderlich wird.

Darüber hinaus wurde die von Süden ankommende Querneigung mit 2,5 % im Dachprofil in den Bereich der Baustrecke südlich der Fehmarnsundquerung weitergeführt. Auf eine Verwindung im Bereich der Radien  $R = 5.000$  m und  $R = 2.100$  m wurde aus folgenden Gründen verzichtet:

- eine negative Querneigung ist bei einem Radius  $R = 2.100$  m und der EKA 2 bei einer Geschwindigkeit 100 km/h möglich
- die gesamte B 207 südlich der Fehmarnsundquerung ist mit 100 km/h als zulässige Höchstgeschwindigkeit geplant
- vor dem Tunnel ist eine Geschwindigkeitsabsenkung auf 80 km/h vorgesehen
- im Bereich des Tunnels ist ebenfalls durchgängig ein Dachprofil vorgesehen.

Bei Bau-km 1+145 befindet sich die neu geplante AS B 207 / K 42 Großenbrode. Mit der Beibehaltung der Querneigung von 2,5 % im Dachprofil können die Straßenanschlüsse der Rautenrampen im Bereich der geplanten AS B 207 / K 42 Großenbrode angeschlossen werden, da hier keine Verwindung mit Null-Durchgang erforderlich ist. Darüber hinaus kann die Gradienten der B 207 relativ flach ausgebildet werden, ohne Mindestlängsneigungen von 1,0 % in einem Verwindungsbereich berücksichtigen zu müssen.

Nördlich verläuft die B 207 mit einem Rechtsbogen  $R = 1.800$  m und schwenkt in eine lange Gerade. Innerhalb der Tunnelstrecke folgt die Achse der B 207 vollständig der Trasse der Ausbaustrecke 1100 der DB InfraGO AG (gemeinsam trassiert).

Nördlich des Tunnels ist eine Wendelinie mit zwei Übergangsbögen  $A = 791$  m und  $A = 1.500$  m in bahnparalleler Führung vorgesehen. Das Verhältnis der beiden Klothoiden im Wendepunkt von 1 : 1,5 wird damit leicht unterschritten. Diese Forderung gilt jedoch gemäß RAA [38] nur bei Radien  $R < 300$  m. Die anschließenden Radien mit  $R = 1.900$  m (Linksbogen) und  $R = 5.000$  m (Rechtsbogen) sind deutlich größer, daher ist diese Forderung nicht zwingend einzuhalten.

Im Sinne der bahnparallelen Führung und der maximalen Abrückung von Strukkamp werden die Klothoidenparameter nicht auf das Verhältnis 1 : 1,5 angepasst. Anschließend bindet die B 207 mit einer Eilinie mit Übergangsbogen  $A = 1.500$  m und  $R = 4.500$  m (aus der Anschlussplanung) Inselfseite wieder an den Planungsabschnitt vierstreifiger Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen-Ost und Puttgarden südlich der AS B 207 / L 217 Avendorf an.

Das Ende der Baustrecke des Planungsabschnittes liegt bei Bau-km 6+342,852. Dies entspricht der Referenzstation bei Bau-km 10+649,148 (LS 210) der tangierenden Planung des Planungsabschnitts vierstreifiger Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen-Ost und Puttgarden.

Auch im nördlichen Teil der Baustrecke wird innerhalb der Radien  $R = 1.900$  m,  $R = 5.000$  m und  $R = 4.500$  m jeweils die negative Querneigung beibehalten. Hierdurch können ebenfalls geringe Längsneigungen in den Anschlussbereichen ermöglicht werden. Eine Verwindung ist damit nicht erforderlich. Beim Dachprofil sind keine Entwässerungseinrichtungen für Fahrbahnentwässerung im Mittelstreifen notwendig.

#### **6.3.3.1.2 K 42- langsam fahrender Verkehr (LaV)**

Die Strecke des LaV (hier: K42) beginnt am westlichen Ortsausgang Großenbrode, wird parallel zur Bahn geführt und über einen neu geplanten Kreisverkehr an die Überführung der K 42 angeschlossen. Die K 42 verläuft dann weiter in Richtung Norden auf der Bestandsstrasse der heutigen B 207 und wird auf die vorhandene Fehmarnsundbrücke (BW 6.3.3) weitergeleitet.

Inselfseitig überführt die K 42 den LaV über die umverlegte Straße Strukkamp bei Bau-km 0+194 mit dem Bauwerk 6.3.4. Für die Verknüpfung der LaV-K 42 mit der Ortsverbindung zwischen Strukkamp und Fehmarnsund-Südstrand ist eine teilplangleiche Lösung – ein Kreisverkehr mit Verbindungsrampe vorgesehen. Gleichzeitig dient der Kreisverkehr zum Wenden von Fahrzeugen im Falle einer Sperrung der Fehmarnsundbrücke bei Sturmereignissen.

Im weiteren Verlauf wird die LaV-K 42 auf der Ostseite um das Wasserwerk des Wasserbeschaffungsverbands Fehmarn herumgeführt. Dort wird ein dreiarmiger plangleicher

Knotenpunkt mit gegenüberliegender Zufahrt ohne Lichtsignalanlage mit Linksabbiegestreifen vorgesehen, womit auch die Anbindung nach Avendorf ermöglicht wird. Die Strecke der LaV-K 42 endet östlich der AS B 207 / L 217 Avendorf. Durch einen Kreisverkehr werden der LaV-K 42, die L 217, die K 43 nach Blieschendorf und die K 43 nach Avendorf verbunden.

### 6.3.3.2 Öffentliche Verkehrsanlagen (ÖPNV)

Da die direkte Verbindung zwischen den Ortschaften Großenbrode und Orthfeld im Bereich der bestehenden Anschlussstelle B 207 / K 42 Großenbrode unterbrochen wird und durch die Verschiebung der AS B 207 / K 42 Großenbrode nach Norden sich verlängert, wird im Bereich der neu geplanten AS B 207 / K 42 Großenbrode unmittelbar im Anschluss an den neuen östlichen Kreisverkehr je eine Bushaltestelle in jede Richtung vorgesehen. Diese werden als Busbuchten an der Trasse für den LaV vor dem Kreisverkehr ausgeführt.

Nördlich, gleich nach dem Ende der Ortschaft Großenbrode werden auch zwei Bushaltestellen in beiden Fahrtrichtungen des LaV-K 42 geplant.

Die Busbuchten haben eine Breite von 3,00 m und wurden so dimensioniert, dass diese von Standardlinienbussen angefahren werden können. In den Ein- und Ausstiegsbereichen sind Bus-Cap-Bordsteine mit einer Bordsteinhöhe von 18 cm mit integrierter Entwässerungsrinne vorgesehen.

Weiterhin sollen die Bushaltestellen mit Wetterschutzeinrichtungen und Fahrradabstellanlagen ausgestattet werden.

### 6.3.3.3 Verbindungswege

Im Zuge des Neubaus der Fehmarnsundquerung werden folgende Straßen und Wege umverlegt und müssen neu hergestellt werden:

Tabelle 6-2: Übersicht umzuverlegender und neu herzustellender Straßen

Verkehrsweg BW-Nr.	Länge	Straßenkategorie / Entwurfsklasse	Fahrbahnbreite	Belastungsklasse
Überführung K 42 im Bereich der AS B 207 / K 42 Großenbrode	260 m	EKL 3	11,50 m	Bk 3,2
Verbindungsstraße nach Orthfeld	512 m	VS III	6,00 m	Bk 3,2
K 42 - langsam fahrender Verkehr (LaV), Anfang-Mitte-Insel	5.285 m	EKL 3	8,00 m	Bk 3,2
Umverlegte Unterführung Strukkamp	430 m	EKL 4	6,00 m	Bk 3,2
Anbindung nach Avendorf	144 m	EKL 4	6,00 m	Bk 3,2
L 217	78 m	EKL 3	6,50 m	Bk 3,2
K 43 nach Blieschendorf	200 m	EKL 4	8,00 m	Bk 3,2
K 43 nach Avendorf	310 m	EKL 4	6,00 m	Bk 3,2



#### 6.3.3.4 Wirtschaftswege

Im Zuge des Neubaus der Fehmarnsundquerung werden folgende Wirtschaftswege umverlegt und müssen neu hergestellt werden:

Tabelle 6-3: Übersicht umverlegter und neu herzustellender Wirtschaftswege

Weg	Länge	Kronenbreite	Befestigung	Funktion
Außendeichweg	1.145 m	3 m	Asphalt	Erschließung, Wartung, Rettung
Deichverteidigungsweg	834 m	6 m	Asphalt	Erschließung, Wartung, Rettung
Wirtschaftsweg 1 (Königsweg)	210 m	5 m	Asphalt	Erschließung, Wartung, Rettung
Wirtschaftsweg 2 (Königsweg)	666 m	5 m	Asphalt	Erschließung, Wartung, Rettung
Wirtschaftsweg 3 (Königsweg)	50 m	5 m	Schotter	Erschließung
Wirtschaftsweg 4 (Königsweg)	87 m	5 m	Schotter	Erschließung
Betriebsweg AS B 207 / K 42 Großenbrode	1.154 m	4 m	Schotter	Erschließung, Wartung
Wartungsweg Portal Insel	513 m	4 m	Schotter	Wartung
Zuwegung Wasserwerk	94 m	9 m	Asphalt	Erschließung, Wartung
Erschließungsweg der Ferien- häuser Strukkamp	150 m	5 m	Schotter	Erschließung
Wartungsweg an de Drift	304 m	5 m	Asphalt	Wartung

#### 6.3.3.5 Geh- und Radwege

Der straßenparallele gemeinsame Geh- und Radweg wird auf der Ostseite der LaV-K 42 geplant, da die Fußgänger und Radfahrer nach der Ertüchtigung der vorhandenen Fehmarnsundbrücke zukünftig auf der Ostseite mitgeführt werden sollen. Da die Ertüchtigung zu einem späteren Zeitpunkt nach der Inbetriebnahme der Fehmarnsundquerung im Rahmen eines eigenständigen Verfahrens erfolgen wird und der vorhandene Geh- und Radweg auf der Westseite der Fehmarnsundbrücke liegt, müssen die Fußgänger und die Radfahrer beidseitig vor der Brücke die K 42 queren. Inselform besteht noch die Möglichkeit, die westlich ausgebaut Radwegrampe zu nutzen.

#### 6.3.3.6 Bahnseitenwege

Seitenwege werden zur Erreichbarkeit der technischen Anlagen der DB AG hergestellt. In der Regel befinden sich die elektrotechnischen Anlagenteile in Betonschalhäusern. Die Befestigung der Fläche erfolgt in Schotterbauweise. Die Seitenwege der Bahn werden mit einem Wendehammer ausgestattet, der für dreiachsige Fahrzeuge.

Die hier aufgeführten Seitenwege werden an die Kreisstraße K 42 angeschlossen. Der unmittelbare Einmündungsbereich in die Kreisstraße wird in Asphalt ausgeführt.

Die Fahrbahnbreite der Bahnseitenwege beträgt ca. 3,50 m, links und rechts schließen sich beidseitig geneigte Bankette mit Breiten von ca. 0,75 m an.

Tabelle 6-4: Übersicht neu herzustellender Bahnseitenwege

Weg	Bau-km	Länge	Kronenbreite	Befestigung	Funktion
Seitenweg zum Betonschalt- haus (BSH) RRB 2; auch Zu- gang G1	171,85 - 171,55	300 m	5 m	Schotter	Zuwegung zu den techni- schen Anlagen Pumpwerk
Seitenweg zum BSH / RRB 3; auch Zugang FG3	172,15 - 172,05	100 m	5 m	Schotter	Zuwegung zu den techni- schen Anlagen Pumpwerk
Seitenweg zum Pumpwerk zu RRB 6 und elektrische Weichenheizanlage (EWA) Strukkamp	175,3 - 175,7	400 m	5 m	Schotter	Zuwegung zu den techni- schen Anlagen Pumpwerk und EWA
Seitenweg zu den RRB 6+7; auch Zugang FF2	175,97	30 m	5 m	Schotter	Zuwegung zu den RRB 6+7 und Zugang FF2

### 6.3.3.7 Erdbauwerke der Straßenverkehrsanlagen

Zum Bau der AS B 207 / K 42 Großenbrode mit seinen Überführungsbauwerken müssen Rampen und Dämme angeschüttet werden. Die Höhe beträgt bis zu 7,6 m am Mittelkreisel zwischen den Brückenbauwerken BW 6.3.1 und BW 6.3.2. Der Untergrund besteht mehrheitlich aus grünem Tarraston mit großer Mächtigkeit und ist nur mit einer Geschiebemergelschicht überlagert.

Es wird von einer Flachgründung der Brückenbauwerke ausgegangen (vgl. Abschnitte 6.4.4.1 und 6.4.4.2). Nach dem Oberbodenabtrag werden die Dämme aus grobkörnigen Erdbaustoffen hergestellt und die Setzungen zwischen Dämmen und Brückenbauwerken mit geeigneten Maßnahmen homogenisiert.

Falls die abgeschätzten Setzungen der Brückenbauwerke, Dämme und Rampen nicht verträglich sind, stehen laut Baugrundgutachten (Unterlage 41.05.001) verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung.

Zum einen bietet sich eine Überschüttung mit Vertikaldränagen an, um Langzeitsetzungen vorwegzunehmen, wenn ausreichend Zeit für die Vorbelastung vorhanden ist.

Zum anderen sind im Baugrundgutachten aufgeständerte Gründungspolster empfohlen, um Langzeitsetzungen zu verringern. Aufgeständerte Gründungspolster bestehen aus einer lastverteilenden, geogitterbewehrten Tragschicht und steifen oder flexiblen Traggliedern. Auf diesem System wird der Verkehrsdamm gegründet. Als Tragglieder bieten sich laut Baugrundgutachten steife Tragglieder bestehend aus Ortbetonsäulen an. Ortbetonsäulen können bewehrt oder unbewehrt hergestellt werden und sind in diesem Fall aufgrund der Mächtigkeit des Tarrastons schwimmend gelagert.

Eine zusätzliche Möglichkeit zur Setzungsreduzierung besteht in der Verwendung von Leichtbaustoffen, Blähton oder Schaumglassschotter, als Teil des Dammbauwerkes. Hierbei wird der Damm mit einem Kern aus Leichtbaustoff hergestellt, der mit grobkörnigen Erdbaustoffen ummantelt ist. Damit werden das Eigengewicht des Dammes und damit Setzungen reduziert. Verkehrsanlage (VA) Straße

### 6.3.3.8 Querschnitselemente und -abmessungen

Die Bemessungen der Querschnitte für die B 207 wurden auf der Grundlage der RAA [38] durchgeführt.

Der vierstreifige Neubau der B 207 erfolgt einheitlich mit dem Regelquerschnitt RQ 28 nach den RAA [38]. Die befestigte Breite der beiden Richtungsfahrbahnen beträgt jeweils 10,50 m bei einer Mittelstreifenbreite von 4,00 m. Je Richtungsfahrbahn sind 2 Fahrstreifen mit je 3,50 m Breite, 2 Randstreifen mit je 0,50 m Breite und ein Seitenstreifen mit 2,50 m Breite vorgesehen. In Trog und Tunnelbereich erhält die B 207 dementsprechend grundsätzlich den Querschnitt RQ 31 T.

Hier beträgt die Breite der beiden Richtungsfahrbahnen jeweils 10,00 m bei einer Mittelstreifenbreite (Mittelwand) von 3,07 m. Je Richtungsfahrbahn sind 2 Fahrstreifen mit je 3,50 m Breite, 2 Randstreifen mit je 0,50 m Breite und ein Seitenstreifen mit 2,00 m Breite vorgesehen. Aufgrund der Tunnelmittelwand zur Bahn können in der östlichen Straßenröhre keine Nothalte- und Pannenbuchten vorgesehen werden und somit wird einheitlich für beide Straßenröhren auf Nothalte- und Pannenbuchten verzichtet.

Die passiven Schutzeinrichtungen werden gemäß Richtlinie für passive Schutzeinrichtungen an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme (RPS 2009) [42] ausgeführt. Die Querschnittsausbildung im Bereich von geplanten Lärmschutzeinrichtungen erfolgt nach den Richtzeichnungen für Ingenieurbauten (RiZ-ING) [43].

Die Bankettbreite am Fahrbahnrand beträgt im Regelfall 1,50 m. Im Bereich der Ein- und Ausfädelungstreifen der AS B 207 / K 42 Großenbrode wird die Bankettbreite auf 3,0 m vergrößert, so dass vor der Schutzeinrichtung eine Breite von 2,00 m für den Nothalt gemäß den RAA [38] verbleibt.

### 6.3.3.9 Oberbau

Die Dimensionierung des Oberbaus wurde nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 2012 [41]) Tafel 1, durchgeführt.

Entsprechend dem Baugrundgutachten ist als Ausgangswert für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus die Frostempfindlichkeitsklasse F3 anzusetzen. Weiter sind zu berücksichtigen:

- Frosteinwirkungszone I (nach Grafik RStO 2012 [41])
- Kleinräumige Klimaeinflüsse
- Wasserverhältnisse im Untergrund
- Lage der Gradienten und
- Entwässerung der Fahrbahn/ Ausführung der Randbereiche.

#### 6.3.3.9.1 Oberbau B 207

Aufgrund der prognostizierten Verkehrsbelastungen ergibt sich nach RStO 2012 [41] für den vorliegenden Streckenabschnitt die Belastungsklasse Bk100. Die Dicke des frostsicheren Oberbaus beträgt einheitlich 75 cm. Die Deckschicht im Bereich der freien Strecke B 207 wird aus Splittmastixasphalt und teilweise aus lärmarmen Splittmastixasphalt ausgeführt und im Bereich des Tunnels (offene Bauweise und Absenktunnel) aus Gussasphalt, der aufgehellt wird.

Während in den Trogbereichen und in den Tunneln in offener Bauweise nach ZTV-ING Teil 7 Abschnitt 2 Nr. 11.1 ein Fahrbahnaufbau gem. RStO 2012 [41] wie in der Strecke vorgesehen ist, ist für den Absenktunnel wegen des Ballastbetons, wie in ZTV-ING Teil 7 Abschnitt 2 Nr. 11.1 als Ausnahmefall aufgeführt, ein Fahrbahnbelag nach Anhang A zu Teil 6 Abschnitt 1 mit einer Regeldicke von 16 cm mit einer Dichtungsschicht aus einer Polymerbitumen-Schweißbahn vorgesehen.

### 6.3.3.10 Entwässerung

Das allgemeine Entwässerungskonzept der Verkehrsanlage Straße sieht vor, die Entwässerungssysteme von der freien Strecke der B 207, Trog und Tunnel zu trennen und das meiste Straßenoberflächenwasser über Retentionsfilteranlagen in die Ostsee (den Fehmarnsund) zu leiten.

Der vorliegende Planungsabschnitt FSQ unterteilt sich in Entwässerungsabschnitte (EA) für die VA-Straße (bezeichnet mit S), die sich auf der Festlandseite Großenbrode (bezeichnet mit G) und Inselseite Fehmarn (bezeichnet mit F) befinden. Vier EA werden für die B 207 betrachtet und zusätzlich noch 11 EA für die Nebenstraßen. Die Festlegung der einzelnen Abschnitte ist durch die konstruktive Anordnung der Entwässerungseinrichtungen und der generellen Entwässerungslösung bestimmt. Eine Übersicht über die Entwässerungsabschnitte und die Lage der Einleitstellen sind in den Unterlagen 12.04.001 und 12.04.002 (Übersichtslagepläne) enthalten.

Tabelle 6-5: Übersicht der Entwässerungsabschnitte der VA Straße

EA	Beschreibung	Drosselung über Becken	Einleitstelle	Vorflut
GS-1	freie Strecke B 207 Festland 0+500 - 1+133 (Rifa Heiligenhafen) 0+500 - 0+940 (Rifa Puttgarden)	RBFA 1	GS-4	Gewässer Nr. 5.1.1
	Verbindungsstraße nach Orthfeld	-		
GS-2	freie Strecke B 207 Festland + AS B 207 / K 42 Großenbrode 1+133 - 1+760 (Rifa Heiligenhafen) 0+940 - 1+760 (Rifa Puttgarden)	RRB S-2	GS-7	Gewässer Nr. 5
S-3	Trog B 207 Festland	RBFA 3	G-9	Ostsee
FS-4	Trog B 207 Insel 4+346 - 4+863	RBFA 4	F-11	Ostsee über Graben
	freie Strecke B 207 Insel 4+863 - 6+342	-		
	LaV-K 42 Mitte Insel+ Verbindungsrampe + Unterführung Struckkamp + KV Struckkamp	-		
	ausgebaute Radwegrampe + Erschließungs- weg Ferienhäuser Struckkamp + Grünfläche	-		
GS-5	LaV-K 42 Anfang + LaV-K 42 Mitte	RRB S-5	GS-5	Gewässer Nr. 1
GS-6	LaV-K 42 Mitte + vorh. Fehmarnsund- brücke BW 6.3.3	-	-	Ostsee
FS-7	vorh. Fehmarnsundbrücke BW 6.3.3	-	-	Ostsee
FS-8	LaV-K 42 Insel	RRB S-6	F-12	Gewässer Nr. 7 über Durchlass Fehmarn
GS-9	Wirtschaftsweg 2 Königsweg	-	G-8	Gewässer Nr. 5 über Düker/ Durchlass Großenbrode
FS-10	Wartungsweg Portal Insel + Unterführung Struckkamp	-	-	-

EA	Beschreibung	Drosselung über Becken	Einleitstelle	Vorflut
FS-11	Unterführung Struckkamp	-	-	-
FS-12	L 217+ K 43 nach Blieschendorf	-	-	-
FS-13	K 43 nach Avendorf	-	-	-
GS-14	Wartungsweg rechts	-	GS-2	Großenbrode Aue
GS-15	Wartungsweg links	-	GS-3	Großenbrode Aue über Graben

Für die gesamte Strecke der B 207 wurde ein Dachprofil durchgezogen und die Niederschlagsentwässerung erfolgt über die äußeren Fahrbahnträger. Bedingt durch die Anordnung neuer LSW beiderseits der Fahrbahn südlich der AS B 207 / K 42 Großenbrode und neuer LARS/Stützwand inselartig zwischen der Straße und Bahn erfolgt die Randstreifenentwässerung der B 207 in diesen Bereichen über geschlossene Entwässerungssysteme. Für die restliche freie Strecke der B 207 wird das Straßenoberflächenwasser über die bewachsenen Bodenzonen der Bankette, Dammböschungen und dränierte Mulden zur Regenwasserleitung gebracht.

In den Mulden werden Stauschwellen eingebaut, damit nicht das ganze Niederschlagswasser am Tiefpunkt gesammelt wird und gleichmäßig durch die Ablaufschächte aufgenommen wird. Das geschlossene Entwässerungssystem wurde als Vorzugslösung vorgesehen. Dies ist begründet durch die geringe Durchlässigkeit des Bodens (Tarraston), der in verschiedenen Tiefen der Strecke festlandseitig angetroffen wurde, sowie das zurzeit vorhandene geschlossene Entwässerungssystem im Anschlussbereiche der B 207.

Die Entwässerung des Trogbereichs erfolgt mit Schlitzrinnen wie im anschließenden Tunnel. Der Trogentwässerungskanal wird bis ca. 35 m in den Tunnel (bis zum Auffangbecken) geführt, um das Schleppwasser der Fahrzeuge weitestgehend in die Trogentwässerung zu übernehmen.

Weitere Erläuterungen zu den Becken, deren Bemessung und den Einleitmengen in die vorhandenen Vorfluter sind den wassertechnischen Berechnungen (Unterlage 12.01.001) zu entnehmen.

### 6.3.3.11 Erdarbeiten

#### 6.3.3.11.1 Bodenschichten

Im Streckenabschnitt auf dem Festland steht unterhalb des Oberbodens überwiegend Geschiebemergel an, der als Planum für den Straßenausbau grundsätzlich geeignet ist. Unterhalb des Geschiebemergels folgen in wechselhafter Lagerung Sand und Kiese, Geschiebemergel mit Tarraston und Tarrastone. Der Streckenabschnitt auf Fehmarn verläuft überwiegend im Einschnitt des vorhandenen Straßendamms. Dort wurden aufgefüllte Sande und untergeordnet aufgefüllter Geschiebemergel angetroffen. Die Böden sind ebenfalls als Planum für den Straßenausbau grundsätzlich geeignet.

#### 6.3.3.12 Kabel und Leitungen

Die B 207 wird mit einer Notrufanlage ausgestattet, welche direkt auf die Tunnelleitzentrale (TLZ) aufgeschaltet wird. Innerhalb des PFA FSQ liegt festlandseitig auf der freien Strecke folgendes Notrufpaar.



Die Notrufsäule für die RiFa Puttgarden, rechts der Achse liegt bei Bau-km 5+964. Die Notrufsäule für die RiFa Heiligenhafen-Ost, links der Achse liegt bei Bau-km 5+964.

Das erforderliche Streckenfernmeldekanal (drei DN 100 und sechs DN 50) wird auf der Ostseite (außen) der B 207 freie Strecke und Trog Außenwand Süd verlegt. Für den Übergang vom Trog Süd in den Tunnel ist eine Querung bei Bau-km 2+117 projektiert. Ab dieser Schnittstelle wird die FM-Trasse weiter in der Oströhre in den Tunnel-Innenwänden geführt.

Für den Übergang von der Oströhre Tunnelinnenwand in die Trog-Nord-Außenwand auf die Westseite ist eine Querung bei Bau-km 4+378 vorgesehen. Auf der Westseite (außen) der B 207 freie Strecke Nord werden die FM-Trassen weitergeführt. Verkehrstechnische Einrichtungen des Tunnels sind außerhalb der Baufeldgrenze situiert und in der Planung der B 207 bereits berücksichtigt. Die Leerrohre im Tunnel werden unter den Notgehwegen durchgeführt.

## **6.4 Ingenieurbauwerke**

### **6.4.1 Tunnel**

Der Tunnel unterquert die Wasserstraße des Fehmarnsunds zwischen dem Festland und der Insel Fehmarn. Er bietet Platz für vier Fahrstreifen und zwei Eisenbahngleise. Zudem ist eine zweigeschossige Galerie zwischen den Eisenbahnrohren angelegt.

Das Tunnelbauwerk besteht aus drei Teilabschnitten. Die beiden Portalbauwerke gehen jeweils in einen Tunnel in offener Bauweise über. Diese schließen an den Absenktunnel an. An den Enden des Tunnels befinden sich Rampenbauwerke.

Das Tunnelbauwerk wird aus Stahlbeton hergestellt, besitzt eine rechteckige Form und trennt den Straßenverkehrsraum und die beiden Fahrtrunnel der Eisenbahn mit der mittleren Galerie durch Betonwände in separate Röhren. Dabei werden die Röhren der Straße ideell und funktional von den Röhren der Bahn durch eine Betonwand getrennt.

Der Querschnitt des Tunnels variiert geringfügig über die Länge und ist zwischen ca. 49 m bis ca. 50 m breit und ca. 10 m hoch. Die genauen Abmessungen des Tunnels können den Bauwerksplänen in Unterlage 07 entnommen werden.

#### **Eisenbahntunnel**

Fahrröhre in Richtung Lübeck:	lichte Breite / Höhe: ca. 6,30 m / ca. 5,90 m
Galerie oben:	lichte Breite / Höhe: ca. 2,25 m / ca. 3,20 m
Fahrröhre in richtung Puttgarden:	lichte Breite / Höhe: ca. 6,30 m / ca. 5,90 m.

Beide Fahrröhren der Eisenbahn sind für den elektrischen Zugbetrieb 15 kV, 16,7 Hz ausgelegt. Es werden vier Schleusen zwischen den Fahrtunneln für Rettungszwecke, vier Funktionsräume für Telekommunikationsanlagen, vier Funktionsräume für Stromversorgungsanlagen und ein Funktionsraum für Pumpenanlagen integriert.

Die beiden Fahrröhren im Eisenbahntunnel werden gemäß Regelwerk mit den erforderlichen bahntechnischen Anlagen für die Entfluchtung und Rettung ausgestattet.

Die Entwässerung der beiden Bahnrohren erfolgt zweigeteilt. Zum einen wird zur Fassung des aus den Trögen in den Tunnel geleiteten Regenwassers in den beiden Tunneln offener Bauweise auf der Nord- und der Südseite jeweils ein Entwässerungsbecken angeordnet.

Zum anderen wird im Tunneltiefpunkt ein Sammelbecken mit Pumpensumpf angeordnet, welches das eingeschleppte Regen- und das anfallende Drainagewasser des Tunnels sammelt. Von hier aus wird das gesammelte Wasser kaskadierend geführt zunächst in das Entwässerungsbecken auf der Südseite gepumpt und dann gesammelt mit dem Trogwasser weitergeleitet.

### **Straßentunnel**

Weströhre: zwei Fahrstreifen und Seitenstreifen, lichte Breite: > 12,15 m  
Oströhre: zwei Fahrstreifen und Seitenstreifen, lichte Breite: > 12,15 m.

Die lichte Höhe beträgt > 4,80 m, sodass auf eine Höhenkontrolle verzichtet werden kann.

Die beiden Straßenröhren werden grundsätzlich gemäß den Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten (RE-ING) und dem aktuellen Stand der Technik ausgestattet. Über den normalen RE-ING-Standard hinausgehend ist eine Reduzierung der Notausgangsabstände von 300 m auf 137,4 m vorgesehen. Die Notausgänge werden durch Fluchttüren in der Mittelwand zwischen den beiden Straßenröhren angeordnet. Die Barrierefreiheit der Notausgänge ist durch höhengleiche Gradienten in den beiden Straßenröhren gewährleistet.

Als Tunnel-Lüftungssystem wird die mechanische Längslüftung mittel Strahlventilatoren vorgesehen. Dabei werden die Strahlventilatoren an den entsprechenden Stationierungen in Deckennischen installiert. Die Lage und Größe der Deckennischen kann den Bauwerksplänen in Unterlage 07 entnommen werden.

Zur Unterbringung sämtlicher für die Elektroversorgung des Straßentunnels notwendiger Anlagen werden in den Bereichen der Tunnelportale jeweils Betriebsgebäude vorgesehen. Das Betriebsgebäude auf der Nordseite beherbergt zusätzlich Anlagen für die Löschwasserversorgung des Straßentunnels. Im Bereich der beiden Betriebsgebäude wird unterhalb des Tunnels jeweils ein Kabelgang angeordnet, der über das Betriebsgebäude zugänglich ist.

Die Entwässerung des Straßentunnels erfolgt analog zum Bahntunnel zweigeteilt. Zum einen wird zur Fassung des aus den Trögen in den Tunnel geleiteten Regenwassers in den beiden Tunneln offener Bauweise auf der Nord- und der Südseite jeweils ein Entwässerungsbecken mit Pumpen angeordnet. Zum anderen werden im Tunneltiefpunkt zwei Sammelbecken inkl. Pumpensumpf angeordnet, welche das eingeschleppte Regen- und das anfallende Drainagewasser des Tunnels sammeln. Von hier aus wird das gesammelte Wasser kaskadierend geführt, zunächst in das Entwässerungsbecken auf der Südseite gepumpt und dann gesammelt mit dem Trogwasser weitergeleitet.

Die Entwässerungsanlage in den Straßenröhren genügt den Anforderungen der RE-ING. Diese sind nachfolgend aufgeführt:

- Fahrbahnquerneigung min. 2,5 %
- Schlitzrinne mit angeformtem Hochbord am tiefliegenden Fahrbahnrand mit einer Längsneigung von min. 0,5 % und einer Kapazität von 100 l/s
- Anschluss der Schlitzrinne mindestens alle 50 m über einen Siphon oder einen Tauchwand-schacht an die Längsentwässerungsleitung (Sammelleitung), Mindestkapazität 100 l/s

- Längsentwässerungsleitung min. DN 300, Mindestlängsneigung 0,5 %, Mindestkapazität 100 l/s
- Schachtabdeckungen tagwasserdicht und verriegelbar
- Auffangbecken am Tunneltiefpunkt mit einem nutzbaren Stauvolumen von mindestens 102 m³ als Rückhalteeinrichtung vor der Einleitung in die Vorflut.

Im Havariefall fungieren die beiden Sammelbecken als Havariebecken. Das geforderte Volumen wird erreicht, in dem die beiden Sammelbecken tieflegend miteinander verbunden sind. Nach außen sind die Becken komplett verschlossen und im Havariefall wird lediglich die automatische Entleerung der Becken ausgesetzt.

### Baukilometrierung für das kombinierte Tunnelbauwerk

Zusätzlich zu der auf die Strecke 1100 bezogenen Bau-Kilometrierung wird eine Bauwerkskilometrierung für das kombinierte Tunnelbauwerk und die anschließenden Tröge verwendet. Die Bauwerkskilometrierung der konstruktiven Tunnel- und Trogbauwerke orientiert sich an der östlichen Gleisachse in Fahrtrichtung Puttgarden (rechte Gleisachse). Als Bezugspunkt wurde der Tunneltiefpunkt bei Bau-km 173.742,40 der Strecke 1100 festgelegt, was dem Bau-km 3.258,80 der rechten Gleisachse entspricht.

Der folgenden Tabelle kann der Bezug zwischen der Bau-Kilometrierung der Strecke 1100 und der Bauwerks-Kilometrierung der Tunnel- und Trogbauwerke (Bau-km der rechten Gleisachse) entnommen werden.

Tabelle 6-6: Trassierungsparameter im Tunnel

Tunnelabschnitt	Strecke Station km	linkes Gleis Fahrtrichtung Lübeck			$\Delta h$ Gleisachsen $SO_{\text{links}} - SO_{\text{rechts}}$ mm	rechtes Gleis Fahrtrichtung Puttgarden			Beschreibung
		G-Station km	SO m NHN	ul mm		Bau-km G-Station km	SO m NHN	ul mm	
TOG	172606,20	2120,79	-5,451	150	<b>27</b>	2123,00	-5,478	150	Ende Portal Süd
	172767,68	2283,18	-7,481	150	13	2284,28	-7,494	150	UE max U in TOG
IMT	172872,41	2388,40	-8,796	101	6	2388,90	-8,802	101	TOG – IMT max U in IMT
	173087,88	2604,28	-11,494	0	0	2604,28	-11,494	0	UA in IMT
	<b>173742,40</b>	<b>3258,80</b>	<b>-18,426</b>	0	0	<b>3258,80</b>	<b>-18,426</b>	0	<b>Tiefpunkt</b>
	174326,88	3843,28	-12,370	0	0	3843,28	-12,370	0	UA in IMT
	174556,99	4073,92	-9,487	100	8	4073,28	-9,495	100	UE max U in IMT
	174637,07	4154,37	-8,481	100	14	4153,28	-8,495	100	UE max U
	174681,83	4199,32	-7,920	81	<b>16</b>	4198,00	-7,936	81	IMT - TOF
TOF	174857,91	4375,74	-5,714	4	22	4374,00	-5,736	4	Anfang Portal Nord

### Tunnelabschnittslängen nach Bauarten

(gemäß Tunneldefinition nach DB Ril 853.1001, gemessen als Länge der Tunnelblöcke in Achsmitte des rechten Gleises)

Tunnel offene Bauweise, Großenbrode (inkl. Portalbereich) ca. 286,40 m

Absenktunnel	ca. 1.809,10 m
Tunnel offene Bauweise, Fehmarn (inkl. Portalbereich)	ca. 196,50 m

### Eisenbahntunnel

Der Tunnelanfang ist gemäß DB Ril 853.1001 Abs. 3 (7) Fall 3 als Schnittpunkt der Streckenkilometrierung an SO mit der Fuge des letzten Trogblocks zum Portalbereich definiert. Die Übertragung der Definition von Trog - Portalbereich - Tunnel auf die geplante Struktur des Fehmarnsundtunnels:

Tunnelanfang	2.102,50	Bau-km - rechtes Gleis
	172.585,97	Bau-km - Strecke 1100
Tunnelende	4.394,50	Bau-km - rechtes Gleis
	174.878,70	Bau-km - Strecke 1100

**Tunnellänge 2.292,00 m**

### Straßentunnel

Aufgrund der horizontalen Krümmung des Tunnels und der gemäß EU-Tunnelrichtlinie [24] für die Straße abweichenden Definition der Tunnellänge weicht die Länge des Straßentunnels, gemessen an der Achse der B 207, von den oben genannten Werten ab.

Tunnelanfang	2.113,23	Bau-km Achse B 207
Tunnelende	4.382,47	Bau-km Achse B 207

**Tunnellänge 2.269,20 m**

#### 6.4.1.1 Tunnel in offener Bauweise Großenbrode

Der südliche Teil des Tunnelbauwerks auf der Seite von Großenbrode wird in offener Bauweise errichtet und nachfolgend als Tunnel offener Bauweise Großenbrode (TOG) bezeichnet. Er beginnt an der Schnittstelle zum südlich angrenzenden Trogbauwerk und endet mit der Schnittstelle zum Absenktunnel auf dem dazugehörigen Tunnelwiderlager. Diese Schnittstelle ist zugleich die Schlussfuge des Absenktunnels.

Die äußere Bauwerksbreite des TOG variiert über die Länge und nimmt vom Übergang des Absenktunnels bis zum Übergang des Trogs kontinuierlich zu. Die Breite ergibt sich aus den im TOG nicht mehr parallel verlaufenden Achsen von Bahn und Straße.

Der TOG wird in der offenen Baugrube des zuvor genutzten Trockendocks errichtet, nachdem die Tunnelelemente des Absenktunnels hergestellt wurden. Der Tunnel wird auf einer Auffüllung mit Kies oder Schotter gegründet. In den nördlichen 100 m des TOG bis zur Schnittstelle zum Absenktunnel erfolgt eine Baugrundverbesserung z. B. mittels Bohrpfählen, welche jedoch nicht konstruktiv mit dem Tunnelbauwerk verbunden sind. Nach Herstellung des TOG wird der Tunnel seitlich und oben mit Sand verfüllt.

Die Tunneloberkante variiert zwischen ca. +0,5 mNHN und ca. -0,8 mNHN. Der Schichtaufbau über der Tunneldecke beträgt zwischen ca. 1,8 m und ca. 3,0 m.

Der Abschnitt des TOG hat eine Länge von ca. 265,9 m und diese Länge versteht sich ohne den Portalbereich. Dieser wird dem Trogbauwerk Großenbrode zugeordnet. Der TOG wird in Blöcken

von ca. 10 m und ca. 20 m Länge sowie einem Sonderblock von ca. 6 m Länge errichtet. Die Blöcke werden durch Kompressionsfugenbänder (im nördlichen Teil des TOG) und durch Bewegungsfugen (im südlichen Teil des TOG) getrennt. Die Fugen werden mit Schubverzahnung und wasserdichten Profilen ausgestattet.

An der Schnittstelle zum Absenktunnel wird der TOG teilweise auf dem Fundament des Trockendocktors aufgelagert. Auf der Nordseite des TOG sind aufgrund der geringen Steifigkeit des Bodens Gründungsarbeiten unter dem Tunnel erforderlich.

#### **6.4.1.2 Tunnel in offener Bauweise Fehmarn**

Der nördliche Teil des Tunnelbauwerks auf der Insel Fehmarn wird in offener Bauweise errichtet und nachfolgend als Tunnel offener Bauweise Fehmarn (TOF) bezeichnet. Er beginnt an der Schnittstelle zum nördlich angrenzenden Trogbauwerk und endet mit der Schnittstelle zum Absenktunnel auf dem dazugehörigen Tunnelwiderlager. Diese Schnittstelle ist zugleich die Schlussfuge des Absenktunnels. Die Breite des TOF variiert über die Länge und nimmt von der der Schnittstelle zum Absenktunnel ausgehend zum Übergang zum Trogbauwerk kontinuierlich zu. Die zunehmende Breite des Tunnels ergibt sich aus den im TOF nicht mehr parallel verlaufenden Achsen von Bahn und Straße.

Der TOF wird in einer Schlitzwandbaugrube errichtet. Der Tunnel wird auf einer Schicht aus Kiesmaterial gegründet. Der Arbeitsraum zwischen Tunnel und Schlitzwand wird abschließend verfüllt und der Tunnel überdeckt.

Die Tiefe des Tunnels (Oberkante der Tunneldecke) variiert von ca. +0,1 mNHN bis ca. +2,3 mNHN. Die Dicke der Überdeckung über der Tunneldecke beträgt zwischen ca. 1,7 m und ca. 4,5 m.

Der Abschnitt des TOF hat eine Länge von ca. 176,0 m und diese Länge versteht sich ohne den Portalbereich. Dieser wird dem Trogbauwerk Fehmarn zugeordnet. Der TOF wird in Blöcken von jeweils ca. 10 m und einem Sonderblock von ca. 6 m Länge konstruiert. Die Blöcke werden durch Kompressionsfugen (südlicher Teil des TOF) und Bewegungsfugen (nördlicher Teil des TOF) getrennt. Die Fugen werden mit Schubverzahnung und wasserdichten Profilen ausgestattet.

#### **6.4.1.3 Absenktunnel**

Der Absenktunnel ist ca. 1.809,1 m lang und besteht aus 12 segmentierten Tunnelementen – TE01 bis TE12. Nach aktueller Planung gibt es fünf Elemente mit einer Länge von ca. 137,4 m (TE01 bis TE05) und sieben Elemente mit einer Länge von ca. 160,3 m (TE06 bis TE12). Alle Elemente sind ca. 49,32 m breit und ca. 9,8 m hoch.

Element 9 umfasst im Bereich der beiden Straßenröhren eine Ventilationsnische und Element 12 enthält Vorkehrungen für die vorübergehende wasserdichte Verbindung.

Die Absenktunnelemente werden aus jeweils 6 (TE01 bis TE05) bzw. 7 (TE06 bis TE12) Stahlbetonsegmenten mit einer Länge von ca. 22,9 m (Betonierabschnitte) errichtet (siehe Kap. 6.1). Die Länge der Tunnelemente sind so geplant, dass die Symmetrie und Stabilität der abgesenkten Elemente aufgrund der vertikalen Krümmung der Ausrichtung gewährleistet ist. Die Tunnelsegmente werden im Trockendock produziert und abschließend mittels temporärer Vorspannung miteinander schwimmstabil verbunden. Eine Erläuterung der Konzepte von dem



Absenktunnel wird in Abbildung 6-1 dargestellt. Es werden gleichzeitig drei Tunnelelemente hergestellt und später gleichzeitig ausgeschwommen.

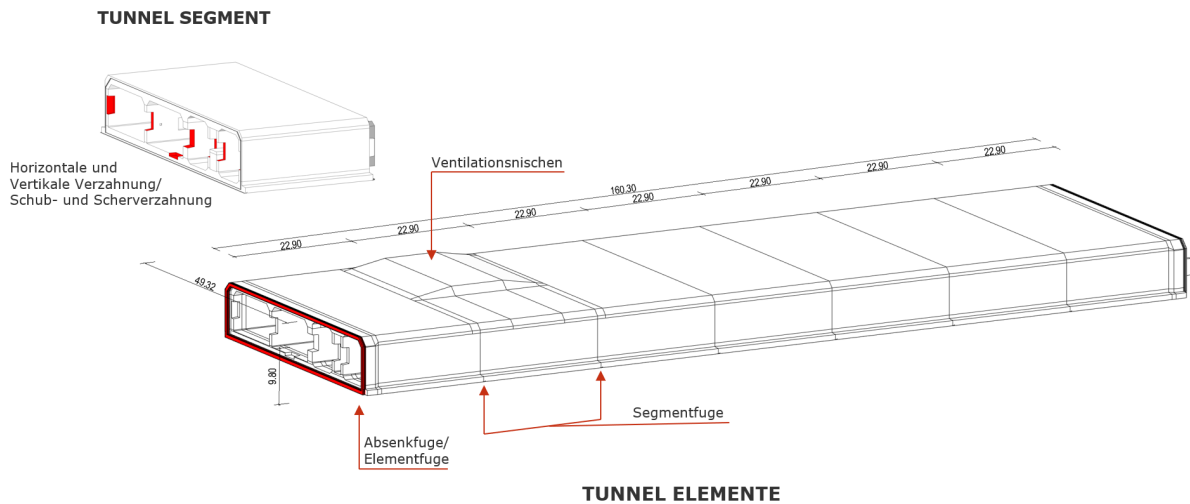


Abbildung 6-1: Unterteilung eines Absenktunnelelements

Nach der Konstruktion und Vorspannung werden die Tunnelelemente an beiden Enden mit Querschotten wasserdicht verschlossen und mit ein Wasserballastsystem versehen. Während des Flutens des Trockendocks werden die Wasserballasttanks gefüllt, um sie an Ort und Stelle zu halten und die Wasserdichtheit der temporären Endschotten überwacht.

Nach Entfernen des Trockendocktors werden die Elemente eins nach dem anderen zur temporären Anlegestelle im Tunnelgraben transportiert und dort an Dalben zwischenzeitlich gelagert bzw. geparkt. Die Elemente werden danach nacheinander vorbereitet und im Tunnelgraben abgesenkt.

Die Vorspannkabel, die zum Verbinden der Elemente während des Transports und zum Absenken verwendet werden, sind im endgültigen Zustand nicht erforderlich und werden nach Absenken und anfänglichen Setzungen in jeder Segmentfuge durchtrennt.

Die Segmente werden durch Segmentfugen mit Schubverzahnung und innenliegenden Kompressionsfugenbändern unterteilt. Die Segmentfuge hat keine durchgehende Bewehrung und ist so konzipiert, dass sie Bewegungen in Längsrichtung zulässt. Die Segmentfuge ähnelt der regulären Pressfuge im Tunnel in offener Bauweise.

Zwischen den abgesenkten Tunnelelementen sowie zwischen dem TOF und TE01 wird es Absenkfugen geben. Auch die Absenkfugen haben keine durchgehende Bewehrung, sondern sind Pressfugen, die mit Scher- und Schubverzahnung ausgestattet werden, sowie primäre und sekundäre Wasserdichtungsprofile umfassen.

Die Schnittstelle zwischen dem ersten abgesenkten Tunnelelement (TE01) und dem TOF wird ca. 330 m landeinwärts von der Küstenlinie Fehmarns liegen. Das Element TE01 wird abgesenkt und mittels einer Absenkfuge mit dem TOF verbunden.

Die Schnittstelle zwischen dem letzten abgesenkten Tunnelelement TE12 und dem TOG befindet sich auf dem tiefgegründeten Tunnelwiderlager. Dieses besteht aus einer tiefgegründeten Betonplatte, seitlichen Stahlbetonwänden und besonderen Vorrichtungen zur

Übertragung der Längskräfte vom Absenktunnel zum TOG sowie Dichtungen für die bauzeitliche und permanente Situation.

#### **6.4.2 Trogbauwerke**

Die zukünftige Fehmarnsundquerung besteht aus einem Tunnelbauwerk mit beidseitig angeschlossenen Trogbauwerken.

Der gesamte Tunnel befindet sich in einer Wannenlage mit Tiefpunkt im Bereich des Fehmarnsunds. Um das Bauwerk gegen eindringendes Grundwasser abzudichten, sind Trogbauwerke erforderlich. Die B 207 und die Bahnstrecke 1100 werden dabei so lange in Trogbauwerken geführt, bis das Risiko von eindringendem Wasser erdseitig ausgeschlossen werden kann.

##### **6.4.2.1 Hauptabmessungen Trogbauwerke Großenbrode**

Die Straße wird auf Großenbroder-Seite von Bau-km 1+760,000 bis 2+113,305 auf einer Länge von ca. 353,305 m im Trog geführt. Die Bahn wird auf Großenbroder-Seite von Bau-km 171,547.292 bis 172,585.969 auf einer Länge von ca. 1038,677 m im Trog geführt.

Der Trog in Großenbrode wird dabei in die folgenden Bauwerke aufgeteilt:

##### **Straßentrog Großenbrode (TR-GS)**

Auf der Südseite der Fehmarnsundquerung verläuft die B 207 von Bau-km 1+760,000 bis 2+045,890 in dem Bauwerk Straßentrogbauwerk. Der TR-GS weist somit eine Länge von ca. 285,890 m auf.

Der festlandseitige Straßentrog liegt zu Beginn in einer Klothoide  $A = 750$ . Hieran schließt eine kurze Gerade ( $L = 17,134$  m) an. Der restliche Verlauf des Troges liegt wieder in einer Klothoide  $A = 796,800$ .

##### **Bahntrog Großenbrode (TR-GB)**

Das Bauwerk Bahntrog beginnt auf der Südseite der Fehmarnsundquerung bei Bau-Kilometer 171,547.292 und endet bei Bau-Kilometer 172,535.908. Die Länge des festlandseitigen Bahntroges beträgt somit in der Achse ca. 988,616 m.

##### **Gemeinsames Trogbauwerk Großenbrode (TR-G)**

Von Bau-km 172,535.908 bis 172,585.969 (Bau-km Bahn) bilden Straßen- und Bahntrog einen gemeinsamen Querschnitt. Das gemeinsame Trogbauwerk weist somit eine Länge von ca. 50,061 m auf. Mit größer werdendem Abstand der jeweiligen Achsen und aufgrund der unterschiedlichen Längsneigungen, trennt sich der gemeinsame Querschnitt in zwei getrennte Bauwerke auf.

Die Angaben zu den Trogbreiten sind in Kap. 6.4.2.3 zu finden.

#### 6.4.2.2 Hauptabmessungen Trogbauwerke Fehmarn

Die Straße wird auf der Insel Fehmarn von Bau-km 4+382,465 bis 4+863.000 auf einer Länge von ca. 480,535 m im Trog geführt. Die Bahn wird auf der Insel Fehmarn von Bau-km 174,878.699 bis 175,606.693 auf einer Länge von ca. 727,994 m im Trog geführt.

Der Trog auf der Insel Fehmarn wird dabei in die folgenden Bauwerke aufgeteilt:

##### **Straßentrog Fehmarn (TR-FS)**

Auf der Insel Fehmarn verläuft die B 207 von Bau-km 4+468,900 bis 4+863.000 in dem Bauwerk Straßentrog. Der TR-FS weist somit eine Länge von ca. 394,100 m auf.

Der TR-FS liegt zu Beginn (in Kilometrierungsrichtung) in einer kurzen Geraden ( $L = 10,333$  m). Im weiteren Verlauf schließt eine Klothoide  $A = 700$ , ein Radius  $R = 1900$  sowie eine weitere Klothoide  $A = 800$  an.

##### **Bahntrog Fehmarn (TR-FB)**

Das Bauwerk Bahntrog (TR-FB) beginnt bei Bau-Kilometer 174,948.699 und endet bei Bau-Kilometer 175,606.693. Die Länge des inselseitigen Bahntroges beträgt somit in Achse der Streckenkilometrierung ca. 657,994 m.

##### **Gemeinsames Trogbauwerk Fehmarn (TR-F)**

Von Bau-km 174,878.699 bis 174,948.699 bilden Straßen- und Bahntrog einen gemeinsamen Querschnitt, bevor sich der Querschnitt in zwei Bauwerke aufteilt. Das gemeinsame Trogbauwerk weist somit eine Länge von ca. 70 m auf.

Die Angaben zu den Trogbreiten sind in Kap. 6.4.2.3 zu finden.

#### 6.4.2.3 Weitere Angaben zu beiden Trogabschnitten

An den Übergängen von den Trogbauwerken in die anschließenden Tunnelabschnitte offener Bauweise werden festland- und inselseitig im Mittelstreifen der B 207 Lüftungstrennwände vorgesehen.

Die Trogwände werden bis zu einer Höhe von ca. +1,30 mNHN über OK Gelände geführt, somit kann auf eine gesonderte Absturzsicherung auf den Wänden verzichtet werden. Die Oberkante des direkt angrenzenden Geländes wird auf dem Festland auf ca. +3,15 mNHN hergestellt und steigt im Bereich des Tunnelportals (Übergang Trog zu dem Tunnel offene Bauweise) auf ca. +4,0 mNHN an. Die Trogwand wird entsprechend erhöht und bindet dann in das Tunnelportal ein.

Auf der Insel Fehmarn wird das angrenzende Gelände im Portalbereich ebenfalls auf ca. +4,0 mNHN ausgebildet und erhöht sich ab Straßen-km 4+588,465 auf einer Länge von ca. 5,0 m linear auf ca. +5,0 mNHN. Die Oberkante der Trogwand wird auch hier entsprechend erhöht. Die neu hergestellten Geländeoberkanten werden in Querrichtung zu den Trogbauwerken über Böschungen an das Bestandsgelände angeschlossen.

Dort, wo realisierbar, werden die Oberleitungsmasten auf die Trogwände aufgesetzt. Der Berührungsschutz wird in diesen Bereichen durch die höhere Ausbildung der Trogwände

(ca. 2,25 m über GOK) erreicht. Andernfalls werden Nischen für die Oberleitungsmasten durch das Verspringen der Trogwände gebildet.

Die Trogwände sowohl bei den Bahn- als auch bei den Straßentrögen weisen eine Neigung von 10 : 1 auf. Im Übergangsbereich zu den Tunnelportalen sind, für die Aufnahme der Portalschirme die Trogwände senkrecht ausgebildet. Auch in den Bereichen, in denen die Oberleitungsmasten auf die Trogwände aufgesetzt werden, sind die Trogwände senkrecht ausgebildet.

Auf dem Festland wird der Straßentrog im Trockendock hergestellt. Zur Sicherung gegen Auftrieb wird der Trog hier mit Ballastbeton beschwert. Auch der Bahntrog wird in diesem Bereich mit Ballastbeton beschwert.

Der Anfang des festlandseitigen Bahntroges wird in einer offenen Baugrube hergestellt. Im weiteren Verlauf bis zum Trockendock wird der Bahntrog in einer ausgesteiften Schlitzwandbaugrube hergestellt.

Auf der Insel wird sowohl der Straßen- als auch der Bahntrog vollständig innerhalb einer ausgesteiften Schlitzwandbaugrube hergestellt. Nach Fertigstellung der Tröge dienen die Schlitzwände sowohl festland- als auch inselseitig der Ballastierung (dauerhafter Anschluss der Schlitzwände mittels Knaggenkonstruktionen an die Trogwände).

Der Querschnitt der B 207 setzt sich im Bauwerksbereich wie folgt von West nach Ost zusammen:

#### **RiFa Heiligenhafen**

1,285 m	Notgehweg
2,00 m	Seitenstreifen
0,50 m	Randstreifen
2 x 3,50 m	Fahrbahn
0,50 m	Randstreifen
1,535 m	Mittelstreifen
<hr/>	
<b>12,82 m</b>	

#### **RiFa Puttgarden**

1,535 m	Mittelstreifen
0,50 m	Randstreifen
2 x 3,5 m	Fahrbahn
0,50 m	Randstreifen
2,00 m	Seitenstreifen
1,285 m	Notgehweg
<hr/>	
<b>12,82 m</b>	

#### **25,64 m      Gesamtbreite = Lichte Breite Straßentrog**

Da die beiden Gleise im Bereich der Trogbauwerke nicht parallel verlaufen ist die lichte Querschnittsbreite der Bahntröge variabel. Die minimale lichte Breite beträgt am Troganfang (festlandseitig) bzw. am Trogende (inselseitig) 11,80 m. Diese Breite resultiert aus dem minimalen Gleisabstand von 4,0 m.

Die maximale lichte Breite beträgt 19,0 m und resultiert aus dem im Tunnel erforderlichen Gleisabstand von 11,20 m.

Sowohl festland- als auch inselseitig sind im Bahntrog je ein Rettungsplätze vorgesehen. Die Zugänglichkeit zu den Rettungsplätzen für Fremdrettungskräfte o.ä. erfolgt durch Rampen, welche ebenfalls als Trogbauwerke ausgebildet werden.

Der Querschnitt der Zufahrten/Rampen setzt sich wie folgt zusammen:

1,00 m	Notgehweg
0,50 m	Randstreifen
2 x 2,75 m	Fahrbahn
0,50 m	Randstreifen
1,00 m	Notgehweg
<hr/>	
<b>8,50 m</b>	

### **6.4.3 Stützbauwerke Fehmarn**

#### **6.4.3.1 Neubau Stützwand – Bauwerk 405 (Bau-km 175,607 – 175,809)**

Anschließend an den Bahntrog auf Fehmarn verbleibt die Bahntrasse in Bezug auf das angrenzende Gelände weiterhin in Tieflage. Östlich der Bahn ergibt sich zum anstehenden Gelände eine Höhendifferenz von ca. 6,5 m. Dort wird zunächst eine Stützwand den Geländesprung abfangen, bis der vorhandene Platz eine freie Böschung zulässt. Der obere Abschluss der Stützwand wird über den gesamten Verlauf mit einer Kappe versehen.

Das Bauwerk 405 auf Fehmarn, dargestellt in Unterlage 07.03.009, ist eine ca. 198 m lange Stützwand in Schlitzwandbauweise, die östlich der Bahntrasse angeordnet ist. Im südlichen Bereich wird die Stützwand doppelt rückverankert. In diesem Abschnitt ist eine Nische für Entwässerungseinrichtungen vorgesehen. Von Bau-km 175,709 bis 175,799 grenzt die Trasse an das Grundstück des WBV Fehmarn. Aus Platzgründen wird die Stützwand in diesem Bereich ohne Rückverankerung ausgeführt. Der Übergang zur freien Böschung wird von Bau-km 175,799 bis 175,805 mit einer Flügelwand im 45° Winkel zur Bahntrasse ausgeführt.

Im Bauzustand kann neben Niederschlagswasser auch Stauwasser anfallen. Es wird bei der bauzeitlichen Entwässerung unterschieden zwischen der Erd- und der Baugrubenseite. Auf der Erdseite wird mit einer offenen Wasserhaltung bestehend aus Horizontaldrainagen, die an eine Sammelleitung anschließen, das Niederschlags- und Stauwasser gefasst und in einen Pumpensumpf geleitet.

Auf der Baugrubenseite wird das Wasser in einem Graben gesammelt und entsprechend des vorhandenen Gefälles der ca. 200 m langen Baugrube in der Mitte in einen Pumpensumpf geleitet. Von dort wird das Wasser auf die Geländeoberkante östlich der Stützwand gepumpt. An der Stelle werden das Wasser der Erd- und der Baugrubenseite zusammengeführt und gemeinsam behandelt. Mittels Pumpenförder Technik wird das Wasser zunächst durch ein Absetzbecken geleitet und von da aus über den Düker und die Einleitstelle F2/F12 dem Gewässer 7 zugeführt. Diese Maßnahme ist nur während des Ausbaus der Bahnanlagen nötig und kann im Endzustand zurückgebaut werden. Eine Grundwasserabsenkung ist in diesem Bereich nicht erforderlich.

#### **6.4.3.2 Neubau Stützwand – Bauwerk 406 (Bau-km 175,607 – 175,619)**

Westlich der Bahn verläuft nördlich des Bahntroges mit einem Höhenunterschied von ca. 7,0 m die bereits in Dammlage liegende B 207. Bei Bau-km 175,607 reicht der Platz für eine freie Böschung zwischen Bahntrasse und B 207 aus. Allerdings muss ein Übergang zwischen Bahntrog und Böschung geschaffen werden, der durch das Stützwandbauwerk 406, dargestellt in Unterlage 07.03.009, in Schlitzwandbauweise realisiert wird. Das Bauwerk schließt an die westliche Wand des Bahntrogs an und verläuft im 45° Winkel zur Bahntrasse. Die Schlitzwand ist über die gesamte Länge an jedem Element doppelt rückverankert.

Die bauzeitliche Entwässerung für die Baugrubenseite ist in Abschnitt 5.7.3.1 beschrieben. Auf der Erdseite wird das anfallende Niederschlagswasser Richtung Süden geführt und dort über die Einleitstelle F1 dem Sund zugeführt.

#### **6.4.3.3 Stützwand Rampe Radweg – Bauwerk 1403020 (Bau-km 0+07027 – 0+4106)**

Inselseitig auf der westlichen Bestandsdammböschung der B 207 befindet sich die vorhandene Geh- und Radwegrampe, die auf ca. 4,00 m Breite (ca. 6,00 m Kronenbreite) und auf ca. 389 m Länge ausgebaut wird, um die Umleitung des LaV temporär durch Struckkamp zu schaffen. Die Verbreiterung erfolgt zur Innenseite des Dammes. Zur Erhaltung der Böschung ist entlang der Geh- und Radwegrampe ein Stützwandbauwerk mit einer Höhe von im Mittel 2,00 m vorgesehen.

#### **6.4.3.4 Stützwand B 207 Fehmarn – Bauwerk 1404 (Bau-km 5+125 – 5+659)**

Auf der Insel Fehmarn wird zur Abfangung eines Geländesprungs zwischen der B 207 und der Bahntrasse ein Stützwandbauwerk erforderlich. Die Länge des Bauwerks beträgt ca. 534 m, bei einer Höhe von bis zu 2,50 m.

#### **6.4.3.5 Ladungsrückhaltesystem – Bauwerk 1801 (Bau-km 5+100 – 5+659)**

Im Zuge des PFA FSQ ist auf der Insel Fehmarn in einem Teilbereich der Parallelführung Schiene/Straße zur Reduktion der Risiken des Ladungsabwurfs der Einsatz eines Ladungsrückhaltesystems (LARS) erforderlich. Die Länge beträgt ca. 559 m (Schiene: von Bau-km 175,5+88 bis 176,1+45 entspricht zur B 207: von Bau-km 5+100 bis 5+569).

LARS ist in Kombination mit einem nach Norm EN 1317-2 geprüften und zugelassenen Fahrzeugrückhaltesystem aus Stahl oder Beton in Abhängigkeit der den örtlichen Risiken erforderlichen Leistungseigenschaften einzusetzen. Das System besteht aus vertikal angeordneten Stahlposten und dazwischen horizontal angeordneten Stahlprofilen.

### **6.4.4 Brücken**

#### **6.4.4.1 BW 6.3.1 - Brücke K 42 über Bahntrasse 1100 bei Großenbrode**

##### **Überblick**

Für die Überführung der K 42 über die Ausbaustrecke 1100 in Bau-km 171,610,153 wird der Bau einer SÜ in Form eines Brückenbauwerks erforderlich.



Die K 42 kreuzt die Ausbaustrecke 1100 mit einem Kreuzungswinkel von 97,1 gon. Die K 42 verläuft im Bauwerksbereich in einer Geraden. Die zulässige Geschwindigkeit der überführten Straße wird bei 50 km/h liegen.

Die unterführten Gleise verlaufen im Bauwerksbereich in einem Achsabstand von 4,0 m und weisen Radien von  $R = -1.530$  m und  $-1.534$  m auf. Hieraus resultieren Gleisüberhöhungen von 160 mm. Es ergibt sich gemäß der Ril 800.0130 eine freizuhaltende lichte Höhe von 6,313 m über den Gradienten der Gleise. Im Bauwerksbereich verläuft die zweigleisige Bahntrasse in dem Trogbauwerk der Fehmarnsundquerung. Der Trog weist im Bauwerksbereich eine Gesamtbreite von ca. 13,6 m auf.

Westlich des Bahntroges ist ein Betriebsweg mit beidseitigem Bankett in einer Gesamtbreite von ca. 4,00 m vorgesehen. Dieser dient auch der Zuwegung zum Brückenbauwerk für Unterhaltungszwecke. Für die Bauwerksunterhaltung werden vor den Widerlagern Bermen vorgesehen. Es ergibt sich eine einzuhaltende lichte Weite von  $\geq 25$  m.

Für das Brückenbauwerk ist ein gelagertes 1-Feld-Bauwerk vorgesehen. Der Überbau wird als zweistegiger Plattenbalken in Spannbetonbauweise konzipiert. Als Unterbauten dienen klassische Kastenwiderlager mit Parallelfüßeln. Die Unterbauten werden flachgegründet.

Der geplante Regelquerschnitt auf dem Brückenbauwerk setzt sich wie folgt von Nord-Ost nach Süd-West zusammen (über dem Gleisbereich werden - aufgrund der elektrifizierten Bahnstrecke - die Kappen mit einem Berührungsschutz ausgestattet):

2,05 m	(2,225 m)	Kappe Nord-Ost mit Notgehweg (mit Berührungsschutz)
0,50 m		Randstreifen
4,25 m		Fahrstreifen
2,00 m		Mittelstreifen
4,25 m		Fahrstreifen
0,50 m		Randstreifen
4,25 m	(4,425 m)	Kappe Süd-West mit Geh- und Radweg (mit Berührungsschutz)
<b>17,80 m</b>	<b>(18,15 m)</b>	<b>Gesamtbreite (mit Berührungsschutz)</b>

Die Breite zwischen den Geländern beträgt ca. 17,30 m. Die Fahrbahn der K 42 weist im Bauwerksbereich ein Dachprofil mit Gefällen von 2,5 % auf.

Als Absturzsicherungen dienen beidseitig 1,30 m hohe Füllstabgeländer. Direkt vor und hinter dem Brückenbauwerk schließt jeweils ein Kreisverkehr an. Zur Bauwerksunterhaltung sind jeweils parallel zur nördlichen Flügelwand Böschungstreppen vorgesehen.

### **Bauwerksentwässerung**

Auf dem Brückenbauwerk werden gemäß ZTV-ING keine Brückenabläufe erforderlich. Das im Bauwerksbereich anfallende Wasser wird jeweils über Straßenabläufe, welche in den angrenzenden Dammbereichen jeweils vor den Widerlagern angeordnet werden, abgeführt. Das in den Straßenabläufe gefasste Wasser wird den Entwässerungsmulden der K 42 zugeführt.

### **Sichtflächen**

Alle sichtbaren Betonflächen werden mit einer Sichtflächenschalung ausgeführt und in der Sichtbetonklasse SB 2 hergestellt.

## **Baugruben und Wasserhaltung**

Die Brückenwiderlager werden in geböschten Baugruben hergestellt. Anfallendes Niederschlagswasser wird über eine offene Wasserhaltung abgeführt.

### **6.4.4.2 BW 6.3.2 - Brücke K 42 über die B 207 bei Großenbrode**

#### **Überblick**

Für die Überführung der K 42 über die B 207 in Bau-km 1+145,000 ist der Bau eines Brückenbauwerks erforderlich. Die K 42 kreuzt die B 207 mit einem Kreuzungswinkel von 100 gon. Die K 42 verläuft im Bauwerksbereich in einer Geraden. Die zulässige Geschwindigkeit der überführten Straße wird bei 50 km/h liegen.

Die B 207 weist im Bauwerksbereich einen Radius von  $R = 2100$  m auf. Die zulässige Geschwindigkeit wird im Bauwerksbereich bei 100 km/h liegen. Die freizuhaltende lichte Höhe über der B 207 muss mindestens 4,70 m betragen. Der geplante Querschnitt der B 207 setzt sich im Bauwerksbereich wie folgt von West nach Ost zusammen:

#### **RiFa Heiligenhafen**

2,00 m	Entwässerungsmulde
3,00 m	Bankett (Breite aufgrund des fehlenden Seitenstreifens erforderlich)
0,50 m	Randstreifen
3,00 m	Einfädelungsstreifen
0,50 m	Randstreifen
2 x 3,50 m	Fahrbahn
0,50 m	Randstreifen
2,00 m	Mittelstreifen

---

**18,50 m**

#### **RiFa Puttgarden**

2,00 m	Mittelstreifen
0,50 m	Randstreifen
2 x 3,50 m	Fahrbahn
0,50 m	Randstreifen
2,50 m	Seitenstreifen
1,50 m	Bankett
2,00 m	Entwässerungsmulde

---

**16,00 m**

**34,50 m      Gesamtbreite**

Die B 207 weist im Bauwerksbereich ein Dachprofil auf. Das Quergefälle der RiFa Heiligenhafen beträgt 3,50 % und das Quergefälle der RiFa Puttgarden 2,50 %.

Zuzüglich Böschungsausbildungen und Besichtigungsbermen vor den Widerlagern ergibt sich eine einzuhaltende lichte Weite von  $\geq 42$  m.

Für das Brückenbauwerk ist ein gelagertes 2-Feld-Bauwerk vorgesehen. Der Überbau wird als zweistegiger Plattenbalken in Spannbetonbauweise konzipiert. Als Unterbauten dienen

klassische Kastenwiderlager mit Parallelfügeln und Mittelpfeiler im Mittelstreifen der B 207. Die Unterbauten werden flachgegründet.

Der geplante Regelquerschnitt auf dem Brückenbauwerk setzt sich wie folgt von Nord-Ost nach Süd-West zusammen:

2,05 m	Kappe Nord-Ost mit Notgehweg
0,50 m	Randstreifen
4,25 m	Fahrstreifen
2,00 m	Mittelstreifen
4,25 m	Fahrstreifen
0,50 m	Randstreifen
4,25 m	Kappe Süd-West mit Geh- und Radweg
<b>17,80 m</b>	<b>Gesamtbreite</b>

Die Breite zwischen den Geländern beträgt ca .17,30 m. Die K 42 erhält im Bauwerksbereich ein einseitiges Gefälle von 2,5 %.

Als Absturzsicherungen dienen beidseitig 1,30 m hohe Füllstabgeländer. Direkt vor und hinter dem Brückenbauwerk schließt jeweils ein Kreisverkehr an. Zur Bauwerksunterhaltung sind an allen vier Flügeln Böschungstreppen vorgesehen.

### **Bauwerksentwässerung**

Das auf dem Brückenbauwerk anfallende Wasser wird über Brückenabläufe gefasst und der Entwässerungslängsleitung, welche unter dem nördlichen Kragarm angeordnet wird, zugeführt.

Im weiteren Verlauf wird das Wasser mittels einer Fallleitung und einem Revisionsschacht, welche vor dem westlichen Widerlager (Achse 10) angeordnet werden, der Entwässerungsmulde der K 42 zugeführt.

### **Sichtflächen**

Alle sichtbaren Betonflächen werden mit einer Sichtflächenschalung ausgeführt und in der Sichtbetonklasse SB 2 hergestellt.

### **Baugruben und Wasserhaltung**

Die Brückenwiderlager und die Pfeiler werden in geböschten Baugruben hergestellt. Anfallendes Niederschlagswasser wird über eine offene Wasserhaltung abgeführt.

## **6.4.4.3 BW 6.3.3 – Fehmarnsundbrücke**

### **Überblick**

Nach Herstellung der neuen Fehmarnsundquerung wird die Gleisanlage auf der vorhandenen Fehmarnsundbrücke zurückgebaut. Danach wird eine Fahrbahn für den LaV sowie ein Rad- und Gehweg eingerichtet. Letzteres erfolgt in einem eigenständigen Verfahren durch die DEGES, und ist nicht Teil dieser Unterlage.

#### 6.4.4.4 BW 6.3.4 - Brücke LaV über Straße „Strukkamp“

##### Überblick

Für die Überführung des LaV über die neu herzustellende Straße „Strukkamp“ in Bau-km 3+145,458 ist der Bau eines Brückenbauwerks erforderlich. Der LaV kreuzt die Straße „Strukkamp“ mit einem Kreuzungswinkel von 96,7 gon. Der LaV verläuft im Bauwerksbereich in einer Geraden. Die zulässige Geschwindigkeit wird bei 90 km/h liegen (Regionalstraße – EKL 3).

Die Straße „Strukkamp“ weist einen Radius von  $R = 200$  m auf. Die zulässige Geschwindigkeit wird bei 50 km/h liegen. Die freizuhaltende lichte Höhe über der Straße „Strukkamp“ muss mindestens 4,50 m betragen.

Der geplante Querschnitt der Straße „Strukkamp“ setzt sich im Bauwerksbereich wie folgt von West nach Ost zusammen:

2,00 m	Entwässerungsmulde
1,50 m	Bankett
0,50 m	Randstreifen
2 x 2,50 m	Fahrbahn
0,50 m	Randstreifen
1,75 m	Trennstreifen
2,50 m	Geh- und Radweg
0,50 m	Randstreifen
<hr/>	
<b>12,25 m</b>	

Zuzüglich Böschungsausbildungen und Besichtigungsbermen vor den Widerlagern ergibt sich eine einzuhaltende lichte Weite von  $\geq 16$  m. Für das Brückenbauwerk ist ein gelagertes 1-Feld-Bauwerk vorgesehen. Der Überbau wird als zweistegiger Plattenbalken in Spannbetonbauweise konzipiert. Als Unterbauten dienen klassische Kastenwiderlager mit Parallelfügel. Derzeit wird von einer Flachgründung der Unterbauten ausgegangen.

Der geplante Regelquerschnitt auf dem Brückenbauwerk setzt sich wie folgt von Nord-West nach Süd-Ost zusammen:

2,05 m	Kappe Nord-West mit Notgehweg
0,50 m	Randstreifen
3,50 m	Fahrstreifen
3,50 m	Fahrstreifen
0,50 m	Randstreifen
<hr/>	
<b>14,30 m</b>	<b>Gesamtbreite</b>

Die Breite zwischen den Geländern beträgt ca. 13,80 m. Der LaV erhält im Bauwerksbereich ein einseitiges Gefälle von 2,5 %. Als Absturzsicherungen dienen beidseitig 1,30 m hohe Füllstabgeländer. Zur Bauwerksunterhaltung sind an allen vier Flügelwänden Böschungstreppe vorgesehen.

##### Bauwerksentwässerung

Das auf dem Brückenbauwerk anfallende Wasser wird über einen Brückenablauf gefasst und der Entwässerungslängsleitung, welche zwischen den Stegen des Überbaus angeordnet wird, zugeführt.

Im weiteren Verlauf wird das Wasser mittels einer Falleitung und einem Revisionsschacht, welche vor dem südlichen Widerlager (Achse 10) angeordnet werden, der Entwässerungsmulde der Straße "Strukkamp" zugeführt.

### **Sichtflächen**

Alle sichtbaren Betonflächen werden mit einer Sichtflächenschalung ausgeführt und in der Sichtbetonklasse SB 2 hergestellt.

### **Baugruben und Wasserhaltung**

Die Brückenwiderlager und die Pfeiler werden in geböschten Baugruben hergestellt. Anfallendes Niederschlagswasser wird über eine offene Wasserhaltung abgeführt.

## **6.4.5 Lärmschutzwände Bahn**

### **6.4.5.1 Grundlage/Allgemeines**

Grundlage für die Errichtung der LSW bildet die schalltechnische Untersuchung, siehe Unterlage 21. Im Ergebnis der schalltechnischen Untersuchung sollen folgende LSW als aktiver Lärmschutz errichtet werden.

Tabelle 6-7: Übersicht Lärmschutzwände Bahn

Bezeichnung	von Bau-km	bis Bau-km	Höhe der LSW über SO [m]	Länge [m]	Lage
LSW Bahn N1	170,695.178	171,489.294	3	794,116	bahnlinks
LSW Bahn S1	170,422.008	170,680.992	4	258,984	bahnrechts
LSW Bahn S2	170,680.992	171,037.518	3	356,526	bahnrechts

### **6.4.5.2 Allgemeines**

Unter Berücksichtigung des Gleisquerschnittes, der Trassierung, der Lage der Kabelkanäle und der Entwässerungseinrichtungen wird ein Gleisabstand zur Vorderkante LSW von  $\geq 4,23$  m bei den Wänden S1 und S2 sowie  $\geq 4,35$  m bei der Wand N1 gewählt. Abweichungen ergeben sich aus den technischen Zwangspunkten der unterschiedlichen örtlichen Verhältnisse. Die Standorte der Oberleitungsmaste erhalten eine Umfahrung, in der die Bewegungsfreiheit für Personal berücksichtigt wird. Hier wird ein Gleisabstand zur Vorderkante LSW von  $\geq 5,70$  m bei allen drei Wänden gewählt.

Die LSW bestehen in ihren Einzelteilen aus der Gründung, den Stahlpfosten, den Sockelelementen (Stahlbeton) und den Lärmschutzwandelementen (Stahlbeton). Gegen Herausheben durch Windsog werden nach Einhängen der Lärmschutzwandelemente auf den Pfosten Kappen aufgesetzt.

Die Höhen der LSW betragen zwischen 3,00 bis 4,00 m über SO und beziehen sich bei überhöhten Gleisen auf die nicht überhöhte Schiene.

### **6.4.5.3 Gründung**

Für die Gründung der jeweiligen LSW werden frostfreie Tiefgründungen vorgesehen. Aufgrund der anstehenden Bodenverhältnisse wird seitens des Baugrundgutachters eine Gründung mittels Großbohrpfählen empfohlen.

### **6.4.5.4 Material/Farbgestaltung**

Zum Einsatz kommen Betonlärmschutzelemente. Diese bestehen aus einer Tragbetonplatte nach statischen Erfordernissen, welche auch die Schalldämmung gewährleistet und aus einer schallabsorbierenden Leichtbetonschicht. Die Ausrichtung der Leichtbetonschicht erfolgt bahnseitig. Die Tragbetonplatte erhält rückseitig (anwohnerseitig) unterschiedliche Matrizenstrukturen.

### **6.4.5.5 Sonderkonstruktionen**

#### **Sonderkonstruktion im Bereich eines kreuzenden Leitungspaketes**

Im Bereich bei Bau-km 170,60 befindet sich ein Leitungspaket zwischen den OL-Masten Nr. 5494 und Nr. 5492. Zur Überführung der LSW wird in diesem Bereich eine Sonderkonstruktion erforderlich.

Die Länge der Sonderkonstruktion erfolgt unter der Berücksichtigung des durch den jeweiligen Leitungsträger vorgegebenen Sicherheitsabstandes der Leitungen zu Gründungselementen oder zu anderen Leitungen.

Die Sonderkonstruktion wird als einfeldriger Torsionsbalken ausgeführt. Die Ausführung soll in Stahlbetonbauweise erfolgen. Die Gründung wird mittels Tiefgründung als Bohrpfahlgründung ausgeführt. Der Pfostenabstand wird auf der Sonderkonstruktion auf < 2,50 m begrenzt.

### **6.4.6 Lärmschutzwände Straße (B 207)**

#### **6.4.6.1 Grundlage / Allgemeines**

Grundlage für die Errichtung der LSW bildet die schalltechnische Untersuchung vom Juli 2024. Im Ergebnis der schalltechnischen Untersuchung sollen als aktiver Lärmschutz folgende LSW errichtet werden.



Tabelle 6-8: Übersicht Lärmschutzwände Verkehrsanlagen

Bezeichnung	von Bau-km	bis Bau-km	Höhe über Gradienten [m]	Länge [m]	Lage
LSW Str. N1	0+150	0+154	0 bis 5	4	links der B 207
LSW Str. N2	0+154	1+084	5	930	links der B 207
LSW Str. N3	1+084	1+124	5 bis 0	40	links der B 207
LSW Str. S1	0+376	0+051	4	325	rechts der B 207
LSW Str. S2	0+051	0+468	5	519	rechts der B 207
LSW Str. S3	0+468	0+620	4	152	rechts der B 207
LSW Str. S4	0+620	0+652	4 bis 0	32	rechts der B 207

#### 6.4.6.2 Allgemeines

Gemäß den Richtzeichnungen des Bundes wird ein lichter Abstand vom Fahrbahnrand der B 207 bis zur Vorderkante LSW von  $\geq 2,50$  m gewählt. Die Standorte der Verkehrszeichenbrücken ist eine Verziehung der LSW vorgesehen, in der die Bewegungsfreiheit für Personal berücksichtigt wird.

Die LSW sind straßenseitig hochabsorbierend und bestehen in ihren Einzelteilen aus der Gründung, den Stahlpfosten, den Sockelelementen (Stahlbeton) und den Lärmschutzwandelementen.

Die Höhen der LSW betragen zwischen 0,00 bis 5,00 m über OK Gradienten.

#### 6.4.6.3 Gründung

Für die Gründung der jeweiligen LSW werden frostfreie Tiefgründungen vorgesehen. Die bevorzugte Ausführungsvariante besteht aus Bohrpfählen.

Die jeweilige Gründung erfolgt nach statischen Erfordernissen und wird im Rahmen der weiteren Planung festgelegt.

#### 6.4.6.4 Material/Farbgestaltung

Zum Einsatz kommen Betonlärmschutzelemente. Diese bestehen aus einer Tragbetonplatte nach statischen Erfordernissen, welche auch die Schalldämmung gewährleistet und aus einer schallabsorbierenden Leichtbetonschicht. Die Ausrichtung der Leichtbetonschicht erfolgt straßenseitig. Die Tragbetonplatte erhält rückseitig (anwohnerseitig) unterschiedliche Matrixstrukturen.

#### 6.4.6.5 Sonderkonstruktionen

##### Sonderkonstruktion im Bereich eines kreuzenden Leitungspaketes

Im Bereich von Bau-km 0+200 der Achse 1 befindet sich ein Leitungspaket. Zur Überführung der LSW wird in diesem Bereich eine Sonderkonstruktion erforderlich.

Die Länge der Sonderkonstruktion erfolgt unter der Berücksichtigung des durch den jeweiligen Leitungsträger vorgegebenen Sicherheitsabstandes der Leitungen zu Gründungselementen oder zu anderen Leitungen.

Die Sonderkonstruktion wird als einfeldriger Torsionsbalken ausgeführt. Die Ausführung soll in Stahlbetonbauweise erfolgen. Die Gründung wird mittels Tiefgründung als Bohrpfehlgründung ausgeführt.

Der Pfostenabstand wird auf der Sonderkonstruktion auf < 2,50 m begrenzt.

#### 6.4.7 Kollisionsschutz-Vorrichtungen zum Schutz von Fledermäusen

Grundlage für die Errichtung von Kollisionsschutz-Vorrichtungen für Fledermäuse bilden die terrestrischen, artenschutzrechtlichen Maßnahmen des Schutz- und Vermeidungskonzepts (vgl. Unterlagen 17.01 und 19.01). Die in Tabelle 6-9 aufgeführten Wände sind erforderlich, sofern nicht LSW oder LARS vorhanden sind und die Funktion zugleich erfüllen. Die Gründung der Wände erfolgt nach statischen Erfordernissen und wird im Rahmen der weiteren Planung festgelegt. Hierbei werden voraussichtlich Tiefgründungen erforderlich werden.

Tabelle 6-9: Übersicht Irritationsschutzwände

Bezeichnung	von Bau-km	bis Bau-km Str.	Höhe über OK Str. [m]	Länge [m]	Lage
026_Va *	0-237,943	0+150	4	388	westlich der B 207
026_Va **	5+065	5+500	4	435	östlich der B 207

\* Ausbildung als Kollisionsschutzzaun, Zaunanlage mit Maschen 4 x 4 cm. Ab Bau-km 0+140 bis 0+150 Anschluss an Lärmschutzwand N1: siehe Kap. 6.4.5

\*\* Ausbildung als Kollisions- und Blendschutz-Vorrichtung. Ab Bau-km 5+100 wird die Funktion durch das LARS erfüllt; siehe Kap. 6.4.3.5

#### 6.4.8 Verkehrszeichenbrücken

Im Zuge des Neubaus der B 207 Fehmarnsundquerung sind zur Steuerung und Regulierung der Verkehrsströme wegweisende Beschilderungen vorgesehen. Die Ausführung erfolgt als Überkopfbeschilderung mittels stationärer Richtungsbeschilderung sowie mittels Wechselverkehrszeichen.

Die Konstruktionen der Schilderbrücken und Kragarme wurde mittels Gestaltungsvorgaben erarbeitet. Somit ergeben sich folgende Typen:

##### Typ 1.1: Kragarm mit geneigtem Stiel

Der Kragarm wird mittels Anprallsockel gem. RiZ VZB 4 als 2-stielige, 2-riegelige Konstruktion ausgebildet. Die Konstruktion ist als nicht begehbar geplant.

### **Typ 1.2: Kragarm mit geraden Stielen**

Der Kragarm wird mittels Anprallsockel gem. RiZ VZB 4 als 2-stielige, 2-riegelige Konstruktion ausgebildet. Die Konstruktion ist als nicht begehbar geplant.

### **Typ 2.1: Schilderbrücke mit geneigtem Stiel**

Die Schilderbrücke des Typs 2.1 unterscheidet sich zur Variante 2.2 nur durch die Schrägstellung der Stiele. Diese werden durch die Nähe zum Trogbauwerk mit der gleichen Neigung der Trogwände ausgebildet.

### **Typ 2.2: Schilderbrücke mit geraden Stielen**

Die Schilderbrücke des Typs 2.2 wird als 2-stielige, 2-riegelige Konstruktion ausgebildet. Diese Konstruktion ist begehbar zur besseren Prüfung und Wartung der WVZ auszubilden. Der Gründungkörper wird gem. RiZ VZB 4, welcher aus dem Anprallsockel und der Gründung besteht, im Rand- und Mittelstreifen ausgeführt.

### **Typ 3: Schilderbrücke als 2-Feldbauwerk mit schräggestellten Stielen im Randstreifen**

Die Schilderbrücken des Typs 3 werden als 2-feldriges Rahmenbauwerk mit schräggestellten Stielen im Randbereich ausgeführt. Der Stiele im Mittelstreifenbereich werden senkrecht ausgebildet. Das Rahmenbauwerk wird wie die bereits beschriebenen ebenfalls als begehbare Konstruktion mit 2 Stielen und 2 Riegeln ausgebildet.

### **Typ 4: Vierendeelträger**

Die Schilderbrücke des Typs 4 werden im Trogbereich des Absenktunnels über beide Richtungsfahrbahnen vorgesehen. Die Konstruktion ist begehbar zur besseren Prüfung und Wartung der WVZ auszubilden. Die Ausfachung des Trägers erfolgt in gleicher Neigung wie die Seitenwände des Trogbauwerks mit einer Neigung von 10 : 1. Die Zuwegung zur Konstruktion ist von außen (außerhalb des Trogbauwerks) zu realisieren.

### **Typ 5: Kragarm Trog**

Der Kragarm wird direkt am Trogbauwerk befestigt. Die Konstruktion ist als nicht begehbar geplant.

Für die Wegweisung bzw. Ankündigung werden in dieser Verkehrseinheit insgesamt 23 Schilderbrücken der Typen 1 - 5 geplant. Im Einzelnen sind die folgenden Standorte:

Tabelle 6-10: Übersicht VZB

<b>Bau-km</b>	<b>Fahrtrichtung</b>	<b>Streifenanzahl</b>	<b>Typ</b>	<b>Steilausbildung</b>
0+170	Puttgarden	2 + Standstreifen	2.2	gerade
0+320	Puttgarden	2 + Standstreifen	2.2	gerade
0+645	Puttgarden	-	1.2	gerade
0+720	Puttgarden	3	2.2	gerade
0+830	Puttgarden	3	2.2	gerade
1+250	Puttgarden	2 + Standstreifen	2.1	geneigt

Bau-km	Fahrtrichtung	Streifenanzahl	Typ	Steilausbildung
1+425	Puttgarden	3	2.1	geneigt
1+590	Puttgarden	3	2.1	geneigt
1+725	beide	2 x (2 + Standstreifen)	3	geneigt
1+915	beide	2 x (2 + Standstreifen)	4	geneigt
1+998	beide	2 x (2 + Standstreifen)	4	geneigt
2+070	Heiligenhafen	2 + Standstreifen	5	geneigt
4+504	beide	2 x (2 + Standstreifen)	4	geneigt
4+675	beide	2 x (2 + Standstreifen)	4	geneigt
4+850	beide	2 x (2 + Standstreifen)	4	geneigt
5+055	beide	2 x (2 + Standstreifen)	3	geneigt
5+172	Puttgarden	2 + Standstreifen	1.2	gerade
5+350	Heiligenhafen	2 + Standstreifen	2.1	geneigt
5+750	Heiligenhafen	2 + Standstreifen	2.1	geneigt
6+250	Heiligenhafen	2 + Standstreifen	2.2	gerade
6+963	Heiligenhafen	3	2.2	Gerade
7+083	Heiligenhafen	3	2.2	Gerade
7+513	Heiligenhafen	2 + Standstreifen	2.2	Gerade

#### 6.4.9 Verbleibende Bauteile aus Baustellenbetrieb

Baubehelfe, die während der Bauphase für die Herstellung der Ingenieurbauwerke errichtet werden, können nicht in jedem Fall abschließend vollständig zurückgebaut werden. Nachfolgend werden die entsprechenden Baubehelfe und die vorgesehenen (Teil-)Rückbaumaßnahmen aufgeführt. Die temporär zu errichtenden Anlagen, Baustelleneinrichtung und Baubehelfe, die nach der Maßnahme zurückgebaut werden, werden im Kapitel 6.4.2 erläutert.

##### Großenbrode

- *Bau-km 171,899 bis Bau-km 172,225:* Die Schlitzwände der verbauten Baugrube des Bahntrogs sind Teil des Ingenieurbauwerks und verbleiben vollständig im Baugrund.
- *Bau-km 172,203 bis Bau-km 172,917:* Die dreiseitige Dichtwand des Trockendocks wird als Einphasendichtwand mit eingestellten Stahlträgern hergestellt. Im Bereich der Durchführung des Trogbauwerks Bahn bei Bau-km 172,203 erfolgt ein partieller Rückbau im Zuge der Herstellung des Trogbauwerks. Davon abgesehen erfolgt abschließend der Rückbau der Stahlträger, welche rüttelnd entfernt werden. Die Dichtwand wird somit lokal zerstört und für das Schichten- und Grundwasser wieder durchgängig. Im gesamten oberen Bereich der Dichtwand erfolgt ein Rückbau, sodass die verbleibende Oberkante mindestens 1,50 m unter der wiederhergestellten Geländeoberkante verbleibt.
- *Ca. Bau-km 172,860 bis Bau-km 172,880:* Der Verschlussrahmen des bauzeitlichen Schwimmtors zum Trockendockverschluss dient zudem als bauzeitlich erforderliche Verschlussfuge und Tunnelwiderlager im Übergang Absenktunnel zu Tunnel in offener

Bauweise. Das Bauteil kann abschließend nicht rückgebaut werden, da andernfalls das Tunnelbauwerk beeinträchtigt würde. Die seitlichen Massivbauwände des Tunnelwiederlagers werden abschließend bis auf Höhe der Tunneloberkante zurückgebaut.

- *Ca. Bau-km 172,860 bis Bau-km 172,917:* Die Spundwände der bauzeitlichen Fangedämme des Trockendockverschlusses und des bauzeitlichen Schiffsanlegers werden, sofern technisch möglich, abschließend komplett entfernt. Unterhalb des Tunnelperimeters als Teil des Tunnelwiederlagers verbleiben Spundwände (Sickerschürze) dauerhaft im Untergrund. Ebenso können Spundwände im direkten Nahbereich des Tunnelwiederlagers aufgrund der mit dem Rückbau einhergehenden Beeinträchtigungen nicht entfernt werden. Spundwände, die aus technischen Gründen nicht komplett entfernt werden können, werden unter Wasser mithilfe von Tauchern gekappt. Ihre Oberkante entspricht der Oberkante des Tunnelbauwerks oder weist eine Mindestüberdeckung von 1,5 m gegenüber dem Widerhergestellten Gelände bzw. Meeresbodens auf.

### **Fehmarn**

- *Bau-km 174,646 bis Bau-km 174,857:* Der Baubehelf Schlitzwandbaugrube, vgl. Kapitel 8.7.4, verbleibt abschließend im Untergrund. Die Oberkante der Schlitzwände hat eine Mindestüberdeckung im Endzustand von 1,50 m.
- *Bau-km 174,857 bis 175,607:* Die Schlitzwände der verbauten Baugruben der Trogbauwerke, vgl. Kapitel 8.7.4, sind Teil des jeweiligen Ingenieurbauwerks und verbleiben vollständig im Baugrund.

### **6.4.10 Hochwasserschutzdeich**

Auf der Festlandseite sind die geplanten Trogbauwerke, das Tunnelportal und das Betriebsgebäude aufgrund der vorhandenen Topografie ohne weiteren Schutz nicht hochwassersicher (vgl. [44]). Aus diesem Grund ist entlang des hochwassergefährdeten Bereichs die Errichtung eines Hochwasserschutzdeiches geplant.

Für die Ermittlung der Höhe des Hochwasserschutzdeiches wurde analog zur Bemessung von Landesschutzdeichen gemäß Generalplan Küstenschutz [37] ein Hochwasser mit einer Jährlichkeit von 200 Jahren (HW200) zugrunde gelegt. Für den Planungsbereich hat das Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein (MEKUN) einen Wasserstand HW200 von +2,45 mNHN definiert. A

ufgrund der geplanten Lebensdauer des Tunnels von 130 Jahren wurde ein Vorsorgemaße zur Berücksichtigung des zukünftigen Meeresspiegelanstieges bis 2150 von 1,35 m eingerechnet. Darüber hinaus wurden zusätzliche Freibordhöhen für den bemessungsrelevanten Seegang von 1,90 m berücksichtigt. Die notwendige Höhe des Hochwasserschutzdeiches ergibt sich demzufolge mit ca. +5,70 mNHN.

Im Gegensatz zum Festland liegt das Tunnelportal auf Fehmarn ausreichend hoch (vgl. [44]), so dass dort auf eine Hochwasserschutzanlage verzichtet werden kann.

Der auf der Festlandseite geplante Hochwasserschutzdeich ist ca. 1.080 m lang und beginnt bei Bau-km 171,800. Er verläuft parallel zur Straßentrasse in nordöstliche Richtung und umschließt das Tunnelportal sowie das Betriebsgebäude, bis er auf der Ostseite des Tunnelportals an ausreichend hoch gelegenes natürliches Gelände anschließt.

Die Breite des geplanten Hochwasserschutzdeiches variiert in Abhängigkeit der vorhandenen Topografie zwischen ca. 20 m und ca. 55 m. Die relative Höhe bezogen auf das umliegende Gelände beträgt wenige Dezimeter bis zu ca. 5 m. Die Deichabdeckung ist als ca. 1,0 m starke mineralische Dichtung geplant.

Auf der Binnenseite des Deiches ist ein Deichverteidigungsweg angeordnet, der im Norden an die Betriebsfläche des Tunnelportals anschließt und im Hochwasserfall die Erreichbarkeit und Verteidigung des Deiches gewährleistet. Auf der Außenseite des Deiches ist zudem ein Außendeichweg zur Treibselräumung vorgesehen.

Bei dem neu zu errichtenden Deich handelt es sich um einen Objektschutz in der Unterhaltungspflicht der Betreiber des Tunnels.

#### **6.4.11 Gewässer, Gräben, sonstige Entwässerungsanlagen**

Mit dieser Unterlage werden alle erforderlichen wasserrechtlichen Genehmigungen, Erlaubnisse und Bewilligungen beantragt. Dies betrifft auch die bauzeitlichen wasserrechtlichen Genehmigungen. Im Folgenden wird auf die im Bereich der geplanten Bauwerke liegenden Gewässer und deren Veränderungen kurz eingegangen. Nähere Erläuterungen zur Entwässerung und den Einleitungen sind der Unterlage 12, der Unterlage 20 sowie der Tabelle 6-11 zu entnehmen.

Im Bereich des Wasser- und Bodenverbands Großenbrode sind die Gewässer Nrn. 1, 5.3, 5.3.1, 5.4 und ein verrohrter Teil des Gewässers 5 von der Baumaßnahme betroffen. Der Mündungsbereich des Gewässers Nr. 1 wird aufgrund des Rückbaus der vorhandenen Bundesstraße B 207 / Europastraße E 47 sowie der Überbauung mit der neuen K 42 und der neuen Bahnstrecke 1100 nicht mehr benötigt und zurückgebaut. Die neuen Verkehrsanlagen der Bahn und Straße weisen separate Entwässerungssysteme vor.

Die Gewässer Nrn. 5.3, 5.3.1, 5.4 sowie der Mündungsbereich des Gewässers Nr. 5 werden von der neu gebauten B 207 sowie dem Hochwasserschutzdeich überbaut. Auf Fehmarn sind die Gewässer Nrn. 7, 7.1.1.1 und 7.9 des Wasser- und Bodenverbands Avendorf von der Maßnahme betroffen. Die Gewässer Nrn. 7 und 7.9 werden aufgrund der Überbauung mit den neuen Verkehrsanlagen weiter nach Osten verlegt und als verrohrte Gewässer bis zum Durchlass Fehmarn geführt.

Die in dieser Planung veränderten Gewässer sind in dem Bauwerksverzeichnis (Unterlage 04.01.001) unter den Nummern 3601 bis 3607 aufgeführt.

Im Zuge der Baumaßnahme erfolgt die Entwässerung im Bauzustand über die Einleitung des Oberflächenwasser festlandseitig in die Gewässer Nr. 1, 5 und 5.1.1 und auf Fehmarn in die Gewässer Nrn. 7 und 7.3. Neben den umliegenden Gewässern wird zur Einleitung des anfallenden Oberflächenwassers ebenso der Sund genutzt. Um in das Gewässer 5 einleiten zu können, wird bauzeitlich das RRB 7 errichtet, welcher Teile des Gewässers überdeckt.

Nach Abschluss der Baumaßnahme wird der Bereich wieder in seiner Ursprungsform hergestellt oder er kann als nachgelagerte, ergänzende Maßnahme zur Sicherung der ökologischen Funktion für das Umfeld fungieren. Alle weiteren bauzeitlich genutzten Gewässer werden nicht verändert. Weitere Erläuterungen zur bauzeitlichen Entwässerung sind dem Fachbeitrag Wasserrahmenrichtlinie (Unterlage 20) zu entnehmen.



Tabelle 6-11: Übersicht wasserrechtliche Antragsgegenstände Endzustand

Lfd. Nr.	Antrags-gegenstand	Bau- / Bahn-km [Streckennummer]	Bezeich- nung der Einleitstelle	Koordinaten der Einleitstelle DBREF	Gewässer [Ordnung]	Menge [l/s]	Bemerkung	Angeschlossene Fläche [ha]
1	Einleitstelle	170,3 (1100)	GB-1	4440298 / 6027661	Nr. 2 (2. Ord- nung)	7	Rückhaltung über RRB 15 aus PFA 5.2	5,3
2	Einleitstelle - Straße	0+042 (B 207 Achse 1)	GS-2	4440398 / 6027663	Nr. 2.1 (2. Ordnung)	5		3,7
3	Einleitstelle - Straße	0+086 (B 207 Achse 1)	GS-3	4440426 / 6027883	Großenbroder Aue	5		0,7
4	Einleitstelle - Straße	0+710 (B 207 Achse 1)	GS-4	4440839 / 6028324	Nr. 5.1.1 (2. Ordnung)	10	Behandlung und Rückhaltung über die RBFA 1	8,3
5	Einleitstelle - Straße	0+920 (B 207 Achse 1)	GS-5	4441245 / 6028266	Nr. 1 (2. Ord- nung)	8	Behandlung über Bankette/Bö- schung/Mulde, Rückhaltung über RRB S-5	6,5
6	Einleitstelle	171,39 (1100)	G-6	4441248 / 6028296	Nr. 1 (2. Ord- nung)	5	Rückhaltung über RRB 2	4,1
7	Einleitstelle - Straße	1+452 (B 207 Achse 1)	GS-7	4441230 / 6028900	Nr. 5 (2. Ord- nung)	7	Behandlung über Bankette/Bö- schung/Mulde, Rückhaltung über RRB S-2	5,5
8	Einleitstelle	172,1 (1100)	G-8	4441321 / 6029039	Nr. 5 (2. Ord- nung)	56	Rückhaltung über RRB 3	23,5
8.1	Durchlass Großenbrode	172,1 (1100)	G-8	s. G-8	-	-	-	-
8.2	Düker Großenbrode	172,1 (1100)	G-8	s. G-8	-	-	-	-
9	Einleitstelle	172,9 (1100)	G-9	4441698 / 6029747	Ostsee- Fehmarnsund	16	Behandlung und Rückhaltung über das RRB 4 sowie die RBFA 3	2,1
10	Einleitstelle	174,4 (1100) / 3+860 (B 207 Achse 1)	F-11	4442481 / 6031020	Ostsee- Fehmarnsund	510	Behandlung und Rückhaltung über das RRB 5 sowie über die RBFA 4	21,18
11	Einleitstelle	175,96 (1100) / 5+474 (B 207 Achse 1)	F-12	4443037 / 6032605	Nr. 7 (2. Ord- nung)	194	Rückhaltung über RRB 6 sowie RRB S-6	163
11.1	Durchlass Fehmarn	175,96 (1100)	F-12	s. F-12	Nr. 7 (2. Ord- nung)	-	-	-
11.2.1	Änderung/ Umverlegung Gewässer 7.9	175,7 - 175,96 (1100)	-	-	-	-	-	-
11.2.2	Änderung/ Umverlegung Gewässer 7	175,96 - 176,29 (1100)	-	-	-	-	-	-
12	Änderung/ Umverlegung Gewässer 7.1.1	174,7-175 (1100)	-	-	-	-	-	-

#### 6.4.12 Düker / Durchlass

Durch den Bau neuer Straßen- und Bahnanlagen werden bestehende Gewässer einschließ-  
 lich verrohrter Gewässer verändert. Zur Gewährleistung der Anlagen- und Oberflächenent-  
 wässerung in betroffenen Bereichen kommen Durchleitungsbauwerke wie Düker und

Durchlässe zum Einsatz. Im Rahmen der Planung der FSQ werden ein Düker / Durchlass in Großenbrode sowie ein Durchlass auf Fehmarn vorgesehen. Die Lage und Funktion dieser wird im Folgenden beschrieben. Die hydraulische Dimensionierung des Dükers ist in Unterlage 12 dokumentiert.

#### **6.4.12.1 Düker / Durchlass Großenbrode**

Ein neuer Düker sowie ein Durchlass ist für die Querung der neuen Verkehrsanlagen für das Gewässer Nr. 5 bei Bau-km 172,10 vorgesehen. Die folgenden Entwässerungsabschnitte sind hier angeschlossen:

- GUB-2
- GUB-3
- GUB-4
- GB-3
- GS-9.

Die einzelnen Entwässerungsabschnitte sind in den Unterlagen der wassertechnischen Berechnungen (s. Unterlage 12) beschrieben.

Das neue Bauwerk unterquert von Osten nach Westen die folgenden Anlagen:

- die Ausbastrecke 1100 (s. Abschnitt 6.3.1.1)
- die Fahrbahn der neuen B 207 (s. Abschnitt 6.3.3.1.1)
- den Hochwasserschutzdeich (s. Abschnitt 6.4.10).

Der Düker und die Durchlässe sind im Bauwerksverzeichnis (Unterlage 04.01.001) aufgeführt.

Aufgrund der niedrigen Bestandsgeländehöhen und dem Neubau der oberirdisch liegenden Verkehrsanlagen sowie des Hochwasserschutzdeiches wird der Düker / Durchlass Großenbrode vorzugsweise in einer offenen Bauweise errichtet. Für Wartungszwecke kann das Auslassbauwerk über den Außendeichweg des Hochwasserschutzdeichs erreicht werden. Zusätzliche Ausrüstungen wie z. B. Rückstauklappe und Absperrschieber sind ebenfalls vorgesehen. Im Bereich des Hochwasserschutzdeichs ist der Durchlass in einem Schutzrohr zu verlegen. Weitere Details sind dem Bauwerksplan (Unterlage 07.04.001) zu entnehmen.

#### **6.4.12.2 Durchlass Fehmarn**

Der vorhandene Durchlass des Gewässers Nr. 7 unterhalb der Bundesstraße B 207 / Europastraße E 47 (Bau-km 175,95) wird durch einen neuen Durchlass unmittelbar nördlich bei Bau-km 176,3 ersetzt. Von Osten nach Westen werden der LaV, die Ausbastrecke 1100 sowie die freie Strecke B 207 vom Durchlass Fehmarn unterquert. Im Bereich der freien Strecke B 207 liegt der neue Durchlass bis zu ca. 9 m unterhalb der derzeit vorhandenen Geländeoberkante.

Die folgenden Entwässerungsabschnitte sind an das Querungsbauwerk angeschlossen:

- FB-7
- FUB-8
- FB-8
- FUB-9
- Restfläche Ost

– FS-8.

Die Entwässerungsabschnitte FS-12 und FS-13 sind über die örtlichen Gräben ebenfalls an den Durchlass angeschlossen. Die einzelnen Entwässerungsabschnitte sind in den Unterlagen der wassertechnischen Berechnungen (s. Unterlage 12) beschrieben.

Der Zugang von der westlichen Seite zu dem Durchlass wird über die vorhandene Straße Struckkamp gewährleistet. Östlich ist der Durchlass über den vorhandenen Wirtschaftsweg zu erreichen. Weitere Planungsdetails sind dem Bauwerksplan (s. Unterlage 07.04.002) zu entnehmen.

## **6.5 Streckenausrüstung und Energieversorgung, verkehrstechnische Ausrüstung**

### **6.5.1 Streckenausrüstung und Energieversorgung Bahn**

Für den Betrieb der Ausbaustrecke 1100 im PFA FSQ wird die Strecke elektrifiziert und mit moderner Leit- und Sicherungstechnik, moderner Telekommunikationstechnik und moderner elektrotechnischer Energieversorgung auszurüsten.

#### **6.5.1.1 Telekommunikationsanlagen**

##### **6.5.1.1.1 Allgemein**

In dem Kapitel wird zwischen der übergeordneten Telekommunikationsanlagen (TK-Anlagen) und den Telekommunikationsanlagen für den Absenktunnel unterschieden. Für die übergeordneten Telekommunikationsanlagen sind die festgelegten Planfeststellungsgrenzen zum PFA 5.2 und PFA 6 als Schnittstelle nicht geeignet. Aus diesem Grund werden die für die technische Lösung notwendigen TK-Anlagen auch außerhalb des PFA FSQ beschrieben.

##### **6.5.1.1.2 GSM-R Funkversorgung für den Bahnbetrieb**

Für den sicheren Bahnbetrieb wird entlang der Schienenanbindung sowie im PFA FSQ eine lückenlose GSM-R Funkversorgung neu aufgebaut.

Für die gesamte Strecke 1100 von Lübeck bis Burg auf Fehmarn werden 12 Maststandorte neu errichtet. Ein neu zu bauender GSM-R-Mast wird bahnrechts der Strecke 1100 in Höhe des Bau-km 172,510 errichtet. In unmittelbarer Nähe des Funkmastes wird die Systemtechnik (Basisstation, Übertragungstechnik und DC-Stromversorgung) in Containern und sogenannten Outdoorschränken untergebracht.

Die GSM-R-Antennen zur Streckenversorgung werden am neuen ca. 32 m hohen Mast montiert. Die funktechnisch erforderliche Antennenhöhe wird somit erreicht. Aufgrund der örtlichen Platzverhältnisse und auf Empfehlung des geotechnischen Berichtes wurde für diesen Mast eine Tiefgründung angenommen.

In unmittelbarer Nähe des geplanten Mastes kommt die Systemtechnik in einem Container zur Aufstellung. Die Antennenkabelzuführung vom Mast erfolgt durch einen Kabelkanal bis in die Kabeldurchführung des Containers. Die Fläche um den zu errichtenden Mast und Container wird durch in Rasenkantensteine gefasstes Rechteckpflaster befestigt. An dem Antennenmast werden alle unterschiedlichen Antennenanlagen für den GSM-R-Funk, der verschiedenen Mobilfunkbetreiber als auch die Funkanlagen der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) angebracht.

#### **6.5.1.1.3 Tunnelfunk in Eisenbahntunnel**

Innerhalb des Eisenbahntunnels wird mittels Antennen- sowie Leckagekabeltechnik die funktechnische Versorgung sowohl für den GSM-R-Funk, eine Mobilfunkbetreiber sowie BOS innerhalb der Fahrrohre sichergestellt. Die erforderlichen Anlagentechnik für die unterschiedlichen Funknetzbetreiber sind in Höhe der Schleusen in gemeinschaftlich zu nutzenden Räumen untergebracht. Es werden insgesamt vier Technikräume für die Funknetzbetreiber installiert.

In der oberen Galerie erfolgt ebenfalls eine funktechnische Versorgung für den GSM-R-Funkbetrieb, den Mobilfunk als auch den BOS-Funk.

#### **6.5.1.1.4 Fernmeldekabel**

Für die Sicherstellung der Verbindungen der Sicherungstechnik und der Fernmeldetechnik werden zwei Streckenfernmeldekabel (hier: Lichtwellenleiter (LWL)) zwischen Lübeck und Burg auf Fehmarn verlegt:

- F 6039, 48°
- F 6040, 48°.

Die beiden LWL-Kabel werden trassenredundant in neu zu errichtende Kabeltrassen verlegt. Erforderliche Anlagenkomponenten werden zwecks Übertragung von Daten über das System DBMAS an die beiden Fernmeldekabel angebunden.

#### **6.5.1.1.5 Weitere fernmeldetechnische Anlagen – HOA/FBOA**

Zur Minimierung von Risiken aus dem Bahnbetrieb werden im südlichen wie auch nördlichen Zulaufbereich sogenannte Heißläufer-/Feststellbremsortungsanlagen - kurz HOA/FBOA - errichtet, die schadhaften Wagen noch vor der Einfahrt in den Tunnel orten und die betroffenen Züge auf Bahnhofsgleise in Großenbrode und Burg auf Fehmarn leiten. Die südliche HOA/FBOA befindet sich im PFA 5.1, eine nördliche in dem dänischen Planfeststellungsabschnitt auf deutschem Hoheitsgebiet in der Höhe von Puttgarden.

Es gilt im weiteren Planungsverlauf zu validieren, inwiefern diese für das Vorhaben FSQ genutzt werden kann. Andernfalls ist eine eigene HOA/FBOA für das Vorhaben des PFA FSQ inselständig vorzusehen. Die planrechtlichen Würdigungen dieser aus einem Betonschalthaus (BSH) und der Sensorik im Gleisbett bestehenden Anlagen erfolgen in den jeweiligen Planfeststellungsabschnitten.

#### **6.5.1.2 Leit- und Sicherungstechnik**

Die Leit- und Sicherungstechnik für den PFA FSQ wird von den elektronischen Stellwerken (ESTW) in Großenbrode und in Burg auf Fehmarn gesteuert. Die beiden ESTW sind über die jeweiligen PFA planfestgestellt. Der Zusatz „A“ besagt, dass es sich um einen ausgelagerten Rechner handelt.

Das ESTW-A in Großenbrode im PFA 5.2 besitzt einen Umfang von Bau-km 157,000 bis Bau-km 171,500.

Das ESTW-A in Burg-West im PFA 6 besitzt einen Umfang von Bau-km 171,500 bis Bau-km 184,310. Im betroffenen Planfeststellungsabschnitt wird künftig das europäische Zugbeeinflussungssystem ETCS (European Train Control System) zum Einsatz kommen. Im

betroffenen Streckenabschnitt wird ETCS-Level 2 oS (ohne Lichtsignale) zum Einsatz kommen.

Am Fahrweg sind beim ETCS-Level 2 oS nur noch die ETCS-Halt-Tafeln (Ne14) und Blockkennzeichen erforderlich, die im Bereich des PFA FSQ an Betonpfählen, Oberleitungsmasten oder an der Betonwandung des Trogbauwerkes montiert werden. Die Balisen sind bodenlagernd auf den Betonschwellen befestigt.

### **6.5.1.3 Elektrotechnische Anlagen**

Für den Eisenbahnbetrieb der aufgerüsteten Schieneninfrastruktur zwischen dem Bau-km 170,422 - Bau-km 176,733 sind elektrische Energieanlagen erforderlich. Die Versorgung mit elektrischer Energie erfolgt über neu zu verlegenden Starkstromanlagen des örtlichen Energieversorgers Schleswig-Holstein-Netz an Trafoübergabestationen. In den Trafoübergabestationen werden die gelieferten Stromfrequenzen auf die entsprechenden 50-Hz-Frequenz transformiert, um die verschiedenen elektrischen Verbraucher der DB InfraGO AG mitzuversorgen.

Nachfolgend erfolgt die Beschreibung der in der Örtlichkeit sichtbaren Anlagenteile. Zu diesen Anlagenteilen gehören insbesondere Betonschalthäuser, in denen unterschiedliche elektrotechnische Anlagen untergebracht sind.

#### **Trafostation Bau-km 171,533**

Bahnrechts der Ausbaustrecke 1100 wird ein BSH auf einer Grundfläche von ca. 6 m<sup>2</sup> mit entsprechender Technik errichtet. Das BSH hat zwei voneinander getrennte Räume. In dem Raum DB Energie erfolgt die Transformation der vom örtlichen Energieversorger gelieferten Energie und die Übergabe der Energie an die Unterverteilungsanlage der DB InfraGO AG, die sich in dem zweiten abgetrennten Raumteil des BSH befindet. Die Trafostation versorgt die nahe gelegene Pumpenanlage mit elektrischem Strom. Die in dem Bahnkörper gesammelten Niederschlagswässer sind zu heben und in einer Druckrohrleitung dem RRB 2 zuzuführen.

#### **Trafostation Bau-km 172,136**

In gleicher Art und Weise wie bei der Trafostation in Bau-km 171,533 wird das ebenfalls bahnrechts errichtete BSH ausgestattet, um die in dem Trogbauwerk gesammelten Niederschlagswässer mittels Pumpenanlage dem RRB 3 zuzuführen. Es hat ebenfalls eine Grundfläche von ca. 6 m<sup>2</sup>.

#### **Trafostation Bau-km 172,620 - Übergabestation 01 der DB Energie SS 2/2**

Zur Energieversorgung des Tunnelbauwerks wird in Höhe des Festlandportals eine Transformatorstation der DB Energie errichtet. Das BSH in Bau-km 172,620 hat eine Grundfläche von ca. 35 m<sup>2</sup>. Im BSH ist eine Mittelspannungsschaltanlage untergebracht. Aus der Üst. 01 DB Energie SS 2/2 Station Festland“ wird die komplette Energieversorgung des Absenktunnels Fehmarnsund (Bahn) bezogen.

Das Energieversorgungskonzept der elektrischen Energieanlagen im Absenktunnel Fehmarnsund (Bahn) ist gekennzeichnet durch eine energetische Trennung im mittleren Tunnelbereich. Die elektrischen Energieanlagen der südlichen Tunnelhälfte werden folglich über MS/NS-Transformatoren aus der Üst. 01 DB Energie SS 2/2 Station Festland versorgt. Analog werden die elektrischen Energieanlagen der nördlichen Tunnelhälfte über weitere

MS/NS-Transformator aus der Tst. 02 DB Energie SS 1/1 Station Insel gespeist. Es kommen jeweils zwei redundante Transformatoren im Parallelbetrieb zum Einsatz.

### **Trafostation Bau-km 172,622**

Von der Übergangsstation 01 erfolgt die Energieversorgung für die Anlagen der DB InfraGO AG mittels MS/NS-Transformatoren und Niederspannungshauptverteilung in einem BSH mit einer Grundfläche von ca. 30 m<sup>2</sup>. Mittels Kabel erfolgt von hieraus die Stromversorgung der Technikräume und Anlagen in der südlichen Tunnelhälfte sowie für einige weiteren elektrischen Anlagen in der Nähe der Tunnelportale.

### **Trafostation Bau-km 174,810 / Transformatorenstation 02 der DB Energie SS 1/1**

Die Anlage dient zur redundanten Energieversorgung des Tunnelbauwerks. Das BSH in Bau-km 174,810 hat eine Grundfläche von ca. 25 m<sup>2</sup>. In dem BSH ist eine Mittelspannungsschaltanlage untergebracht.

### **Trafostation Bau-km 174,815**

Von der Transformatorenstation 02 erfolgt die Energieversorgung für die Anlagen der DB InfraGO mittels MS/NS-Transformatoren und Niederspannungshauptverteilung in einem BSH mit einer Grundfläche von ca. 30 m<sup>2</sup>. Mittels Kabel erfolgt von hieraus die Stromversorgung der Technikräume und Anlagen in der nördlichen Tunnelhälfte sowie für einige weiteren elektrischen Anlagen in der Nähe des Tunnelportale.

### **Trafostation Bau-km 175,690**

Bahnrechts der neuen Bahnstrecke 1100 wird ein BSH mit entsprechender Technik für die Stromversorgung der beiden Hebeanlagen der RRB 6 und 7 sowie für die elektrische Weichenheizungsanlage der beiden Weichen in Höhe Struckamp errichtet. Die Grundfläche des BSH beträgt ca. 10 m<sup>2</sup>. Das BSH hat zwei voneinander getrennte Räume.

Im Raum DB Energie erfolgt die Transformation des örtlichen Energieversorger gelieferten Energie und die Übergabe der Energie an die Unterverteilungsanlage der DB InfraGO, die sich in dem zweiten abgetrennten Raumteil des BSH befindet.

### **Kabelführung (50 Hz)**

Die Kabel aus den BSH der DB InfraGO AG werden sowohl in Betonkabeltrögen im Bahnkörperbereich als auch in unterirdisch verlegten Rohrtrassen verlegt. In dem Trogbereich Süd und Nord sind sogenannte Kabeltrassen installiert, in den die Kabel eingelegt werden und mit begehbaren Betonplatten abgedeckt. Im Tunnelbereich erfolgt die Verlegung in Kabelleerrohrtrassen im Bankettbereich. Aus den Kabelleerrohrtrassen erfolgt die Anbindung der 50-Hz-Technikräume im Tunnelbereich.

Alle 50-Hz-Komponenten im Tunnel werden dann aus den Technikräumen versorgt. Bei sämtlicher Kabelführung ist eine ordnungsgemäße Brandschottung vorzunehmen. Die Kabel sind grundsätzlich halogenfrei auszuführen.



### **Leistungsbilanz (50 Hz)**

Die unterschiedlichen elektrischen Verbraucher im Tunnelbereich erfordern eine im Süden zu installierende Leistung von ca. 450 kW. Im Norden beläuft sich die zur Verfügung zu stellende Leistung auf ca. 400 kW. Die Dimensionierung der Transformatoren wurde auf 630 kVA bestimmt. Für die Pumpenanlagen RRB 2 und 3 im Süden außerhalb des Tunnels wurden jeweils 400 kVA-Transformatoren vorgesehen. Für die EWA und Pumpenanlagen RRB 6 und RRB 7 auf der Insel im Norden ist ein 630 kVA-Transformator vorgesehen.

### **Tunnelsicherheitsbeleuchtung (TSB) (50 Hz)**

Im Tunnel ist eine Sicherheitsbeleuchtung zu installieren. Die Tunnelsicherheitsbeleuchtung ist als Einzelleuchten-System vorzusehen. Die TSB im Tunnel ist für eine ausreichende Ausleuchtung ( $\geq 1 \text{ lx}$ ) des Rettungsweges auszulegen.

### **Elektranten (50 Hz)**

Im Tunnel sind gemäß EBA-Ril-Tunnel [19] Elektranten zu installieren.

### **Beleuchtung in der oberen Galerie**

Es erfolgt eine Ausrüstung mit einer Beleuchtungsanlage.

## **6.5.1.4 Oberleitung/Bahnstrom**

### **6.5.1.4.1 Allgemein**

Die gesamte Gleisanlage der Ausbaustrecke PFA FSQ wird elektrifiziert. Wesentlicher Bestandteil der Elektrifizierung ist die Oberleitungsanlage, deren Aufgabe die Versorgung der Fahrzeuge mit elektrischer Energie sowohl zum Zwecke der Traktion als auch zum Betrieb der borbereiteten wagentechnischen Einrichtungen ist.

Für die Errichtung der Oberleitungsanlage gelten die anerkannten Regeln der Technik, insbesondere DIN EN 50119, DIN EN 50122-1, DIN EN 50367 sowie Richtlinie 997. Weiterhin sind die Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität des Teilsystems „Energie“ (EU-Verordnung 1301/2014) zu beachten.

Folgende technischen Parameter werden bei der Planung zugrunde gelegt und sind zu beachten:

- die Streckengleise und durchgehenden Hauptgleise werden mit der Oberleitungsbauart Re200 bespannt
- Regelfahrdrahthöhe 5,50 m über SO, Regelsystemhöhe 1,80 m
- Temperaturbereich 100 K
- Windzone 4 nach DIN EN 1991-1-4/NA
- maximale horizontale Auslenkung 550 mm (Stromabnehmerlänge 1950 mm)
- Nennspannung und Frequenz 15 kV / 16,7 Hz.

Für die Gründung der Oberleitungsmaste (OL-Maste) im Bahnkörperbereich ist das Standardgründungsverfahren mit Betonfundamenten auf Rammpfählen vorgesehen.

In dem Bereich der Trogbauwerke werden die OL-Maste in dem Ingenieurbauwerk fundamentiert, im Absenktunnel erfolgt die Montage der Abspann- und Tragvorrichtungen an der Decke des Tunnelbauwerks.

#### **6.5.1.4.2 Straßenüberführungen (SÜ)**

An sämtlichen SÜ sind Absenkungen nach Ril 997 und aktuellem Ebs-Zeichnungswerk vorzusehen. Eine Mindestfahrdrachthöhe von 5,00 m wird hierbei nicht unterschritten und die SÜ sind entsprechend Erdungskonzept und gültigen Vorschriften mit Schlagschienen, innerer Erdung, Berührungsschutz und Erdungsanschlüssen auszurüsten.

#### **6.5.1.4.3 Vogelschutz**

Der Vogelschutz wird gemäß aktuell gültigem Regelwerk der Ril 997 und gültigen Vorschriften mit einem Mastüberstand von mind. 60 cm realisiert. Weiterhin kommen Isolatoren mit einer Länge von ca. 60 cm aus Gründen des Vogelschutzes zum Einsatz. Schaltertraversen werden ebenfalls mit Vogelabwehr ausgerüstet.

#### **6.5.1.4.4 Erdung**

Die Gleis- und Schienenverbinder werden nach den Maßgaben der Ril 997.0202 nachgerüstet. Bahnerdungsleitungen werden nach Ril 997.0205 ausgeführt.

#### **6.5.1.4.5 Einhaltung der Vorgaben aus der 26. BImSchV**

Mit der fachtechnischen Stellungnahme zur Umsetzung der 26. BImSchV – Dokument 16-51222-I.T-IVP24(5)-BE-1905-V1.0 vom 27.11.2018 – sind EMF-relevante Immissionsorte identifiziert worden mit der Empfehlung, an den maßgeblichen Minimierungsorten die Maßnahme „Rückleitungsseil“ umzusetzen. Somit werden im Planungsumgriff des PFA FSQ Rückleitungsseile vorgesehen.

### **6.5.2 Verkehrstechnische Ausstattung (Technische Ausrüstung) Straße**

#### **6.5.2.1 Sicherheitseinrichtungen**

##### **6.5.2.1.1 Bauliche Anlagen**

##### **Notgehwege**

In jeder Tunnelröhre sind beidseitig Notgehwege vorgesehen. In Fahrtrichtung rechts sind in beiden Tunnelröhren der Notgehweg und der schmale Standstreifen als gemeinsame Mischfläche ausgebildet.

##### **Notausgänge, Flucht- und Rettungswege**

Die beiden Tunnelröhren sind mit insgesamt 14 begehbaren Fluchttüren und 2 begehbaren und befahrbaren Fluchttüren miteinander verbunden. Die Fluchttüren sind gegenüberliegend der Notrufrischen positioniert und haben aufgrund der Sicherheitsbewertung für den Regelbetrieb im Richtungsverkehr und den kurzfristigen Gegenverkehr einen Abstand kleiner 140 m untereinander.

## **Betriebswege/Rettungsüberfahrten**

Vor jedem Portal sind Rettungsüberfahrten vorgesehen. Im Tunnel werden zwei Mittelwandtüren als Rettungsüberfahrt ausgebildet. Beide Betriebsgebäude sind über Betriebswege erreichbar. Die Zufahrt zum Betriebsgebäude Süd und Nord ist über einen Betriebsweg möglich. Dieser Betriebsweg beginnt vor dem Trogbauwerk und ermöglicht eine Umfahrung des Betriebsgebäudes mit einer Breite von ca. 3,00 m. Direkt vor den Betriebsgebäuden sind die Zufahrten mind. 5,00 m breit. Die Betriebswege befinden sich auf beiden Seiten des Troges. Die An- und Abfahrten sind somit über getrennte Wege und ohne Begegnungsverkehr möglich.

### **6.5.2.1.2 Kommunikationseinrichtungen**

#### **Notrufeinrichtungen**

Die Notrufsprechstellen werden als VoIP-Sprechstellen ausgeführt und über ein eigenes geschaltetes Notrufnetzwerk in die Tunnelleitzentrale kommunizieren.

Im Trogbereich und in jeder Tunnelröhre werden die Notrufsprechstellen in begehbaren Notrufkabinen untergebracht. Jeweils ca. 30 m vor dem Portal befinden sich in der West- und Öströhre die ersten Notrufstationen. Der Abstand der Notrufkabine im Tunnel liegt untereinander bei kleiner 140 m. Die Notrufkabinen im Tunnel sind gegenüberliegend der Fluchttüren in der Mittelwand positioniert.

Neben den Notrufkabinen im Tunnel, Trog sowie an den Fluchttüren befinden sich barrierefrei zugängliche Großflächen-Ruftaster, die als gelbe, taktile Druckknopftaster in einer Höhe von ca. 0,85 m über dem Notweg ausgebildet werden. Bei begehbaren Fluchttüren sind die Großflächen-Ruftaster mittig zwischen beiden Fluchttüren angeordnet. Bei den zwei befahrbaren Fluchttüren sind die Großflächenruftaster seitlich neben der Fluchttoranlage vorgesehen, da die Fluchttür Teil des größeren Gesamttores ist und der GRT dort nicht platziert werden kann. Dieser Taster ermöglicht es insbesondere mobilitätseingeschränkten Personen, eine Meldung zur ständig besetzten Stelle abzusetzen.

#### **Videoüberwachung**

Die Videotechnik wird im Tunnel- und Portalbereich sowie den Vorfeldern / Außenbereichen, in und um die Betriebsgebäude aufgebaut. Darüber erfolgt die Videoüberwachung bzgl. des Verkehrsraums sowie der Betriebsflächen um die Betriebsgebäude.

#### **Tunnelfunk Tetra BOS und Betriebsfunk**

Der Tunnelfunk stellt die Infrastruktur für die Funkdienste in den Straßentunnelröhren (Ost- und Weströhre), den Portalbereichen (Nord- und Südportale) und den Betriebsgebäuden (Insel und Festland) zur Verfügung.

Hierzu wird eine separate Anlage für den BOS-Tetrafunk errichtet.

#### **Verkehrsfunk/Radio**

Es wird nur mit DAB+ für den Radioempfang geplant. Für den DAB+-Radiofunk wird eine getrennte Einspeisung je Tunnelröhre vorgesehen (DAB-Break-In).

UKW-Empfang wird nicht mehr vorgesehen.

## **Mobilfunk**

Für Mobilfunkanbieter sind im Tunnel in der Oströhre vier Mobilfunkkabinen zur Unterbringung von Technikkomponenten entsprechend der vorliegenden Anforderungen der Mobilfunkanbieter berücksichtigt.

## **Lautsprechanlage (ELA-Anlage)**

Im Straßentunnel soll eine Lautsprechanlage zur Übermittlung frei gesprochener oder auch fest gespeicherter Durchsagen installiert werden. Die Lautsprecher im Tunnel werden sowohl im Sammelruf als auch einzeln oder gruppenweise getrennt nach Tunnelröhren betrieben. Die Auswahl der Tunnelbereiche bzw. der Lautsprechergruppen können über die ELA-Bedienteile oder über die grafischen Oberflächen der Leittechnik erfolgen. Bedienstellen werden in den Betriebsgebäuden Nord (Insel) und Süd (Festland) auf dem Bedienarbeitsplatz im Warteraum und bei der Tunnelleitzentrale eingerichtet.

### **6.5.2.1.3 Orientierungsbeleuchtung, Fluchtwegkennzeichnung, Leitbeleuchtung**

Die Fluchtwegkennzeichnung und die Orientierungsbeleuchtung werden im Straßentunnel vorgesehen. Die Ausführung erfolgt als kombinierte LED-Leuchten und sind an den in Fahrtrichtung links befindlichen Seitenwänden in jeder Tunnelröhre im Abstand von  $\leq 25$  m vorgesehen. Die Fluchtwegkennzeichnungen werden im Dauerbetrieb betrieben. Die Orientierungsbeleuchtung wird im Ereignisfall eingeschaltet.

Über den Fluchttüren befinden sich die Fluchttürkennzeichenleuchten mit weißen Blitzleuchten. Die Fluchttürkennzeichenleuchten sind im Dauerbetrieb geschaltet. Zur Hervorhebung der Fluchttüren werden umlaufend Leuchtbänder mit grünen Lichtstreifen (Fluchttürumrandungsbeleuchtung) an den Fluchttüren gesetzt.

Über den Notrufkabinen werden ebenfalls Fluchttürkennzeichenleuchten ohne weißen Blitzleuchten montiert, deren Richtungspfeil in Richtung der Fluchttüren zeigt. Mittig über jeder Notrufstationen im Tunnel wird ein hinterleuchtetes Notruhinweisschild mit gelber Rundumleuchte mit beidseitigem Piktogramm installiert.

Im Inneren der Notrufkabine befindet sich neben der Notrufsprechstelle noch eine Beleuchtung (ständig leuchtende LED-Leuchte). Zur Kennzeichnung der Fluchtwege innerhalb der beiden Betriebsgebäude sind ebenfalls Rettungszeichenleuchten vorgesehen. Die Leuchten werden von der USV-Anlage im jeweiligen Betriebsgebäude versorgt.

### **6.5.2.1.4 Markierung und Leiteinrichtungen**

Zur Verbesserung der visuellen Führung in den Straßentunnelröhren sind beidseitig auf den Notgehwegen im Abstand von  $\leq 25$  m jeweils mittig zwischen der kombinierten Fluchtweg- und Orientierungsbeleuchtung selbstleuchtende Markierungselemente mit zwei getrennt schaltbaren Leuchtelementen vorgesehen. Die Leiteinrichtung wird mittels LED-Bordsteinreflektoren mit induktiver Energie- und Informationsübertragung ausgeführt. Im Kappenbeton der Notgehwege sind dazu Schlitze für die Systemkabel sowie Vertiefungen für die kontaktlosen Übertragungsspulen vorgesehen. Die Markierungselemente werden über den Übertragungsspulen auf die geschlossenen Schlitze geklebt.

#### **6.5.2.1.5 Brandmeldeeinrichtungen**

##### **Manuelle Brandmeldeeinrichtungen**

Im Straßentunnel werden neben den Notrufkabinen sowie in den Betriebsgebäuden an geforderten Stellen manuelle Brandmeldeeinrichtungen (Druckknopfmelder) in Ring-Bus-Technik vorgesehen.

##### **Automatische Brandmeldeeinrichtungen**

Die Betriebsräume der beiden Betriebsgebäuden, die begehbaren Notrufkabinen, Lüfterkabinen sowie BOS-Kabinen in den Straßentunnelröhren werden Multisensormelder in Ring-Bus-Technik überwacht. Zusätzlich erfolgt eine Überwachung des Verkehrsraums im Tunnel über ein Linienbrandmeldekabel gemäß RE-ING.

#### **6.5.2.1.6 Brandbekämpfungseinrichtungen**

##### **Handfeuerlöscher**

Im Straßentunnel werden bei jeder Notrufstation zwei Handfeuerlöscher angeordnet. Die Handfeuerlöscher werden in die Notrufstation so integriert, dass sie direkt aus dem Verkehrsraum zugänglich sind.

##### **Löschwasserversorgung**

Zur Löschwasserversorgung werden im Straßentunnel und an den Portalen im Abstand von maximal 150 m genormte Löschwasserentnahmestellen (Hydranten) eingerichtet. Die zugehörige Löschwasserleitung wird als Nassleitung ausgeführt und als Ringleitung angelegt.

#### **6.5.2.2 Beleuchtungsanlagen**

Die Beleuchtungsanlage im Straßentunnel ist als symmetrische LED-Beleuchtung für die Durchfahrtsbeleuchtung und als LED-Gegenstrahlbeleuchtung für die Adaptationsstrecken geplant.

#### **6.5.2.3 Lüftung**

Für den Straßentunnel ist eine mechanische Längslüftung für den Regel- und den Brandfall mittels Strahlventilatoren im Fahrraum vorgesehen.

#### **6.5.2.4 Verkehrstechnische Einrichtungen**

Der Tunnel wird für den Richtungsverkehr sowie den temporären Gegenverkehr ausgestattet. Die Ausstattung erstreckt sich jeweils über den nächsten Netzknoten (AS B 207 / K 42 Großenbrode und AS B 207 / L 217 Avendorf) hinaus, um die Information und ggf. Ausleitung des Verkehrs im Sperrfall zu gewährleisten. Die Ausstattung für den Gegenverkehr beschränkt sich dabei auf den Bereich zwischen den Mittelstreifenüberfahrten.

Der Tunnel wird mit Dauerlichtzeichen (DLZ) für die Fahrstreifensignalisierung (Überkopf) sowie mit seitlich angeordneten, querschnittsbezogenen Wechselverkehrszeichen (WVZ) für die Anzeige von Warn- und Gebotszeichen ausgerüstet.

Sperrschranken werden vor den Rettungsüberfahrten an den Portalen vorgesehen. Für die Einrichtung und Absicherung des Gegenverkehrsbetriebs ist ein weiterer Schrankenstandort im Vorlauf der Mittstreifenüberfahrt zugeordnet. Zur Ansteuerung der verkehrstechnischen Außenanlagen werden Streckenstationen (SST) eingesetzt.

#### **6.5.2.5 Zentrale Anlagen**

Im Bereich der offenen Bauweise an beiden Portalen ist jeweils ein Betriebsgebäude geplant.

Die Mittel- und Niederspannungsschaltanlage, die Transformatoren, Blindleistungskompensationsanlage, Ersatzstromversorgungsanlage (USV-Anlage), IT-Netzwerkanbindungen, Steuerung der Leitebene, äußere Blitzschutzmaßnahmen neben den erforderlichen Erdungs- und Potentialausgleichsmaßnahmen, Raumluftechnische Komponente, Telefonanlage und Einbruchmeldeanlage werden in den Betriebsgebäuden Nord (Insel) und Süd (Festland) geplant.

#### **Leit-, Automatisierungstechnik und Überwachung**

Für die Steuerung der Betriebs- und Verkehrstechnischen Anlagen wird eine Automatisierte Leitebene in den Betriebsgebäuden aufgebaut. Durch die zwei Betriebsgebäude wird die Redundanz hergestellt. Unterhalb der ALE werden diverse Feldbusebenen errichtet.

Zur Steuerung werden in jedem BG-Bedienplätze für die Betriebs- und Verkehrstechnik, sowie die Videoüberwachung aufgebaut. Zur 24/7-Überwachung wird eine Übergeordnete Leitebene in einer Tunnelleitzentrale aufgebaut.

Der Aufbau der Leit- und Automatisierungstechnik entspricht der RE-ING/EABT 80-100.

#### **6.6 Bahnübergänge**

Im PFA FSQ gibt es keine neu zu errichtenden BÜ.



## 7 Tangierende Planungen

Dieses gesamthafte Kapitel widmet sich der Auflistung von Vorhaben im Planungsumgriff des PFA FSQ, welche in den nachfolgenden Unterkapiteln hinsichtlich der Auswirkungen auf und durch den PFA FSQ erläutert werden. Aufgrund der Überschneidung der Planungsgebiete der PFA 5.2, PFA FSQ sowie PFA 6 resultiert in Teilen eine Überplanung und Nichtrealisierung von Bereichen der PFA 5.2 und PFA 6. Zur besseren Unterscheidung in den Lageplänen (Unterlage 03) gilt folgende Farbcodierung:

**Braun** kennzeichnet Planungen, die wie planfestgestellt umgesetzt werden.

**Flieder** steht für überplante und damit nicht mehr realisierte Abschnitte infolge der FSQ-Planung.

Darüber hinaus werden sämtliche (teilweise) überplanten Bauwerke aus den angrenzenden PFA mit einer entsprechenden Bauwerksnummer im Lageplan kenntlich gemacht. Der besseren Verständlichkeit halber wurden die Bauwerksnummern der tangierenden Abschnitte im Bauwerksverzeichnis übernommen und durch entsprechende Präfixe

52.	=	PFA 5.2
6.	=	PFA 6
207.	=	B207

des jeweiligen PFA ergänzt.

Eine Abweichung zu der genannten Farbcodierung stellen die Unterlagen 14 und 35 dar, da diese vor Abstimmung zur Farbwahl bereits erstellt und gezeichnet wurden. Der technische Inhalt wird dadurch nicht beeinflusst und stellt den aktuellen Stand der Planung dar.

Im Zusammenhang mit den dieses Bauvorhaben betreffenden tangierenden Planungen sind im Wesentlichen folgende Maßnahmen zu benennen:

- PFA 6, inklusive Brückenbereich
- PFA 5.2
- Ausbau der Bundesstraße B 207

Mit der Planung des PFA FSQ werden die PFA 5.2 und PFA 6 wie folgt geändert.

### 7.1 Planfeststellungsabschnitt 6

Im PFA 6 wird der PFA FSQ durch eine parallele Planung berührt. Zu den wesentlichen Elementen des PFA 6 gehören:

- Ausbau der Eisenbahnstrecke 1100 in dem Abschnitt von der südlichen Rampe der Fehmarnsundbrücke bis zu dem geplanten Anschluss an die Schienenverbindung auf der Festen Fehmarnbeltquerung
- Neubau des Betriebsbahnhofs Fehmarn (West)
- Rückbau des Bahnhofs Struckamp und des Betriebsbahnhofs Burg (Fehmarn)
- Umbau der Eisenbahnstrecke 1103 und der Eisenbahnstrecke 1104
- Elektrifizierung vorgenannter Eisenbahnstrecken

- vollständige Ausrüstung vorgenannter Eisenbahnstrecken mit Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik.

Der Aus- und der Neubau der Gleisanlagen auf der Eisenbahnstrecke 1100 einschließlich des Betriebsbahnhofes Fehmarn (West), der Eisenbahnstrecke 1103, der Eisenbahnstrecke 1104 und der Abstellanlage an der Eisenbahnstrecke 1103 umfasst die Herstellung beziehungsweise die Erneuerung des Ober- und des Unterbaus einschließlich der Entwässerungsanlagen. Die Trasse der Eisenbahnstrecke 1100 wird in dem Abschnitt von der nördlichen Rampe der Fehmarnsundbrücke bis zu dem Anschluss an die Schienenverbindung auf der Festen Fehmarnbeltquerung südlich von Puttgarden in ihrer bisherigen Lage gebündelt mit der B 207 verlaufen.

Die Trasse der Eisenbahnstrecke 1103 wird annähernd in ihrer bisherigen Lage bis zu dem Anschluss an den Haltepunkt Fehmarn-Burg der AKN Eisenbahn GmbH verlaufen. Die Trasse der Eisenbahnstrecke 1104 wird ebenfalls annähernd in ihrer bisherigen Lage verlaufen. Die Eisenbahnstrecke 1103 und die Eisenbahnstrecke 1104 werden mit dem Betriebsbahnhof Fehmarn (West) an der Eisenbahnstrecke 1100 ein Gleisdreieck bilden. Die Abstellanlage an der Eisenbahnstrecke 1103 wird innerhalb des Gleisdreiecks angeordnet.

Die planfestgestellte Bahnstrecke des PFA 6 wird bis Bau-km 176,733 durch den PFA FSQ überplant. Demnach wird die bahntechnische Anbindung der Fehmarnsundbrücke überplant und nicht realisiert. Die damit verbundenen Bauwerke wie z. B. Betonschalthäuser, Anlagen des Tiefbaus, Regenrückhaltebecken, Entwässerungsanlagen werden entsprechend auch nicht realisiert (siehe auch Bauwerksverzeichnis der Unterlage 4 nebst entsprechendem Planwerk).

Mit dem PFA FSQ wird eine Linienführung der Bahnstrecke zum kombinierten Absenktunnel realisiert.

## **7.2 Planfeststellungsabschnitt 5.2**

Im PFA 5.2 wird der PFA FSQ durch eine parallele Planung berührt. Im Planfeststellungsabschnitt 5.2 verläuft die zweigleisige und elektrifizierte Eisenbahnstrecke ca. 700 m durch die Gemeinde Neukirchen und im Anschluss durch die Gemeinde Großenbrode. Es handelt sich größtenteils um Neubaubereiche, denn die Ortslage Großenbrode wird nördlich umfahren. Im Bereich Mittelhof an der Kreisstraße 42 zwischen Heiligenhafen und Großenbrode entsteht auf Wunsch der beiden Gemeinden ein neuer gemeinsamer Haltepunkt.

Die Anschlussstelle B 207 / K 42 Großenbrode der B 207 wird im Rahmen des Abschnitts 5.2 umgebaut. Die drei Bahnübergänge an der bestehenden Strecke - Feldscheide, Pomosinwerk und Großenbrode - werden zurückgebaut. Zu den wesentlichen Elementen des PFA 5.2 gehören:

- Abschnittsabhängiger zwei- bzw. eingleisiger Aus-/Neubau der Eisenbahnstrecke 1100
- Abschnittsabhängiger Rückbau der eingleisigen Bahnstrecke 1100
- Errichtung des Bbf Großenbrode mit zwei Haupt- und zwei Nebengleisen
- Bau des Hp Großenbrode / Heiligenhafen westlich des Mittelhofes
- Neubau von LSW, RRB der Bahn, und der B 207
- Elektrifizierung vorgenannter Eisenbahnstrecken
- Vollständige Ausrüstung vorgenannter Eisenbahnstrecken mit Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik

- Verschiedene weitere Maßnahmen zur Komplettierung des PFA-Bauvorhabens.

Aufgrund der Überschneidung des planfestgestellten Abschnitts 5.2 mit dem PFA FSQ ergeben sich für einzelne Sachverhalte abweichende Planungsergebnisse, die durch das Vorhaben PFA FSQ überplant werden, sodass die Planung des PFA 5.2 in diesen Bereichen nicht umgesetzt wird. Diese können den Lageplänen der Unterlage 3 und dem Bauwerksverzeichnis der Unterlage 4 detailliert entnommen werden.

Die AS Großenbrode mitsamt dem Neubau eines die Bahnanlagen überspannenden Brückenbauwerks wird überplant und in dieser Form nicht realisiert. Mit dem PFA FSQ wird der Rückbau der bestehenden AS Großenbrode und die Errichtung einer neuen AS Großenbrode durch eine Verlegung nach Norden beabsichtigt. Die neue AS Großenbrode besteht aus zwei Brückenbauwerken, die hintereinander Straße und Schiene überspannen. Drei Kreisverkehre verbinden die B207 mit den umliegenden lokalen Straßen.

Die planfestgestellte Bahnstrecke des PFA 5.2 wird ab Bau-km 170,422 von PFA FSQ überplant. Demnach wird die bahntechnische Anbindung der Fehmarnsundbrücke überplant und nicht realisiert. Die damit verbundenen Bauwerke wie z. B. Lärmschutzwände, Durchlässe, Anlagen des Tiefbaus, Regenrückhaltebecken, Entwässerungsanlagen etc. werden entsprechend auch überplant, siehe auch Bauwerksverzeichnis der Unterlage 4 nebst Planwerk.

Mit dem PFA FSQ wird eine Linienführung der Bahnstrecke zum kombinierten Absenktunnel realisiert.

### 7.3 Bundesstraße B 207

Die B 207 stellt in nördlicher Verlängerung der A 1 die maßgebliche Fernstraßenverbindung im Bereich der Ostküste Schleswig-Holsteins dar. Diese Fernverkehrsverbindung wird zurzeit über eine Fährverbindung Richtung Norden nach Dänemark fortgesetzt.

Im PFA vierstreifigen Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen-Ost und Puttgarden wird das PFA FSQ durch eine parallele Planung berührt. Zu den wesentlichen Elementen des PFA vierstreifigen Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen-Ost und Puttgarden gehören:

- Ausbau der B 207 als zweibahnige Straße mit durch Mittelstreifen getrennte Richtungsfahrbahnen zwischen dem Endpunkt der A 1 bei Heiligenhafen-Ost und Puttgarden einschließlich Anordnung neuer Entwässerungsanlagen. Der Bereich der Fehmarnsundbrücke ist von dem geplanten Ausbau ausgenommen (teilweise überplant durch PFA FSQ).
- Anordnung von Absetz- und Regenrückhaltebecken (RRB 2 durch PFA FSQ überplant)

#### **Festland**

- Unterführung der Kreisstraße K 42
- Überführung des Wirtschaftsweges Mittelhof
- AS Großenbrode mit Anschluss der Kreisstraße K 42 (überplant durch PFA FSQ)
- Neubau von Irritationsschutz- und Lärmschutzwänden sowie Kollisionsschutzeinrichtungen bei Großenbrode (teilweise überplant durch PFA FSQ).

#### **Insel**

- AS Avendorf mit Anschluss der Landesstraße L 217 und der Kreisstraße K 43

- AS Burg mit Anschluss der Landesstraße L 209
- Überführung der Gemeindestraße von Ostermarkelsdorf nach Niendorf
- Überführung der Gemeindestraße von Hinrichsdorf nach Bannesdorf
- AS Puttgarden mit Anschluss der Kreisstraße K 49.

Das Projekt wurde bereits planfestgestellt. Der Planfeststellungsbeschluss und die dazugehörige Planunterlage werden somit als verfestigte Planung berücksichtigt.

#### **7.4 Umverlegung 110-kV-Leitung durch Fehmarn Netz GmbH**

Im erweiterten Planungsumgriff des PFA FSQ wird derzeit die Umverlegung der 110-kV-Leitung realisiert. Die Querung durch den Sund ist bereits fertiggestellt. Die terrestrischen Anschlussbereiche befinden sich derzeit in der Bauausführung. Die Umverlegung wird vor Baustart des PFA FSQ abgeschlossen sein.

#### **7.5 Umverlegung von Versorgungsleitungen der Schleswig-Holstein Netz GmbH**

Im Baufeld des Vorhabens des PFA FSQ sowie in den angrenzenden Bereichen werden Versorgungsleitungen (u. a. Gas, Strom und Datenkabel) durch die Schleswig-Holstein Netz GmbH umverlegt. Die Arbeiten werden vor Baustart des PFA FSQ abgeschlossen sein.

#### **7.6 Fehmarnsundbrücke**

Für den Erhalt und die weitere Nutzung der Fehmarnsundbrücke sind umfassende Instandsetzungsmaßnahmen erforderlich, die zwar außerhalb des Vorhabens des PFA FSQ liegen, jedoch von der DB InfraGO AG durchgeführt werden.

Inzwischen sind sämtliche 80 Tragseile ausgetauscht, derzeit folgen Nacharbeiten und die abschließende Abnahme. Zeitgleich hat die Betonsanierung an sieben Pfeilern begonnen. Zudem wird aktuell die Erneuerung des Korrosionsschutzes für das gesamte Bauwerk geplant.

## 8 Temporär zu errichtende Anlagen

Die nachfolgenden Kapitel beschreiben die bauzeitlich zu errichtenden Anlagen. Hierzu gehören Maßnahmen, welche für die Baudurchführung als Baubehelfe erforderlich sind, wie beispielsweise Baustraßen und Baugruben.

Im vorliegenden Projekt umfassen die temporären Anlagen darüber hinaus auch das Trockendock inklusive Arbeitshafen, welche für die zwischenzeitliche Produktion der Absenktunnelelemente genutzt werden. Diese Anlagen werden anschließend zurückgebaut oder in das finale Bauwerk integriert (vgl. Kapitel 6.4.9).

### 8.1 Baustellenmanagement

Auf Grundlage der geologischen und geographischen Gegebenheiten sind für das Tunnelbauwerk individuelle Anforderungen in einem übergeordneten Bauablauf der Gesamtmaßnahme entwickelt worden. Zusätzlich zu den Parametern der Herstellung und Bauzeit wurden auch örtliche Gegebenheiten (Lage im Bestand, Anordnung der Verkehrswege, Leitungsbau, Bedarf für Bodenlagerflächen, bauzeitliche Verkehrsführungen etc.) berücksichtigt und auf deren Basis eine Baureihenfolge entwickelt.

Das Ziel eines jeden Bauablaufs ist die optimierte Herstellung der Bauwerke und Verkehrsflächen unter terminlichen, wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten bei gleichzeitiger Reduzierung der lokalen Betroffenheiten. Des Weiteren wurde bei der Erstellung der Bauphasen darauf geachtet, etwaige bauzeitliche Verkehrsführungen möglichst getrennt vom Baufeld zu errichten, selten umzubauen und dabei sämtliche Verbindungen zu Anwohnergrundstücken aufrecht zu erhalten. Zur Darstellung des Bauablaufs dienen die Bauphassenskizzen Unterlage 01.01.003.

#### 8.1.1 Baustelleneinrichtungsflächen

Die Festlegung der Baufelder orientiert sich zwingend an der Lage des Bauwerks, während für die Anordnung der Baustelleneinrichtungsflächen die Nähe zu den Baufeldern und die örtlichen Gegebenheiten entscheidend sind, welche hier durch das Vorhandensein von Schutzgebieten für Natur, Landschaft und Wasser limitiert werden. Die Baumaßnahme der FSQ hat zwei landseitige Baufelder, welche sich jeweils am südlichen bzw. nördlichen Ende des Tunnels befinden.

Die Einteilung des Baufelds in Lagerflächen für anfallendes Aushub- und Einbaumaterial, bauzeitliche Hauptbaustraßen und Flächen der Bauausführung sowie sonstige Baustelleneinrichtungsflächen kann den Unterlagen 10.02.001 bis 10.02.003 für die Baufelder Süden (Großenbrode), Sund und Norden (Fehmarn) entnommen werden. Die drei Pläne geben ergänzend zu den Baustelleneinrichtungsplänen der Unterlagen 10.01.001 bis 10.01.012 einen Überblick und erlauben eine vereinfachte Differenzierung der bauzeitlichen Flächennutzung.

Die Unterlagen 10.02.001 bis 10.02.003 entsprechen nicht dem EBA-Leitfaden für Baustelleneinrichtungspläne. Sie nutzen unterschiedliche Farben zur Darstellung verschiedener Nutzungsarten und -zustände. Die Gesamtmaßnahme im Endzustand ist in Rot hinterlegt. Baustraßen und bauzeitlich umverlegte öffentliche Straßen sind in Blau dargestellt. Bauzeitliche Hilfsmaßnahmen wie das Trockendock oder die Baugrube des Tunnels in offener Bauweise Fehmarn werden Schwarz dargestellt. Bräunliche Flächen stellen Lager- und Umschlagsflächen für Aushub- und Einbaumaterialien dar. Weiße Flächen innerhalb des

Baufelds dienen der allgemeinen oder spezifischen Baustelleneinrichtung oder werden ggf. durch die Baumaßnahmen temporär beansprucht. Geschützte Bereiche werden hellgrün dargestellt und befinden sich i.d.R. außerhalb der Baufeldgrenzen.

Die Behandlung der Ein- und Ausbaustoffe richtet sich nach den Vorgaben des BoVEK, vgl. Unterlage 38. Bei der Inanspruchnahme wird besonders darauf geachtet, dass zu schützende Vermeidungsflächen der Umweltbegutachtung wie geschützte Knick- und Heckengehölze außerhalb der Beanspruchung liegen und nicht negativ beeinflusst werden. Dabei werden folgende Grundsätze des Bodenschutzes und der Transportvermeidung berücksichtigt:

Die für die Bodenlagerung vorgesehenen Flächen sind so konzipiert, dass sie eine den anerkannten Regeln der Technik entsprechende Lagerung und Handhabung des Bodenausbaus sicherstellen. Es erfolgt kein Abtrag von Oberboden unterhalb der Bodenlagerstätten (Bodenmieten), und die applizierte Bodenpressung orientiert sich an den Festlegungen des Bodenschutzkonzepts, was in der Unterlage 39 näher spezifiziert ist.

Die Flächen für die Baustelleneinrichtung sind entsprechend der planerischen Vorgaben für den Bauablauf inklusive der zu erwartenden Transport- und Logistikprozesse angelegt. Um Interferenzen zwischen den verschiedenen Bauphasen so minimal wie möglich zu gestalten, erfolgt die Verwendung von Flächen für Ingenieurbauwerke und Verkehrsanlagen grundsätzlich nicht als temporäre Baustelleneinrichtungsflächen. Eine Ausnahme bildet das Trockendock, welches später im Bauverlauf gleichzeitig als Baugrube für den Tunnel im offenen Verfahren sowie als Trogbauwerk fungiert.

### **8.1.2 Baustelleneinrichtung Großenbrode**

In Unterlage 10.02.001 ist die Flächenaufteilung der Baustelleneinrichtung des Baufelds Großenbrode dargestellt.

Das Trockendock im küstennahen Bereich fungiert im Verlauf der Hauptbauphasen als zentrale Einheit für die Errichtung der Absenktunnelelemente, sodass eine effiziente logistische Anbindung der Baustelleneinrichtung an diesen Ort für den lückenlosen Arbeitsfortschritt essenziell ist. Im nordwestlichen Bereich des Trockendocks befindet sich der Arbeitshafen, welcher mittels Transportbands an das temporäre Betonmischwerk südlich des Trockendocks angeschlossen ist, sodass Zuschlagstoffe über diesen Weg angeliefert werden können.

In räumlicher Nähe zu diesem Betonmischwerk werden die Baustellenbüros sowie die Aufenthaltsbereiche, einschließlich der Parkflächen für die Belegschaft und der Hallen zur Fertigung von Bewehrungskörben, positioniert.

Große Teile des Baufelds Großenbrode werden durch Lager- und Umschlagflächen für Aus- und Einbaumaterial beansprucht, siehe Unterlage 10.02.001. Hierzu gehört auch das temporäre Spülfeld, welches dem Antransport von im Sundbereich gewonnenen Sanden zur späteren Wiederverwendung dient, siehe Kapitel 8.6.

Im Osten angrenzend an die vorhandene Trasse der Bundesstraße B 207 ist das Arbeiterdorf für die Beherbergung der am Bauvorhaben der FSQ beteiligten Arbeitskräfte angesiedelt. Die Bereitstellung eines Arbeiterdorfes reduziert den Wohnraumdruck auf die Region, welcher andernfalls entstünde.

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BauA) definiert dabei die Mindeststandards für solche Unterkünfte - einschließlich der Diversität der Unterkunftstypen, einer



minimalen Wohnfläche von 12 bis 15 m<sup>2</sup> pro Person, sanitären Einrichtungen, der Bereitstellung von Gemeinschaftsräumen, sowie einer infrastrukturellen Versorgung mit Elektrizität, Wasser und Heizung.

Weiterhin sind Sicherheitsmaßnahmen sowie eine Raumaufteilung, die Möglichkeiten für sozialen Austausch und Erholung gewähren, zu gewährleisten. Insbesondere sind Brandschutzvorkehrungen zu beachten. Für die Unterbringung von bis zu 600 Arbeitskräften ist zu gewährleisten, dass für jede Arbeitskraft eine Unterkunftseinheit vorgesehen ist.

Die Baustelleneinrichtung befindet sich primär auf aktuell landwirtschaftlich genutzten Flächen. Im Süden stößt das Baufeld an die Ortschaft Orthfeld (Gemeinde Großenbrode).

Das B 207/K 42-Großenbroder-Baufeld des PFA FSQ wird über die Anschlussstelle Großenbrode der B 207 angebunden. Im Zuge der Baumaßnahme erfolgt eine Neugestaltung der Anschlussstelle. Der ein- und ausgehende Baustellenverkehr wird zunächst über die bestehende Anschlussstelle, im späteren Verlauf über die neue Anschlussstelle Großenbrode der B 207 abgewickelt.

Die Baustellenunterkünfte befinden sich südöstlich der B 207. Sie sind somit durch die Bundesstraße vom Baufeld Großenbrode getrennt. Die Regelanbindung der Unterkünfte erfolgt über den vorhandenen Notparkplatz für Lkw der B 207 Richtungsfahrbahn Puttgarden. Darüber hinaus erfolgt eine zusätzliche Anbindung über die Straße „Alte Sundstraße“ nach Großenbrode für Rettungsdienste und Mobilisierung und Demobilisierung der Arbeiterunterkunft.

Die wesentlichen Baustraßen zur bauzeitlichen Erschließung und dem Baubetrieb werden in Kapitel 8.1.5 behandelt. In Unterlage 10.02.001 sind diese dargestellt. Zusätzliche, nachrangige Baustraßen werden innerhalb des Baufelds angelegt, ohne den Oberboden zuvor abzutragen. Der Aufbau erfolgt mittels Trennvlies und aufgebracht Tragschicht. Diese Baustraßen sind beispielsweise zur Aufhaltung der Bodenmieten erforderlich. Eine Festlegung ihrer Lage innerhalb der Baugrenzen erfolgt durch das bauausführende Unternehmen.

Folgende wesentliche Einrichtungen sind auf den Baustelleneinrichtungsflächen Großenbrode vorhanden, dabei ist die Vorhaltungsdauer nicht zwingend über die gesamte Bauzeit erforderlich (vgl. Bauphasen in Kapitel 9.3):

- Tagesunterkünfte, in Form von Containern oder Fertigteilhäusern aus Holz, die den Mitarbeitern Pausen- und Aufenthaltsräume während der Arbeitszeit bieten
- Baustellenbüros in Form von Containern oder Fertigteilhäusern: Verwaltungs- und Organisationszentrum der Baustelle
- Arbeiterdorf, um für Mitarbeiter, die nicht in der Nähe der Baustelle wohnen, eine Unterkunft zu ermöglichen
- Parkplätze für Mitarbeiter und baustellenzugehörige Besucher sowie gesonderte Parkflächen für Baumaschinen
- ein Betonmischwerk mit Zuschlagsstofflager, das eine Belieferung mit Frischbeton sichert und die Lagerung von Zuschlagstoffen ermöglicht
- Arbeitshalle zur geschützten Fertigung von Bewehrungskörben
- Räumlichkeiten für notfallmedizinische Versorgung.

Darüber hinaus müssen für die Belange der Baustelle bauzeitlich Versorgungseinrichtungen bereitgestellt werden, siehe Abschnitt 8.1.5.

### 8.1.3 Baustelleneinrichtung Sund

Im Sundbereich sind für die Herstellung der FSQ bauzeitliche Flächeninanspruchnahmen notwendig. Unterlage 10.02.002 zeigt die Baustelleneinrichtung im Bereich Fehmarnsund.

Der Tunnelgraben inklusive der seitlichen Böschungen hat eine Breite von im Durchschnitt ca. 140 m. Die tatsächliche Breite variiert mit der Aushubtiefe in Bezug auf die bestehende Bathymetrie. Bei einer Länge von 1,8 km im Sund beträgt die direkte Eingriffsfläche ca. 250.000 m<sup>2</sup>. An der Böschungsoberkante des Absenkgrabens schließt eine Sicherheitszone von ca. 60 m Breite an, welche planmäßig nicht beansprucht werden darf. Sie dient dem Schutz der Böschung. Darüber hinaus wird einer Ankerzone ausgewiesen, welche in nordöstlicher Richtung von der bestehenden Fehmarnsundbrücke begrenzt wird.

In bis zu 250 m Entfernung zur Tunnelachse werden Ankerpunkte für den Absenkvorgang der Elemente benötigt. Je Tunnelement werden temporär ca. 6 bis 13 Anker gesetzt, wobei einige Punkte mehrfach verwendet werden können. Als Anker werden voraussichtlich Schleppanker verwendet, welche gezielt positioniert werden und sich dabei in den Meeresgrund eingraben. Hierbei ist zu beachten, dass die beanspruchte Fläche des Meeresgrunds für die Anker nur punktuell und zeitlich begrenzt ist.

Angrenzend an das Trockendock im Baufeld Großenbrode wird ein Arbeitshafen zur Unterstützung der Baustellenlogistik errichtet (vgl. Abschnitt 8.4). Zugleich dient dieser dem Zwischenparken des Schwimmtores bei geöffnetem Trockendock (vgl. Abschnitt 8.3.2)

Nach dem Ausschwimmen der Absenkelemente werden diese an Dalben, welche im Absenkgraben positioniert sind, festgemacht und bis zum Absenken zwischengeparkt (vgl. Abschnitt 8.5).

Während der Arbeiten am Absenkgraben sowie während der elementweisen Absenkvorgänge wird die Schifffahrtsrinne durch Bauschiffe oder Tunnelemente mehrfach kurzzeitig blockiert und muss für die allgemeine Schifffahrt gesperrt werden. Vollsperrungen werden mindestens 6 Wochen vorher angekündigt, sodass eine Bekanntmachung über den elektronischen Wasserstraßen-Informationsservice rechtzeitig erfolgt. Die maximale Sperrdauer je Sperrung soll maximal 48 h betragen.

Im Zuge der Unterwasseraushubarbeiten wird die Schifffahrtsrinne zusätzlich zwischenzeitlich verschwenkt und in der Breite beschränkt (vgl. Bauphasenkonzept in Abschnitt 9.3). Eine Nutzung der Fehmarnsundpassage für die allgemeine Schifffahrt ist dann innerhalb der verschwenkten Schifffahrtsrinne möglich. Dieses Vorgehen ist grundsätzlich mit dem Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Lübeck bzw. der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) zustimmend vorbesprochen. Daraus resultiert das Nautische Verkehrsgutachten (Unterlage 28), welches die bauzeitlichen Sperrkonzepte, Betonung, bauzeitliche Einschränkungen, Sicherung des Arbeitshafens sowie weitere Vorgaben für Arbeitsschiffe detailliert.

#### 8.1.4 Baustelleneinrichtung Fehmarn

In Unterlage 10.02.003 ist die Flächenaufteilung der Baustelleneinrichtung des Baufelds Fehmarn dargestellt.

Die Baustelleneinrichtung auf Fehmarn beinhaltet vorrangig Bodenlager- und -umschlagsflächen, hauptsächlich auf der Westseite der geplanten Trasse. Die Lager- und Umschlagsflächen werden mittels Baustraßen erschlossen. Die Hauptzuwegung des Baufelds erfolgt über die AS Struckamp/ Avendorf der B 207. Die Baustraße folgt ab hier bis ca. auf Höhe der bestehenden EÜ/SÜ Struckamp (ca. Bau-km 175,7) der heutigen B 207, welche während der Bauzeit umverlegt wird. Die wesentlichen Baustraßen zur bauzeitlichen Erschließung und dem Baubetrieb werden in Kapitel 8.1.5 näher behandelt.

Im Baufeld Fehmarn sind weiterhin folgende wesentlichen Anlagen und Einrichtungen vorgesehen:

- Tagesunterkünfte: Container oder vorgefertigte Holzhäuser, die als Pausenräume dienen
- Baustellenbüros: Verwaltungs- und Organisationszentrum des Baufelds
- Parkplätze: Für Mitarbeiter, baustellenzugehörige Besucher und separate Bereiche für Baumaschinen
- Lagerstätten: Für Baustoffe und Ausrüstung, die nicht sofort eingesetzt werden
- Baustelleneinrichtung für Schlitzwandarbeiten inkl. Separationsanlage: Spezialbereich für entsprechende Tätigkeiten

Die bauzeitliche Umfahrung der B 207 im Baufeld Fehmarn befindet sich östlich des heutigen Bestands. Ihre Lage deckt sich in weiten Teilen mit der späteren Trasse des lokalen, langsamen Verkehrs. Der Bedarf an bauzeitlichen Versorgungseinrichtungen für das Baufeld Fehmarn ist in Abschnitt 8.1.5 beschrieben.

#### 8.1.5 Baustellenversorgung

Nachfolgen werden die für die Versorgung der Baustelle notwendigen Ressourcen aufgeführt und erläutert.

##### **Stromversorgung**

Für die Versorgung der Baustelle mit elektrischer Energie wird das kommunale Stromnetz genutzt. Eine Vorabstimmung mit dem Stromnetzbetreiber ist bereits erfolgt.

Für die Baustelleneinrichtung Großenbrode soll eine Bereitstellung an zwei Übergabepunkten erfolgen: einem für das Arbeiterdorf und einem für das Betonmischwerk/ dem Trockendock. Ab den Übergabepunkten erfolgt die Unterverteilung innerhalb des Baufelds durch den Auftragnehmer.

Auch für die Baustelleneinrichtung Fehmarn sind zwei Übergabepunkte vorgesehen. Diese befinden sich im Bereich des künftigen Betriebsgebäudes Fehmarn und ca. bei Bau-km 175,6 östlich des künftigen Bahntrogs. Auch hier wird die Unterverteilung innerhalb des Baufelds durch den Auftragnehmer erfolgen.

Die erforderliche Anschlussleistung der Baustelle Großenbrode liegt bei ca. 1.150 kW, die der Baustelle Fehmarn bei ca. 800 kW. Grundlage hierfür ist eine vorläufige Baustelleneinrichtungsplanung. Die erforderliche Anschlussleistung wird im Laufe der Ausführungsplanung verifiziert.

Für beide Standorte ist eine 10-kV-Stromversorgung zur Deckung des Strombedarfs geeignet, welche vor Beginn der Hauptbaumaßnahme installiert werden muss. Da eine genaue Bemessung des zu erwartenden Stromverbrauchs im Rahmen der Entwurfs- und Genehmigungsplanung nicht möglich ist, ist bis auf Weiteres 1,0 MWh für Fehmarn und 1,6 MWh für Großenbrode zu ermöglichen.

### **Wasserversorgung**

Der Wasserbedarf wird durch die Anzahl der Beschäftigten, Produktionswasser und besonders die Betonherstellung definiert. Basierend auf empirischen Daten, wird der Wasserbedarf auf ca. 5 m<sup>3</sup>/h für die Baustelle Fehmarn und ca. 20 m<sup>3</sup>/h für die Baustelle Großenbrode geschätzt.

Zur Pufferung der Spitzenlast während hoher Betonproduktion wird ein ca. 300 m<sup>3</sup> Pufferbecken in der Nähe des Betonwerks im Baufeld Großenbrode installiert. Die Wasserversorgung erfolgt über das vorhandene Versorgungsnetz, welches zu Beginn der Arbeiten mittels bauzeitlicher Leitungen in die Baufelder geführt wird.

### **Brauch- und Abwasserentsorgung**

Da die BE-Fläche abseits des kommunalen Abwassernetzes liegt, sind für die Entsorgung von Abwässern aus Sanitäranlagen vor dem Hintergrund der langen Bauzeit und der hohen Anzahl an Arbeitskräften separate Maßnahmen durch die ausführenden Unternehmen erforderlich. Die Möglichkeiten reichen von Abwassertanks, die von Entsorgungsunternehmen regelmäßig zu leeren sind, über den Neuanschluss an das kommunale Abwassernetz bis zum Aufbau einer eigenen temporären Kläranlage.

Schmutz- und Prozesswasser, welches durch den Betrieb des Betonmischwerks entsteht, wird aufgefangen, zwischengespeichert und, falls es die Grenzwerte überschreitet, zur ordnungsgemäßen Entsorgung abgefahren.

### **Kraftstoff**

Da für die Herstellung der neuen FSQ eine Vielzahl an Baufahrzeugen für den Betrieb der Baustelle eingesetzt wird, bietet sich für eine ausreichende Versorgung dieser auch eine bauzeitliche Tankstelle im Bereich der BE-Fläche an. Wenn eine Tankstelle im Baufeld hergerichtet werden muss, ist ausreichender Umweltschutz zu gewährleisten. Dieser beinhaltet, dass Tanks, welche im Bereich von Wasserschutzzonen aufgestellt werden, doppelwandig ausgeführt werden. Zusätzlich muss die Aufstellfläche, sowie der Tankbereich aus einem festen undurchlässigen Oberbau hergestellt werden.

Großgeräte werden an ihrem Einsatzort aufgetankt. Hierbei werden mobile Tankfahrzeuge und Auffangwannen zur Aufnahme von Tropf- oder Überlaufmengen verwendet.

## **Telekommunikationseinrichtungen**

Für die Büros der Bauleitung ist ein Breitbandanschluss mit Anschlüssen für die Telekommunikation einzurichten. Die Wahl der Bandbreite und Lokalisation des Masts, liegt im Ermessen der ausführenden Unternehmen.

### **8.1.6 Zufahrten zu Baustellen**

#### **Baustellenanbindung Seite Großenbrode**

Die Erschließung der Baustelle wird über den Königsweg, welcher im späteren Baufeld verläuft, erfolgen. Dieser wird über die Anschlussstelle B 207 / K 42 Großenbrode der B 207 erreicht. Um einen reibungslosen Bauablauf zu ermöglichen, wird der Königsweg für den lokalen Verkehr gesperrt und als Baustraße genutzt. Über diesen können die geplanten Baustelleneinrichtungsflächen erreicht werden.

Weiter wird im Bereich der Trasse der neuen B 207 eine Baustraße zur Sicherstellung der Erreichbarkeit und Versorgung der Baustelle hergestellt.

Nach der Fertigstellung der neuen Anschlussstelle B 207 / K 42 Großenbrode kann über den westlichen Kreisverkehr eine neue Zufahrt zum Baufeld hergestellt werden, welche die vorherige Anbindung über die alte AS B 207 / K 42 Großenbrode ersetzt.

Neben den Anbindungen zum Baufeld wird das Arbeiterdorf als ergänzende Zuwegung über die Alte Sundstraße mit dem öffentlichen Straßennetz verbunden. Um eine Vermischung der Verkehre zu vermeiden, wird die Durchfahrt auf der Alten Sundstraße beschränkt werden.

Die Eingänge zur Baustelle und zu den Baustellenunterkünften werden beschränkt und der ein- und ausfahrende Verkehr überwacht. Zusätzlich werden an den Hauptzufahrten zur Baustelle Wachkabinen für das diensthabende Wachpersonal errichtet. Das Baufeld wird großräumig mit Sicherheitszäunen vor unbefugtem Zutritt gesichert.

Die Errichtung des Baufelds Großenbrode für das Vorhaben umfasst eine multimodale Erschließung, welche neben den Baustraßen zusätzlich einen dedizierten Arbeitshafen am nordwestlichen Ende des Trockendocks am Fehmarnsund vorsieht. Der Zweck des Arbeitshafens ist primär die unterstützende Versorgung der Baustelle mit Materialien und trägt damit zu einer Entlastung des öffentlichen Straßenverkehrsnetzes bei.

Das über den Arbeitshafen angelieferte Schüttgut wird mithilfe eines Förderbands, das entlang der westlichen Seite des Trockendocks verläuft, zum Betonwerk transportiert. Der so produzierte Frischbeton wird anschließend für die weiterführenden Bauprozesse innerhalb des Baufelds Großenbrode und zum Baufeld Fehmarn mittels Lkw befördert. Diese logistische Konzeption trägt zu einer Optimierung des Materialflusses bei und unterstützt damit ein ressourcenschonendes Bauvorhaben.

#### **Baustellenanbindung Fehmarn**

Das Baufeld für die neue Fehmarnsundquerung befindet sich westlich der bestehenden Fehmarnsundbrücke und des damit verbundenen Dammes, auf dem sowohl die B 207 als auch die vorhandene Bestandsstrecke 1100 verlaufen. Südlich des Baufeldes erstreckt sich der Fehmarnsund, während im Norden die Gemeinde Strukkamp angrenzt.

Im Sinne einer Vermeidung von Interferenzen zwischen dem Baustellenverkehr und dem lokalen Verkehrsaufkommen und der Minimierung von Belastungen für die Anwohner in Strukkamp, ist vorgesehen, eine Anbindung zur Baustelle auf dem bestehenden Damm zunächst als einstreifige Baustraße von der Anschlussstelle B207/ L217 Strukkamp/Avendorf herzurichten. Für diesen Zweck wird die B 207 bauzeitlich zweistreifig mit verjüngtem Straßenquerschnitt auf der östlichen Seite der Bestandsstraße geführt. Diese Maßnahme bildet den Auftakt für den Beginn der Baustelleneinrichtung und -erschließung.

Sobald die Verkehrsumleitung auf die neu geschaffene Umfahrungsstraße der B 207 abgeschlossen ist, wird die Baustraße in der Bestandstrasse der Bundesstraße 207 zu einer zweistreifigen Straße erweitert. Aufgrund der geplanten Rückbauarbeiten des Bestandsdamms im Zuge der Projektdurchführung, ist eine mehrfache Verlagerung der Baustraße, alternierend nach Westen und Osten, vorzusehen, um den parallelen Abbau des Damms zu ermöglichen.

Analog zu den Maßnahmen auf dem Baufeld Großenbrode werden die beauftragten Unternehmen mit der Implementierung angemessener Sicherheits- und Kontrollstrukturen an den Zugangspunkten zur Baustelle beauftragt. An den Hauptzufahrten zur Baustelle werden Wachkabinen für das diensthabende Wachpersonal errichtet. Das Baufeld wird großräumig mit Sicherheitszäunen vor unbefugten Zutritt gesichert.

#### **8.1.7 Baustraßen**

Die Erschließung der beiden Baufelder (Großenbrode, Fehmarn) für Baustellentransporte und Zwischenlagerung von Aushubböden auf Bodenlagerflächen innerhalb der Baufelder erfolgt mittels diverser temporärer Baustraßen.

Die geplante Nutzungsintensität der Baustraßen entscheidet über die Konstruktionsmethode. Die für die Erschließung der Baufelder und den Hauptverkehr zur Baustelle vorgesehen Baustraßen weisen die höchste Nutzungsintensität auf. Innerhalb des Baufelds, zum Beispiel im Bereich des Betonmischwerks, ist ebenfalls mit einer hochfrequenten Nutzung zu rechnen. Weitere Straßen innerhalb der Baufelder dienen der Erreichbarkeit der Bodenmieten und werden lediglich gelegentlich genutzt.

Für die Realisierung des Vorhabens kommen drei verschiedene Konstruktionsmethoden zur Anwendung. Diese unterscheiden sich in den verwendeten Materialien und den spezifischen Ausführungstechniken. Eine Kronenbreite von etwa 7,0 m ist vorgesehen, flankiert von jeweils ca. 1,5 m breiten Banketten auf beiden Seiten. Zur Entwässerung sind Drainageleitungen oder Gräben entlang beider Seiten eingeplant. Die Dicke der Tragschicht wird an die lokalen Bodenverhältnisse angepasst und in Abstimmung mit der bodenkundlichen Baubegleitung sowie gemäß den Richtlinien des Bodenschutzkonzepts festgelegt.

Die nachfolgenden Baustraßentypen enthalten Abschätzungen der mittleren Dicke der Tragschichten für die verschiedenen Bauweisen. Die endgültige Entscheidung des Straßenbauschemas und -aufbaus liegt bei den ausführenden Baufirmen und wird nach konstruktiven Erfordernissen gewählt. Sämtliche Baustraßen werden abschließend zurückgebaut oder für ihre Bestimmung in der Betriebsphase umgestaltet.



## Typ A - Asphaltstraßen

Typische Arbeitsstraßen, die während der Bauphase gebaut werden, sind Asphaltstraßen. Sie dienen als Zuwegungen zum Baufeld oder zwischen hoch frequentierten Bereichen der Baustelle, wie der Verbindung ins Trockendock. Während die Zuwegungen als zweistreitige Baustraßen ausgebaut werden, um einen reibungslosen Begegnungsverkehr zur Verbesserung der baustelleninternen Logistik zu gewährleisten, können die Baustraßen zwischen den Baufeldern auch mit geringeren Breiten hergestellt werden.

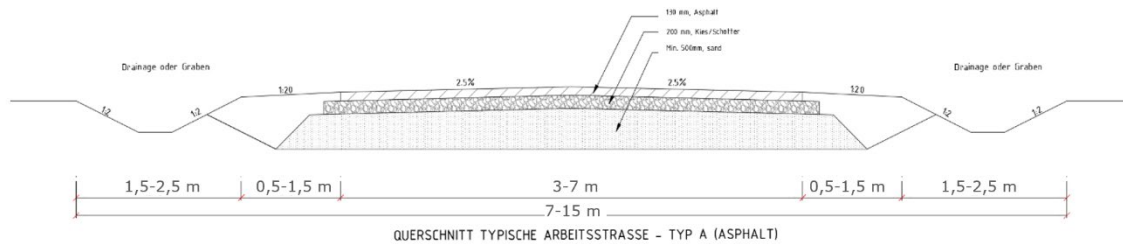


Abbildung 8-1: Querschnitt typische Baustraße Typ A (Asphalt)

## Typ B - Betonstraßen

Betonstraßen stellen eine alternative Ausführung der Baustraßen mit gebundener Deckschicht für hochfrequentierte Baustraßen dar. Die Betonstraßen können in Ortbetonbauweise und/oder mit Betonfertigteilen hergestellt werden.

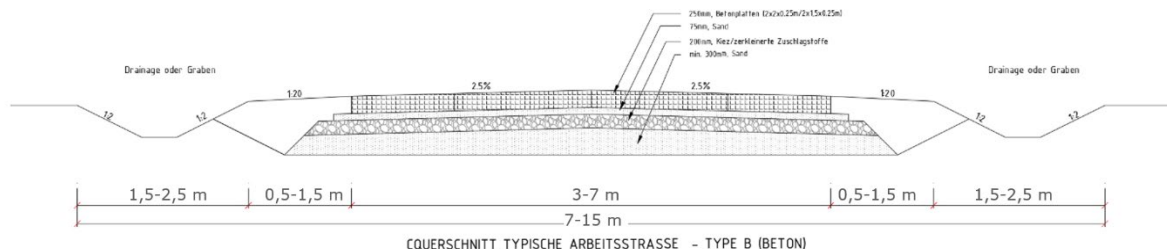


Abbildung 8-2: Querschnitt typische Baustraße Typ B (Beton)

## Typ C – Schotterstraßen

Für die provisorischen Straßen und die Straßen rund um die Bodenlager sind Schotterstraßen vorgesehen. Zur Erhöhung der Stabilität und zur Begrenzung des Wartungsaufwands können zusätzlich Straßenplatten aus Stahl aufgebracht werden. Anders als die Baustraßen mit gebundener Deckschicht werden die Schotterstraßen ohne Abtrag des Oberbodens auf diesem hergestellt. Zwischen dem Oberboden und der Kiesschüttung der Baustraße wird ein Geotextil zur Trennung verlegt. Die Schotterstraßen werden in Bereichen mit geringerer Nutzung hergestellt und daher meist einstreifig mit Banketten für den Begegnungsverkehr hergestellt.

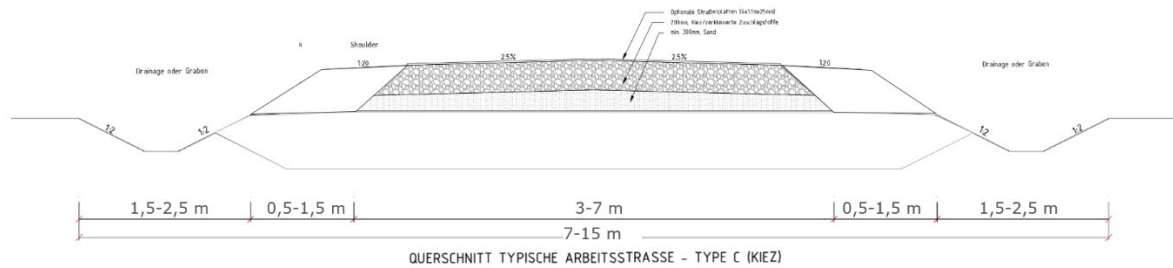


Abbildung 8-3: Querschnitt typische Baustraße Typ C (Kies/mineralisch gebunden)

## 8.2 Bauzeitliche Verkehrsführung

B 207 während der Bauzeit ist die Ausführung von temporären Straßenverkehrsanlagen für Umleitungen notwendig. Die bauzeitlichen Umfahrungen der B 207 werden mit einer Fahrbahnbreite von ca. 8,00 m und jeweils ca. 1,50 m breite Bankette hergestellt. Großenbrode. Zur Aufrechterhaltung aller nähräumigen Erschließungen und des Verkehrs auf, der vor dem Baubeginn der AS Großenbrode auf dem Festland muss zunächst eine bauzeitliche Umfahrung der B 207 errichtet werden, da der östliche Kreisverkehr (KV) auf der Bestandsstraße liegt. Die bauzeitliche Umfahrung erfolgt östlich der Bestandsstrecke, z.T. über den vorhandenen Auffangparkplatz für windgefährdete Fahrzeuge (siehe Unterlage 10.01.003). Der Auffangparkplatz wird für die Bauzeit aufrechterhalten.

Nach Fertigstellung der neuen AS B 207 / K 42 Großenbrode wird eine bauzeitliche Umfahrung der B 207 im Bereich der bestehenden AS B 207 / K 42 Großenbrode eingerichtet (siehe Unterlage 10.01.002). Dies ermöglicht den Rückbau der restlichen AS B 207 / K 42 Großenbrode-alt inkl. Brückenbauwerk und den Lückenschluss der neuen B 207.

### Fehmarn

Die B 207 zwischen bestehender Fehmarnsundbrücke und der AS B 207 / L 217 Avendorf/ Strukkamp muss bauzeitlich verlegt werden, da sie in wesentlichen Abschnitten mit der Baumaßnahme kollidiert. Mit Beginn der Gesamtbaumaßnahme wird daher eine bauzeitliche Umfahrung in Dammlage errichtet, welche nördlich der Bestandsbrücke aus der Bestandsstrecke ausgliedert (siehe Unterlage 10.01.009) und östlich parallel, mit einer Verschwenkung um das Wasserwerk des WBV siehe Unterlage 10.01.010) verläuft. Südlich der AS B 207 / L 217 Avendorf/ Strukkamp wird die bauzeitliche Umfahrung wieder auf die bestehende B 207 verschwenkt (siehe Unterlage 10.01.011).

Die Straße Strukkamp, welche sich westlich des Bestandsdamms auf Fehmarn befindet und heute in ihrem südlichen Abschnitt als Zuwegung zu einem Besucherparkplatz und den Häusern Strukkamp 76 bis 81 sowie dem Rad- und Fußverkehr entlang der Küste dient, durchkreuzt das Baufeld. Sie wird während des Baubetriebs teilweise umgelegt, sodass die Erreichbarkeit der Häuser sichergestellt wird (siehe Unterlage 10.01.009).

Die bauzeitliche Erschließung erfolgt ab der Kurve südlich der Ortschaft Strukkamp in direkter Verlängerung der Bestandsstraße mittels Schotterstraße. Direkt südlich der Ortschaft Strukkamp wird die Straße Strukkamp beidseitig vom Baufeld eingerahmt. Westlich der Straße Strukkamp wird ein Oberbodenzwischenlager errichtet. Während dessen Errichtung und Rückbau muss die öffentliche Straße Strukkamp temporär gequert werden. Diese wird für den jeweiligen Zeitraum gesperrt und nur für Anlieger der Häuser Strukkamp 76 bis 81 nach Absprache geöffnet. Radfahrer und Fußgänger mit dem Ziel Leuchtturm Strukkamphuk,

die während der übrigen Bauzeit passieren können, erreichen ihr Ziel über den Abzweig Strukkamp zum Campingplatz Strukkamphuk.

Vor dem Neubau des Brückenbauwerks 6.3.4 auf Fehmarn muss die neue Fehmarnsundquerung (Tunnelbauwerk samt Trögen) fertiggestellt und für den Verkehr freigegeben werden. Dies ist erforderlich, da die bauzeitliche Umverlegung der B 207 in der Lage des zukünftigen Brückenbauwerks liegt und aufgrund von Umweltauflagen nicht weiter nach Osten verlegt werden kann.

Zunächst wird eine Anbindung des LaV an das untergeordnete Straßennetz auf Fehmarn hergestellt. Dazu wird nördlich der Fehmarnsundbrücke die vorhandene Geh- und Fahrradrampe zur provisorischen Zufahrtsrampe für den LaV mit Ampelregelung auf eine Breite von ca. 4,00 m ausgebaut (siehe Unterlage 10.01.009). Dieser wird fortan über die wiederhergestellte Straße Strukkamp durch den Ort Strukkamp geleitet. Die östliche bauzeitliche Umfahrung der B 207 wird teilweise zurückgebaut und darüber hinaus für den LaV im Endzustand hergestellt.

Nach der Fertigstellung des Brückenbauwerks 6.3.4 und des nördlich anschließenden Kreisverkehrs wird der LaV auf die fertiggestellte K 42 geführt. Die provisorische Zufahrtsrampe wird für den Straßenverkehr gesperrt und bleibt für den Rad- und Fußgängerverkehr erhalten, bis die Fehmarnsundbrücke ertüchtigt und der Fuß- und Radverkehr auf der Ostseite der bestehenden Brücke geführt wird.

Die direkte Verbindung zwischen den Ortschaften Strukkamp und Avendorf wird baubedingt unterbrochen und der Verkehr wird durch die Anschlussstelle (AS) Avendorf im Norden umgeleitet.

### 8.3 Trockendock

Das bauzeitlich zu errichtende Trockendock ist ein wesentliches Objekt der Baumaßnahme. Es befindet sich im Baufeld Großenbrode und dient der Herstellung der 12 Absenktunnelelemente. Nach Fertigung der Tunnелеlemente dient es als Baugrube für die Errichtung des Tunnels in offener Bauweise und der gemeinsamen Tröge. Hierfür wird das Trockendock festlandseitig in der Trasse des zukünftigen Tunnels hergestellt. Das nördliche Ende des Trockendocks befindet sich im Fehmarnsund. Im Endzustand wird die verbleibende Fläche des Trockendocks wiederaufgefüllt und der Tunnel in offener Bauweise abgedeckt. Hier entsteht zudem das Betriebsgebäude Großenbrode. Im Endzustand verbleibende, bauzeitliche Bauteile werden in Abschnitt 6.4.9 behandelt.

Der Erdbau des Trockendocks wird in der Unterlage 07.07.002 dargestellt. Die Konstruktiven Ingenieurbauwerke im Trockendock sowie die bauzeitliche Kaianlage des Arbeitshafens sind in den Bauwerksplänen der Unterlagen 07.07.003 und 07.07.004 enthalten.

Eine dreidimensionale Darstellung des fertig ausgebauten Trockendocks ist in Abbildung 8-4 dargestellt. Das Trockendock umfasst die nachfolgend aufgelisteten Bestandteile, welche einzeln in den folgenden Abschnitten beschrieben werden:

- Arbeitshafen mit Kaianlage (siehe Abschnitt 8.4)
- Fangedämme (Teil des Trockendockverschlusses)
- Tunnelwiderlager im Endzustand bzw. bauzeitlicher Verschlussrahmen für das Trockendocktor (Teil des Trockendockverschlusses)

- Trockendocktor (Schwimmtor)
- Erdbauwerke (Böschungen und Zufahrt)
- Böschungsstabilisierung
- Umlaufende Dichtwand und Spundwand zum Anschluss an den Fangedamm
- Tragschicht (Sohle)
- Drainageleitungen und Pumpensumpf (für Regen- und Sickerwasser und zur Entleerung des Trockendocks)
- Rohrleitungen zur Befüllung des Trockendocks
- Zufahrtsrampe und umlaufende Baustraße
- Trockendockausrüstung (Windenwiderlager, Pumpen, Baustromverteilung, Beleuchtung).

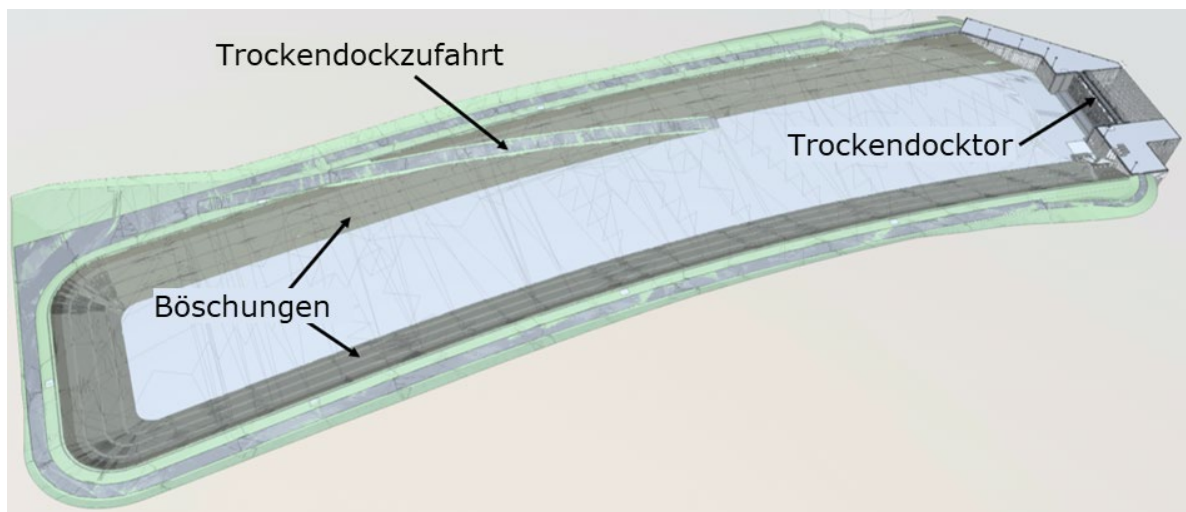


Abbildung 8-4: Trockendock als 3D-Modell mit den verschließenden Bauobjekten rechts

Das Trockendock bietet Platz zur zeitgleichen Herstellung von jeweils drei der rd. 160 m langen Absenktunnelelementen mit einem umlaufenden Arbeitsbereich um jedes Element von mindestens 15 m. Zwischen Element 1 und 2 sowie an der Rückseite von Element 3 ist zusätzlicher Platz für die Entnahme der Tunnelschwalgen nach Abschluss der Betonagen vorgesehen. Die Schalung wird während des Ausschwimmvorgangs entlang der Längsseite und an der südlichen Stirnseite gelagert (siehe grüne Lagerflächen in Abbildung 8-5).

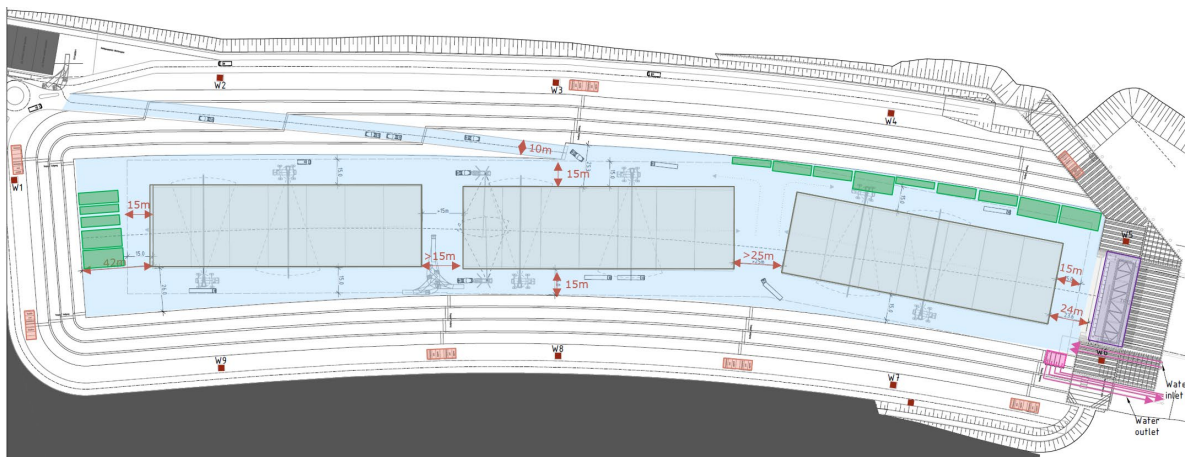


Abbildung 8-5: Trockendock-Layout

### 8.3.1 Erd- und Grundbau

Das Trockendock wird auf ein Niveau von -12,85 mNHN ausgebaggert. Unterlage 07.07.002 stellt den Zwischenzustand während der wesentlichen Erdbauarbeiten dar. Das Trockendock ist noch geflutet und die Spundwände der Fangedämme größtenteils errichtet, das Trockendock jedoch noch nicht verschlossen.

In Unterlage 07.07.003 wird der Ausbauzustand des Trockendocks inklusive der ca. 2,0 m mächtigen Drän- und Gründungsschicht aus Kies mit eingelegter Stahlbetonplatte in den Bereichen der Betonierplätze der Absenktunnelelemente (Arbeitsplanum) dargestellt. Das Trockendock ist durch einen kurzzeitigen Fangedamm verschlossen. Die drei mit 1:2 geneigten, stufenweise geböschten Baugrubenseiten des Trockendocks werden örtlich durch Bodenvernagelung mit vertikal eingestellten Stahlprofilen stabilisiert und mit einer Deckschicht aus Wasserbausteinen an der Oberfläche gegen Erosion geschützt. Umlaufend ist zusätzlich eine Dichtwand vorgesehen, welche einen horizontalen Zufluss von Grundwasser unterbindet. Die vierte, zum Sund gerichtete Seite, wird über Fangedämme und dem Trockendockverschluss von diesem getrennt und ermöglicht das Ausschwimmen der Tunnelelemente aus dem Trockendock.

Nach der Nutzung als Trockendock wird der Raum unter den dort später zu errichtenden Ingenieurbauwerken - Tunnel in offener Bauweise und Tröge - mit tragfähigem Material wieder verfüllt. Hierbei wird grobkörniges Liefermaterial (Kies, Schotter) oder zwischengelagertes rolliges Material (Sand) verwendet, das, lagenweise verdichtet eingebaut, zugleich als Baugrundverbesserung für die betroffenen Ingenieurbauwerke wirkt. Unterlage 07.02.030 zeigt den Tunnel in offener Bauweise mit verfülltem Trockendock.

Die seitliche Anfüllung der Ingenieurbauwerke wie auch die partielle Überdeckung erfolgt mit dem zwischengelagerten Aushubmaterial. Als oberste Schicht wird der Oberboden wieder aufgebracht.

### 8.3.2 Konstruktive Bauwerke und Tiefbau

#### Windenwiderlager

Oberhalb der Böschung des Trockendocks, sowie auf den Fangedämmen, werden insgesamt ca. 9 Winden für das Ausschwimmen und Stabilisieren der Elemente beim Fluten des Trockendocks platziert. Die Winden werden dabei auf Betonsohlen mit Flach- oder Tiefgründungen montiert, um die Elemente an Ort und Stelle zu halten. Die Bemessung der Gründungen wird im Zuge der Ausführungsplanung durch die Bauausführende Firma durchgeführt.

#### Fangedämme

Wasserseitig bilden Fangedammkonstruktionen den Abschluss des Trockendocks gegen die Ostsee. Zusätzlich wird ein Arbeitshafen mit Kaianlage errichtet, welche eine Verlängerung des Fangedamms darstellt. Details hierzu werden im nachfolgenden Abschnitt behandelt. Die bauzeitliche Kaianlage ermöglicht eine seeseitige Anlieferung und Logistik der Baustelle. Abbildung 8-6 zeigt die unterschiedlichen Objekte des Trockendockabschlusses im Übergang zum Fehmarnsund.



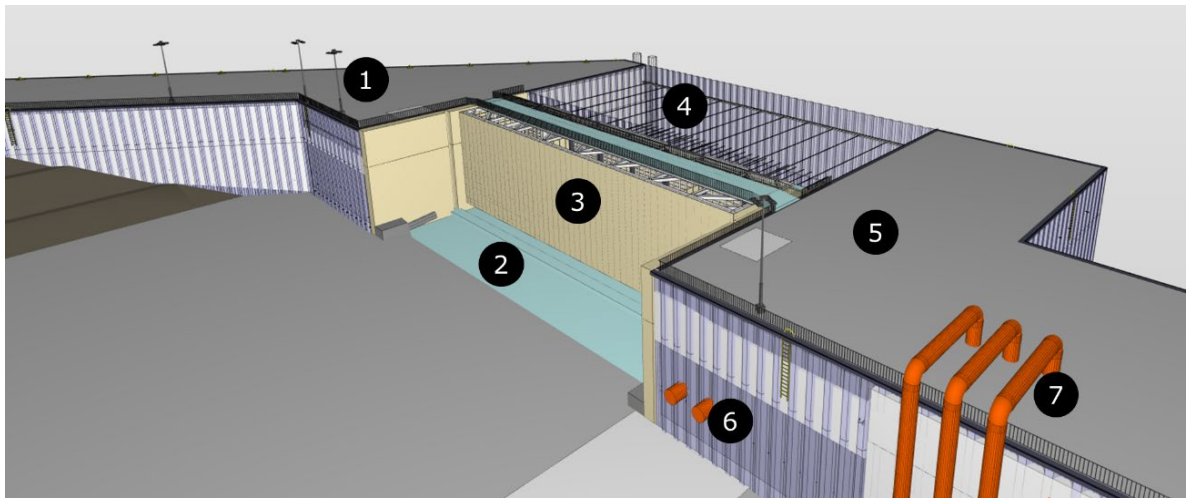


Abbildung 8-6: Trockendockverschluss mit angrenzenden Fangedämmen und Kaianlage, zwischenzeitlicher (temporärer)  
*Fangedamm im mittleren Bereich in semi-transparent dargestellt*

## Hochwasserschutz

Die Ausläufer der seitlichen Fangedämme werden jeweils mit Spundwänden in Richtung Festland fortgeführt. Diese befinden sich innerhalb eines bauzeitlichen Deichkörpers, welcher mit der eingestellten Spundwand und den Fangedämmen das bauzeitliche Hochwasserschutzniveau von ca. +3,5 mNHN sicherstellt. Die bauzeitlichen Deiche begleiten das Trockendock seitlich bis zu einer natürlichen Geländehöhe von mindestens +3,5 mNHN (vgl. Unterlage 07.07.003).

## Trockendocktor

Der mittlere Teil des bauzeitlichen Fangedamms (1, 4, 5) wird, nach Herstellung der Tiefgründung des Trockendockverschluss- und Tunnelwiderlagers (2) im Trockenen, zurückgebaut. Dazu wird das Trockendock mittels zweier Einlässe (6) wieder geflutet, der mittlere Bereich des Fangedamms (4) zurückgebaut und die ersten drei Tunnelelemente ausgeschwommen.

Auf die tiefgegründete Sohlplatte wird anschließend ein schwimmfähiger Verschluss (3), Trockendocktor genannt, abgesenkt. Das festlandseitige Widerlager des Absenktunnels (2) ist zugleich der bauzeitliche Verschlussrahmen des Trockendocktors, welches als Schwimmverschluss zügig ein- und ausgeschwommen werden kann und so den Bauprozess beschleunigt. Die Konstruktion ist im Detail in Abbildung 8-7 dreidimensional dargestellt. Lageplan und Schnitte sind in den Unterlagen 07.07.003 und 07.07.004 enthalten.

Das Schwimmtor, welches aus einer Kombination aus Stahl und Stahlbeton besteht, bildet den ca. 55,00 m breiten Verschluss zwischen den Fangedämmen des Trockendocks. Auf der Stahlkonstruktion ist eine Fahrbahn auf Höhe der Oberkante der Fangedämme vorgesehen. Sie dient der baubetrieblichen Überquerung. Um die Wasserdichtigkeit des Verschlusses zu gewährleisten, befinden sich an den Auflagerpunkten Dichtungen.



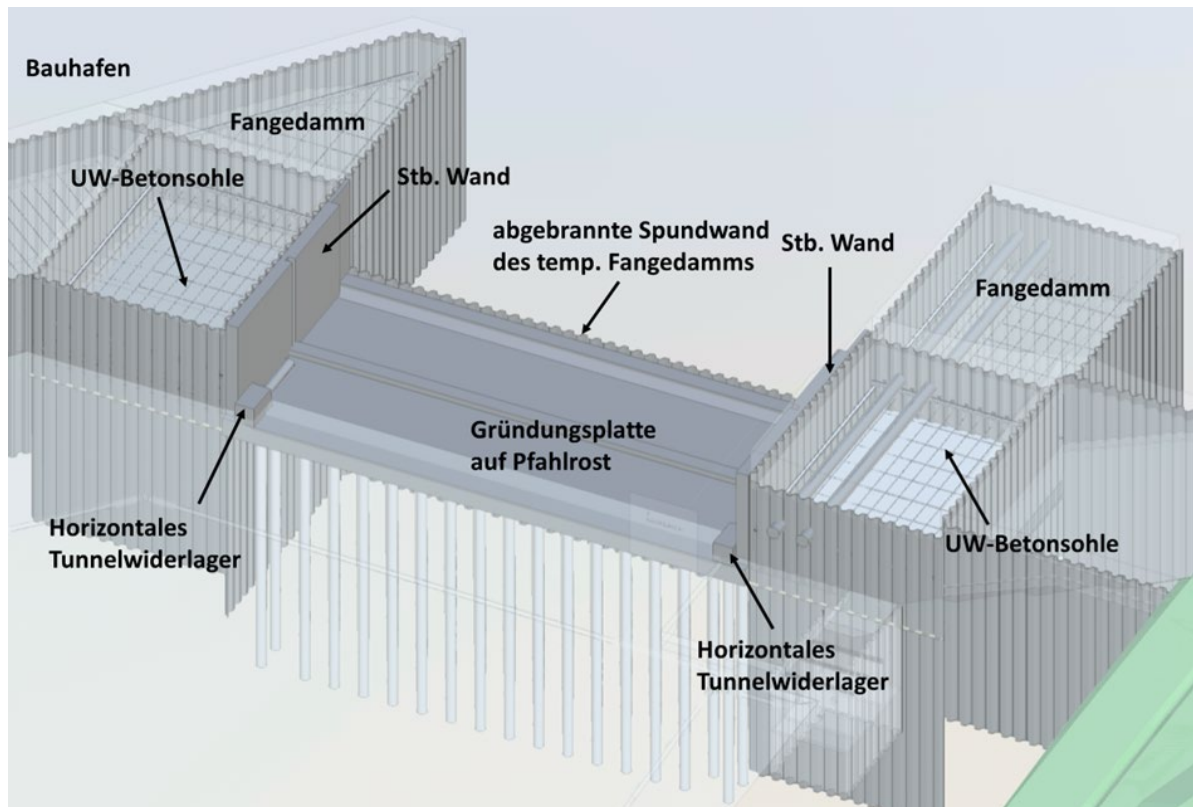


Abbildung 8-7: Trockendockverschluss mit erforderlichen Bestandteilen (ohne Caisson)

In den seitlichen Fangedämmen wird eine Unterwasserbetonsohle mit einer Dicke von 2,0 m auf gleicher Höhe wie die Pfahlgründungsplatte angeordnet, sodass ein Teil der Horizontalkräfte aus dem Caissonator in die Fangedämme weitergeleitet werden können.

### **Tunnel- und Caissonatorwiderlager (U-Rahmen)**

Der sogenannte U-Rahmen ist ein aus tiefgegründeter Bodenplatte und Seitenwänden bestehender U-förmiger Rahmen, der im Eingang zum Trockendock hergestellt wird. Hierbei erfüllt der Rahmen sowohl eine temporäre als auch eine dauerhafte Funktion. In Abbildung 8-7 ist die Sohlplatte als Teil des U-Rahmens des Trockendocktors mit Bohrpfählen dargestellt. Die tiefgegründete Platte steht auf ca. 120 Bohrpfählen. Der U-Rahmen dient dem Schwimmator bauzeitlich als Auflager und seitliche Abdichtung.

Nach Abschluss der Herstellung der Tunnelelemente im Trockendock wird das letzte Element im ehemaligen Trockendocktorbereich abgesenkt und lagert mit einem Ende auf der Bodenplatte des U-Rahmens auf. Horizontale Aussteifungen in Tunnellängsrichtung verbinden das Element mit dem U-Rahmen. Das letzte Tunnelelement dient als Verschluss des Trockendocks bzw. der Baugrube. Seitlich werden Betonfertigteile in Nischen des U-Rahmens und des letzten Tunnelelements eingefädelt. Der Absenktunnel ist damit wasserdicht und kraftschlüssig im U-Rahmen eingebunden.

## 8.4 Arbeitshafen

Der Arbeitshafen besteht aus einer Kaianlage und dem davor befindlichen Hafenbecken. Die bauzeitliche Kaianlage liegt im nordwestlichen Übergang vom Trockendock zum Fehmarnsund und wird für den Umschlag von Baumaterialien genutzt. Die Ausstattung der Kaianlage umfasst eine auf die erwarteten Schiffsgrößen abgestimmte Anordnung der Fender, Poller, Geländer und Beleuchtung. Die bauzeitliche Kaianlage ist in Abbildung 8-8 dreidimensional dargestellt. Lageplan und Ansicht sind in Unterlage 07.07.003 enthalten. Ein Förderband verbindet den Arbeitshafen mit dem Betonmischwerk.

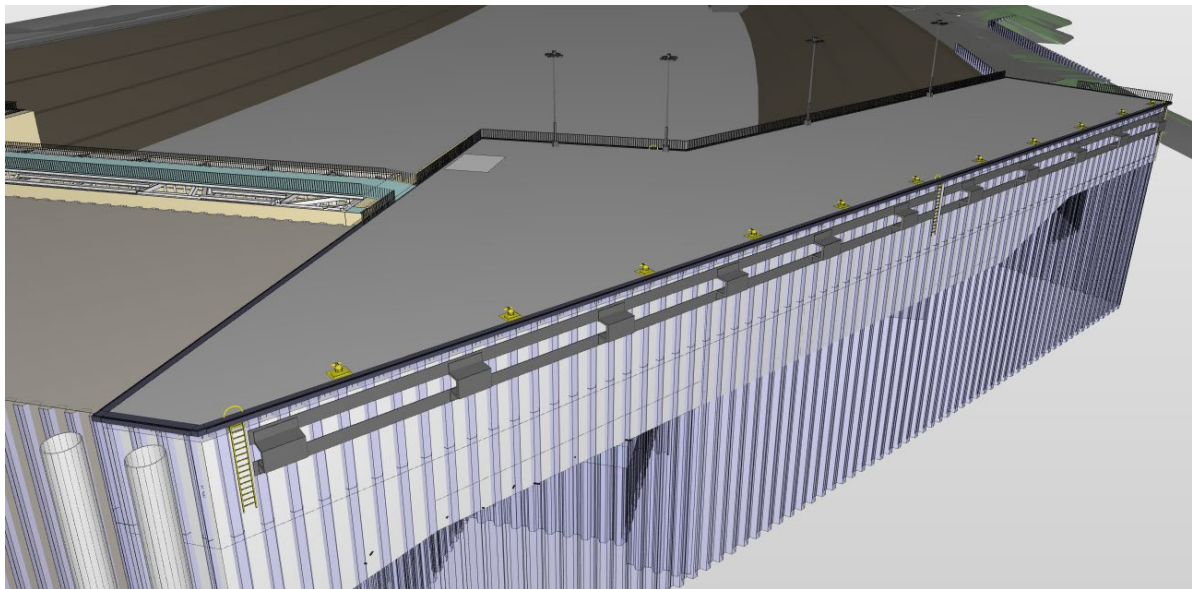


Abbildung 8-8: Ansicht Kaianlage des Arbeitshafens mit Ausrüstung jedoch ohne Förderband und mobile Hebeeinrichtungen  
*Blick Richtung Süden, Spundwände unter GOK semi-transparent dargestellt*

Die Kaianlage ist in Spundwandbauweise geplant. Die Fläche der Kaianlage ist mit einer asphaltbedeckten Tragschicht ausgestattet und längsseitig mit einem Stahlholm eingefasst. Eine ebenso hergestellte Baustraße führt per Anrampung zur Kaianlage.

Auf der Kaianlage werden mobile Baugeräte zur Entladung der Schiffe und Beschickung des Förderbands eingesetzt.

Die Kaianlage dient zugleich dem kurzfristigen Festmachen des Schwimmtors während der Öffnung des Trockendocks. Hierfür ist eine Wassertiefe von ca. -7,60 mNHN im Hafenbecken des Arbeitshafens, im Übergang zum Absenkgraben bis zu -9,00 mNHN, erforderlich.

## 8.5 Dalben als Elementparkplätze im Sund

Im östlichen Böschungsbereich des Absenkgrabens, im Nahbereich zum Baufeld Großenbrode, werden ca. 12 Dalben (Stahlrohre) für das kurzzeitige Zwischenparken und Ausrüsten der ausgeschwommenen Absenkelemente angeordnet (siehe Unterlage 07.07.001). Abbildung 8-9 zeigt schematisch im Querschnitt die Position eines Absenkelements in der Parkposition an Dalben. Die genaue Lage im Querschnitt, die Anzahl und die Einbindetiefe der Dalben richten sich nach statisch-konstruktiver wie auch ausführungstechnischer Erfordernis und Möglichkeit.

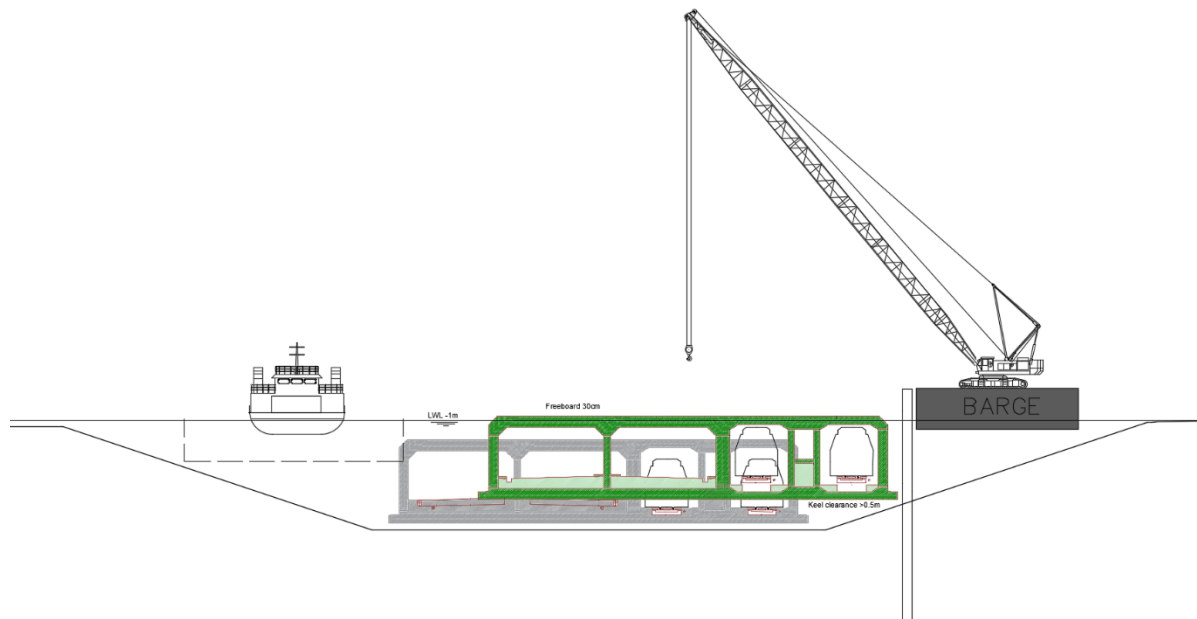


Abbildung 8-9: Bereitstellung eines Absenktunnelelements (grün) innerhalb des Absenktgrabens und Position der Dalben innerhalb des Querschnitts  
*Die finale Position eines Elements im Absenktgraben ist in grau dargestellt.*

Die Dalben werden mittels Vibrationsrammung eingebracht. Sollte die statisch erforderliche Endtiefe aufgrund des Baugrunds mittels Vibrationsrammung nicht erreicht werden, so erfolgt eine Fortführung mittels Impulsrammung.

Die Dalben dienen vorab ihrer Nutzung zum Vertäuen der Absenkelemente auch als Anschlag- und Koppelpunkt für die Spülleitung, welche sandiges Material von Transportschuten auf das Baufeld Großenbrode spült. Die Dalben dienen den Schuten hierbei zum Festmachen.

Nach der Platzierung der ersten 9 Absenkelemente werden die Dalben nicht mehr benötigt. Sie können vor oder nach der Platzierung der letzten drei Absenkelemente entfernt werden. Die Reihenfolge obliegt den ausführenden Unternehmen. Der Rückbau erfolgt abermals mittels Vibrationsbär und Schwimmkran.

## 8.6 Spülfeld

Östlich des Trockendocks im Baufeld Großenbrode wird zwischenzeitlich ein ca. 34.000 m<sup>2</sup> großes Spülfeld eingerichtet. Oberboden wird temporär entfernt und Spülfelddeiche aus Gieschbemergel errichtet, um das Spülfeld zu begrenzen und zu unterteilen. Die Gesamtkapazität der einzelnen Spülfeldabschnitte ermöglicht keine Einmalbefüllung, weshalb sie serienweise befüllt und das entwässerte Material zwischenzeitlich auf Bodenmieten gelagert wird, bevor die nächste Befüllung erfolgt.

Für die Baumaßnahme wie auch angrenzende Planfeststellungsabschnitte wird Sand mittels Nassbaggerverfahren in der Tunneltrasse im Fehmarnsund gewonnen und an Land gespült. Bei dem Aushub handelt es sich um sogenannten Sowieso-Aushub der Baumaßnahme der Fehmarnsundquerung. Insgesamt werden etwa 590.000 m<sup>3</sup> (in-situ Menge; aufgelockert ca. 617.000 m<sup>3</sup>) rolliges Material aufgenommen und zur Wiederverwendung an Land verbracht.

Die Aufspülung erfolgt mit etwa dem dreifachen Spülwasser im Vergleich zum Spülgut. Die Spülrohrleitung wird ca. 300 m bis zur Koppelstelle in den Fehmarnsund geführt. Die Transportschuten verkehren insbesondere innerhalb des Absenkgrabens. Von der Koppelstelle aus erfolgt die Spülung des Materials auf das Spülfeld.

Aufgrund der Sandbeschaffenheit erfolgt eine schnelle Entwässerung und Rückführung des Spülwassers. Die Entwässerung des Spülfelds, inklusive Niederschlags- und Spülwasser, erfolgt durch Auslaufbauteile (Mönch). Das Überschusswasser fließt in ein temporäres Sammelbecken mit einem Speichervolumen von ca. 2.800 m<sup>3</sup> östlich des Trockendocks.

Dieses Becken dient als zusätzliches Sedimentationsbecken zur Reduzierung des Feststoffgehalts im Rückflusswasser. Dieses wird über eine Einleitstelle nordöstlich des Trockendocks im Bereich des Absenkgrabens am nördlichen Dalben der späteren Tunnelementparkposition in den Fehmarnsund geleitet. Während des Spülfeldbetriebs handelt es sich hauptsächlich um salzhaltiges Wasser der Ostsee, gegebenenfalls gemischt mit Niederschlagswasser.

Die Gesamteinleitmenge beträgt über die Betriebszeit des Spülfelds etwa 1,9 Mio. m<sup>3</sup>. Das Spülfeld wird über diesen Zeitraum nicht gleichmäßig genutzt, da der rollige Boden linsen- und schichtenförmig ansteht und somit zeitlich ungleichmäßig abgebaut wird.

Der Regelbetrieb der Spülfelder mit durchschnittlicher Tagesleistung sieht ein abwechselndes Einspülen, Entwässern und Ausbauen des Spülguts der Spülfeldabschnitte vor. Hierbei fallen ca. 22.500 m<sup>3</sup> Rückflusswasser pro Tag an. Die Entwässerung des Spülguts erfolgt nach dessen Absetzvorgang innerhalb der mindestens 4 h Spülpause. Hierbei wird das Spülfeld sukzessive über Dränagen und Auslaufbauwerke in das Speicherbecken und von dort über die Rückflussleitung in den Fehmarnsund entwässert.

Nach Beendigung der Spülfeldnutzung erfolgt eine Nutzung der Flächen als bauzeitliches Bodenlager.

## **8.7 Baugruben**

Für die Herstellung der Fehmarnsundquerung sind Baugruben zwingend und in allen drei Baufeldern erforderlich. Im Folgenden in geografischer Reihenfolge von Süden nach Norden angeordnet:

- Baugruben bzw. Maßnahmen für die Brückenbauwerke der AS B 207 / K 42 Großenbrode
- Baugruben im Baufeld Großenbrode für den Tunnel in offener Bauweise (TOB-G) und die Trogbauwerke (TR-G)
- Absenkgraben für den Absenktunnel als Baugrube unter Wasser
- Baugrube Fehmarn für den Tunnel in offener Bauweise (TOB-F) und die Trogbauwerke (TR-F bzw. TR-FB).

Die genannten landseitigen Baugruben sind teilweise in Ausführungsabschnitte unterteilt. Weiterhin stellt das Trockendock im Baufeld Großenbrode einen Teil der dort erforderlichen Baugruben dar.

### **8.7.1 Baugruben/ Maßnahmen für Brückenbauwerke**

Die Gründungen der Brückenbauwerke werden in geböschten Baugruben hergestellt.

### 8.7.2 Baugrube Größenbrode - Tunnel in offener Bauweise und Trockendock Größenbrode

Die Baugrubenbereiche im Baufeld Größenbrode sind in Abbildung 8-10 dargestellt. Die dort befindlichen Ingenieurbauwerke der Verkehrsanlagen werden nach dem Nutzungsende des Trockendocks errichtet. Das Trockendock dient dabei als Baugrube. Es wird teilweise aufgefüllt und für Errichtung des TOB-G sowie einen Teilbereich des TR-G genutzt. Südlich des Trockendocks schließt sich der Bahntrog an, der in einer Schlitzwandbaugrube verläuft und in eine offene Baugrube bis zur zukünftigen Anschlussstelle B 207 / K 42 Größenbrode übergeht. Unterlage 07.07.005 zeigt die Lage der hier beschriebenen Baugruben.

Unterteilung der Baugrubenabschnitte, Nummerierung gem. Abbildung 8-10:

- (1) Bau-km 171,547 bis km 171,899: geböschte Baugrube
- (2) Bau-km 171,899 bis km 172,263: Schlitzwandbaugrube
- (3) Bau-km 172,263 und km 172,872: Trockendock, keine zusätzliche Baugrube.

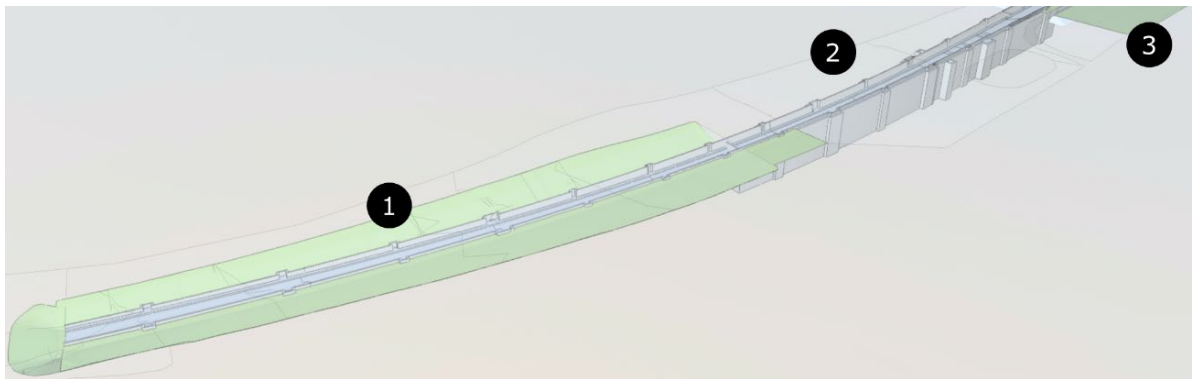


Abbildung 8-10: Baugruben für Bahntrog Größenbrode (TR-G): (1) geböschte Baugrube, (2) Baugrube in Schlitzwandbauweise (TOB-G), (3) Übergang zur Baugrube Trockendock

Die offene, geböschte Baugrube (1) für den südlichen Trogabschnitt weist eine Sohltiefe von ca. 4 m unter GOK bei Bau-km 171,547 bis ca. 8 m unter GOK am Übergang zur verbauten Baugrube (2) auf. Sie befindet sich gemäß Geotechnischem Bericht (Unterlage 41.4.1) in bindigem Baugrund mit sehr geringer Wasserdurchlässigkeit. Die bauzeitliche Wasserhaltung der Baugrube in Bezug auf Niederschlags- und Sickerwasser wird in Abschnitt 9.7 behandelt. Die Baugrubensohle wird durch eine Kiesschicht ertüchtigt, welche zugleich als Dränschicht für die bauzeitliche Wasserhaltung genutzt wird.

Im Bereich der neuen AS B 207 / K 42 Größenbrode besteht eine teilweise Überlappung der Baugrube mit den für die Errichtung der Brückenwiederlager erforderlichen Baugrube, welche ebenfalls in offener Bauweise errichtet wird.

Nach der Fertigstellung der Trogsegmente innerhalb der Baugrube erfolgt eine seitliche Verfüllung der Baugrube bis auf Sollniveau im Endzustand mit zwischengelagertem Aushubmaterial.

Der Baugrubenverbau des Baugrubenabschnitts 2 besteht aus einer ausgesteiften Schlitzwandbaugrube. Die Schlitzwände binden in bindige, gering wasserdurchlässige Schichten ein, sodass der horizontale und vertikale Grundwasserzufluss in Grundwasserleitern unterbunden ist. Die Baugrubensohle ist hydraulisch offen, es erfolgt eine offene Wasserhaltung für Niederschlags- und Sickerwasser. Die Sohltiefe nimmt hier weiterhin in nördlicher



Richtung zu, auf ca. 10 m unter GOK im Übergang zum Baugrubenabschnitt innerhalb des Trockendocks (6).

Die Baugrubenwände werden abschließend Teil des dauerhaften Trogbauwerks. Sie werden mittels Knaggen (Konstruktionselemente zwischen Trog- und Baugrubenwand) an die Tröge angeschlossen. Hierdurch wirken sie mit ihrem Eigengewicht positiv gegen den anstehenden Auftrieb der Tröge und mindern die erforderliche Dicke der Trogsohle in diesem Teilabschnitt.

### **8.7.3 Absenkgraben**

#### **Aushub**

Der Absenkgraben wird für die Errichtung bzw. Platzierung des Absenktunnels bauzeitlich ausgehoben und abschließend wieder verfüllt. Er erstreckt sich von ca. Bau-km 172,872 bis ca. Bau-km 174,681.

Der Absenkgraben wird in Nassbaggerbauweise hergestellt. Südlich des Absenkgrabens schließen Trockendock (vgl. Abschnitt 8.3) und Arbeitshafen (vgl. Abschnitt 8.4) an. Der nördliche Bereich des Absenkgrabens schneidet ca. 340 m in die Insel Fehmarn ein bis zum temporären Baugrubenabschluss der Baugrube TOB-F.

Der Aushub erfolgt mit geeignetem, schwimmendem Gerät. Die genaue Gerätetechnik ergibt sich im Verlauf der Ausführungsplanung und wird so gewählt, dass behördliche Auflagen (z. B. zu Umweltschutz oder durch die WSV) erfüllt werden.

Die relative Aushubtiefe des Absenkgrabens variiert entlang der Tunnelachse entsprechend der heutigen Bathymetrie und der vertikalen Tunnelgradienten zwischen ca. 8,00 m und ca. 16,00 m. Die Böschungsneigung beträgt einheitlich 1 : 3. Die Breite des Grabens inklusive der Böschungen variiert auf der gesamten Länge und beträgt auf Höhe des Meeresbodens zwischen ca. 120 m und ca. 150 m.

Von der Schifffahrtsrinne im Fehmarnsund aus in Richtung Süden erfolgt zunächst ein Voraushub mit einer Sohlbreite von ca. 50 m. Dieser erzeugt einen Zugangskanal für die schwimmenden Einheiten der Nassbaggerarbeiten im Bereich des Trockendocks. Der Zugangskanal gestattet eine Wassertiefe von ca. 7,00 m für die Arbeitsschiffe. Im weiteren Verlauf der Arbeiten erfolgt der verbleibende Aushub des Absenkgrabens auf erforderliche Tiefe und Größe.

Unterlage 07.07.001 zeigt die Lage des Absenkgrabens, einen Längs- wie auch einen ausgewählten Querschnitt. Die Ausdehnung des zwischenzeitlichen Zugangskanals ist hier ebenso ersichtlich.

Der Nassaushub erfordert die temporäre Umverlegung der Schifffahrtsrinne im Fehmarnsund (vgl. hierzu Abschnitt 8.1.3).

#### **Vorbereitung**

Der Absenkgraben wird für den Einbau des Absenktunnels vorbereitet. Das bedeutet, dass vorlaufend zum Einbau der Tunnelelemente der Graben von Sedimenten per Saugrohrleitung gereinigt und die Gründungsschicht per Fallrohr eingebaut und nivelliert wird. Beide Aufgaben werden voraussichtlich mittels so genanntem Multi-Purpose-Ponton und andienenden bzw. aufnehmenden Schuten erfolgen.



## **Verfüllung**

Die positionierten Tunnelelemente werden zunächst seitlich mit einer Sperrschicht (grobkörniges Material mit max. Korngröße 150 mm) lagegesichert (siehe hierzu auch Abschnitt 9.2). Die weitere Verfüllung des Absenkgrabens erfolgt nach der Platzierung und Verbindung sämtlicher Absenktunnelelemente. Dabei wird der Tunnel zunächst seitlich mit Sand bis an die Oberkante angefüllt. Über dem Tunnel werden zwei Filterschichten eingebaut, welche beidseitig über den Tunnelrand mindestens 15 m weitergeführt werden. Zum Schutz des Absenktunnels vor Ankerwurf und möglicher Kolkbildung ist eine Deckschicht aus geeignetem Material mit einer Einbaumächtigkeit von ca. 0,90 m auf der Tunneldecke und einer Breite von beidseitig ca. 15,00 m ab der Tunnelaußenkante vorgesehen.

Darauf folgt eine umweltfachliche Wiederauffüllung (siehe LBP Maßnahme 057\_K).

In Randbereichen des Fehmarnsunds bzw. im Übergang zur Küste (oberhalb ca. -1,80 mNHN) kann auf die Deckschicht verzichtet werden, da auf Grund der geringen Wassertiefen weder mit Ankerwurf noch mit Kolkbildung zu rechnen ist.

Um ein Ausspülen des Auffüllmaterials zu vermeiden und zum Schutz der Anker- und Kolk-schutzschicht wird ein zweistufiger, grobkörniger Filter (1. Filterschicht:  $h = \text{ca. } 0,30 \text{ m}$ , 2. Filterschicht:  $h = \text{ca. } 0,20 \text{ m}$ ) unter der Deckschicht über den gesamten Teilverfüllten Absenk-graben eingebaut.

Zur Sicherheit und Lagestabilität des Tunnels sowie aufgrund einschlägiger Umweltvorschriften wird abschließend der Tunnelgraben bis auf Höhe des Ursprunggeländes, bzw. nördlich der Schifffahrtsrinne auch darüber hinaus, unter wie auch über Wasser aufgefüllt und beid-seitig die Küstenlinie wiederhergestellt. Hierbei wird lagestabiles, rolliges Material eingesetzt. Dieses wird gestuft in drei Klassen mit zunehmender maßgebende Korngröße von außen (küstennah) bis mittig eingebaut. Die Durchführung der Einzelschritte wird in den Abschnitten 9.2 und 9.3 erläutert. Zur Rekultivierung des Steinriffs werden einzelne Steine und Findlinge auf der Auffüllung platziert (siehe LBP Maßnahme 057\_K).

Die Verfüllung des Absenkgrabens ist in den Längs- und Querschnitten der Absenktunnelele-menten dargestellt (siehe Unterlagen 07.02.016 bis 07.02.027 und 07.02.032).

## **Wiederherstellung des Küstenstreifens**

Der heutige Küstenstreifen auf dem Festland und auf Fehmarn zeichnet sich durch einen Sandstrand und einem sich daran anschließenden, weiter landeinwärts liegenden steilen Anstieg aus Geschiebemergel (Abbruchkante) aus. Die Abbruchkante ist im Bereich des Absenkgrabens gering ausgeprägt. Im Baufeld Großenbrode, westlich des Trockendocks außerhalb des Eingriffsbereichs, besteht eine deutliche Ausprägung mit Übergang zum Flach-strandbereich. Dieser Abschnitt wird nicht beeinträchtigt. Darüber hinaus sind an den Küstenstreifen Bewuchs und vereinzelte Findlinge zu finden.

Nach Abschluss des Tunnelabsenkvorganges und nach Wiederherstellung des Ursprungs-geländes unter Wasser wird auch der ursprüngliche Zustand der Küstenstreifen wiederher-gestellt werden. Dazu wird eine grobkörnige, kiesige Deckschicht über dem Tunnelbauwerk in das Landesinnere gezogen und hinter der heutigen Abbruchkante deichförmig bis ca. +1,20 mNHN (MHW) aufgeschüttet (Neigung 1 : 3) (siehe Unterlagen 07.02.015 und 07.02.025). Dies erfolgt um die landseitige Wiederverfüllung des Absenkgrabens bzw. des

Trockendocks mit zwischengelagertem Ausgangsmaterial (Geschiebemergel, Oberboden) bis auf das heutige Geländeniveau zu ermöglichen.

Wasserseitig wird der Strandbereich bis an die Aufschüttung mit dem zwischengelagerten Aushubmaterial des betroffenen Bereichs (Sand/schluffiger Sand) verfüllt und angeglichen. Die Einbringung der sandigen Sedimente im küstennahen Bereich erfolgt zudem in Abstimmung mit der Maßnahme 057\_K und Maßnahme 059\_A zur Kompensation von Verlusten der nach § 30 BNatSchG geschützten Seegraswiesen. Diese sieht vor, im Anschluss an die Wiederverfüllung des Tunnelgrabens im Eingriffsbereich oder angrenzend durch gezielte Initialbepflanzung wieder Seegraswiesen im Umfang von 8,4699 ha zu entwickeln.

Voraussetzung dafür ist eine Bedeckung der zu bepflanzenden Flächen mit mindestens 20 cm Feinsand. Dies kann durch Einbringen von Feinsand oder durch natürliche Sedimentationsprozesse erreicht werden. Ist innerhalb eines Jahres nach Abschluss der Bauarbeiten im Fehmarnsund die erforderliche Mindesthöhe von 20 cm nicht erreicht, muss gemäß Feinsand aktiv eingebracht werden (siehe Unterlage 17.01.001, Maßnahme 057\_K und Maßnahme 059\_A).

#### 8.7.4 Baugrube Fehmarn – Tunnel offener Bauweise, Trogbauwerk Fehmarn, Straßentrog und Bahntrog Fehmarn

Auf Fehmarn sind für die inselseitigen Ingenieurbauwerke Baugruben erforderlich. Dies betrifft:

- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| (4) Küstenlinie bis ca. Bau-km 174,681,<br>landseitiger Absenkgraben:             | geböschte Baugrube, wassergefüllt |
| (5) Bau-km 174,681 bis km 174,858,<br>Tunnel in offener Bauweise Fehmarn (TOB-F): | Schlitzwandbaugrube               |
| (6) Bau-km 174,858 bis km 175,061,<br>Kombinierter Trog Fehmarn (TR-F):           | Schlitzwandbaugrube               |
| (7) Bau-km Str. 4+580 bis 4+863,<br>Straßentrog Fehmarn (TR-FS):                  | Schlitzwandbaugrube               |
| (8) Bau-km 175,061 bis km 175,608,<br>Bahntrog Fehmarn (TR-FB):                   | Schlitzwandbaugrube.              |

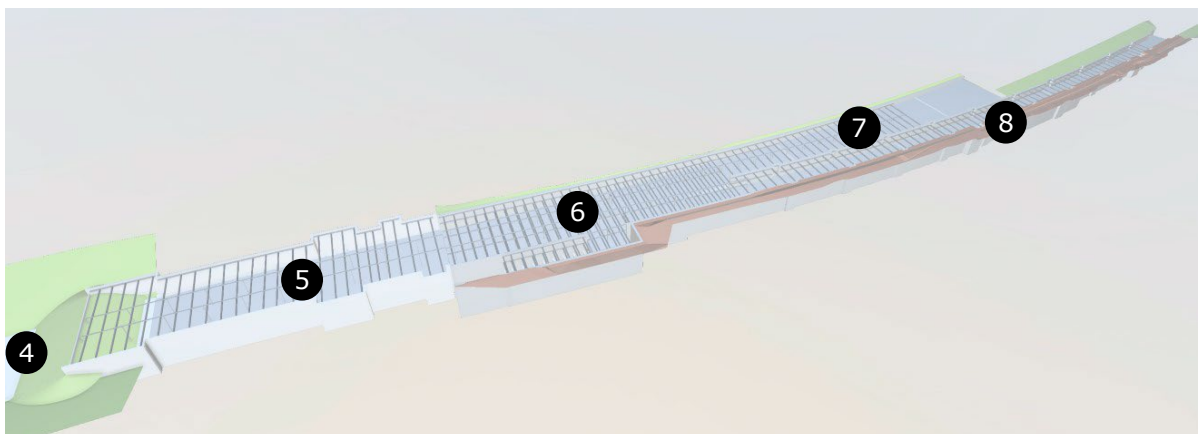


Abbildung 8-11: Baugruben im Baufeld Fehmarn

Die Tunnel- und Trogbaugruben werden in Schlitzwandbauweise ausgeführt. Sie sind hochliegend mittels Steifen und tiefliegend mittels Querwänden (unbewehrte Schlitzwände) ausgesteift.

Die äußeren Schlitzwände der Baugruben TOB-F (5), TR-F (6) und TR-FS (7) bzw. TR-FB (8) bilden durchgängige Baugrubenwände. Diese werden abschnittsweise von Süden nach Norden hergestellt. Nördlich der Baugrube TR-F (6) teilt sich die Baugrube in zwei nebeneinander befindliche Baugruben mit einer Zwischenwand, welche zur Baugrube TR-FB (8) gehört, und dieser folgt. Die Baugrube TR-FS (7) ist kürzer und folgt der Gradienten- und Trasse der B 207.

Die Schlitzwände der Trogbaugruben werden Teil des finalen Trogbauwerks. Sie werden mittels Knaggen (Konstruktionselemente zwischen Trog- und Baugrubenwand) konstruktiv an die Tröge angeschlossen, sodass ihr Gewicht sich positiv gegen den Auftrieb der Trogbauwerke infolge des hohen Grundwasserstands auswirkt.

Die Unterlagen 07.07.006 und 07.07.007 zeigen die Lage der Baugruben und wesentliche Schnitte.

### **TOB-F**

Die Baugrube für den TOB-F (5) führt stirnseitig am Südende in den Absenkgraben (4) und wird dort temporär durch einen Erddeich mit eingestellter Spund- oder Dichtwand wasserdicht verschlossen. Nach Fertigstellung und Verschluss des TOB-F wird der temporäre Erddeich am Ende der Baugrube entfernt. Die Baugrube wird hergestellt, indem sowohl die Schlitzwände als auch die Querwände vom vorausgehobenen und nivellierten Geländeniveau aus errichtet werden. Die Oberkante der Schlitzwände verbleibt im wiederverfüllten Endzustand ca. 1 m unterhalb der neuen Geländeoberkante. Die Tiefe der Schlitzwände liegt bis etwa 20 - 25 m unter dem Gelände.

Die Querwände sind ca. 5 m hoch, erstrecken sich über die gesamte Breite der Baugrube und werden stückweise pro Schlitzwandlamelle angeordnet. Als Nächstes wird der Aushub für den Einbau der obersten Steife vorgenommen und das eingeschlossene Grundwasser aus der Baugrube gepumpt. Der Aushub erfolgt im Trockenen bis zur geplanten Aushubhöhe (einschließlich Platz für das Kiesbett). Diese Tiefe entspricht in der Regel der Oberkante der Querwände.

Auf die Baugrubensohle wird eine Fundaments- und Dränageschicht aus kiesigem Material eingebracht. Die Baugrubensohle ist hydraulisch offen und die Schlitzwände nicht allseitig bis in bindige, gering durchlässige Schichten geführt. Es erfolgt während der Bauzeit ein durchgängiges, langsames Einsickern von Grundwasser, welches durch die Konnektivität mit einer Grundwasserführenden Bodenschicht auf der östlichen Baugrubenseite erfolgt. Eine offene Wasserhaltung für Niederschlags- und Sickerwasser führt das anfallende Wasser ab.

Ein Arbeitsraum von ca. 2,0 m Breite besteht längsseitig zwischen Baugrubenwand und Tunnelbauwerk. Der Zwischenraum wird abschließend mit rolligem Material fachgerecht wiedergefüllt. Um eine dauerhafte hydraulische Verbindung zwischen Fehmarnsund und der technischen Baustoffe der Wiederverfüllung wie auch der Fundaments- und Dränageschichten in den Baugruben zu verhindern, wird im südlichen Viertel der Baugrube ein Tonpfropfen allseitig, das heißt auch unterhalb, um das Tunnelbauwerk eingebaut.

## **TR-F, TR-FB**

Die nördlich anschließende Baugrube der Tröge wird in ähnlicher Bauweise weitergeführt. Hierbei werden abschnittsweise zusätzliche Schlitzwände und Aussteifungen zur Achtung der Troggeometrie (Rettungsplatz, Aufteilung in Straßen- und Bahntrog) und zur temporären Aufteilung in Arbeitslose berücksichtigt.

Ab ca. Bau-km 175,069 teilt sich die Baugrube des kombinierten Trogs in zwei getrennte Baugruben für den Straßen- und den Bahntrog. An dieser Stelle beträgt der horizontale Abstand der beiden Tröge ca. 2,0 m. In der sich aufweitenden Lücke wird eine zusätzliche Schlitzwand entlang der Bahntrogaußenkante hergestellt. Die vertikale Gradienten der beiden Verkehrsträger unterscheidet sich.

Der in nordwestliche Richtung fortgeführte Straßentrog erfordert eine kürzere Baugrube als der Bahntrog. Die Baugrube des Straßentrogs wird in westlicher Richtung mit einer Schlitzwand von Straßen-km 4+585 bis Straßen-km 4+863 ausgeführt. Die westliche Begrenzung der Baugrube wird durch die östliche Schlitzwand der Bahntrogbaugrube sichergestellt. Der Bahntrog wird von Bau-km 175,069 bis ca. Bau-km 175,608 in einer beidseitigen Schlitzwandbaugrube hergestellt.

Sämtliche Schlitzwände sind Teil des Ingenieurbauwerks und werden mit Knaggen (Konstruktionselemente zwischen Trog- und Baugrubenwand) als zusätzlicher Ballast an die Trogbauwerke angehängt.

Die Schlitzwände führen bis in bindige Bodenschichten. Lokal vorhandene wasserführende Sandbänder und -linsen werden unterbrochen. Großräumige Grundwasserleiter sind nicht vorhanden.

Die Baugrubensohle wird hydraulisch offen ausgeführt. Der anstehende Baugrund ist gering wasserdurchlässig. Anfallendes Sicker- und Niederschlagswasser wird über eine offene Wasserhaltung erfasst und abgeleitet.

Nördlich des Bahntroges ist in östlicher Richtung bis ca. Bau-km 175,809 eine mehrfach rückverankerte Stützwand erforderlich (siehe Kapitel 6.4.3), während in westlicher Richtung eine Böschung ausgebildet wird. Diese Böschung befindet sich zwischen den Verkehrsträgern Bahn und Straße. Die Stützwand wird als Schlitzwand ausgeführt. Erdseitig ist während der Bauphase eine Abböschung sowie eine Wasserhaltung zur Reduktion des statischen Wasserdrucks auf die Wand erforderlich. Die Wasserhaltung erfolgt für das anfallende Regen- und Stauwasser mittels Drainageleitungen und Gräben.

## 9 Baudurchführung

Das Bauprojekt setzt sich aus den folgenden Hauptbauwerken und Bauabschnitten zusammen:

- Kombiniertes Absenktunnel inkl. Tunnel in offener Bauweise und Tröge
- Brücken
- Eisenbahnlinie
- Straßen: B 207, K 42 und lokale Straßen
- LSW
- Landschaftsgestaltung mit Küstenarbeiten und Entwässerung
- Bauzeitliche Bauwerke und Baubehelfe.

Die anschließenden Abschnitte erörtern die Hauptelemente des Bauwerks, gekoppelt mit einer Gesamtübersicht des Zeitplans. Dies umfasst die Darlegung der zeitlichen Abfolge des Bauprozesses sowie die prognostizierten Bauzeiten. Ein wesentlicher Fokus liegt auf den speziellen Baumethoden, den Betriebsabläufen auf der Baustelle und den geplanten Ausführungsphasen der Bauarbeiten. Inbegriffen sind ferner die Maßnahmen bezüglich der Verkehrslenkung, einschließlich der Umlenkung des Verkehrs und der eventuellen Straßensperren, die während der Bauumsetzung erforderlich sein können.

### 9.1 Allgemeiner Zeitplan und Schnittstellen

Der Baustart des Vorhabens wird für das Jahr 2026 nach Erhalt des Planfeststellungsbeschlusses avisiert. Die Bauzeit für das Tunnelbauwerk und der Anschlussinfrastruktur beträgt mitsamt der Inbetriebnahme ca. 6 Jahre und 5 Monate.

Das Baufeld Großenbrode grenzt an den PFA 5.2 und an den planfestgestellten B 207-Ausbau. Es wird davon ausgegangen, dass die Bauarbeiten parallel ausgeführt werden, aber keinen negativen Einfluss aufeinander haben.

Auf Fehmarn grenzt das Baufeld im Norden an den PFA 6 und den planfestgestellten B 207-Ausbau an. Es wird davon ausgegangen, dass auch diese Bauarbeiten parallel ausgeführt werden.

### 9.2 Herstellung Absenktunnel

#### 9.2.1 Trockendock

Das Trockendock wird vorab der Hauptbaumaßnahmen des Absenktunnels innerhalb der Trasse errichtet und dient der Herstellung der Absenktunnelelemente.

Der Boden oberhalb des Wasserspiegels im Fehmarnsund (NHN +0,06 m) wird landseitig ausgehoben und im bauzeitlichen Bodenlager je nach Wiederverwendungszweck zwischengelagert.

Der Boden unterhalb des Meeresspiegels wird wasserseitig mit Hilfe von Schwimmbaggern ausgehoben. Der dabei anfallende Boden wird mit der Hilfe von Klappschuten auf die dafür vorgesehene Verbringfläche in der Ostsee verbracht, oder im Fall von sandigen Schichten auf dem Baufeld Großenbrode aufgespült (vgl. Abschnitt 8.6).

Um die Stabilität der Böschungen des Trockendocks zu sichern, werden Bodenvernagelungen sowie Spund- und Dichtwände umlaufend eingebaut. Ebenso erfolgen Spundwandarbeiten, welche für den Trockendockverschluss (Fangedämme) zum Fehmarnsund erforderlich sind, schwimmend. Für den Spundwandeinbau sind ggf. Einbauhilfen (Lockerungsbohrung oder lokaler Bodenaustausch) erforderlich.

Die Details zum temporären Trockendock werden in Abschnitt 8.3 beschrieben.

Im Trockendock können bis zu drei Tunnelelemente mit einer maximalen Länge von bis zu 160,3 m zeitgleich produziert werden. Die Fertigung erfolgt in standardisierten Betonierabschnitten mit einer Segmentlänge von ca. 22,9 m. Diese Dimensionierung wurde festgelegt, um unter Berücksichtigung von baulichen Anpassungen, wie etwa der Temperaturkontrolle und einer modifizierten Betonmischung, die frühzeitige Bildung von Rissen zu minimieren.

Die Baumaßnahmen innerhalb des Trockendocks erfolgen durch den Einsatz geeigneter mobiler Baukräne und Baumaschinen. Insgesamt wird die Fertigung der zwölf Absenktunnelelemente in vier Phasen à drei Elemente aufgeteilt.

Während der Produktion der ersten drei Elemente wird zugleich auch die Tiefgründung für das schwimmende Trockendock hergestellt. Nachdem diese ersten drei Elemente fertiggestellt sind, wird das Trockendock geflutet, der temporäre Fangedamm entfernt und die Tunnelelemente nacheinander zur weiteren Vorbereitung an den dafür vorgesehenen Platz im Tunnelgraben (vgl. Abschnitt 8.5) transportiert und dort schwimmend befestigt. Anschließend wird das schwimmende Trockendock als neuer Trockendockverschluss im Wasser versenkt und das Trockendock für die nächste Produktionsphase mittels Hochleistungspumpen leer gepumpt.

Jeder Vorgang beinhaltet Vorbereitung der Gründungsschicht für den Bau der Tunnelelemente, inklusive Reinigung von Sedimenten und Vorbereitung der Foundationsschicht entsprechend der jeweiligen vertikalen Krümmung des zu errichtenden Tunnelelements.

Der wasserdichte Verschluss des Trockendocks nach der Herstellung des vierten und letzten Satz Absenkelemente erfolgt mit dem Tunnelelement 12. Dieses ist so ausgestattet, dass ein wasserdichter Anschluss im Verschlussrahmen erfolgen kann. Das Schwimmatorwiderlager dient nun als Tunnelwiderlager. Das Trockendock wird nach dem Lenzen als Baugrube für den Tunnel in offener Bauweise Fehmarn und die daran anschließenden Trogbauwerke genutzt.

Der Bauablauf des Trockendocks inkl. des Tunnelwiderlagers, der Baugrundverbesserung für den TOG und der ersten drei Absenktunnelelemente ist wie folgt geplant:

- Trockenaushub im Gesamtbereich Trockendock auf ca. +0,06 mNHN
- Beginn Einbau Dicht-/Schlitzwand und abschnittsweise obere Böschungssicherung (Stahlprofile als Böschungsvernagelung) parallel zu den folgenden Bautätigkeiten
- Voraushub des Meeresgrunds in folgenden Bereichen und Tiefen:
  - großflächig zur Einbringung der Spundwände auf ca. -3,5 mNHN
  - im westlichen Bereich des Arbeitshafens ca. -7,0 mNHN
  - im östlichen Bereich des Bauhafens ca. -9,0 mNHN
  - im Bereich des Trockendocktors ca. -13,5 mNHN
- Aushub des Trockendocks auf ca. -12,85 mNHN



- Einbau der seitlichen Fangedämme inkl. Unterwasserbetonplatte zur Schubaussteifung, Gurtung und bis zu zweifacher Ankerlage
- Flutungsrohre und Windenwiderlager werden in die Fangedämme integriert, der westliche Fangedamm mit einer Asphaltdeckschicht überdeckt (Kaianlage)
- Ausstattung der Kaiananlage (Geländer, Poller, Leitern, Beleuchtung, etc.) parallel zu den folgenden Arbeiten
- Teileinbau Schottertragschicht im Trockendock
- Teileinbau Böschungsvernagelung (bspw. Stahlträger) im mittleren Böschungsbereich mithilfe von Pontons, Einbau der Windenwiderlager oberhalb der Böschungsschulter
- Einbau Böschungsdeckschicht
- Schließen des Trockendocks mit temporärem Fangedamm
- Erstmaliges Lenzen des Trockendocks
- Einbau Drainagerohre in der Sohlschicht
- Einbau der Baugrundverbesserung für den Tunnel in offener Bauweise und der restlichen Böschungsvernagelung im unteren Böschungsbereich parallel zu den folgenden Tätigkeiten:
  - Einbau Fundationsplatte und Schottertragschicht bis ca. -10,85 mNHN, Einbau Erosionsschutzplatte unterhalb der Flutungsrohre
  - Einbau Pumpensumpf und Pumpwerk
  - Installation Pfähle für Tiefgründung Tunnelwiderlager
  - Einbau Stahlbetonplatte über den Pfählen und Stahlbetonseitenwände links und rechts (U-Rahmen des Tunnelwiderlagers)
  - Gleichzeitig Bau der ersten drei Absenktunnelelemente im Trockendock
  - Flutung Trockendock, Rückbau temporärer Fangedamm. Ausschwimmen der Tunnelelemente und Transport
  - Schließen des Trockendocks mit dem Schwimmtor.

### 9.2.2 Baggerarbeiten

Bevor mit dem Nassaushub des Trockendocks begonnen werden kann, wird ein Zugangskanal von der Schifffahrtsrinne aus ausgehoben (vgl. Abschnitt 8.7.3). Dieser ermöglicht einen frühen Nassaushub des Trockendocks, da dies für die zeitkritische Herstellung der Tunnelelemente benötigt wird. Zuvor ist jedoch der Trockenaushub bis ca. +0,06 mNHN durchzuführen.

Anschließend erfolgt der Aushub des Trockendocks mit einem Sohlniveau auf ca. -12,85 mNHN (siehe Unterlage 07.07.002).

Im Anschluss an die Baggerarbeiten im Trockendock sowie des angrenzenden Arbeitshafens und der Fangedämme wird mit dem Aushub des Absenkgrabens südlich der Schifffahrtsrinne begonnen. Anschließend wird die Schifffahrtsrinne lokal verlegt und der Bereich der ursprünglichen Rinne ausgebaut. Danach erfolgt der Aushub des Absenkgrabens nördlich der Schifffahrtsrinne.

Der Absenkgraben wird auf Fehmarn ca. 330 m ins Landesinnere ausgeführt. Analog zum Trockendock ist auch auf Fehmarn der Trockenaushub bis ca. +0,06 mNHN durchgeführt. Das trocken ausgehobene Material wird dabei zur Wiederverwendung auf Fehmarn

zwischenlagert, während beim Nassaushub das bindige Material verklappt wird und das sandige Material für eine Wiederverwendung auf der Großenbroder Seite aufgespült wird.

Für die Aushubarbeiten werden Baggerschiffe eingesetzt. Während des Aushubs werden sie mit Verankerungspfählen oder Schiffsankern gesichert. Das gebaggerte Material wird dann auf Schuten umgeladen, welche neben dem Baggerschiff anlegen. Diese Schuten transportieren das Material schließlich zu einer festgelegten Verbringungsfläche die sich nord-östlich der Insel Fehmarn befindet.

Sedimentablagerungen, die sich im Laufe der Bauarbeiten im Tunnelgraben ansammeln, werden vor der Installation der Gründungs- bzw. Planumsschicht mithilfe einer geeigneten Saugtechnologie entfernt. Diese Anlage wird auf einer Mehrzweckplattform montiert und eingesetzt.

Die Bauarbeiten im marinen Bereich erfolgen unter Beachtung von Maßnahmen zur Reduzierung der Schallbelastung für marine Säugetiere sowie zur Steuerung und Überwachung der Sedimentfreisetzung. Zudem werden Lichtmanagement-Anforderungen berücksichtigt, wobei die Arbeits- und Schiffssicherheit, die Interessen der Anwohner und der Schutz von Biotopen (insbesondere Insekten, Fische, Vögel und Fledermäuse) im Fokus stehen. Die Schutz- und Überwachungskonzepte sind in den Unterlagen 21.10 und 21.11 zu Unterwasserschall und Sedimentfreisetzung erläutert.

### **9.2.3 Bereitstellung und Absenkung der Tunnelelemente**

Das Absenken der Tunnelelemente erfolgt von Norden nach Süden in serieller Abfolge. Jeweils drei Tunnelelemente werden nacheinander per Winden und unter Zuhilfenahme von Schleppern aus dem Trockendock transportiert und kurzzeitig zur weiteren Ausrüstung im südlichen Absenkgraben schwimmend geparkt und an Dalben, welche sich innerhalb des Absenkgrabenperimeters befinden, fixiert (vgl. Abschnitt 8.5). Nach der Vorbereitung und dem Anbringen der Absenkpontons wird das erste Element zur Absenkposition transportiert.

Im Graben wird eine Fundationschicht aus grobem Material von einem Ponton aus mit einem Fallrohr aufgebracht, nivelliert und anschließend profiliert. Das Bettungsmaterial wird per Schiff zum Ponton geliefert. Während des Absenkens werden das Tunnelement und der Absenkponton durch im Meeresboden verankerte Seile ausgerichtet und gehalten (siehe Abbildung 9-1). Das Tunnelement wird langsam vom Absenkponton vor das bereits platzierte Tunnelement abgesenkt, bis die Fuge geschlossen ist und die Elemente verbunden werden können. Der Vorgang wird für die nachfolgenden Elemente wiederholt.

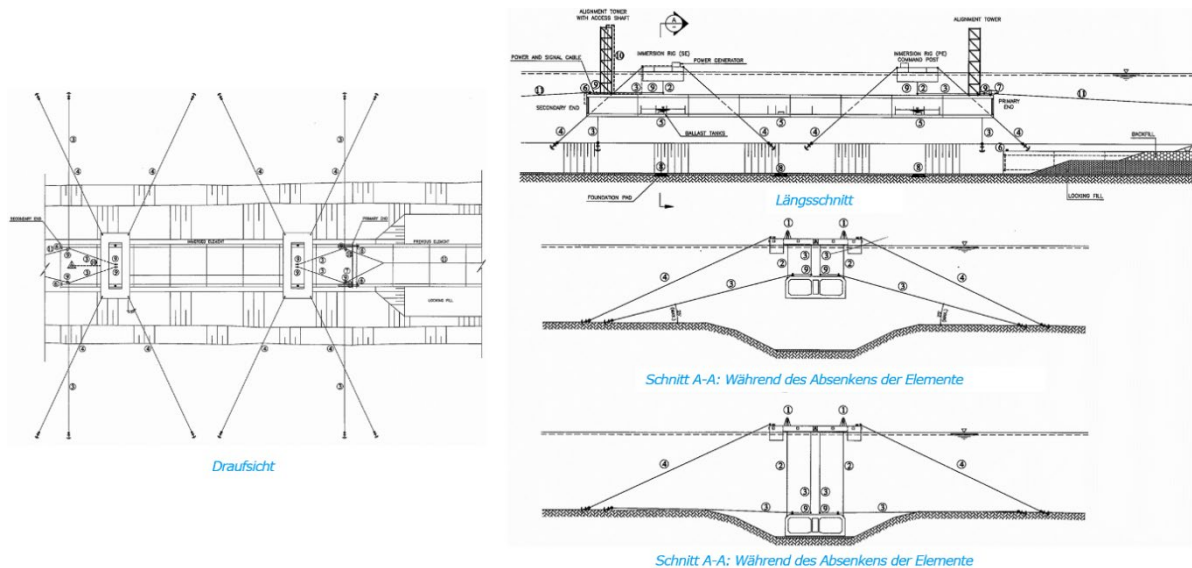


Abbildung 9-1: Beispielhafte Ankerpositionierung während des Absenkvorgangs

#### 9.2.4 Wiederverfüllung des Absenkgrabens

Nach der finalen Positionierung der Tunnelelemente wird der Graben wiederverfüllt und eine Schutzschicht von ca. 0,90 m Mächtigkeit aufgebracht. Die Verfüllung und die Schutzschicht werden das natürliche Niveau des Meeresbodens in der Regel nicht überschreiten. Ausgenommen sind Tiefwasserabschnitte im südlichen Bereich der Schifffahrtsrinne sowie nördlich angrenzend an die Schifffahrtsrinne. Hier erfolgt aus umweltfachlichen Gesichtspunkten ein abschließender Auftrag.

Die Verfüllung erfolgt grundsätzlich bis zur Höhe des ursprünglichen Meeresbodens. Dabei wird mit den sandigen Sedimenten überwiegend eine Mindestbedeckung der Schutzschichten von 30 cm erreicht, so dass auch für die tiefer im Sediment lebenden Arten wie Wattwurm und Sandklaffmuschel ein geeigneter Lebensraum geschaffen wird.

Die Wassertiefe von mindestens 7,0 m im Bereich der Schifffahrtsrinne ist auch nach der Fertigstellung überall gewährleistet.

Das Wiederverfüllmaterial stammt aus zugelassenen Sand- und Kiesgewinnungsgebieten und ist unbelastet. Die Transportschiffe für den Antransport werden voraussichtlich das Baugebiet aus westlicher Richtung anfahren, da die natürliche Wassertiefe östlich der bestehenden Fehmarnsundbrücke nicht ausreichend ist für größere Transportschiffe.

Der Einbau der Verfüllung erfolgt mittels Saugbagger. Die Schutz- wie auch die Filterschichten und die abschließende Wiederverfüllung bis auf Ursprungsniveau werden von Pontons aus eingebracht. Nach Positionierung der Tunnelelemente werden Schotte, Wasserballastanks und andere Absenkvorrichtungen abgebaut und entfernt. Anschließend wird Baumaterial für den Tunnelinnenbau durch den fertigen Tunnelabschnitt transportiert.

Der seeseitige Aushub und die Absenkung der Tunnelelemente erfolgen innerhalb von Sperrbereichen im Fehmarnsund, die durch Bojen markiert und durch Begleitschiffe gesichert sind (siehe Unterlage 28).

### 9.3 Bauphasenkonzept

Die Bauphasen (siehe Tabelle 9-1) für die Herstellung der Fehmarnsundquerung sind in zwölf Hauptbauphasen und sieben Übergangsphasen mit Umleitungen, in welchen kritischen Veränderungen an der Verkehrsführung vorgenommen werden, unterteilt.

Tabelle 9-1: Bauphasen

Phase	Beschreibung	Dauer
Phase 0	Vertragsabschluss und Baubeginn	
Phase 1	Mobilisierung und vorbereitende Arbeiten	[ca. 1 Monat]
Phase 2	Verschiebung B 207 Strukkamp (Übergangsphase 1)	[ca. 3 Wochen]
Phase 3	Umleitung B 207 Festland (Übergangsphase 2)	[ca. 6,5 Monate]
Phase 4	Umleitung B 207 Fehmarn (Übergangsphase 3) & Herstellung der Dalben zum wasserseitigen Parken der Tunnelelemente	[ca. 1 Woche]
Phase 5	Fertigstellung Trockendock	[ca. 2,5 Monate]
Phase 6	Herstellen, Verholen und Parken Elemente 1-3	[ca. 6,5 Monate]
Phase 7	Herstellen, Verholen und Parken Elemente 4-6 und Absenken Elemente 1-3	[ca. 6 Monate]
Phase 8	Herstellen, Verholen und Parken Elemente 7-9 und Absenken Elemente 4-6	[ca. 6,5 Monate]
Phase 9	Herstellen Elemente 10-12 und Absenken Elemente 7-9	[ca. 2 Monate]
Phase 10	Umleitung B 207 Großenbrode über die neuen Brücken (Übergangsphase 4)	[ca. 1 Woche]
Phase 11	Umleitung B 207 nach Abriss Brücke Großenbrode (Übergangsphase 5)	[ca. 1 Monat]
Phase 12	Herstellen und Fertigstellung Tunnel Elemente 10-12 (Forts.)	[ca. 2,5 Monate]
Phase 13	Transport und Absenken Elemente 10-12 und Herstellen Schlussfuge	[ca. 2 Monate]
Phase 14	Herstellung Tunnel in offener Bauweise Großenbrode, Herstellung Betriebsgebäude	[ca. 9 Monate]
Phase 15	Einbau Technische Ausrüstung und Inbetriebnahme Umleitung Verbindung Avendorf (Übergangsphase 6)	[ca. 8,5 Monate]
Phase 16	Ausrüstung und Inbetriebnahme Straßen- und Bahntunnel (Übergangsphase 7)	[ca. 12 Monate]
Phase 17	Inbetriebnahme Bahntunnel, Verkehrsumleitung für BW 6.3.4	[ca. 1 Monat]
Phase 18	Abschlussarbeiten und Vertragsvervollständigung	[ca. 8 Monate]

Eine Zusammenfassung dieser Bauphasen ist in den folgenden Unterkapiteln enthalten. In Unterlage 01.01.003 sind die Bauphasen als Lageplanskizzen mit den wesentlichen Bautätigkeiten und bauzeitlichen Verkehrsführungen dargestellt.

### 9.3.1 Phase 0: Vertragsabschluss und Baubeginn

Vorgezogene Baufeldfreimachung und Baufeldvorbereitung:

- Räumung der Baufläche, Entfernung gekennzeichnete Bäume und Sträucher
- Umverlegung, Teilumverlegung oder Schutz sämtlicher Leitungen innerhalb des Baufelds
- Zuführung bauzeitlich erforderlicher Leitungen für Wasser, Strom und Telekommunikation bis zum vereinbarten Übergabepunkt
- ein Baugleis wird, solange es der Bauablauf zulässt, betrieben
- vollständiger Rückbau beider Tankstellen an der B 207 bei Großenbrode
- Umsetzung abgestimmter Umweltkompensationsmaßnahmen, übrige Maßnahmen zeitgleich zum Bau oder nachgelagert (siehe Unterlage 17.1).

### 9.3.2 Phase 1: Mobilisierung und vorbereitende Arbeiten [ca. 1 Monat]

In der ersten Phase werden zunächst die vorbereitenden Maßnahmen durchgeführt und die Baustelle eingerichtet. Dies umfasst den Bau von Baustraßen, Betriebsflächen, die Versorgung mit Wasser und Strom sowie die Entwässerung auf der Großenbroder-Seite. Gleichzeitig wird mit dem Trockenaushub der obersten Bodenschichten im Trockendock begonnen.

Der Königsweg wird während dieser Phase für den langsamen Verkehr und Radfahrer gesperrt. Die vorgesehene Umleitung führt über die Ortsstraßen östlich der B 207, quert die Brücke im Bereich des Brückenwiderlagers und führt auf der Westseite auf die Fehmarnsundbrücke.

Auf der östlichen Seite der B 207 beginnen zudem die Arbeiten für die Übergangsphase 2 zwischen Großenbrode und der Bestandsbrücke sowie der Bau des Arbeiterdorfs.

Auf Fehmarn werden die Arbeiten für die temporäre Umleitung der B 207 während der Übergangsphase 1 gestartet. Die EÜ Strukkamp wird für den Verkehr gesperrt, mit Ausnahme des Zugangs zum Betriebsgelände des WBV Fehmarn. Die Straße Fehmarnsund wird für den Verkehr geschlossen. Die Erreichbarkeit des Hafens Fehmarnsund und der Anwohnerhäuser erfolgt über die Sundstraat und die Straße An den Sundwiesen.

### 9.3.3 Phase 2: Verschiebung B 207 Strukkamp (Übergangsphase 1) [ca. 3 Wochen]

In der zweiten Bauphase wird auf Fehmarn die temporäre Umleitung für die Übergangsphase 1 in Betrieb genommen, wobei die B 207 oberhalb der EÜ/SÜ Strukkamp nach Osten verschoben wird, um Platz für die Arbeitsstraße auf der Westseite der B 207 zu schaffen.

Die Einrichtung der Baustellenfläche auf Fehmarn beginnt. Erste Arbeiten an der Baugrube für den TOF starten. Dies schließt Vorbereitungen für die nördliche Schnittstelle des Absenktunnels, als auch der Baugrubenschlitzwände des TOF mit ein. Die Straße Strukkamp, welche zu den am Sund gelegenen Ferienhäusern führt, wird bauzeitlich an den westlichen Rand der Baufläche verlegt. Die Arbeiten zur großräumigen bauzeitlichen Umverlegung der B 207 auf Fehmarn beginnen.

Auf der Großenbroder-Seite wird der Trockenaushub des Trockendocks fortgeführt. Der trockene Bodenaushub wird auf den dafür vorgesehenen Flächen zwischengelagert.

Im Sund erfolgt der Nassaushub des Zugangskanals von der Fahrrinne aus in südlicher Richtung bis zum späteren Trockendock. Der Aushub wird per Schute über den Wasserweg abtransportiert und im ausgewiesenen Bereich verklappt.

#### **9.3.4 Phase 3: Umleitung Bundesstraße 207 Festland (Übergangsphase 2) [ca. 6,5 Monate]**

In der dritten Bauphase werden die Arbeiten für die Übergangsphase 2 fertiggestellt und die B 207 auf dem Festland nach Westen verschoben, um Platz für die Rampenbauwerke und die neue Anschlussstelle B 207 / K 42 Großenbrode zu schaffen. Die Erdarbeiten (Aufschüttungen) und Maßnahmen zur Baugrundverbesserungen werden durchgeführt, um eine Vorkonsolidierung des Baugrunds zu erwirken. Die auftretenden Setzungen sind dabei messtechnisch zu begleiten.

Die Herstellung einzelner RRB beginnt. Eine bauzeitliche Betonmischanlage wird in räumlicher Nähe des Trockendocks errichtet.

Die Trockenaushubarbeiten werden fertiggestellt. Anschließend erfolgt der Nassaushub des Trockendocks. Die Nassbaggerarbeiten im Sund werden im Bereich der künftigen Fangedämme, des Arbeitshafens und des südlichen Absenkgrabens fortgeführt. Die Schifffahrtsrinne wird unter Beibehaltung der erforderlichen Mindestabmessungen verschmälert, um den Aushub im südlichen Teil der Rinne ohne Beeinflussung der querenden Schifffahrt durchführen zu können. Die Herstellung der Fangedämme für den Verschluss des Trockendocks beginnt.

Auf Fehmarn wird die EÜ/SÜ Strukkamp (vgl. Kapitel 11.6) in zwei Phasen abgebrochen und die entstehende Lücke im Bestandsdamm verfüllt. Die zwei Phasen beinhalten eine Umverlegung von B 207 und Baustraße, sodass beide Verbindungen stets für den Verkehr aufrechterhalten bleiben. Zu Beginn der zweiten Phase wird das Baugleis außer Betrieb genommen und zurückgebaut.

Parallel wird im Baufeld Fehmarn mit dem Trockenaushub des Absenkgrabens begonnen. Die Arbeiten an der bauzeitlichen Umfahrung der B 207 werden fortgesetzt.

#### **9.3.5 Phase 4: Umleitung Bundesstraße 207 Fehmarn (Übergangsphase 3) [ca. 1 Woche]**

In Phase 4 wird die temporäre Umleitungsstrecke der B 207 auf Fehmarn in Betrieb genommen. Diese Umleitung schafft Platz für den Teilrückbau des Bestandsdamms und dem anschließenden Bau des nördlichen Tunnel- und Trogabschnitts.

Auf der Großenbroder-Seite werden die Arbeiten am Trockendock und den Fangedämmen fortgesetzt. Parallel wird der Tunnelgraben im Sund in nördlicher Richtung weiter ausgebaut. Hierbei wird die Schifffahrtsrinne wie zuvor vom nördlichen in den südlichen Teil der Rinne verlegt. Darüber hinaus werden in dieser Phase die Dalben zum wasserseitigen Parken der Tunnelemente eingebracht.

Im Trockendock wird mit dem Einbau der Sohlschicht und der Vernagelung der Böschungen begonnen. Die Arbeiten am Trogbauwerk Bahn südlich des Trockendocks beginnen mit der Herstellung der Schlitzwände.



### **9.3.6 Phase 5: Fertigstellung Trockendock [ca. 2,5 Monate]**

In der fünften Bauphase wird das Trockendock und die Konstruktion der Fangedämme fertiggestellt. Danach wird das Trockendock gelenzt und das Entwässerungssystem mit Pumpensumpf und Regenwasserpumpen verbaut. Zusätzlich werden Fundamente in der Schottertragschicht im Bereich der späteren Elementfertigungsstätten hergestellt. Die Arbeiten an der Böschungssicherung werden im Trockenen fortgeführt. Südlich des Trockendocks werden die Arbeiten an der Baugrube des Trogbauwerks Bahn fortgesetzt.

Im Sund werden die Nassbaggerarbeiten für den Absenkgraben bis Fehmarn fortgesetzt. Im Zuge dieser Arbeiten wird die Schifffahrtsrinne wieder verlegt. Auf Fehmarn beginnt der Bau des TOF und der Schnittstellenkonstruktion zum Absenktunnel.

### **9.3.7 Phase 6: Herstellen, Verholen und Parken Elemente 1 - 3 [ca. 6,5 Monate]**

Nach der Fertigstellung des Trockendocks werden die ersten drei Absenktunnelelemente (TE1 - TE3) im Trockendock hergestellt. Gleichzeitig erfolgt die Fertigstellung der Gründungsarbeiten des Tunnelwiderlagers und Verschlussrahmens für das Schwimmtor, wie auch der Böschungssicherungen im Trockendock.

Nach der Herstellung der drei Tunnelelemente werden diese mit Wasserballasttanks ausgestattet und mit Querschotten stirnseitig verschlossen. Das Trockendock wird geflutet und der temporäre Fangdamm vor dem Verschlussrahmen zurückgebaut. Anschließend werden die fertigen Tunnelelemente einzeln ausgeschwommen und zunächst auf der östlichen Seite des Tunnelgrabens zwischengeparkt. Abschließend wird das Trockendock mittels Schwimmtor verschlossen.

Auf Fehmarn wird der Schnittstellenabschnitt zwischen TOF und Absenktunnel fertiggestellt und der TOF mit Querschotten verschlossen. Die Arbeiten am TOF werden fortgeführt. Im Bereich der AS B 207 / L 217 Avendorf beginnen die Arbeiten östlich der B 207.

Im Sund werden die vorbereitenden Nassbaggerarbeiten abgeschlossen. Der wasserdichte Baugrubenabschluss TOF wird zurückgebaut und die Schottertragschicht der TE1 bis TE3 anschließend eingebaut.

### **9.3.8 Phase 7: Herstellen, Verholen und Parken Elemente 4 – 6 und Absenken Elemente 1 – 3 [ca. 6 Monate]**

In Phase 7 wird das Trockendock wieder ausgepumpt, gereinigt und die Absenktunnelelemente 4 bis 6 werden hergestellt.

An ihrem Parkplatz im Sund werden die Absenkelemente 1 - 3 für den Transport und den Tauchvorgang vorbereitet und anschließend im Abstand von wenigen Wochen an der vorgesehenen Position abgesenkt. Während des Transport- und Absenkvorganges wird die Fahrinne für sämtlichen nicht-baubetrieblichen Schiffsverkehr jeweils ca. 48 Stunden gesperrt.

Nach dem Absenken der Elemente werden diese seitlich mit einer Sperrschicht lagestabil verkeilt. Mit einem Tunnelement Abstand erfolgt die seitliche Wiederverfüllung des Absenkgrabens und die Abdeckung mittels Filter- und Ankerschutzschicht. Die Schottertragschicht für die Elemente 4 bis 6 wird im Absenkgraben eingebaut.

Nach der Herstellung der drei Tunnelemente 4 bis 6 werden diese mit Wasserballasttanks ausgestattet und mit Querschotten stirnseitig verschlossen. Das Trockendock wird geflutet und das Schwimmtor im Arbeitshafen an der Kaikante vertäut. Anschließend werden die Elemente einzeln ausgeschwommen, auf dem Parkplatz zwischengelagert und das Trockendock mit dem Schwimmtor wieder verschlossen.

Parallel zu diesen Arbeiten erfolgen weiterhin die Arbeiten am Bahntrog auf der Seite Großenbrode im Bereich der Anschlussstelle B 207 / L 217 Avendorf und am TOF. Nördlich des TOF wird mit der Herstellung der Schlitzwandbaugrube für die Trogbauwerke begonnen.

### **9.3.9 Phase 8: Herstellen, Verholen und Parken Elemente 7 – 9 und Absenken Elemente 4 – 6 [ca. 6,5 Monate]**

In Phase 8 wird das Trockendock geleert, gereinigt und die Absenktunnelemente 7 bis 9 werden hergestellt.

An ihrem Parkplatz im Sund werden die Absenkelemente 4 – 6 für den Transport und den Tauchvorgang vorbereitet und anschließend im Abstand von wenigen Wochen an der vorgesehenen Position abgesenkt. Während des Transports wird die Fahrrinne für sämtlichen nicht-baubetrieblichen Schiffverkehr jeweils ca. 48 Stunden lang gesperrt.

Nach dem Absenken der Elemente werden diese seitlich mit einer Sperrschicht lagestabil verkeilt. Mit einem Tunnelement Abstand erfolgt die seitliche Wiederverfüllung des Absenkgrabens und die Abdeckung mittels Filter- und Ankerschutzschicht. Die Schottertragschicht für die Elemente 7 bis 9 wird im Absenkgraben eingebaut.

Nach der Herstellung der drei Tunnelemente 7 bis 9 werden diese mit Wasserballasttanks ausgestattet und mit Querschotten stirnseitig verschlossen. Das Trockendock wird geflutet und das Schwimmtor im Arbeitshafen an der Kaikante vertäut. Anschließend werden die Elemente einzeln ausgeschwommen, auf dem Parkplatz zwischengelagert und das Trockendock mit dem Schwimmtor wieder verschlossen.

Auf Fehmarn wird die neue Verbindungsstraße von der AS B 207 / L 217 Avendorf nach Avendorf fertiggestellt und in Betrieb genommen.

Der TOF wird nach Fertigstellung überschüttet und das Betriebsgebäude Fehmarn errichtet. Die Arbeiten an den Trögen Fehmarn und Bahntrog Großenbrode werden fortgesetzt. Die Errichtung der Brückenbauwerke 6.3.1 und 6.3.2 im Bereich der neuen AS B 207 / K 42 Großenbrode wird begonnen.

### **9.3.10 Phase 9: Herstellen Elemente 10 – 12 und Absenken Elemente 7 – 9 [ca. 2 Monate]**

In Phase 9 wird das Trockendock geleert, gereinigt und es wird mit der Herstellung der Absenktunnelemente 10 bis 12 begonnen.

An ihrem Parkplatz im Sund werden die Absenkelemente 7-9 für den Transport und den Tauchvorgang vorbereitet und anschließend im Abstand von wenigen Wochen an der vorgesehenen Position abgesenkt. Während des Transports wird die Fahrrinne für sämtlichen nicht-baubetrieblichen Schiffverkehr jeweils ca. 48 Stunden lang gesperrt.

Nach dem Absenken der Elemente werden diese seitlich mit einer Sperrschicht lagestabil verkeilt. Die Schottertragschicht für die Elemente 10 bis 12 wird im Absenkgraben eingebaut. Die Arbeiten am Betriebsgebäude Fehmarn, den Brückenbauwerken 6.3.1 und 6.3.2 wie auch den Trogbauwerken werden fortgesetzt.

#### **9.3.11 Phase 10: Umleitung B 207 Großenbrode über die neuen Brücken (Übergangsphase 4) [ca. 1 Woche]**

Die bestehende AS B 207 / K 42 Großenbrode wird für den Verkehr gesperrt und die Brücke über die B 207 zurückgebaut. Offen bleibt die Auffahrt in Richtung Süden. Die Anbindung von Orthfeld an Großenbrode erfolgt über die fertiggestellten Brückenbauwerke 6.3.1 und 6.3.2. Der Verkehr der B 207 wird über die westlichen Rampenbauwerke des zukünftigen lokalen Verkehrs und die Fehmarnsundbrücke geführt. Großenbrode wird südlich der Rampen über eine bauzeitliche Wegeverbindung zur Alte Sundstraße angebunden.

Der Abriss der bestehenden Brücke der AS B 207 / K 42 Großenbrode erfolgt innerhalb einer Sperrpause der B 207 für ca. 48 Stunden. Während dieser Pause erfolgt die Verkehrsumleitung über die beschriebene Anbindung Orthfeld, die neuen Brückenbauwerke und das nordwestliche Rampenbauwerk.

Die Herstellung der Tunnelelemente 10 bis 12 und die Arbeiten am Betriebsgebäude Fehmarn, wie auch den Trogbauwerken werden fortgesetzt.

#### **9.3.12 Phase 11: Umleitung B 207 nach Abriss Brücke Großenbrode (Übergangsphase 5) [ca. 1 Monat]**

Die neue AS B 207 / K 42 Großenbrode der B 207 in Richtung Lübeck wird in Betrieb genommen. Der Durchgangsverkehr wird über die AS B 207 / K 42 Großenbrode, BW 6.3.2 und die nordwestliche Rampe an die Fehmarnsundbrücke angebunden.

Die Herstellung der Tunnelelemente 10 bis 12 und die Arbeiten am Betriebsgebäude Fehmarn, wie auch den Trogbauwerken werden fortgesetzt.

#### **9.3.13 Phase 12: Herstellen und Fertigstellung Tunnel Elemente 10-12 (Forts.) [ca. 2,5 Monate]**

Die Herstellung der Absenktunnelelemente 10 bis 12 wird abgeschlossen. Die drei Tunnelelemente werden mit Wasserballasttanks ausgestattet und mit Querschotten stirnseitig verschlossen. Das Trockendock wird geflutet und das Schwimmtor ausgeschwommen.

Die Arbeiten am Betriebsgebäude Fehmarn, wie auch den Trogbauwerken werden fortgesetzt.

#### **9.3.14 Phase 13: Transport und Absenken Elemente 10 – 12 und Herstellen Schlussfuge [ca. 2 Monate]**

Die Tunnelelemente 10 bis 12 werden im Trockendock vertäut und für den Transport vorbereitet. Anschließend werden sie im Abstand von wenigen Wochen an der vorgesehenen Position abgesenkt. Das Tunnelelement 12 ist für den Anschluss im Verschlussrahmen des Schwimmtors an das Tunnelwiderlager ausgerüstet. Nach dem Absenken werden zusätzliche Platten für den wasserdichten Abschluss montiert und die Verschlussfuge hergestellt.

Die Tunnelelemente werden seitlich mit einer Sperrschicht lagestabil verkeilt. Die Dalben werden zurückgebaut.

In dieser Projektphase wird auch mit der Errichtung der LSW angefangen.

### **9.3.15 Phase 14: Herstellung Tunnel in offener Bauweise Großenbrode, Herstellung Betriebsgebäude [ca. 9 Monate]**

Das Trockendock wird geleert, gereinigt und es wird mit der Herstellung des TOG wie auch der dort befindlichen Trogabschnitte begonnen. Dabei wird das Trockendock sukzessive mit einer Tragschicht und der seitlichen Anfüllung wiederverfüllt. Die Spundwände des Arbeitshafens und der Fangedämme werden zurückgebaut. Das Betriebsgebäude Großenbrode wird oberhalb des TOG errichtet. Die RRB im Bereich des Tunnelportals Großenbrode werden erstellt und angeschlossen.

### **9.3.16 Phase 15: Einbau Technische Ausrüstung und Inbetriebnahme Umleitung Verbindung Avendorf (Übergangsphase 6) [ca. 8,5 Monate]**

Die technische Ausrüstung des Tunnelbauwerks wird eingebaut und in die beiden Betriebsgebäude geführt. Auf Seite Großenbrode werden die Trogbauwerke im Bereich des ehemaligen Trockendocks und die LSW errichtet.

Auf Fehmarn wird die bauzeitliche Umfahrung der B 207 an die Anschlussstelle B 207 / L 217 Avendorf geführt, sodass die Querung der Schiene zurückgebaut werden kann. Anschließend entsteht der finale Streckenabschnitt mit Anschluss an den PFA 6.

Die seitliche Wiederverfüllung des Absenkgrabens erfolgt sukzessive von Süden in Richtung Norden (Schiffahrtsrinne). Die Tunnelelemente 7 bis 12 werden in umgekehrter Reihenfolge mit Filter- und Schutzschicht abgedeckt sowie darüber bis auf Ursprungsgeländehöhe bzw. lokal darüber hinaus wiederverfüllt. Im Küstennahbereich erfolgt eine Abdeckung mit einer reduzierten Kolkschutzschicht anstelle der Ankerschutzschicht.

### **9.3.17 Phase 16: Ausrüstung und Inbetriebnahme Straßen- und Bahntunnel (Übergangsphase 7) [ca. 12 Monate]**

Die technische (Strecken-)Ausrüstung von Straßen- und Bahntunnel wird eingebaut und getestet. Der Straßentunnel wird anschließend in Betrieb genommen und für den Verkehr freigegeben. Der LaV fährt weiterhin über die Fehmarnsundbrücke.

Die Baustelleneinrichtungsflächen beider Seiten werden zurückgebaut und der Ausgangszustand der Flächen wiederhergestellt.

### **9.3.18 Phase 17: Inbetriebnahme Bahntunnel, Verkehrsumleitung für BW 6.3.4 [ca. 1 Monat]**

Die Inbetriebnahme für den Bahntunnel wird abgeschlossen und es erfolgt die Verkehrsfreigabe.

Auf Fehmarn wird der LaV temporär über die ausgebaute Fahrradwegrampe westlich des Bestandsdamms nach Strukkamp geführt. Das Brückenbauwerk 6.3.4 und die künftige Verbindungsstraße Strukkamp – Fehmarnsund werden anschließend errichtet. Dies wird in der Phase 18 fortgesetzt.

### **9.3.19 Phase 18: Abschlussarbeiten und Vertragsvervollständigung [ca. 8 Monate]**

Die Verkehrsanlage des LaV wird final hergestellt. Das Bauwerk 6.3.4 geht in Betrieb. Die bauzeitliche Anrampung ist zurückgebaut und der LaV führt von Großenbrode an der AS B 207 / K 42 Großenbrode vorbei, über die Fehmarnsundbrücke, an der Abzweigung Fehmarnsund/Strukkamp vorbei bis zur AS B 207 / L 217 Avendorf.

Die Oberbodenarbeiten und die landschaftsbauliche Gestaltung werden abgeschlossen.

Abschließend werden die Baustelleneinrichtungsflächen geräumt, bauzeitlich genutzte Flächen werden funktional in ihren Ursprungszustand zurückversetzt.

## **9.4 Beeinflussung des Straßen-, Schienen- und des Fuß- sowie Radverkehrs**

### **9.4.1 Beeinflussung des Straßenverkehrs**

Während des Baus der Fehmarnsundquerung wird der Verkehr auf der B 207 mittels der vorgesehenen bauzeitlichen Umfahrungen aufrechterhalten. Die nahräumigen Erschließungen werden jederzeit gewährleistet.

Der LaV wird bis zur Inbetriebnahme des Straßentunnels gemeinsam mit dem Kfz-Verkehr geführt. Danach wird der Verkehr über die neue AS B 207 / K 42 Großenbrode getrennt und der LaV fährt weiterhin über die Fehmarnsundbrücke.

Die direkte Verbindung zwischen den Ortschaften Großenbrode und Orthfeld über die alte AS Großenbrode wird mit dem Rückbau der vorhandenen AS unterbrochen. Die beiden Ortschaften werden durch die neue AS B 207 / K 42 Großenbrode im Norden verbunden.

Die EÜ/SÜ Strukkamp, welche die kürzeste Verbindung zwischen den Ortschaften Strukkamp und Avendorf darstellt, kann durch den neuen Höhenverlauf der Straße und Bahnstrecke nicht erhalten bleiben und muss daher zurück gebaut werden. Der Verkehr verläuft dann über die AS Avendorf im Norden.

Der Baustellenverkehr findet weitestgehend innerhalb der Baufeldgrenzen statt. Dafür werden Baustraßen hergestellt, die ausschließlich dem Baustellenverkehr, also nicht der öffentlichen Nutzung, zur Verfügung stehen. Soweit erforderlich, und mit Fokus auf die Minimierung der Beanspruchung, wird auch das vorhandene, öffentliche Straßennetz genutzt. Die genauen Abläufe werden in der Ausführungsplanung mit den ausführenden Unternehmen abgestimmt.

### **9.4.2 Beeinflussung des Schienenverkehrs**

Die Bestandsstrecke 1100 wird, solange es der Bauablauf zulässt, als Baugleis zur Verfügung stehen. Der reguläre Eisenbahnbetrieb wird mit der Inbetriebnahme der Schieneninfrastruktur des Vorhabens wieder aufgenommen.

### **9.4.3 Beeinflussung des Fuß- und Radverkehrs**

Während des Baus der Fehmarnsundquerung wird der Fuß- und Radverkehr von den Baustelleneinrichtungsflächen und Zufahrtsstraßen getrennt, um Radfahrer und Fußgänger zu schützen und einen ungestörten Bauablauf zu gewährleisten.

Im südlichen Bereich wird die Zufahrtsstraße über den Königsweg gesperrt, da diese in den Bereich der Baustelleneinrichtungsflächen fällt. Die Verbindung zwischen Großenbrode und der Fehmarnsundbrücke ist über die östlich gelegenen Ortsstraßen neben der B 207 möglich, welche unter dem Brückenwiderlager am Sund hindurchführt. Diese Trasse wird ab Baubeginn bis Phase 18 durch den Radverkehr und Fußgänger genutzt werden.

Im Bereich des nördlichen Baufelds auf Fehmarn wird die Straße Strukkamp im Zuge der Herstellung der Baustelleneinrichtungsflächen gesperrt. Der Zugang zur Brücke ist über eine Umleitung gewährleistet, die von der Rampe unter der Brücke zum Fehmarnsund führt. Diese Strecke wird für Radfahrer und Fußgänger hergestellt und von Anfang bis Abschluss der Phase 18 genutzt werden.

Die Unterführung bei Strukkamp ist ab Phase 1 für den Verkehr gesperrt. Fuß- und Radfahrer können die Blieschendorferstraße nutzen, um die B 207 zu queren.

#### **9.4.4 Beeinflussung Schifffahrt und Fischereiverwaltung**

Während der Arbeiten an der neuen Fehmarnsundquerung wird die Schifffahrtsrinne im Fehmarnsund, mit Ausnahme während der 12 Absenkvorgänge, für die Schifffahrt geöffnet bleiben. Während jedes Absenkvorgangs wird der Fehmarnsund für ca. 48 Stunden gesperrt. Abhängig von Wettereinflüssen sind die Absenkvorgänge nach dem Ausschwimmen dreier Elemente mit einem Abstand von wenigen Wochen zueinander vorgesehen.

Die Schifffahrtsrinne wird während der Bagger- und Verfüllarbeiten für den Tunnelgraben mehrfach umverlegt. Diese Umverlegungen werden zwischen Phase 3 und Phase 13 durchgeführt.

Tourismus-, Freizeitschifffahrt und Fischereibetrieb sind während der gesamten Bauzeit im ausgetonnten Arbeits- und Sicherheitsbereich untersagt. Die genauen Regelungen für die Schifffahrt werden während der Bauzeit direkt mit der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung koordiniert.

#### **9.5 Baustellenlogistik**

Um die Belastung der öffentlichen Straßen durch den Baustellenverkehr zu begrenzen, wird die Materialversorgung der Baustelle, sofern möglich, über den Arbeitshafen abgewickelt.

Nichtsdestotrotz fallen durch die Abfuhr von Bodenmaterial für die Weiterverwendung oder Entsorgung, Lkw-Transporte an. Zusätzliche Transporte entstehen durch die Beförderung von Frischbeton vom Baufeld Großenbrode nach Fehmarn und von Erdaushub in entgegengesetzte Richtung, was den Verkehr auf der B 207 zwischen Großenbrode und Avendorf/Strukkamp bauzeitlich erhöht.

Für den Abtransport von Bodenmaterial vom Baufeld Fehmarn zum Baufeld Großenbrode oder zur externen Verwertung sind Lkw-Fahrten über die gesamte Bauzeit erforderlich stattfinden.

#### **9.6 Bodenmanagement**

Die beim Bau anfallenden Erdmassen werden im Sinne eines effizienten Bodenmanagements verwertet oder, wo notwendig, einer umweltgerechten Entsorgung zugeführt. Die nachfolgende Zusammenfassung des Bodenmanagements stellt zugleich die Grundlage des BoVEK (Unterlage 38) dar und berücksichtigt die Vorgaben des Bodenschutzkonzepts (Unterlage 39).



Der Aushub wird nach zwei Hauptkategorien eingeteilt:

- *Trockenaushub*, etwa aus dem bauzeitlichen Trockendock (zum Teil) sowie den Baugruben für die Trog- und Tunnelbauwerke in offener Bauweise und dem Abtrag des Dammes auf Fehmarn
- *Nassaushub*, der aus dem Aushub des Absenkgraben sowie dem Trockendock (zum Teil) generiert wird.

Die anfallenden Erdmassen werden gemäß den Ergebnissen der Baugrunderkundung in vier Hauptbodenarten zusammengefasst. Die Zusammenfassung orientiert sich an der Empfehlung zur Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials durch den Geotechnischen Sachverständigen BBI und dem vorgesehenen Einsatzzweck zur Wiederverwendung innerhalb des Baufelds. Die unterschiedenen Hauptbodenarten sind:

- *Oberboden (OH, OU):* Durchwurzelungsschicht mit organischem Anteil
- *Sand/ sandige Böden (SE, SU, SU\*, SI, GW, GI, GE, GU):* Rollige Böden mit Sand oder Kies als Hauptbestandteil. Da Kies nur in untergeordneten Mengen anzutreffen ist, wird dieser hier mit einbezogen.
- *Geschiebemergel (SU\*, ST\*, UL, UM, TL, TM):* Geschiebemergel mit dominantem Schluff, Sand- oder Tonanteil; kein Geschiebemergel mit Tarraston
- *Tarraston (TL, TM, TA):* Tarraston grün, Tarraston braun und Geschiebemergel mit Tarraston.

Nachrangig, das heißt kleinräumig oder in Bändern vorkommende Bodenarten wie Beckenschluff, Geschiebelehm und Ton werden der umgebenen Bodenart, im Falle gering mächtiger Bänder, oder dem Tarraston als Sammelart für schlecht wiederverwendbaren Boden zuge schlagen.

In der Tabelle 9-2 sind die Aushubmengen, nach den Hauptbodenarten aufgeteilt, gelistet. Hinzu kommen technisch beeinflusste Böden durch den Schlitzwandbau. Der Trockenaushub umfasst insgesamt ca. 2.891.500 m³ und der Nassaushub ca. 3.094.000 m³.

Tabelle 9-2: Aushubmengen nach Bodenart (Mengen in-situ, auf 500 m³ gerundet)

<b>Aushubbodenart</b>	<b>Trockenaushub [m³]</b>	<b>Nassaushub [m³]</b>
Oberboden	671.000	0
Sand/ Sandige Böden	429.500	592.000
Geschiebemergel	1.103.500	1.742.000
Tarraston	440.500	760.000
Schlitzwandaushub	247.000	0
<b>Gesamtaushubmenge [m³]</b>	<b>2.891.500</b>	<b>3.094.000</b>

Für die anfallenden Baumaßnahmen, insbesondere die Auffüll- und Verfüllarbeiten, werden insgesamt ca. 3.958.500 m³ Bodenmaterial und erdtechnische Sonderbaustoffe benötigt. Sofern technisch verwendbar, erfolgt eine priorisierte Wiederverwendung des Aushubmaterials. In Tabelle 9-3 werden die Einbaumengen der unterschiedlichen Einbaustoffe aufgeführt. Nicht enthalten sind hier Steinmengen für die Wiederherstellung des geogenen Riffs im Bereich des Absenkgrabens und der Riffkompensationsmaßnahme außerhalb des Baufelds.

Tabelle 9-3: Gesamtbodenbedarf nach Bodenart (Mengen in-situ, auf 500 m³ gerundet)

<b>Einbaubodenart</b>	<b>Trockeneinbau [m³]</b>	<b>Nasseinbau [m³]</b>
Oberboden	394.000	0
Sand/ Sandige Böden	177.000	614.000
Geschiebemergel	425.500	12.000
Sand/Mergel	1.055.000	0
Ankerschutz (Steine)	0	109.000
Grobkies/ Schottertragschicht	420.000	260.000
Feinkies	0	384.500
Sonstiges	13.500	0
Sonderbaustoffe	34.500	59.500
<b>Gesamteinbaumenge [m³]</b>	<b>2.519.500</b>	<b>1.439.000</b>

Die im Zuge des Projekts bei den Nassaushüben des Tunnelgrabens sowie des Trockendocks anfallenden Bodenmassen, die aufgrund ihrer geotechnischen oder chemischen Eigenschaften nicht wiederverwendet werden können, sollen östlich der Insel Fehmarn in der Ostsee verbracht werden. Ein begleitendes Monitoring ist vorgesehen, um die fachgerechte Durchführung der Maßnahme zu unterstützen und sicherzustellen, dass künftig definierte Schwellenwerte nicht überschritten werden (siehe Nassbaggergutverbringungskonzept in Unterlage 42.02). Sandige Böden werden mit Blick auf eine spätere Verwendung im PFA FSQ wie auch anderen PFA auf dem Baufeld Großenbrode aufgespült (vgl. Kapitel 8.6).

Trocken ausgehobenes Bodenmaterial wird bevorzugt zur Wiederverwendung zwischengelagert. Material, das aus geotechnischer Sicht für die Baumaßnahmen im PFA FSQ ungeeignet ist - hierzu zählt beispielsweise der Tarraston und sämtliche bindigen Bodenschichten des Nassaushubs (vgl. Wiederverwendungsmatrix von BBI in Unterlage 41.40.001) - wird von der Baustelle exportiert. Das heißt, es wird anderen Maßnahmen zur Wiederverwendung zur Verfügung gestellt oder entsorgt (siehe Unterlage 38.02 für den Trockenaushub), bzw. der Nassaushub auf der Nassbaggergutverbringfläche abgelagert.

Im PFA FSQ können die Bedarfe an Verfüllmaterialien mittels der zwischengelagerten Aushübe gedeckt werden. Auch der landseitige Bedarf an Sand für Erdbauzwecke wird durch den aufgespülten Sandaushub gedeckt. Die Tabelle 9-4 stellt eine Übersicht über die Wiederverwendung und die Exportmengen des Bodenaushubs dar. Die ca. 236.500 m³ Sandexport (in-situ Menge; getrocknet, aber aus dem Sund stammend) für den Export in andere PFA sind noch in der Abstimmung.

Sollte keine Verwendung in anderen PFA möglich sein, so werden diese Massen ebenfalls verklappt. Einbaumengen, die nicht durch eigene Bodenmengen abgedeckt werden können, müssen von Extern zugekauft werden (siehe Tabelle 9-5). Hierzu zählen z. B. der marine Sand und Kies für die Verfüllung des Absenkgrabens, Kies und Schotter für Tragschichten, Gleisschotter und Sonderbaustoffe.

Tabelle 9-4: Übersicht über die Exportmenge (Mengen in-situ, auf 500 m³ gerundet)

Überblick	Aushub [m³]	Wiederverwendet [m³]	Wiederverwendet andere PFA [m³]	Wiederverwendet [%]	Export [m³]	Export- menge [%]
Trocken	2.891.500	2.064.000	0	71	827.500	29
Nass	3.094.000	331.000	236.500	18	2.526.500	82
<b>Gesamt</b>	<b>5.985.500</b>	<b>2.395.000</b>	<b>236.500</b>	<b>44</b>	<b>3.354.000</b>	<b>56</b>

Tabelle 9-5: Übersicht über die Importmenge (Mengen in-situ, auf 500 m³ gerundet)

Überblick	Einbau [m³]	Wiederverwendet [m³]	Wiederverwendet [%]	Von Extern importiert [m³]	Importmenge [%]
<b>Gesamt</b>	<b>3.958.500</b>	<b>2.395.000</b>	<b>61</b>	<b>1.563.000</b>	<b>39</b>

Für die Wiederverwendung und Entsorgung von Aushubmaterial ist eine Einstufung der Schadstoffbelastung durchzuführen. Die örtliche Verteilung der erwarteten Schadstoffbelastung ist den Untersuchungsberichten zur Schadstoffbelastung von BBI in Unterlagen 41.28.001, 41.29.001 und 41.30.001 zu entnehmen und im Bodenmanagementkonzept mit dem geplanten Aushub verschnitten.

Um die Bodenaushübe für die zukünftige Verwendung zu lagern, werden sie auf Mieten mit Satteldächern aufgeschüttet. Insgesamt stehen für die Lagerung auf dem Festland ca. 427.000 m² und auf Fehmarn ca. 280.000 m² Lagerfläche zur Verfügung. Oberboden wird in i. m. 2 m hohen Mieten ohne Trennschicht auf dem bestehenden Oberboden gelagert. Andere Aushubmaterialien werden in i. m. 4 m hohen Mieten, inklusive einer 0,4 m starken Trenn- bzw. Dränschicht aus Geotextil und Material wie Kies, gelagert. Dieses Vorgehen erfolgt zum Schutz des anstehenden Oberbodens (siehe Unterlage 39.01.001). Die Oberbodenmieten werden bepflanzt und durch Entwässerungsgräben gegen Vernässung geschützt.

## 9.7 Bauzeitliche Wasserhaltung

Im Zuge der Baumaßnahme werden erforderliche Baugruben zur Herstellung der Tröge, Tunnel in offener Bauweise und dem Trockendock großflächig und in Tiefen bis zu -13,00 mNHN errichtet. Die Trockenhaltung dieser Baugruben erfolgt mittels offener Wasserhaltung und Schwerkraftbrunnen innerhalb der Baugruben (siehe hierzu auch Wasserwirtschaftliche Belange in Unterlage 27.02). Das anfallenden Schichten- und Oberflächenwasser wird dabei durch die topologische Ausrichtung in Richtung des Fehmarnsunds im freien Gefälle bzw. unterstützt durch Pumpen entwässert.

Aus tiefliegenden Trögen und Baugruben soll das Wasser mittels Tagwasserhaltung, das heißt in mehreren Pumpensämpfen gesammelt, in anliegende Gräben/Rohren gepumpt und in den Sund geleitet werden (vgl. bauzeitliches Entwässerungskonzept in Unterlage 49.03.003).

Die Entwässerung der Baugrube für zur Herstellung der Stützwand auf Fehmarn erfolgt über Drainageleitungen unter Zuhilfenahme von Pumpen, da dieser Bereich, anders als zuvor beschrieben, topologisch nicht in Richtung des Fehmarnsunds ausgerichtet ist. Anfallendes Schichten- und Oberflächenwasser werden mittels Drainageleitungen in das Gewässer Nr. 7 geleitet.

Die zu errichtenden Baugruben mitsamt des vorgesehenen Verbaus stellen ein wasserundurchlässiges Hindernis für die natürliche Grundwasserströmung dar. Aufgrund der geringen natürlichen Strömung haben die Baumaßnahmen keinen signifikanten Einfluss auf das Grundwasserregime (vgl. Unterlage 27.02).

Eine Grundwasserabsenkung ist nicht vorgesehen, jedoch sind Entspannungsbohrungen im Laufe der Baugrubenaushübe und, sofern artesisch gespannte Linsen unter der Baugrundsohle angetroffen werden, durchzuführen. Das geförderte Wasser wird der bauzeitlichen Entwässerung zugeführt.

Das auf unbefestigten Bau- und Lagerflächen, befestigten Flächen und Baustraßen anfallende Niederschlagswasser wird in Gräben gefasst und überwiegend im freien Gefälle abgeleitet bzw. mittels Pumpen gefördert. Zur Ableitung des Oberflächenwassers werden die umliegenden Gewässer und der Sund genutzt, wobei die Einleitung in die umliegenden Gewässer gemäß Vorgabe der Gewässer- und Landschaftsverband (GULV) Wagrien-Fehmarn auf maximal 1,2 l/s x ha beschränkt ist. Dies entspricht der Vorgabe des GULV zur Einleitung in Verbandsgewässer im Projektgebiet entsprechend der landwirtschaftlichen Oberflächen- und Grabenverhältnissen. Daher erfolgt die Retention in Regenrückhalteräumen.

Für den Rückhalt werden einerseits RRB, welche auch für den Endzustand vorgesehen sind bzw. bereits bestehende RRB, genutzt und zusätzliche RRB, wie das RRB 7 (Festland) und das RRB 8 (Großenbrode), errichtet (vgl. Tabelle 9-6). Weiterhin werden im Planungsgebiet Sedimentationsanlagen positioniert, um das Oberflächenwasser, welches auf intensiv genutzten Bauflächen und in den Baugrubenbereichen anfällt, vorzubehandeln.

Anfallendes Prozesswasser der Betonmischanlage wird separat in Tanks bzw. Auffangwannen aufgefangen und mittels Abfuhr entsorgt. Anfallendes Niederschlagswasser und Oberflächenwasser auf der Fläche des Betonwerks bzw. auf Lagerflächen für Zuschlagsstoffe wird gezielt ab- und in die vorhandenen Sedimentationsanlagen eingeleitet, wobei kontinuierliche Qualitätskontrollen durchgeführt werden. Gleichmaßen ist mit dem Oberflächenwasser, welches in Bereichen mobiler Tankstellen anfällt, zu verfahren. Tropfmengen des Tankvorgangs werden in separaten Auffangbehältern gespeichert und anschließend entsorgt.

Das Trockendock stellt hinsichtlich der Lenz- und Flutungsvorgänge zur Herstellung und zum Ausschwimmen der einzelnen Tunnelelementen aufgrund seiner Dimensionen für die bauzeitliche Wasserhaltung ein besonderes Bauwerk dar. Die ca. 2,00 m mächtige Sohlschicht des Trockendocks, welche primär als Sauberkeits- und Foundationsschicht fungiert, wird ebenfalls als Regenwasserretentionsraum genutzt. Das Regen- und Sickerwasser wird über einen Pumpensumpf erfasst. Von dort erfolgt eine Durchleitung in mobile Auffangbecken zwecks Qualitätskontrolle und Rückhaltung möglicher Leichtflüssigkeiten infolge einer Baugerätehavarie. Die Becken entwässern dann in den Fehmarnsund.

Für den Lenzvorgang zur Entleerung des Trockendocks nach dem Ausschwimmen der einzelnen Tunnelelemente ist es notwendig leistungsstarke Pumpen einzusetzen, die eine Förderhöhe von ca. 17,00 m überbrücken und innerhalb kurzer Zeit (ca. 72 h) Wassermengen von ca.  $V = 850.000 \text{ m}^3$  fördern und in den Sund einleiten können. Vor Einleitung wird Wasser beprobt und ggf. bis zur Einhaltung der erforderlichen Einleitwerte gereinigt.

Durch die umlaufende Anordnung einer Einphasendichtwand wird im Bereich des Trockendocks der Zufluss von Grundwasser unterbunden.

Tabelle 9-6: Übersicht wasserrechtliche Antragsgegenstände Bauzustand

Lfd. Nr.	Antragsgegenstand	Bau- / Bahn-km [Strecken-Nr.]	Bezeichnung der Einleitstelle	Koordinaten der Einleitstelle DBREF	Gewässer [Ordnung]	Menge [l/s]	Bemerkung	Angeschlossene Fläche [ha]
1	Einleitstelle Bahn	172,9	G-1	4441748 / 6029737	Ostsee-Fehmarnsund	915	-	25,07
2	Einleitstelle Bahn	171,3	G-2	4441264 / 6028209	Gewässer Nr. 1 (2. Ordnung)	7	Rückhaltung über bestehenden Teich	5,26
3	Einleitstelle Bahn	170,5	G-3	4440426 / 6027883	Großenbroder Aue	732	-	8,31
4	Einleitstelle Bahn (RRB 7 und Retentionsbodenfilterbecken)	171,9	G-5	4441019 / 6028959	Gewässer Nr. 5 (2. Ordnung)	20	Rückhaltung über RRB7 und Behandlung durch vorgeschaltetes Retentionsfilterbecken (G7-BZ)	16,21
5	Einleitstelle Bahn	172,9	G-6	4441502 / 6029661	Ostsee-Fehmarnsund	142	-	2,82
6	Einleitstelle Bahn	174,4	F-1	4442481 / 6031020	Ostsee-Fehmarnsund	1097	-	27,94
7	Einleitstelle Bahn	175,3	F-4	4442619 / 6032087	Gewässer Nr. 7.3	15	Rückhaltung über RRB8	12,56
8	Einleitstelle Straße	0+710	GS-4/G-4	4440839 / 6028324	Gewässer Nr. 5.1.1 (2. Ordnung)	s. Betriebszustand	Retentionsbodenfilteranlage 1 (dimensioniert für Betriebszustand)	s. Betriebszustand
9	Einleitstelle Straße	1+452	GS-7	4441230 / 6028900	Gewässer Nr. 5 (2. Ordnung)	s. Betriebszustand	Rückhaltung über RRBS-2 (dimensioniert für Betriebszustand)	s. Betriebszustand
10	Einleitstelle Straße	0+920	GS-5	4441245 / 6028266	Gewässer Nr. 1 (2. Ordnung)	2	Rückhaltung über RRBS-5 (dimensioniert für Betriebszustand)	1,6
11	Einleitstelle Straße / Bahn	5+474 / 176	F-12/F2	4443037 / 6032605	Gewässer Nr. 7 (2. Ordnung)	14	Straße: Rückhaltung über RRBS-6 (dimensioniert für Betriebszustand), Bahn: Drosselung über Grabenführung / Rigolen	11,5
12.1	Durchlass Fehmarn	175,96	F-12	4443207 / 6032391	Gewässer Nr. 7 (2. Ordnung)	-	ca. ab Bauphase 5	-
12.2.1	Änderung/Umverlegung Gewässer 7.9	175,7 - 175,96	-	-	-	-	ca. ab Bauphase 2	-
12.2.2	Änderung/Umverlegung Gewässer 7	175,96 - 176,29	-	-	-	-	ca. ab Bauphase 2	-
13	Änderung/Umverlegung Gewässer 7.1.1	176,3	-	Durchlass	-	-	Neubau als verrohrtes Gewässer, Dauer 364 d	-
14	Großenbrode, offene Bauweise	171,5+47 bis 171,8+99	G-1	-	Ostsee-Fehmarnsund	-	Dauer: 430 d	-
15	Großenbrode, Trog Schlitzwand	171,8+99 bis 172,2+25	G-1	-	Ostsee-Fehmarnsund	6	Dauer: 650 d	-
16	Großenbrode, Trockendock	172,2+03 bis 172,9+17	G-1	-	Ostsee-Fehmarnsund	81	Dauer: 1450 d	-
17	Fehmarn, Tunnel offene Bauweise (ToB)	174,6+81 bis 174,8+57	F-1	-	Ostsee-Fehmarnsund	7	Dauer: 370 d	-
18	Fehmarn, gemeinsamer Trog Straße & Bahn	174,8+57 (4+378 ) bis 175,0+69 (4+585)	F-1	-	Ostsee-Fehmarnsund	8	Dauer: 220 d	-
19	Fehmarn, Trog Straßenstrecke	4+585 bis 4+863	F-1	-	Ostsee-Fehmarnsund	7	Dauer: 650 d	-
20	Fehmarn, Trog Bahnstrecke	175,0+69 bis 175,6+07	F-1	-	Ostsee-Fehmarnsund	7	Dauer: 820 d	-

Lfd. Nr.	Antrags-gegenstand	Bau- / Bahn-km [Strecken-Nr.]	Bezeichnung der Einleitstelle	Koordinaten der Einleitstelle DBREF	Gewässer [Ordnung]	Menge [l/s]	Bemerkung	Angeschlossene Fläche [ha]
21	Fehmarn, Rückverankerung Stützwand	175,6+07 bis 175,8+09	F-12/F-2	-	Gewässer Nr. 7 (2.Ordnung)	2	Dauer: 150 d	-

## 9.8 Bauzeitliche Immissionen

### 9.8.1 Geräuschimmission während der Bauausführung

Die Beurteilung des Baulärms während der Bauphase erfolgt auf Grundlage der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen (AVV Baulärm).

Für die Beurteilung wurden verschiedene Bauphasen unterschieden. Zusätzlich wurde der geschätzte Lkw-Verkehr auf den Baustraßen sowie der Betrieb auf den Baustelleneinrichtungsflächen einbezogen.

Der Betrieb der Baustelle soll von 6:00 – 22:00 Uhr stattfinden. Marine (Erd-)Arbeiten u.a. die Nassbaggerarbeiten müssen in einem 24-h-Betrieb erfolgen. Bestimmte landseitige Arbeiten, wie z.B. Betonage, müssen ebenfalls bau- und herstellungsbedingt im Nachtzeitraum erfolgen. Dabei handelt es sich um keine besonders lärm- und erschütterungsintensiven Arbeiten. Die Betriebsdauer von lärmintensiven Baumaschinen wird auf ein Minimum reduziert, besonders während der Nachtkernzeit. Wenn möglich, sollen die lärmintensiven Bauarbeiten im Tageszeitraum stattfinden. Es wird der Einsatz von lärmarmen Baugeräten geprüft.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass Überschreitungen der jeweils geltenden Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm zu erwarten sind. Tatsächliche Überschreitungen durch die Baumaßnahme, die Notwendigkeit und der Umfang von Schutzmaßnahmen werden insbesondere vom tatsächlichen Bauablauf und den zur Ausführung kommenden Baugeräten abhängen. Die erforderlichen Schutzmaßnahmen werden vorgesehen.

Weitere Details können der Unterlage 21.8 entnommen werden.

Mit der vorliegenden Planung wird den rechtlichen und normativen Anforderungen entsprochen. Die endgültigen Bewertungen und Festlegungen werden vorgenommen, sobald durch den Auftragnehmer detailliertere Informationen zu den Bauabläufen und dem Geräteeinsatz vorliegen.

### 9.8.2 Erschütterungen während der Bauausführung

Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) soll jede Baustelle so geplant oder eingerichtet und betrieben werden, dass Erschütterungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind. Demgemäß werden die mit den Bauleistungen beauftragten Unternehmen dahingehend vertraglich verpflichtet, dass sie ausschließlich Bauverfahren und Baugeräte einsetzen, die dem (fortschreitenden) Stand der Technik entsprechen.

Im Rahmen der Erschütterungsprognose wurde geprüft, ob die aus dem Baubetrieb resultierenden Erschütterungsimmissionen zu erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden im Sinne der DIN 4150-2 oder zu Schäden an baulichen Anlagen im Sinne der DIN 4150-3 führen können.



Als erschütterungsintensivsten Baumaßnahmen im Bereich der Fehmarnsundquerung wurden lediglich die Arbeiten auf dem Festland bzw. der Insel Fehmarn betrachtet. Der Tunnelbau dazwischen ist aus bauerschütterungstechnischer Sicht nicht relevant, da hier das Einsetzen von Fertigbauelementen keine großen Erschütterungseinwirkungen erwarten lassen.

Es wurden die Herstellung der Oberleitungsmasten, Brückenpfeiler, Trog-, Trockendock- und LSW mittels Schlagramme, die Verdichtung mittels Vibrationswalze im Bereich der neuen bzw. zu ändernden Wege und im Gleisbereich sowie die Herstellung von Bohrpfahlwänden untersucht. Die Arbeiten sind vorsorglich für den Tag und den Nachtbereich betrachtet worden.

Auf Grundlage von Gebäudeübertragungsfunktionen, die auf statistischen Auswertungen von Messungen, die im Rahmen des Bauvorhabens durchgeführt wurden, beruhen, sind zunächst flächendeckende Ausbreitungsberechnungen durchgeführt worden. Anhand von Ausbreitungskurven in Abhängigkeit von den Abstandsverhältnissen können für die jeweiligen Baumaßnahmen differenziert für typische Räume in Gebäuden Grenzabstände ermittelt werden, innerhalb derer nicht ausgeschlossen werden kann, dass es zu Überschreitungen der relevanten Anforderungswerte kommen wird. Soweit sich Objekte außerhalb der rechnerisch ermittelten Grenzabstände befinden, kann mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass aus Sicht des Erschütterungsschutzes keine Konflikte zu erwarten sind.

Erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden durch den Einsatz der Schlagramme am Tag können für Gebäude, die in einem Abstand von mehr als 123 m vom Einsatzort der Ramme entfernt liegen, ausgeschlossen werden. Ab diesem Abstand wird die Einhaltung des hier nach EBA-Verfügung anzuwendenden, unteren Anhaltswerts der Stufe II nach DIN 4150-2 gewährleistet. In der Nacht sind gebietsabhängig die Anhaltswerte bis zu einer Entfernung von 450 m (bei Wohngebieten) bzw. 370 m (bei Mischnutzung) überschritten.

Im Bereich Struckamp und auch im nordwestlichen Bereich von Großenbrode verläuft die Trasse im geringen Abstand zur Bebauung. Auf Grund der Lage der Bebauung und der Lage der geplanten Masten ist hier ein alternatives Bauverfahren anzuwenden. In den übrigen Bereichen mit Bebauung innerhalb der oben angegebenen Korridorbreiten sollte auf nächtliche Rammarbeiten nach Möglichkeit verzichtet werden oder diese auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Sofern die unteren Anhaltswerte nicht eingehalten werden können, sind die erforderlichen Arbeiten zeitlich zu beschränken und gegebenenfalls weitere individuelle Maßnahmen vorzusehen. Soweit nächtliche Arbeiten in Siedlungsbereichen erforderlich werden sollten, können baubegleitende Messungen zur Überwachung der Erschütterungsimmissionen in nahegelegenen Gebäuden sachgerecht sein.

Erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden durch den Einsatz der Vibrationswalze am Tag können für Gebäude, die in einem Abstand von mehr als 55 m vom Einsatzort der Walze entfernt liegen, ausgeschlossen werden. Ab diesem Abstand wird der hier nach EBA-Verfügung anzuwendende untere Anhaltswert der Stufe II nach DIN 4150-2 eingehalten. In der Nacht sind gebietsabhängig die Anhaltswerte bis zu einer Entfernung von 220 m (bei Wohngebieten) bzw. 185 m (bei Mischgebieten) überschritten.

Auch hier sollte innerhalb der ausgewiesenen Grenzabstände auf nächtliche Arbeiten verzichtet werden oder diese auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Ebenso ist hier in Großenbrode gegebenenfalls eine zeitliche Beschränkung der reinen Walzarbeiten am Tag denkbar.

Bohrpfahlwände sind im Bereich der Trog- und der Trockendockwände vorgesehen. Darüber hinaus wurden die Bohrpfahlwände auch als gegebenenfalls erforderliche alternative Bauweise bei den Mastgründungen mitbetrachtet. Beim Einbringen der Bohrpfähle mittels eines Bohrgerätes kann ab einem Abstand von 13 m der hier nach EBA-Verfügung anzuwendende untere Anhaltswert der Stufe II nach DIN 4150-2 am Tag eingehalten werden. In der Nacht sind gebietsabhängig die Anhaltswerte bis zu einer Entfernung von 80 m (bei Wohngebieten) bzw. 60 m (bei Mischgebieten) überschritten.

Auch hier sollte innerhalb der ausgewiesenen Grenzabstände auf nächtliche Arbeiten verzichtet werden oder diese auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Ebenso gilt hier, dass, soweit nächtliche Arbeiten erforderlich werden sollten, baubegleitende Messungen zur Überwachung der Erschütterungsimmissionen in nahegelegenen Gebäuden erforderlich sein könnten.

Gebäudeschäden im Sinne der DIN 4150-3 sind während der geplanten Arbeiten und bei Einhaltung der ermittelten Grenzabstände nicht zu erwarten.

Weitere Details können der Unterlage 25.5 entnommen werden.

### **9.8.3 Licht während der Bauausführung**

Für den Betrieb der Baustelle, auf der Geräteeinsatz und manuelle Tätigkeiten stattfinden, ist eine ausreichende Beleuchtung aus Sicherheitsgründen zwingend erforderlich. Diese Beleuchtung wird mit dem Baufortschritt räumlich variieren, sodass nicht alle Bereiche durchgehend beleuchtet sein werden. Eine detaillierte Untersuchung der Beleuchtung ist derzeit nicht möglich, da die konkrete Ausgestaltung in Art und Umfang noch nicht festgelegt ist. Dies hängt wesentlich mit der Anordnung der Baustellenflächen unterschiedlicher Nutzung zusammen, die derzeit nur grob abzuschätzen ist.

Die genaue Planung der Beleuchtung obliegt der Ausführungsplanung. Dabei sind die Vorgaben zum Arbeitsschutz gemäß den einschlägigen Normen und Richtlinien strikt einzuhalten.

Um Auswirkungen für die Nachbarschaft durch Lichtimmissionen zu minimieren, wird bei der Aufstellung darauf geachtet werden, dass die Scheinwerfer möglichst nach unten ausgerichtet werden, um eine Blendung zu verhindern.

Für die Beleuchtung von Baustelleneinrichtungs- und Lagerflächen sowie Parkplätzen im Bereich der geplanten Unterkünfte und des Arbeitshafens, für die voraussichtlich während der gesamten Bauphase eine Beleuchtung erforderlich ist, kommen zum Schutz lichtempfindlicher Tiergruppen der Einsatz von Leuchten mit einer Farbtemperatur von 3.000 bis 3.500 K zum Einsatz.

Verweise auf einschlägige Normen und Richtlinien:

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Baustellenverordnung (BaustellV)
- DIN EN 12464-2: Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 2: Außenarbeitsplätze.

Weitere Details können der Unterlage 23 entnommen werden.

Mit der vorliegenden Planung wird sichergestellt, dass den rechtlichen und normativen Anforderungen entsprochen wird. Die endgültigen Bewertungen und Festlegungen werden

vorgenommen, sobald in der Ausführungsplanung detailliertere Informationen zur Anordnung der Baustellenflächen und zur Ausgestaltung der Beleuchtung vorliegen.

#### **9.8.4 Staub während der Bauausführung**

Durch die großen Bodenmengen, die bauzeitlich ausgehoben und innerhalb sowie zwischen den Baufeldern transportiert werden, kann es insbesondere in sommerlichen und trockenen Wetterperioden zu einer vermehrten Staubbildung kommen. Die bisher ermittelten Hauptverursacher sind:

- Staubentwicklung durch Bodenaushub, Transport und Ablagerung (trocken)
- Staubentwicklung durch vorhandene Bodenlagerflächen
- Staubentwicklung durch die Anlieferung von Sand als Verfüllmaterial und als Zuschlagstoff für die Betonherstellung (baustelleninterner Transport über Förderband).

Zur Reduzierung der Staubimmissionen werden u.a. folgende Methoden eingesetzt: Das Binden des Staubs auf den Bodenlagerflächen durch Befeuchtung von Baustraßen und BE-Flächen bei trockener Witterung sowie Reifenwaschanlagen für Baustellenfahrzeuge, um Verschmutzung öffentlicher Straßen und sekundärer Straßen und Wege entgegenzuwirken. Diese Maßnahmen, und ggf. weitere in der Ausführung festzulegende Maßnahmen, werden bedarfsgerecht flexibel eingesetzt.

Bei der Betrachtung der Maßnahmen zur Staubreduzierung muss auch die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur vermiedenen Immission berücksichtigt werden. Es ist abzuwägen, wo der beste Kosten-Nutzen-Faktor erreicht werden kann und welche Arbeiten tatsächlich kritisch werden. Auf dieser Grundlage wird in der Ausführungsplanung ein Konzept erarbeitet, das die Staubimmissionen im Bedarfsfall reduziert.

Verweise auf einschlägige Normen und Richtlinien:

- Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft)
- Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)
- DIN 19731: Umgang mit Bodenmaterial.

Mit der vorliegenden Planung wird sichergestellt, dass den rechtlichen und normativen Anforderungen entsprochen wird. Die endgültigen Maßnahmen zur Staubreduzierung werden festgelegt, sobald detailliertere Informationen zu den Bauabläufen und den zu erwartenden Staubemissionen vorliegen.

## **10 Zusammenfassung der Belange des Umweltschutzes**

Im Folgenden werden die das Vorhaben betreffenden Belange des Umweltschutzes zusammengefasst. Nach einer Darstellung des maßgeblich betroffenen Fachrechts und einer Zusammenfassung der Ergebnisse des Variantenvergleichs nach UVPG a.F. erfolgt die Aufzählung der vorgesehenen Vermeidungs-, Minderungs-, Ausgleichs-, Ersatz- und sonstiger kompensatorischer Maßnahmen, unter dessen Berücksichtigung dann die verbleibenden Umweltwirkungen beschrieben werden. Abschließend erfolgt eine umweltrechtliche Bewertung unter den Teilaspekten UVPG a.F., naturschutzrechtliche Eingriffsregelung, Natura 2000, Landschafts-, Natur- und Artenschutz sowie Immissionsschutz.

Die ausführliche Behandlung der verschiedenen Themenkomplexe erfolgt in eigenständigen Berichten, die Teil der Planfeststellungsunterlagen sind. Auf die jeweilige Unterlagennummer wird in den entsprechenden Kapiteln verwiesen. Die folgenden umweltfachlichen Unterlagen dienen dabei als maßgebliche Quellen:

- Unterlage 16 - Umweltverträglichkeitsstudie
- Unterlage 17 - Landschaftspflegerischer Begleitplan
- Unterlage 18 - NATURA-2000-Verträglichkeitsstudien
- Unterlage 19 - Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag
- Unterlage 20 - Fachbeitrag Wasserrahmenrichtlinie.

### **10.1 Betroffenes Fachrecht**

Als Beurteilungsmaßstäbe sind die einschlägigen Fachgesetze des Bundes und des Landes Schleswig-Holstein einschließlich ihrer nachgeordneten Verwaltungsvorschriften und Verordnungen in ihren jeweils aktuellen Fassungen anzuwenden. Folgende Gesetze sind maßgeblich relevant:

- Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) / Landesnaturschutzgesetz Schleswig-Holstein (LNatSchG SH)
- Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG)
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)
- Denkmalschutzgesetz Schleswig-Holstein (DSchG SH)
- Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG)
- Bundeswaldgesetz (BWaldG)
- Landeswaldgesetz (LWaldG SH).

Zur Berücksichtigung europarechtlicher Vorschriften sind darüber hinaus der NATURA-2000-Gebietsschutz (FFH-RL, VS-RL) sowie die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und die Meeresstrategie richtlinie (MSRL) zu beachten. Die entsprechenden Fachgutachten finden sich in den Unterlagen 18 (Natura 2000-Gebietsschutz), 20 (WRRL-Fachbeitrag) und 50 (MSRL-Fachbeitrag).

#### **10.1.1 Übereinstimmung mit den Erfordernissen von Raumordnung und Landesplanung**

Der Landesentwicklungsplan 2021 [69] legt den deutschen Teil des überregionalen Verkehrsweges entlang der A 1 von Hamburg über Fehmarn nach Kopenhagen und Malmö als Landesentwicklungsachse fest. Nach dem Landesentwicklungsplan ist es ein Ziel der Raumordnung, die Feste Fehmarnbeltquerung möglichst umweltgerecht zu realisieren. Darüber

hinaus wird als Grundsatz definiert, dass ein adäquater Ausbau der regionalen Verkehrsinfrastruktur im Verbund mit den nationalen und europäischen Verkehrsinfrastrukturen angestrebt wird.

Nach den Darstellungen des Regionalplans [62] hat der Ausbau der Vogelfluglinie als kürzeste Verbindung zwischen dem Kontinent und Skandinavien als Bestandteil des Transeuropäischen Netzes für den Planungsraum II und über diesen hinaus eine große Bedeutung. Die Realisierung einer Festen Fehmarnbeltquerung ist ein Schlüsselprojekt der schleswig-holsteinischen Landesregierung.

### **10.1.2 Umweltverträglichkeitsstudie (UVS)**

Es handelt es sich um ein Vorhaben gem. § 3 Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung vom 29.05.2017 (UVPG), Anlage 1 Nr. 14.3 („Bau einer Bundesautobahn oder einer sonstigen Bundesstraße, wenn diese eine Schnellstraße im Sinne der Begriffsbestimmung des Europäischen Übereinkommens über die Hauptstraßen des internationalen Verkehrs vom 15.11.1975 ist“) bzw. 14.7 („Bau eines Schienenweges von Eisenbahnen mit den dazugehörigen Betriebsanlagen einschließlich Bahnstromfernleitungen“). Demnach löst das Vorhaben gem. Anlage 1 die Pflicht zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung aus.

Gemäß § 74 Abs. 2 Nr. 1 UVPG sind Verfahren nach der Fassung dieses Gesetzes, die vor dem 16.05.2017 galt, zu Ende zu führen, wenn vor diesem Zeitpunkt das Verfahren zur Unterrichtung über voraussichtlich beizubringende Unterlagen in der bis dahin geltenden Fassung des § 5 Abs. 1 UVPG eingeleitet wurde (sog. Scoping). Ein Scoping-Termin wurde am 11.09.2015 durchgeführt, so dass das UVPG in der vor dem 16.05.2017 gültigen Fassung zur Anwendung kommt.

Die Umweltverträglichkeitsstudie ist in Unterlage 16 beigelegt.

### **10.1.3 Eingriffe in Natur und Landschaft**

Die Umsetzung des Vorhabens ist mit Eingriffen in Natur und Landschaft nach dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) verbunden. Gem. § 14 Abs. 1 BNatSchG sind Eingriffe in Natur und Landschaft Veränderungen der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen oder Veränderungen des mit der belebten Bodenschicht in Verbindung stehenden Grundwasserspiegels, welche die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts oder das Landschaftsbild erheblich beeinträchtigen können. Der Begriff Naturhaushalt umfasst nach § 7 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG die Naturgüter Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Luft und Klima sowie das Wirkungsgefüge zwischen ihnen.

Seit dem 3.04.2020 ist die Bundeskompensationsverordnung (BKompV) in Kraft. Sie regelt die Vermeidung und Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft im Zuständigkeitsbereich der Bundesverwaltung. Diese Verordnung wird zur Operationalisierung der Naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung angewendet.

Der Landschaftspflegerische Begleitplan ist in Unterlage 17 beigelegt.

#### 10.1.4 Artenschutz

Für die artenschutzfachliche Prüfung in Schleswig-Holstein werden die Vorgaben des Landesbetriebs Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (LBV sowie des Amtes für Planfeststellung Energie (AfPE) aus dem Jahr 2016 berücksichtigt. Zudem fließt der Umweltleitfaden des Eisenbahn-Bundesamtes zur eisenbahnrechtlichen Planfeststellung und Plange-  
nehmigung ein, insbesondere Teil V zur Behandlung besonders und streng geschützter Arten (Stand: November 2023, S. 4 ff.) [56]. Die relevanten speziellen artenschutzrechtlichen Verbote der nationalen Gesetzgebung sind in § 44 Abs. 1 BNatSchG vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 8. Dezember 2022 geändert worden ist, formuliert.

Nach § 44 Abs. 5 BNatSchG gelten unter bestimmten Voraussetzungen Einschränkungen der speziellen artenschutzrechtlichen Verbote. Wird durch CEF-Maßnahmen oder anderweitige Vermeidungsmaßnahmen keine Verbotsumgehung erreicht und damit ein oder mehrere Verbotstatbestände des § 44 BNatSchG ausgelöst, kann die Zulassung eines Vorhabens nur durch eine Ausnahme gem. § 45 Abs. 7 BNatSchG erfolgen, sofern die diesbezüglichen Ausnahmevoraussetzungen erfüllt werden.

Der Artenschutzrechtliche Fachbeitrag ist in Unterlage 19 einsehbar.

#### 10.1.5 NATURA 2000-Verträglichkeit

FFH-Gebiete (FFH = Fauna-Flora-Habitat) basieren auf Grundlage der Richtlinie 92/43/EWG und dienen der Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen („FFH-Richtlinie“) [57]. Sie sind gemeinsam mit europäischen Vogelschutzgebieten Teile des europäischen ökologischen Netzes „NATURA 2000“ (§ 31 BNatSchG). Als FFH-Gebiete werden Gebiete ausgewiesen, in denen in Anhang I der FFH-Richtlinie gelistete Lebensräume (FFH-Lebensraumtypen - LRT) oder Habitate der in Anhang II der FFH-Richtlinie benannten Tier- und Pflanzenarten vorhanden sind. Vogelschutzgebiete werden auf Grundlage der Richtlinie 2009/147/EG (VS-RL) ausgewiesen. Sie sind gemeinsam mit FFH-Gebieten Teil des Netzes „Natura 2000“ (§ 31 BNatSchG).

Auf Grundlage des § 34 Abs. 1 BNatSchG sind Projekte, die geeignet sind, ein NATURA 2000-Gebiet in seinen, für die Erhaltungsziele oder den Schutzzweck maßgeblichen, Bestandteilen erheblich zu beeinträchtigen, einer Prüfung der Verträglichkeit mit den Erhaltungszielen dieses Gebietes zu unterziehen.

Die Unterlagen zum Natura 2000-Gebietsschutz sind in Unterlage 18 einsehbar.

#### 10.1.6 Immissionsschutz

##### 10.1.6.1 Betriebsbedingter Schall

Die Untersuchungen zum betriebsbedingten Schall sind in Unterlage 21.04 einsehbar.

Beurteilungsgrundlage für betriebsbedingte Schallimmissionen der Bahnstrecke ist die Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV). Bei vorliegender Maßnahme handelt es sich nach § 1, Absatz 1 der 16. BImSchV um einen Neubau eines Schienenweges und in Anschlussbereichen zur bestehenden Trassenführung nach § 1, Absatz 2, Nummer 1 der 16. BImSchV um eine wesentliche Änderung eines Schienenweges, da der Schienenweg um ein Gleis baulich erweitert wird. Aus diesem Grund dürfen die von den Gleisanlagen



ausgehenden Schallimmissionen die Immissionsgrenzwerte nach § 2, Absatz 1 der 16. BImSchV nicht überschreiten.

Bezüglich der Bahn wird gemäß Bundestagsbeschluss vom 02.07.2020 eine Vollschutzlösung umgesetzt, d. h. es wird durch aktive Schallschutzmaßnahmen sichergestellt, dass nach Realisierung des Vorhabens die Immissionsgrenzwerte der Verkehrslärmschutzverordnung in der gesamten schutzbedürftigen Nachbarschaft eingehalten werden.

Beurteilungsgrundlage für betriebsbedingte Schallimmissionen der Bundesstraße B 207 ist ebenfalls die Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV). Bei vorliegender Maßnahme handelt es sich nach §1, Absatz 1 der 16. BImSchV um einen Neubau einer öffentlichen Straße und in Anschlussbereichen zu bestehenden Straßen nach §1, Absatz 2, Nummer 1 der 16. BImSchV um eine wesentliche Änderung, da die Straße um durchgehende Fahrstreifen baulich erweitert wird. Aus diesem Grund dürfen die von der Straße ausgehenden Schallimmissionen die Immissionsgrenzwerte nach § 2, Absatz 1 der 16. BImSchV nicht überschreiten. Weitere Details zum Straßenverkehrslärm und der Gesamtlärbetrachtung sind den Unterlagen 21.06 und 21.07 zu entnehmen.

Bezüglich relevanter Anlagengeräusche ist die TA Lärm [70] Beurteilungsgrundlage. Die Untersuchung zu Anlagengeräuschen ist in der Unterlage 21.09 einsehbar.

#### **10.1.6.2 Baubedingter Schall**

Die Untersuchungen zum baubedingten Schall sind in Unterlage 21.08 einsehbar.

Bezüglich des Baulärms sind die Anforderungen der AVV Baulärm [52] und die verfassungsrechtliche Zumutbarkeitsgrenze im Tag- als auch im Nachtzeitraum ( $> 70/60 \text{ dB(A)}$ )<sup>1</sup> Tag/Nacht) zu beachten.

#### **10.1.6.3 Unterwasserschall**

Die Untersuchungen zum Unterwasserschall sind in den Unterlagen 21.10 (Dauerschall) und 21.11 (Impulsschall) einsehbar.

Für die Beurteilung der Auswirkungen einer Störung bzw. Meidewirkung der marinen Fauna durch Unterwasser-Impulsschall ist derzeit das BMU-Schallschutzkonzept [51] heranzuziehen (Gebietsschutz) welches auf den Deskriptor 11.1 (Impulsschall) der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie – MSRL [72] abzielt.

Der Artenschutz mit Bezug auf Unterwasser-Impulsschall ist durch das einzuhaltende duale Lärmschutzwertkriterium des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) gegeben.<sup>2</sup>

Bezgl. des Unterwassers-Dauerschalls existiert derzeit keine verbindliche nationale oder europäische Regelung.

<sup>1</sup> Dezibel, bewertet mit Frequenzfilter A (Tag/Nacht)

<sup>2</sup> Der seit 2008 verbindliche Lärmschutzwert für Rammschall in Zulassungsbescheiden des BSH ist als duales Kriterium definiert. In einer Entfernung von 750 Metern zur Rammstelle dürfen folgende Grenzwerte nicht überschritten werden: ungewichteter Breitband-Einzelereignispegel von 160 dB; Spitzenpegel von 190 dB

#### 10.1.6.4 Elektromagnetische Felder

Die Untersuchungen zu elektromagnetischen Feldern sind in Unterlage 45.02 einsehbar.

Im Rahmen des Projekts zur Schienenanbindung der festen Fehmarnbeltquerung (FBQ) soll die Eisenbahnstrecke 1100 zwischen Bad Schwartau und Puttgarden im Zuge des Aus-/Neubaus elektrifiziert werden und im Bereich des Fehmarnsunds (PFA FSQ) zusammen mit der Straße durch den Fehmarnsundtunnel geführt werden. Die Oberleitungsanlage sowie die Mittelspannungsanlagen der Tunnel-Infrastruktur werden im Bereich des Fehmarnsundtunnels komplett neu errichtet. Dies hat zur Folge, dass sich die elektromagnetischen Felder (EMF) entlang der Trasse ändern/erhöhen.

Der Schutz der Nachbarschaft und Öffentlichkeit vor den niederfrequenten Feldern (16,7 Hz bei der Oberleitungsanlage bzw. 50 Hz bei der Tunnel-Infrastruktur) werden durch die sechsundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (26. BImSchV, Stand vom 14.08.2013) und die ihr nachgelagerten Regelungen und Vorschriften sichergestellt.

Zur Umsetzung dieser Vorschriften werden zunächst die maßgeblichen Immissions- und Minimierungsorte in den Einwirkungsbereichen der geplanten Oberleitungsanlage und der 11-kV-Mittelspannungsnetze ermittelt.

Daran anschließend erfolgt die Bewertung der elektromagnetischen Immissionen:

Aufgrund der Elektrifizierung ist von keinen gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch die magnetischen oder elektrischen Felder der erwarteten Größenordnung im Bereich der geplanten Trasse auszugehen. Die Grenzwerte der 26. BImSchV werden von den Immissionen durch die Oberleitungsanlage eingehalten. In den Kommunikationsräumen, im Kontrollraum und in den Küchen- und Pausenräumen sowie im Besprechungsraum Schiene werden die Grenzwerte der 26. BImSchV von den Immissionen durch die 11-kV-Mittelspannungsanlagen eingehalten. Die Untersuchung zur Berücksichtigung anderer Niederfrequenzanlagen oder ortsfester Hochfrequenzanlagen gemäß § 3 Abs. 3 der 26. BImSchV ergab, dass keine relevanten, zu berücksichtigenden ortsfesten Hochfrequenzanlagen im Projektbereich vorhanden sind.

Die immissionsrelevanten, stromtragenden Komponenten im Mittelspannungsraum des Betriebsgebäudeteils Straße sollten aber auf der dem Besprechungsraum abgewandten Raumseite installiert werden (Empfehlung), ansonsten ist ein expliziter Nachweis gemäß § 3 Abs. 3 der 26. BImSchV zur Überlagerung der Immissionen der Oberleitungsanlage (OLA) und der Komponenten im Mittelspannungsraum zu erbringen.

Zur zusätzlichen Immissionsminimierung trägt die Installation von Rückleiterseilen bei.

Für die feldverursachenden Komponenten in den Mittelspannungsräumen, Transformatorräumen, Niederspannungsräumen und Kabelräumen werden zur Vorsorge die Abstandsoptimierung, das Minimieren der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung und das Optimieren von Einspeisung und Abgängen der Niederspannungsverteilung empfohlen.

#### **10.1.6.5 Luftschadstoffe inkl. Feinstaub**

Die Luftschadstoffgutachten sind in Unterlage 24.01 (betriebsbedingt) und 24.02 (baubedingt) einsehbar. Betriebsbedingte Luftschadstoffimmissionen der B 207 werden gemäß den Anforderungen der 39. BImSchV beurteilt. Maßgeblich ist das Bundesimmissionsschutzgesetz.

Für die Beurteilung betriebs- und baubedingter Luftschadstoffimmissionen sind die Vorgaben der TA Luft [54] maßgeblich.

Betriebsbedingte Luftschadstoffimmissionen der B 207 werden vor und nach der Errichtung des geplanten Absenktunnels gemäß den Anforderungen der 39. BImSchV beurteilt. Maßgeblich ist das Bundesimmissionsschutzgesetz.

Die TA Luft enthält zwar Regelungen für den Betrieb von Anlagen, jedoch nicht für baubedingte Immissionen. Dennoch wird die TA Luft als Beurteilungsgrundlage herangezogen. Für den Betrieb einer Anlage sind keine speziellen Regelungen im Emissionsteil der TA Luft, Nr. 5.4 festgelegt, sodass in diesem Fall die Anforderungen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen (TA Luft, Nr. 4) zu beachten sind.

#### **10.1.6.6 Erschütterungen und sekundärer Luftschall**

Folgende Beurteilungsgrundlagen bezüglich bau- und betriebsbedingter Erschütterungen wurden zugrunde gelegt:

- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigung, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) in der aktuell gültigen Fassung,
- 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12.04.1990, in der aktuell gültigen Fassung,
- 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV) vom 04.02.1997, in der aktuell gültigen Fassung

sowie die DIN-Normen

- DIN 4150, Teil 1 „Erschütterungen im Bauwesen: Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Dezember 2022,
- DIN 4150, Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Juni 1999,
- DIN 4150, Teil 3 „Erschütterungen im Bauwesen - Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, Dezember 2016.

Die erschütterungstechnischen Untersuchungen sind in Unterlage 25 einsehbar.

### 10.1.6.7 Verschattung

Untersuchungen zur Verschattungssituation sind in Unterlage 22.02 einsehbar.

Es gibt in Deutschland derzeit weder eine ausdrückliche gesetzliche Grundlage, die einen Anspruch auf Minimalbesonnung festlegt, noch verbindliche Grenzwerte für die Beurteilung der Zumutbarkeit der Verschattung von Gebäuden und Grundstücken. Aktuell gibt es in Deutschland zwei gültige technische Normen, die sich dem Thema Besonnung annehmen:

- DIN 5034-1 (Juli 2021)
- DIN EN 17037 (März 2019).

Die DIN EN 17037 legt Mindestwerte für die Besonnung in einem eigenen Zeitraum im Jahr fest. Die DIN 5034-1 aus dem Jahre 2021 formuliert hingegen keine eigenen Mindestwerte für Besonnung und verweist hier auf die DIN EN 17037. Da die DIN EN 17037 einen in Deutschland anerkannten technischen und fachlichen Standard darstellt, wurde in der vorliegenden Untersuchung mangels rechtsverbindlicher Grundlagen hierzu auf diverse Randbedingungen der DIN EN 17037 zurückgegriffen.

### 10.1.6.8 Lichtimmissionen

Durch die künstliche Beleuchtung der Beleuchtungsanlagen für den Baustellenbetrieb als auch den späteren Regelbetrieb entstehen Lichtabstrahlungen, die über das Plangebiet hinaus an die Nachbarschaft abgegeben werden. Lichtimmissionen gelten gem. § 3 Abs. 2 des BImSchG als schädliche Umwelteinwirkungen, falls hieraus „Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft“ hervorgehen. Dabei sind sowohl Menschen als auch Tiere und Pflanzen als relevante Immissionsempfänger berücksichtigt.

Gesetzliche Anforderungen an Lichtimmissionen bestehen in Schleswig-Holstein zurzeit jedoch nicht. Als ausschließlich sachverständige Beurteilungshilfe, da es sich hierbei um keine rechtsverbindliche Beurteilungsgrundlage handelt, dient in der vorliegenden Untersuchung die Licht-Richtlinie „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [65].

Untersuchungen zu Lichtimmissionen sind in Unterlage 23.02 einsehbar.

### 10.1.7 Wasserrechtliche Belange

Das zugrunde zu legende Fachrecht für wasserrechtliche Belange betrifft national das Wasserhaushaltsgesetz sowie auf europäischer Ebene die Wasserrahmenrichtlinie sowie die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie.

#### 10.1.7.1 Wasserhaushaltsgesetz

Bezüglich des betroffenen Wasserrechts ist § 9 WHG [73] maßgeblich. Betroffen sind die folgenden wasserrechtlichen Benutzungstatbestände:

- |                  |   |
|------------------|---|
| § 9 Abs.1, Nr. 1 | Entnehmen und Ableiten von Wasser aus oberirdischen Gewässern |
| § 9 Abs.1, Nr. 2 | Aufstauen und Absenken von oberirdischen Gewässern            |

§ 9 Abs.1, Nr. 3	Entnehmen fester Stoffe aus oberirdischen Gewässern, soweit sich dies auf die Gewässereigenschaften auswirkt,
§ 9 Abs.1, Nr. 4	Einbringen und Einleiten von Stoffen in Gewässer, dauerhaftes Einleiten von Stoffen in Gewässer
§ 9 Abs.1, Nr. 4 und Nr. 5	Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Grundwasser während der Bauzeit
§ 9 Abs. 2, Nr. 1	Aufstauen, Absenken und Umleiten von Grundwasser durch Anlagen, die hierfür bestimmt oder geeignet sind

Die langfristige Sicherung der Funktionen des Wasserhaushalts, das heißt Wasser in ausreichender Quantität und Qualität zur Versorgung der Bevölkerung, der Vegetation und der Fauna zur Verfügung zu stellen, sowie die Erhaltung funktionsfähiger Wasserkreisläufe, soll durch die geplanten Aus- und Neubaumaßnahmen möglichst nicht beeinträchtigt werden. Hierbei gelten folgende Randbedingungen:

- Schutz bzw. Sicherung von Retentionsräumen
- Fließgewässer sollten der natürlichen Charakteristik entsprechen, Beeinträchtigungen der Gewässergüte und zusätzliche Belastungen sind zu vermeiden.
- Grundwasserbeeinträchtigungen, Einträge von Schadstoffen und Grundwasserabsenkungen sind zu vermeiden.
- Das gezielte Ableiten und Versickern von Oberflächenwasser bedarf gem. §§ 8ff Wasserhaushaltsgesetz (WHG) in Verbindung mit den einschlägigen Vorschriften der Landeswassergesetze der Länder einer behördlichen Erlaubnis.
- Die schadlose Einleitung von entnommenem Wasser in Oberflächengewässer erfolgt im Rahmen des Gemeingebrauchs nach § 25 WHG in Verbindung mit den einschlägigen Vorschriften der jeweiligen Landeswassergesetze.
- Für die Erteilung wasserrechtlicher Erlaubnisse zur Benutzung eines Gewässers ist gemäß § 19 WHG i. V. m. den einschlägigen Vorschriften der jeweiligen Landeswassergesetze das EBA als Planfeststellungsbehörde zuständig. Die Entscheidung ist im Einvernehmen mit der zuständigen Wasserbehörde zu treffen. Im Rahmen dieser Planfeststellung werden die erforderlichen wasserrechtlichen Genehmigungen, Erlaubnisse und Bewilligungen mit beantragt.

Darüber hinaus ist mit der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sowie der Meeresstrategierichtlinie (MSRL) europäisches Recht zu beachten.

Die wasserwirtschaftlichen Belange sind in Unterlage 27 dargelegt.

### 10.1.7.2 Wasserrahmenrichtlinie

Am 23.10.2000 trat die Richtlinie 2000/60/EG (insbes. Art. 4 WRRL) (geändert durch Richtlinie 2013/39/EU) des europäischen Parlaments und des Rates in Kraft. Die Richtlinie 2000/60/EG (insbes. Art. 4 WRRL) dient der „Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik“. Das Ziel der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist (Präambel, 19) „die Erhaltung und die Verbesserung der aquatischen Umwelt in der Gemeinschaft, wobei der Schwerpunkt auf der Güte der betreffenden Gewässer liegt“. Demnach formuliert die WRRL Umweltziele für Oberflächengewässer und Grundwasser (Artikel 4 WRRL).

Die Mitgliedsstaaten der EU sind dazu verpflichtet, die WRRL in nationales Recht umzusetzen und somit die erforderlichen Maßnahmen zum Erreichen der Umweltziele durchzuführen. Diese Umsetzung erfolgt in der Bundesrepublik Deutschland im Wesentlichen über das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) und die Grundwasserverordnung (GrwV). Im WRRL-Fachbeitrag (Unterlage 20) wird geprüft, ob das Vorhaben während der Bau- und Betriebszeit oder anlagebedingt die Wasserqualität der betroffenen Wasserkörper (genauer: deren biologische und chemische Qualitätskomponenten) beeinflusst und mit den Bewirtschaftungszielen nach § 44 i. V. m. §§ 27 bis 31 und §§ 47 WHG vereinbart werden kann.

Der Fachbeitrag zur Wasserrahmenrichtlinie ist in Unterlage 20 einsehbar.

### 10.1.7.3 Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie

Die Europäische Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL 2008/56/EG, zuletzt geändert durch die Richtlinie 2017/845/EU der Europäischen Kommission vom 17.05.2017) [72] fordert die Mitgliedstaaten auf, die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen, um spätestens bis zum Jahr 2020 einen guten Zustand der Meeresumwelt zu erreichen oder zu erhalten und vorrangig anzustreben, seinen Schutz und seine Erhaltung auf Dauer zu gewährleisten und eine künftige Verschlechterung zu vermeiden.

Die Vorgaben der MSRL wurden in den §§ 45a ff. WHG [73] umgesetzt. Die deutschen Meeresgewässer umfassen die Küstengewässer, die deutsche AWZ und den Festlandsockel (§ 3 Nr. 2a WHG). Nordsee und Ostsee sind nach § 45a Abs. 3 WHG gesondert zu bewirtschaften.

Die Prognose und Bewertung der Auswirkungen des Vorhabens „PFA Fehmarnsundquerung“ auf die wesentlichen Merkmale und Eigenschaften sowie Belastungen (vgl. Unterlage 50) zeigt, dass das Vorhaben den aktuellen Umweltzustand des Meeresgewässers Deutsche Ostsee nicht verschlechtert.

Das Vorhaben ist mit dem MSRL-Verbesserungsgebot vereinbar. Die Maßnahmen des MSRL-Maßnahmenprogramms, die zur Erreichung der Umweltziele festgelegt wurden, werden nicht beeinflusst und können weiterhin umgesetzt werden. Die Erreichung der Umweltziele und des guten Umweltzustands wird durch das Vorhaben nicht gefährdet.

Der Fachbeitrag zur Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie ist in Unterlage 50.02 einsehbar.



## 10.2 Ergebnisse des Variantenvergleichs zur Umweltverträglichkeitsstudie

Der UVS-Variantenvergleich ist in Unterlage 16, Kap. 14 dargelegt.

Die im Folgenden zusammengefasste Alternativenprüfung beschreibt in einem ersten Schritt die im Rahmen der Vorplanung bereits umfänglich untersuchten grundsätzlichen Lösungsmöglichkeiten für eine Fehmarnsundquerung für den Bahn- und Straßenfernverkehr und den dort vorgenommenen Variantenvergleich (Kap. 10.2.1). In einem nächsten Schritt erfolgt eine Neubewertung der bereits im Rahmen der Vorplanung identifizierten vier Hauptvarianten auf der methodischen Grundlage der aktuellen UVS orientierten Bewertungsmaßstäben, unter Berücksichtigung der aktuellen, umweltbezogenen Datengrundlagen und der für den Absenktunnel sowie für den Bohrtunnel erfolgten Aktualisierung und Vertiefung der technischen Planung (Kap. 10.2.2)

Darüber hinaus wurden mehrere untersuchte, planimmanente Variantenvergleiche dokumentiert, die im Rahmen der iterativen Planungsfortschritte der Antragsvariante entwickelt wurden. Dies betrifft die Lage und Ausgestaltung der Anschlussstelle Großenbrode, die in-selbstseitige Führung und Anbindung des LaV, Varianten zur Herstellung der Tunnelelemente sowie Varianten zum Standort und zu den Schiffsrouten bezüglich der Verbringung des anfallenden Baggerguts (Kap. 4.7.7).

### 10.2.1 Vorplanung

Gemäß Aufgabenstellung zur Untersuchung der FSQ wurden im Rahmen der Vorplanung Varianten mit den zuvor aufgeführten Verkehrswegen für folgende vier grundsätzliche Lösungsansätze (Planungspakete (PP)) entwickelt:

- Kombinierte Brücke: Planungspaket 1 (PP1)
- Getrennte Brücken: Planungspaket 2 (PP2)
- Absenktunnel: Planungspaket 3 (PP3)
- Bohrtunnel: Planungspaket 4 (PP4).

Im Vorfeld und im Zuge der Durchführung des Variantenvergleiches wurde durch Vereinheitlichung der Grundlagen und Vorgaben zur Ermittlung der Indikatoren sichergestellt, dass die Ergebnisse zwischen den Varianten der Lösungsansätze vergleichbar sind.

Für jeden der zuvor genannten vier Lösungsansätze wurden Varianten zu den drei folgenden Planungsfällen a, b und c entwickelt:

- Planungsfall a: Neubau der FSQ einschließlich Rückbau des Bestandsbauwerkes
- Planungsfall b: Neubau der FSQ in Kombination mit der Teilweaternutzung der Bestandsbrücke als reine Straßenbrücke für 30 Jahre mit anschließendem Ersatzneubau
- Planungsfall c: Neubau der FSQ in Kombination mit der Teilweaternutzung der Bestandsbrücke für den Langsam fahrenden Verkehr (LaV) einschließlich Ertüchtigung der Bestandsbrücke für eine weitere Nutzung über 130 Jahre.

Bezüglich der Umweltbelange war in der Vorplanung im Ergebnis die Bohrtunnelvariante vor dem Absenktunnel zu bevorzugen. Die Brückenvarianten stellten sich demgegenüber ungünstiger dar, wobei eine kombinierte Brücke gegenüber einer getrennten Brücke zu bevorzugen war.

Die ausführliche Erläuterung der Variantenfindung aus der Vorplanung ist dem Erläuterungsbericht (Unterlage 54.04, Teile B und C) zu entnehmen.

## 10.2.2 Variantenvergleich

Ergebnis des Variantenvergleichs nach UVPG a.F. (vgl. Unterlage 16, Kap. 14)

Aus der Variantenuntersuchung der Vorplanung wurden die vier dort ermittelten (vorzugswürdigen) Varianten, die der Stufe 2 (Hauptvariantenvergleich) der Vorplanung zugeführt wurden, auf der Grundlage aktualisierter Bestandsdaten erneut miteinander verglichen. Für den Absenktunnel und den Bohrtunnel liegen dabei inzwischen vertiefte Planungsstände vor, welche der neuerlichen Untersuchung zugrunde gelegt werden. Für die Brückenvarianten liegt eine entsprechend vertiefte Planung nicht vor. Diesbezüglich werden die Planungsstände der Vorplanung, Stufe 2, zugrunde gelegt. Die folgenden Varianten sind damit Gegenstand der Variantenuntersuchung:

- Variante 1: Absenktunnel in der Variante ATcT06.3BS (vertiefte Planfeststellungsvariante)
- Variante 2: Bohrtunnel in der Variante BTc\_T03B+T03.1S (vertiefte Planung)
- Variante 3: Kombinierte Brücke in der Variante KBc\_T03.2BS
- Variante 4: Getrennte Brücke in der Variante GBc\_T02B+T02S.

Das folgende schutzgutbezogene Gesamtergebnis bezüglich einer relativen Rangfolge der Varianten wurde ermittelt:

Tabelle 10-1: Ergebnis Variantendiskussion gem. UVPG a.F.

Schutzgut	Variante 1 Absenktunnel	Variante 2 Bohrtunnel	Variante 3 Kombinierte Brücke	Variante 4 Getrennte Brücken
Menschen einschl. menschlicher Gesundheit	3	2	1	1
Tiere und Pflanzen, biologische Vielfalt	3	1	2	2
Boden	3	1	2	2
Wasser	2	1	2	1
Klima und Luft	1	1	1	1
Landschaft	2	1	3	3
Kulturgüter und sonstige Sachgüter	2	1	3	1
Summe des gewichteten Ergebnisses	306,8	185,5	278,4	255,3
<b>Gesamtbeurteilung</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

Der Variantenvergleich kommt zum Ergebnis, dass Variante 2 (Bohrtunnel) die günstige Lösungsmöglichkeit aus Sicht der behandelten UVPG-Schutzgüter darstellt. Dies betrifft alle Schutzgüter mit Ausnahme des Schutzgutes Menschen. Hier sind beide Brückenvarianten gleichrangig günstiger zu bewerten; Gründe dafür sind die beim Bohrtunnel absehbaren, über ein Jahrzehnt langen Störungen durch den Abtransport der Massen über den Landweg, die bau- und anlagebedingt größere Inanspruchnahme von Siedlungs- und Wohnumfeldbereichen, die bauzeitbedingt höhere Inanspruchnahme von erholungsrelevantem Freiraum

sowie die größeren Veränderungen im Erholungswegenetz, da beim Bohrtunnel die Unterführung bei Strukkamp entfällt, während sie bei den Brückenvarianten erhalten bleibt.

Die Varianten 1 (Absenktunnel, Rang 4) und 3 (Kombinierte Brücke, Rang 3) sind in der Zusammenschau ungünstiger als die Varianten 2 (Bohrtunnel, Rang 1) und 4 (Getrennte Brücke, Rang 2) zu bewerten. Gegenläufig hierzu sind die beiden Tunnelvarianten 1 und 2 bezüglich des Schutzgutes Landschaft günstiger zu bewerten als die Brückenvarianten.

### **Ergänzende Erwägungen**

#### Treibhausgasbilanz

Nach dem UVPG a.F. sind globalklimatische Auswirkungen nicht zu berücksichtigen, wurden jedoch als ergänzende Erwägung für die Entscheidungsfindung im Abwägungsprozess zusätzlich untersucht. Bezüglich der Treibhausgasbilanz, in der die verkehrlichen Immissionen, die Lebenszyklusemissionen sowie die Landnutzungsänderungen als Kriterien einfließen, kommt es zu folgender Rangfolge der Varianten:

- Rang 1: Variante 2 – Bohrtunnel
- Rang 2: Variante 1 – Absenktunnel
- Rang 3: Variante 3 – Kombinierte Brücke
- Rang 4: Variante 4 – Getrennte Brücke.

Die Tunnelvarianten genießen im Ergebnis Vorteile gegenüber den Brückenvarianten.

#### Ergebnisse der Alternativenprüfung NATURA 2000

Die im Rahmen des NATURA-2000-Gebietsschutzes durchgeführte Alternativenprüfung (vgl. Unterlage 18.04.002) kommt zu folgendem Ergebnis:

Der Fehmarnsund und die Ostsee sowie angrenzende Küstenbereiche beiderseits der bestehenden Fehmarnsundbrücke sind als Natura 2000-Gebiete ausgewiesen, so dass zwischen der Wagriscen Halbinsel und der Insel Fehmarn für eine neue Fehmarnsundquerung kein Korridor ohne gebietsschutzrechtliche Konflikte verbleibt. Aus diesem Grund drängt sich aus Sicht der Belange von Natura 2000 offensichtlich eine Unterquerung der Gebiete mittels Bohrtunnel als konfliktfreie oder zumindest konfliktarme Lösung auf.

Sowohl der Variantenvergleich der Vorplanung als auch dessen Aktualisierung haben bestätigt, dass ein Bohrtunnel unter Berücksichtigung von Vermeidungsmaßnahmen nicht zu erheblichen, gebietsschutzrechtlichen Konflikten führen würde. Daher ist der Bohrtunnel weiterhin als gebietsschutzrechtlich vorzugswürdige Alternative anzusehen.

Gemäß der Rechtsprechung des BVerwG ist für den gebietsschutzrechtlichen Variantenvergleich zunächst zu untersuchen, ob überhaupt Lebensraumtypen des Anhangs I oder Tierarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie beeinträchtigt werden und ob die beeinträchtigten Lebensraumtypen prioritär oder nicht prioritär sind (BVerwG, Urt. v. 06.11.2013 – 9 A 14.12, Rn. 75). Anhand dieses Maßstabs ergibt sich vorliegend, dass nur der Bohrtunnel eine vorzugswürdige Alternative zu dem beantragten Absenktunnel darstellt.

In einem zweiten Schritt wurde zusätzlich der Schweregrade der Beeinträchtigungen in den Blick genommen, um die jeweiligen Beeinträchtigungen naturschutzfachlich vergleichend bewerten zu können. Dieser Vergleich führte zu dem Ergebnis, dass es abgesehen vom

Bohrtunnel keine Alternative gibt, die für die Lebensräume, die Arten sowie die für Natura 2000 ausgewiesenen Gebiete als solches zu geringeren Beeinträchtigungen führt. Ebenso wurde hieraus deutlich, dass es, wiederum abgesehen vom Bohrtunnel, keine andere mögliche Alternativlösung gibt, die sich nicht nachteilig auf die Integrität der Gebiete auswirken würde.

Somit ergibt sich aus dem aktualisierten gebietsschutzrechtlichen Variantenvergleich nur der Bohrtunnel als vorzugswürdige Alternative zum geplanten Absenktunnel.

### **10.3 Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen**

#### **10.3.1 Vermeidung und Verminderung von Eingriffen in Natur und Landschaft sowie von artenschutzrechtlichen Konflikten (Vermeidungsmaßnahmen zur Bauausführung, Artenschutzrechtliche Vermeidungsmaßnahmen, Technische Vermeidungsmaßnahmen)**

Nach § 15 (1) BNatSchG ist der Verursacher eines Eingriffs verpflichtet, vermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft zu unterlassen. Das Vermeidungsgebot beinhaltet im Kern eine Verpflichtung zur fachlich technischen Optimierung des Vorhabens selbst, so dass Beeinträchtigungen durch das Vorhaben möglichst nicht hervorgerufen bzw. möglichst gering gehalten werden.

Die im LBP (vgl. Unterlage 17) detailliert beschriebenen Vermeidungsmaßnahmen zur Bau-durchführung, artenschutzrechtlichen Vermeidungsmaßnahmen und technischen Maßnahmen betreffen die folgenden umweltrelevanten Aspekte:

- den Bodenschutz
- den ordnungsgemäßen Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
- Maßnahmen zum Gewässerschutz
- die Ausweisung von Bautabuflächen
- den Schutz wertvoller Vegetationsbestände
- die Minderung von Störwirkungen durch den Schiffsverkehr
- schonende Gründungsarbeiten zum Schutz der Fischfauna
- Minderung der Schwebstoffe und Sedimentation während der Aushubarbeiten
- die Errichtung von temporären und dauerhaften Amphibienleit- und Schutzeinrichtungen
- eine Beschränkung der Nassbaggertgutverbringung auf möglichst geringer Fläche
- eine bau- und betriebsbedingte Lichtanpassung (Lichtminderungsmaßnahmen)
- Bauzeitenregelungen und Rodungsbeschränkungen und
- Kollisions- und Blendschutz sowie Leitstrukturen für Fledermäuse.

Zur Überwachung des beschriebenen Vermeidungs-/ und Verminderungskonzeptes (vgl. hierzu Unterlage 17) werden darüber hinaus umfangreiche Funktionskontrollen sowie die Einrichtung einer Umweltbaubegleitung vorausgesetzt.

#### **10.3.2 Vermeidung und Verringerung betriebsbedingter Schallimmissionen (Verkehrslärm)**

##### **Bahnverkehr (vgl. Unterlage 21.04.001)**

Ohne Schallschutzmaßnahmen resultieren im gesamten Abschnitt 138 Schutzfälle (davon 2 tagsüber und 136 nachts). Es wird gemäß Bundestagsbeschluss vom 02.07.2020 eine Vollschutzlösung umgesetzt, d. h. es wird durch aktive Schallschutzmaßnahmen sichergestellt, dass nach Realisierung des Vorhabens die Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV in der

gesamten schutzbedürftigen Nachbarschaft eingehalten werden. Dazu sind die folgenden Schallschutzmaßnahmen erforderlich:

- Festlandseite
  - Besonders überwachtes Gleis (BüG): Überwachung und Pflege des Schienenzustandes über eine Länge von  $l = 1.600$  m.
  - Errichtung von beidseitigen Schallschutzwänden (LSW) mit Höhen von  $h = 3$  m bis 4 m über SO und hoch absorbierender Ausführung zur Vermeidung von Schallreflexionen.
- Inselseite
  - Besonders überwachtes Gleis: Überwachung und Pflege des Schienenzustandes über eine Länge von  $l = 2.000$  m.

Die folgende Tabelle fasst die Maßnahmen zum aktiven Bahn-Lärmschutz zusammen.

Tabelle 10-2: Zusammenfassung - Aktiver Lärmschutz - Lärmschutzwände/-anlagen und BüG

Maßnahme / Anlage	Höhe über OK Schiene [m]	Bau-km von – bis	Länge [m]	Absorptionsverlust bahnseitig	Absorptionsverlust bahnabgewandt
LSW Bahn N1	3	+0,225 bis +0,988	763	hoch absorbierend, 8 dB	hoch absorbierend, 8 dB
LSW Bahn S1	4	-0,116 bis +0,196	312	hoch absorbierend, 8 dB	hoch absorbierend, 8 dB
LSW Bahn S2	3	+0,196 bis +0,538	342	hoch absorbierend, 8 dB	hoch absorbierend, 8 dB
BüG Festland	-	-0,365 bis +1,235	1.600	-	-
BüG Insel	-	+4,490 bis +6,490	2.000	-	-

Straßenverkehr (vgl. Unterlage 21.06.001).

Ohne Schallschutzmaßnahmen resultieren im gesamten Abschnitt (festland- und inselseitig) 144 Schutzfälle (davon 36 tagsüber und 108 nachts). Auf der Festlandseite soll eine Vollschutzlösung umgesetzt werden, die den Einsatz eines lärmoptimierten Asphalts (Lärmarmer Splittmastixasphalt SMA LA) vorsieht.

Inselseitig soll ebenfalls eine Vollschutzlösung durch Einsatz des lärmoptimierten Asphalt SMA LA (Länge  $l = 800$  m) umgesetzt werden.

Die folgende Tabelle fasst die Maßnahmen zum aktiven Straßen-Lärmschutz zusammen.

Tabelle 10-3: Aktiver Lärmschutz - Lärmschutzwände/-anlagen, Straßendeckschicht - Straßenverkehr

Maßnahme / Anlage	Höhe über Gradiente Str. [m]	Bau-km von – bis	Länge [m]	Reflexionsverlust straßenseitig	Reflexionsverlust straßenabgewandt
LSW Str. N1	4 bis 5	+0,114 bis +0,154	40	stark reflexionsmindernd, 5 dB	reflektierend, 0,5 dB
LSW Str. N2	5	+0,154 bis +1,084	930	stark reflexionsmindernd, 5 dB	reflektierend, 0,5 dB
LSW Str. N3	5 bis 0 (12,5 % Abfall)	+1,084 bis +1,124	40	stark reflexionsmindernd, 5 dB	reflektierend, 0,5 dB
LSW Str. S1*	4	-0,376 bis -0,051	325	stark reflexionsmindernd, 5 dB	reflektierend, 0,5 dB
LSW Str. S2*	5	-0,051 bis +0,468	519	stark reflexionsmindernd, 5 dB	reflektierend, 0,5 dB

Maßnahme / Anlage	Höhe über Gradiente Str. [m]	Bau-km von – bis	Länge [m]	Reflexionsverlust straßenseitig	Reflexionsverlust straßenabgewandt
LSW Str. S3	4	+0,468 bis +0,620	152	stark reflexionsmin- dernd, 5 dB	reflektierend, 0,5 dB
LSW Str. S4	4 bis 0 (12,5 % Abfall)	+0,620 bis 0,652	32	stark reflexionsmin- dernd, 5 dB	reflektierend, 0,5 dB
Deckschicht SMA LA	-	0 bis ca. +1.760	1.760	-	-
Deckschicht SMA LA	-	ca. +4.863 bis ca. +5.675	812	-	-

\* Zum Teil Überplanung von Maßnahmen aus planfestgestelltem Projekt der B 207

### 10.3.3 Vermeidung und Verringerung betriebsbedingter Schallimmissionen (Anlagen/Gewerbelärm) (vgl. Unterlage 21.09.001)

Relevante Anlagen-/Gewerbelärmpegel entstehen im vorliegenden Fall durch die Raumlufttechnik, Zu- und Abluftöffnungen, Pumpwerke sowie Hebeanlagen. Es wurden maximal zulässige Schalleistungspegel (LWA) (inkl. Ruhezeiten- und Tonhaltigkeitszuschlag) definiert, so dass in der gesamten, schutzbedürftigen Nachbarschaft die Immissionsrichtwerte der TA Lärm um mindestens 10 dB(A) tags und nachts unterschritten werden und sich die Immissionsorte somit gemäß TA Lärm nicht im Einwirkungsbereich der Anlagen befinden. Somit können Lärmkonflikte ausgeschlossen werden.

- Betriebsgebäude Süd:
  - Raumlufttechnik (RLT) mit Kühler, Abluftöffnung:  $L_{WA} = 105/95$  dB(A) Tag/Nacht
  - Trafo mit Lüftungsöffnung:  $L_{WA} = 105/90$  dB(A) Tag/Nacht
  - Pumpwerk:  $L_{WA} = 105/95$  dB(A) Tag/Nacht
- Betriebsgebäude Nord:
  - RLT mit Kühler, Abluftöffnung:  $L_{WA} = 105/95$  dB(A) Tag/Nacht
  - Trafo mit Lüftungsöffnung:  $L_{WA} = 105/90$  dB(A) Tag/Nacht
  - Pumpwerk Trog:  $L_{WA} = 105/95$  dB(A) Tag/Nacht
  - Pumpwerk freie Strecke:  $L_{WA} = 105/95$  dB(A) Tag/Nacht
- Hebeanlagen und Pumpen in Schachtbauwerken bei Regenrückhaltebecken
  - RRB 2, 3, 4, 5, 6, 7: je  $L_{WA} = 95/88$  dB(A) Tag/Nacht

### 10.3.4 Vermeidung und Verringerung baubedingter Schallimmissionen (vgl. Unterlage 21.08.001) und Erschütterungen (vgl. Unterlage 25.05.001)

#### Baulärm

Die Baulärm-Beurteilungspegel wurden mit bis zu 61/58 dB(A) Tag/Nacht in Wohngebieten, bis zu 72/71 dB(A) Tag/Nacht in Mischgebieten und bis zu 67 dB(A) tags in Gewerbegebieten prognostiziert. Die Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm werden in Wohngebieten um bis zu 6/18 dB(A) Tag/Nacht, in Mischgebieten um bis 12/26 dB(A) Tag/Nacht und in Gewerbegebieten um bis zu 2 dB(A) tags überschritten. Der Bereich der grundrechtlichen Zumutbarkeitsgrenze liegt bei Außenlärmpegeln von 70 dB(A) tags und 60 dB(A) nachts (vgl. Kapitel 3.2). Im vorliegenden Fall werden Überschreitungen der verfassungsrechtlichen Zumutbarkeitsgrenze (70 dB(A) tags und 60 dB(A) nachts) in den Bauphasen 2 (nachts an einem Gebäude) und 5A (tags an 1 Gebäude und nachts an 6 Gebäuden) erwartet.



Die Untersuchungen zum Baulärm (Unterlage 21.08.001) kommen zu dem Ergebnis, dass in der schutzbedürftigen Nachbarschaft Überschreitungen der Anforderungen der AVV Baulärm und der verfassungsrechtlichen Zumutbarkeitsgrenze im Tag- als auch im Nachtzeitraum auftreten können. Bei Umsetzung der folgenden Schallschutzmaßnahmen werden aus schallgutachterlicher Sicht die Forderungen nach § 22 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 und Nr. 2 BImSchG, dass schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, und dass unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden, beachtet:

- Verwendung von geräuscharmen Baumaschinen und Bauverfahren. Im Rahmen der Ausschreibung ist darauf hinzuweisen, dass von den beauftragten Bauunternehmen ausschließlich Bauverfahren und Baugeräte eingesetzt werden, die hinsichtlich ihrer Schall- und Erschütterungsemissionen dem Stand der Technik entsprechen (siehe 32. BImSchV). Ebenfalls ist darauf hinzuweisen, dass die Baustellen so geplant, eingerichtet und betrieben werden, dass Geräusche weitestgehend verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind.
- Umfassende Information der betroffenen Behörden und Anwohner im Vorfeld der Baumaßnahmen (insbesondere über die Art, Dauer und Unvermeidbarkeit der besonders lärmintensiven Bautätigkeiten, insbesondere im Nachtzeitraum).
- Mit Verweis auf vergleichbare Vorhaben ist der Einsatz eines Immissionsschutzbeauftragten zweckmäßig. Der Einsatz eines Immissionsschutzbeauftragten umfasst i. d. R. folgende Aufgabenbereiche:
  - Erstellen von detaillierten Baulärmprognosen anhand des konkreten Bauablauf- und Maschineneinsatzplanes;
  - Ansprechpartner bei Beschwerdefällen;
  - Immissionsschutzfachliche Überwachung der Baustellen mit Durchführung von Schallpegelmessungen (stichprobenhafte und/oder kontinuierliche Überwachung);
  - Vorschlag von ggf. notwendigen Minderungsmaßnahmen zum Schutz der Nachbarschaft.
- Die Ausführungsfirmen sind dahingehend zu einer Eigenüberwachung zu verpflichten, dass die Belange des Lärmschutzes zu berücksichtigen sind (insbesondere die AVV Baulärm), Leerfahrten möglichst vermieden und Baufahrzeuge sowie Baumaschinen in Bedienungspausen abgeschaltet werden. Außerdem ist von der Ausführungsfirma eine Abstimmung zur Größe und Funktion des jeweiligen Gerätes auf die zu leistenden Arbeiten in den Angebotsunterlagen darzulegen.
- Aus schalltechnischer Sicht sollte allen Anwohnern mit Gesamtlärm-Beurteilungspegeln während der Abbruchphase von > 70/60 dB(A) Tag/Nacht Ersatzwohnraum bzw. Entschädigungsleistungen angeboten werden. Pegel in dieser Höhe wurden im Bereich der Ortschaft Strukkamp während des Baus der Baustraßen (Bauphase 2 > 60 dB(A) nachts an einem Gebäude, Dauer ca. 1 Monat) und während des Abbruchs des Tunnels (Bauphase 5A > 70 dB(A) tags an 1 Gebäude und > 60 dB(A) nachts an 6 Gebäuden, Dauer ca. 2 Monate) prognostiziert. Durch ausschließliche Tagarbeiten können die Betroffenen deutlich reduziert werden, so dass nur noch das Anwesen Strukkamp 66 in Bauphase 5A von Pegeln > 70 dB(A) tagsüber betroffen wäre (Dauer 2 Monate).

Da Ersatzwohnraum nicht in jedem Fall in Anspruch genommen werden kann, sollten besonders lärmintensive Arbeiten im Bereich der Ortschaft Strukkamp (Bau der Baustraßen und Tunnelabbruch) auf ein Minimum im Nachtzeitraum begrenzt werden. D. h. der Bauablauf ist

so zu planen, dass die lärmintensiven Arbeiten möglichst im Tagzeitraum (7-20 Uhr) stattfinden. Ist das (aufgrund der Erforderlichkeit von Sperrpausen) nicht möglich, sollten für die Arbeiten die Nacht-Randzeiten genutzt werden und die Nacht-Kernzeit (0-6 Uhr) möglichst freigehalten werden.

### **Erschütterungen**

Aufgrund der gegebenen Abstandsverhältnisse können die Anforderungen der DIN 4150-2 bei den geplanten erschütterungsintensiven Bautätigkeiten ohne zusätzliche Maßnahmen nicht in allen Fällen ausgeschlossen werden.

Auf nächtliche Arbeiten im näheren Umfeld von Gebäuden sollte nach Möglichkeit verzichtet werden. Aktuell sind auch keine erschütterungsintensiven Baumaßnahmen im Nachtzeitraum geplant.

Im Nahbereich zu schutzwürdiger Bebauung sollte auf den Einsatz einer Schlagramme gänzlich verzichtet werden. Hier ist die Durchführung eines alternativen Bauverfahrens zu prüfen, da hier auch am Tag, auf Grund der geringen Abstandsverhältnisse, erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden nicht ausgeschlossen werden können. Als alternatives Bauverfahren zur Schlagramme sollten beispielsweise Bohrarbeiten zur Mastgründung geprüft werden, gegebenenfalls auch Rammarbeiten mittels Vibrationsramme oder eine Kombination aus Rammarbeiten und vorherigen Bohrungen.

Da psychische Auswirkungen von Erschütterungseinwirkungen vermindert werden können durch

- Umfassende Informationen der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baubetrieb
- Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen und die damit verbundenen Belästigungen
- Zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle usw.)
- Benennung einer Ansprechstelle, an die sich Betroffene wenden können, wenn sie besondere Probleme durch Erschütterungseinwirkungen haben
- Information der Betroffenen über die Erschütterungseinwirkungen auf das Gebäude

wird die Umsetzung dieser Maßnahmen, die in Abschnitt 6.5.4.3 der DIN 4150-2 aufgeführt sind, empfohlen.

Sofern nächtliche Arbeiten im Nahbereich von schutzwürdig genutzter Bebauung nicht zu vermeiden ist, ist die in Abschnitt 6.5.4.3 der DIN 4150-2 aufgeführte Maßnahme f) durchzuführen:

- Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Wirkungen auf Menschen und Gebäude.

## Unterwasser-Impulsschall

Um negative Auswirkungen auf die Meeresfauna durch Unterwasser-Impulsschall zu vermeiden, hat die Regulierungsbehörde Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) die folgenden Lärmschutzwerte festgelegt [53]:

- Einzelereignispegel ( $SEL$ ) = 160 dB und
- zero-to-peak-Spitzenpegel ( $L_{p,pk}$ ) = 190 dB.

Diese Lärmschutzwerte müssen in einer Entfernung von 750 m eingehalten werden. Diese Schwellwerte werden bei allen Projekten in deutschen Gewässern für Impulsschall bei Bauvorhaben als duales Lärmschutzwertkriterium herangezogen.

Schallschutzsysteme können den durch den Rammvorgang ins Wasser eingeleiteten Schall weiter reduzieren. Derzeit sind durch den Einsatz eines einzigen Schallschutzsystems Schallreduzierungen für den Einzelereignispegel von bis zu 17 dBSEL je nach projektspezifischen Rahmenbedingungen, wie Wassertiefe und Strömung, und technisch-konstruktiven Bedingungen möglich.

## Unterwasser-Dauerschall

Durch die am Bau beteiligten Schiffe werden Dauerschalleinträge ins Wasser emittiert. Für Dauerschalleinträge ins Wasser existieren derzeit noch keine verbindlichen, nationalen und internationalen Richt- oder Grenzwerte. Hierzu laufen gerade national und international größere Forschungsaktivitäten. Eine Reduktion oder der Verzicht auf dauerschallintensive (parallele) Schiffstätigkeiten wie z. B. Saugbaggeraktivitäten trägt zur potenziellen Reduktion von Stör- oder Meidewirkungen der marinen Fauna bei.

### 10.3.5 Vermeidung und Verringerung von Verschattung

Grundsätzlich verringert sich nach Errichtung des Bauvorhabens die Besonnungssituation festlandseitig in der westlichen Nachbarschaft in Orthfeld v. a. während der Wintermonate (Oktober-März), wo durch die tieferstehende Sonne generell längere Schatten geworfen werden. Betroffen sind v. a. unmittelbar westlich gelegene Bestandsgebäude. Durch die Errichtung der LSW reduzieren sich die Besonnungsdauern am 01.02. um maximal 15 Minuten und am 21.03. um maximal 10 Minuten.

Die maximale prozentuale Abnahme der Besonnungsdauern beträgt am 01.02. 9 % bei einer absoluten Abnahme von 15 Minuten und am 21.03. 11 % bei einer absoluten Abnahme von 5 Minuten. Es kann festgehalten werden, dass nach Errichtung der LSW keine unzumutbaren Abnahmen der direkten Besonnung von > 30 % im Vergleich zur Bestandssituation prognostiziert werden. Eine Reduzierung der Besonnungsstunden in den Wintermonaten um ein Drittel stellt nach der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts (BVerwG, Urteil vom 23.02.2005 – Az. 4 A 4.04) die fachplanerische Zumutbarkeitsschwelle dar.

In der Nachbarschaft Strukkamp, welche inselseitig liegt, stellt sich im Zuge des Planvorhabens eine Verbesserung der Besonnungssituation ein. Durch die Realisierung des Planvorhabens erhöht sich die Besonnungsdauer um bis zu 10 Minuten. Dies entspricht einer prozentualen Zunahme der Besonnungsdauer von bis zu 6 %.

### 10.3.6 Vermeidung und Verringerung von Lichtimmissionen

Für die geplante Beleuchtungsanlage liegt keine Lichtplanung vor. Die Prognosen (vgl. Lichttechnische Untersuchung, Unterlage 23.02) liegen auf der sicheren Seite. Es zeigt sich, dass relevante Raumaufhellungen und Blendungen in der Nachbarschaft nicht ausgeschlossen werden können. Um die Raumaufhellungen bzw. Blendungen auf eine gem. den LAI-Hinweisen [66] zulässige Beleuchtungsstärke bzw. einen zulässigen Blendungswert zu reduzieren, sind die folgenden Maßnahmen umzusetzen:

- maximales Abrücken der Leuchten von der Nachbarschaft
- Ausrichtung der Leuchten weg von der umliegenden Nachbarschaft
- Neigung der Leuchten
- Reduzierung der Anbringungshöhen der Leuchten
- erforderliche Beleuchtungsstärken auf den Flächen
- Betriebsablauf, Beleuchtung nur von genutzten Bereichen
- Wahl des Leuchtmittels
- Verlagerung der Arbeiten auf den Tagzeitraum (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr)

Um Beeinträchtigungen durch Lichtverschmutzung für Flora und Fauna möglichst gering zu halten, sind die folgenden Empfehlungen zu beachten, um die Einwirkungen auf diesen sensiblen umliegenden Lebensraum so gering wie möglich zu halten (vgl. Unterlage 23.02):

- Leuchten sollten nicht nach oben abstrahlen
- minimale Ausleuchtung der umliegenden Nachbarschaft; ggf. Einsatz von Blenden
- Leuchtmittel Farbtemperatur von  $< 3.000$  K (warm-weißes Licht)
- vollständiges Schließen der Leuchtengehäuse gegen das Eindringen von Insekten
- Beleuchtung nicht höher als unbedingt notwendig montieren
- maximale Beleuchtungsstärke so gering wie möglich halten
- Beleuchtung nur wenn erforderlich
- Vermeidung von gläsernen Wänden
- Dichte, ganzjährig grüne Heckenstrukturen am Rand des Plangebietsareals.

### 10.3.7 Vermeidung und Verringerung von baubedingten Luftschadstoffen

Die Berechnungsergebnisse (vgl. Unterlage 24.02.001) zeigen, dass während der Bautätigkeiten Überschreitungen der zulässigen Staubimmissionswerte gem. TA Luft im Bereich Struckamp nicht ausgeschlossen werden können. Daher sind folgende Minderungsmaßnahmen umzusetzen, um die Immissionswerte der TA Luft einzuhalten.

- möglichst nur befestigte Fahrwege nutzen (Straßentyp A und B)
- Befeuchtung der umgeschlagenen Stoffe und der Baustraßen bei trockener Witterung
- Geschwindigkeitsbegrenzung von max. 20 km/h auf den Baustraßen (unbefestigt)
- Minimierung der Abwurfhöhe von Radladern und Baggern
- Vermeidung von häufigen Umschlagvorgängen
- Einsatz von Kehrwagen im Bereich der befestigten Baustraßen.

Aufgrund der kurzen Dauer der Belastungen, die bei entsprechenden Starkwindereignissen bzw. Windrichtungen zu hohen Feinstaubbelastungen der unmittelbar angrenzenden Anwohner führen können (Abwehungen), werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Ausreichende Befeuchtung der Halden

- Nach Ablagerung in den Bereichen der Bodenlager Installation einer Schutzbepflanzung, Begrünung oder sonstiger windabweisender Oberfläche (ggf. Abdeckung der Halden) v. a. im Luv der Hauptwindrichtung
- Verfestigung der Oberfläche
- Haldenhöhen möglichst niedrig halten

Um sicherzustellen, dass auch während der Baumaßnahme aus lufthygienischer Sicht gesunde Wohnverhältnisse vorliegen, sind Überwachungsmessungen und/oder stichprobenartige Messungen für Feinstaub sinnvoll.

### 10.3.8 Vermeidung und Verringerung von betriebsbedingten Luftschadstoffen

#### Luftschadstoffbelastungen

Die höchsten Luftschadstoffbelastungen treten in Orthfeld 1a (Bereich Kinderhaus) und Struckamp 66 auf. Die Luftschadstoffbelastungen betragen in Orthfeld 1a bis zu  $7,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{NO}_2$ ,  $12,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{PM}_{10}$  und  $6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{PM}_{2,5}$  und in Struckamp bis zu  $8,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{NO}_2$ ,  $12,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{PM}_{10}$  und  $6,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{PM}_{2,5}$ . Mit zunehmendem Abstand von den untersuchten Straßenverkehrswegen nehmen die Luftschadstoffbelastungen weiter ab, so dass die Luftschadstoffbelastung im Bereich der Hintergrundbelastungen liegt. Die Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{NO}_2$  und für  $\text{PM}_{10}$  bzw.  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{PM}_{2,5}$  werden demnach im gesamten Vorhabengebiet zuverlässig eingehalten.

Nach Realisierung des Planvorhabens kommt es entlang des angrenzenden Straßennetzes in Teilen der Nachbarschaft zu Erhöhungen, aber auch in Teilen zu Verringerungen der verkehrsbedingten Luftschadstoffwerte. Es treten maximale Erhöhungen von bis zu  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{NO}_2$  am Bestandsgebäude Sietgrund 69 auf. Luftschadstoff erhöhungen von Feinstaub an Bestandsgebäuden werden nicht prognostiziert.

Die geringen Erhöhungen der Luftschadstoffbelastungen nach Realisierung des Planvorhabens gekoppelt mit einer weiterhin zuverlässigen Unterschreitung der Jahresmittelgrenzwerte für die maßgeblichen Schadstoffkomponenten in der gesamten unmittelbaren Nachbarschaft sind aus lufthygienischer Sicht nicht relevant.

#### Stickstoffdeposition

Die Berechnungsergebnisse (vgl. Unterlage 24.01) zeigen, dass durch das Vorhaben keine Erhöhungen der Stickstoffdepositionen im Bereich bestehender FFH-Gebiete auftreten. Das Abschneidekriterium von  $> 0,3 \text{ kg N}/(\text{ha} \times \text{a})$  wird innerhalb der FFH-Gebiete nicht überschritten.

#### Kohlendioxid-Emissionen

Unter Berücksichtigung der Emissionsfaktoren für  $\text{CO}_2$  gemäß dem Handbuch für Emissionsfaktoren (Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs 4.2, Quick Reference, Bern, Februar 2022) werden im Prognose-Nullfall ca.  $9.240 \text{ t/a}$   $\text{CO}_2$  freigesetzt. Im Prognose-Planfall betragen die  $\text{CO}_2$ -Emissionen insgesamt  $9.150 \text{ t/a}$ . Somit sinken die  $\text{CO}_2$ -Emissionen trotz höherer Fahrleistung im Vergleich zum Prognose-Nullfall um ca.  $90 \text{ t/a}$ .

### 10.3.9 Vermeidung und Verringerung betriebsbedingter Erschütterungsimmissionen

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen (vgl. Unterlagen 25.02.001, 25.03.001 und 25.04.001) geht hervor, dass die zukünftigen Erschütterungsimmissionen aus dem Bahnbetrieb aufgrund der örtlichen Gegebenheiten in PFA FSQ zu keinen Immissionskonflikten führen. Eine Abwägung für die Wirksamkeit einer Schutzmaßnahme setzt grundsätzlich voraus, dass im Einwirkungsbereich der zu untersuchenden Bahnstrecke ein Schutzbedarf besteht.

Ein Schutzbedarf hinsichtlich der Belange des Erschütterungsschutzes besteht ausschließlich dann, sofern sich im direkten Einwirkungsbereich schutzwürdige Nutzungen befinden oder zumindest städtebauliche Planungen bereits vorgesehen sind. Da dieser Sachverhalt im vorliegenden Fall nicht gegeben ist, führt die Umsetzung einer erschütterungstechnischen Schutzmaßnahme zur keiner relevanten Veränderung der vorliegenden Immissionssituation. In diesem Zusammenhang sei insbesondere erwähnt, dass die jeweils gültigen Beurteilungswerte gem. DIN 4150-2/11 [55] aufgrund der vorliegenden Abstände zwischen der Ausbaustrecke und der schutzbedürftigen Nutzungen sicher eingehalten werden.

Die Umsetzung von erschütterungstechnischen Schutzmaßnahmen in dem hier untersuchten Streckenabschnitt ist somit nicht erforderlich. aus fachlicher Sicht ist von der Umsetzung von erschütterungstechnischen Minderungsmaßnahmen abzusehen.

### 10.4 Maßnahmen zum Ausgleich, Ersatz und weitere kompensatorische Maßnahmen

Zur Kompensation projektbedingter nachteiliger Umweltauswirkungen sind folgende Kohärenz-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen geplant, die im LBP detailliert beschrieben und festgelegt werden (vgl. Unterlage 17):

- naturnahe vollständige Wiederverfüllung des Tunnelgrabens
- Neuanlage von Riffen auf externer Riffkompensationsfläche
- Wiederherstellung der beanspruchten Weißdüne
- Aufwertung bestehender Weißdünen
- Leitumlenkung und Habitatausgleich von Fledermaus-Flugrouten und Jagdhabitaten
- Umsiedlung Kammmolch
- Schaffung von neuem Kammmolch-Laichgewässer
- Schaffung von neuen Kammmolch-Überwinterungshabitaten
- Ersatzhabitat Feldlerche
- Nisthilfen für Rauchschnalze, Hohltaube, Buntspecht und Haussperling
- Extensivierung von mesophilen Grünland
- Entwicklung von Knicks im Knickökokonto "Löhrstorf"
- Anlage von Röhricht
- Entsiegelung
- Ansaat von Landschaftsrasen
- Entwicklung ruderaler Gras- und Staudenfluren
- Pflanzung von Sträuchern und Gehölzen
- Neuanlage von Knicks im Umfeld des Vorhabens
- Wiederherstellung bauzeitlich beanspruchter Flächen (inkl. Bodenrekultivierung)
- Entwicklung eines Kleingewässers nach bauzeitlicher Wasserhaltung
- RRB und Retentionsbodenfilterbecken mit Uferstrandstreifen und naturnahe Gestaltung der Uferbereiche
- Anpflanzung von Einzelbäumen entlang der Kreisverkehre



- Extensive Dachbegrünung auf dem Portalgebäude und zwischen den Lichtschächten über dem Tunnelportal
- Rückbau der Bestandsstrecke auf dem Brückenbauwerk
- Wiederherstellung und Wiederansiedlung der Seegraswiesen im Eingriffsbereich
- Zwischenlagerung von Steinen aus dem Fehmarnsund und anschließende Wiedereinbringung
- Ersatzgeldzahlung für Beeinträchtigungen der Verbringungsfläche
- Umweltfachliche Bauüberwachung.

## **10.5 Zusammenfassung der Umweltauswirkungen bzw. der betroffenen Umweltbelange**

Die Analyse der Umweltwirkungen in Kap. 10.5 bezieht sich auf die UVPG-Schutzgüter in der vor dem 29.07.2017 geltenden Fassung des Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetzes und ist im Rahmen der erstellten Umweltverträglichkeitsstudie (Unterlage 16) ausführlich dargestellt.

### **10.5.1 Menschen, einschl. menschliche Gesundheit**

#### **10.5.1.1 Bestand**

Außerhalb der sehr hoch bedeutsamen und empfindlichen Wohnbereiche und Freizeiteinrichtungen im Untersuchungsraum herrscht eine hohe Raumempfindlichkeit vor. Überwiegend zählt die unbebaute Landschaft als Erholungsraum entweder zum nahen Wohnumfeld der Siedlungsräume oder zu den im Landschaftsrahmenplan [67] dargestellten „Bereiche besonderer Erholungseignung“. Sehr hoch und hoch bedeutsame Erholungszielpunkte (z. B. Campingplätze oder Badestrände) befinden sich überwiegend im Küstenbereich oder in den geschlossenen Wohnsiedlungen.

#### **10.5.1.2 Auswirkungen**

Erheblich einzustufende Auswirkungen betreffen temporäre Beeinträchtigungen der Wohn- und Erholungsfunktionen während der mehrjährigen Bauzeit wie auch dauerhafte Beeinträchtigungen, die mit der Anlage und dem Betrieb verbunden sind. Unter Einbeziehung der gegebenen Ausgleichsmöglichkeiten z. B. durch eine Attraktivitätssteigerung des verbleibenden Erholungsraums verbleiben erhebliche, planbedingte Auswirkungen, die als Konflikt-schwerpunkte zu nennen sind.

- dauerhafte Inanspruchnahme von Wohnumfeld
- dauerhafte Inanspruchnahme von Bereichen mit besonderer Erholungseignung
- Umwegzwang im Erholungswegenetz sowohl insel- als auch festlandseitig
- Verkehrsmehrbelastung am südlichen Ortseingang Großenbrode.

## 10.5.2 Tiere und Pflanzen, biologische Vielfalt

### 10.5.2.1 Bestand

#### Landlebensraum

##### Biotope und Pflanzen

Innerhalb des Untersuchungsraums und insbesondere im Bereich der geplanten Trassen (Bahn und Straße) befinden sich überwiegend aus naturschutzfachlicher Sicht wenig wertvolle landwirtschaftlich geprägte Lebensräume. Ackerflächen machen den flächenbezogen größten Anteil aus (ca. 60 %).

Naturschutzfachlich wertvolle Bereiche befinden sich hauptsächlich entlang der Großenbroder Lagune und in den Strandwall-Dünen-Bereichen entlang der Küste im Zentrum des Untersuchungsraums am Fehmarnsund sowie im Süden des Untersuchungsraums entlang der Westküste bis hin zur Ferienhaussiedlung bei Großenbrode. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Komplexe aus Küstendünenbiotopen, die teilweise auf flachen Strandwällen entwickelt sind. Die größten Flächenanteile nehmen Strandroggen- bzw. Strandhafer-Weißdünen sowie ruderalisierte Dünenbereiche ein; stellenweise sind hier auch größere Bestände der Kartoffel-Rose aufgewachsen.

Weitere naturschutzfachlich wertvolle Bereiche befinden sich in den Großenbroder Niederungen nördlich Orthfeld, entlang der Großenbroder Aue und dem angrenzenden Gehölzkomplex. Die Großenbroder Aue ist stellenweise von Röhrichten gesäumt; bei den Gehölzbiotopen handelt es sich überwiegend um auf entwässertem Standort aufgeforstete Bestände mit zumeist heimischen Baumarten (Schwarz-Erle, Ahorn, Ulme) bzw. vereinzelt auch nicht-heimischer Grau-Erle.

Darüber hinaus sind die vermehrten Funde aus naturschutzfachlicher Sicht hochgradig wertvoller epilithischer Flechtenvorkommen auf den Großsteingräbern bei Großenbrode am Fehmarnsund sowie auf einzelnen alten Steinwällen auf Fehmarn teils von deutschlandweiter Bedeutung. Mit einem Flächenanteil von 71 % ist der terrestrische Untersuchungsraum vorrangig geprägt durch gering bedeutsame Biotope. Insgesamt ergeben sehr gering bis mittel bedeutsame Biotope einen Flächenanteil von 89 %. Hoch (6 %), sehr hoch (2 %) und hervorragend bedeutsame Biotope (3 %) sind demnach nur untergeordnet und bis auf die Küstenstreifen überwiegend außerhalb des direkten Eingriffsbereichs vertreten.

##### Tiere

Umfänglich untersucht wurden die Tierartengruppen Vögel (Brut- und Rastvögel), Säugetiere (Fledermäuse und Fischotter), Amphibien, Reptilien, Fische und Rundmäuler, Insekten (Xylobionte Käfer, Laufkäfer, Nachtfalter, Libellen, Heuschrecken) und Landschnecken.

##### *Brut- und Rastvögel*

Unter den 78 Brutvogelarten befinden sich 14 streng geschützte Arten gemäß Anlage 1 Spalte 3 zu § 1 Satz 2 BArtSchV, sowie drei Arten (Blaukehlchen, Neuntöter und Rohrweihe) des Anhangs I der Europäischen Vogelschutzrichtlinie. Zu den bundesweit stark gefährdeten Arten [61] zählen Kiebitz, Rebhuhn, Rotschenkel und Wiesenpieper. Der Sandregenpfeifer ist bundesweit vom Aussterben bedroht. Zu den landesweit stark gefährdeten Arten [63] gehören Rebhuhn, Sandregenpfeifer und Trauerschnäpper; die Nebelkrähe ist in Schleswig-

Holstein vom Aussterben bedroht. Die Verteilung der Brutvorkommen im Raum ist den Unterlagen 46.02.002 - 003 zu entnehmen.

Besonderer Erwähnung bedürfen Austernfischer und Blässhuhn, welche seit Aktualisierung der Roten Liste SH im Dezember 2021 [63] neu zur Vorwarnliste des Landes Schleswig-Holstein zählen. Die Eiderente wurde dagegen aus der Vorwarnliste herabgestuft und gilt aktuell als ungefährdet.

Eine landesweite Bedeutung aufgrund rastender Tafelenten kommt der Flachwasserzone in der Großenbroder Aue zu. Die Strandwälle um die Großenbroder Lagune besitzen aufgrund rastender Kormorane ebenfalls eine lokale Bedeutung. Die Flachwasserzone in der Großenbroder Lagune besitzt aufgrund rastender Mittelsäger eine lokale Bedeutung und in Bezug auf die Reiherente eine regionale Bedeutung.

Auf Fehmarn besitzen die gesamten Ackerflächen westlich der B 207 von der Küste bis westlich Struckkamp eine lokale Bedeutung für rastende Graugänse.

Die Verteilung der Rastvögel im Raum ist den Unterlagen 46.03.002 - 008 (Rastvögel) zu entnehmen.

#### *Fledermäuse*

Im trassennahen Bereich (100 m um geplante Trasse) wurden sechs bedeutende Jagdgebiete mit unterschiedlichen Artenspektren, jedoch keine von Fledermäusen genutzten Sommer- oder Winterquartiere nachgewiesen.

Festlandseitig finden sich großflächige Potenzialflächen im Siedlungsbereich Großenbrode und Großenbroder Aue mit einem zusammenhängenden Netz aus linienförmigen Baumbeständen entlang von Weg- und Ackerstrukturen östlich der B 207. Im Bereich der Großenbroder Aue sind diese mit Potenzialflächen an der gesamten Küstenlinie im Bereich des FFH-Gebiets „Küstenlandschaft Nordseite der Wagrischen Halbinsel“ (DE 1631-393) verbunden.

#### *Fischotter*

Nachweise von Kot und Fraßspuren des Fischotters erfolgten an der Großenbroder Aue sowie am Großenbroder Weststrand. An der östlich gelegenen Lagune gab es keine Hinweise auf die Art. Die Kotfunde auf Fehmarn deuten darauf hin, dass der Fehmarnsund als Korridor nach Fehmarn genutzt wird und der direkt anschließende Festlandbereich mindestens durchwandert wird.

Aufgrund der zahlreichen Kotfunde, insbesondere im Oberlauf der Großenbroder Aue, wird davon ausgegangen, dass dieser Bereich auch als dauerhafter Lebensraum des Fischotters dient. Weiterhin sind auch die westlich von Großenbrode gelegenen Küstenbereiche zum dauerhaften Lebensraum des Fischotters zu zählen. Somit ist davon auszugehen, dass auch der Küstenbereich auf Fehmarn als dauerhafter Lebensraum dient, der regelmäßig von der Art genutzt wird. Im übrigen Untersuchungsraum außerhalb des Küstenbereichs ist nur von einem kurzfristigen Aufenthalt der Art auszugehen, da die Art sehr mobil ist und den Untersuchungsraum ggf. durchwandert.

### *Amphibien*

Vom nach BNatSchG besonders geschützten Kammmolch konnte auf der Festlandseite ein einzelnes, größeres, reproduzierendes Vorkommen festgestellt werden, während dieser auf Fehmarn beidseitig der B 207 in individuenreichen Populationen vorkommt. Hier liegen Nachweise von acht Laichgewässern vor, von denen sich vier im Siedlungsbereich der Gemeinde Strukkamp und ebenso viele im Anschluss der östlichen Böschung zur B 207 bzw. Bahntrasse finden.

Der Teichmolch kommt beidseitig des Fehmarnsunds in zahlreichen Gewässern vor, in denen er sich auch fortpflanzt. Stabile Bestände konnten lediglich in einem Tümpel sowie in einem Entwässerungsgraben nördlich von Orthfeld festgestellt werden. Auf Fehmarn kommt der Teichmolch zunächst ausgesprochen individuenstark und vital in allen vom Kammmolch bewohnten Gewässern vor.

Im Untersuchungsraum konnte von den Krötenarten nur die Erdkröte festgestellt werden. Die Art scheint aktuell nur noch in einer überalterten, nicht reproduzierenden Restpopulation im küstennahen Gewässersystem am Großenbroder Weststrand nördlich der Siedlung Orthfeld vertreten zu sein.

Der Teichfrosch stellt die stetigste Amphibienart im Untersuchungsraum dar. Die Art bevorzugt sonnige und offene Gewässerbereiche mit niedriger Vegetation und wurde häufig in entsprechenden Habitaten zumindest in Einzelexemplaren angetroffen, ohne sich jedoch auch dort zu reproduzieren. Auf dem Festland konnte dieser Grünfrosch zwar vielerorts vorgefunden werden, die Fortpflanzung konnte dort jedoch nur an einigen wenigen Standorten dokumentiert werden. Dagegen präsentiert sich die Art auf Fehmarn deutlich zahlreicher und fortpflanzungsaktiver. Die individuenreichsten Vorkommen decken sich hier weitgehend mit denen des Kammmolches.

### *Reptilien*

In Anbetracht der sicheren Abwesenheit der besonders planungsrelevanten, stark gefährdeten Zauneidechse und dem Fehlen von reproduzierenden Vorkommen der gefährdeten Ringelnatter im Untersuchungsraum orientiert sich die Bewertung der Fundorte vorrangig an Nachweisen der Waldeidechse. Den vier wesentlichen, reproduzierenden Vorkommen der Waldeidechse, die sich weitgehend mit den nicht reproduzierenden Einzelbeobachtungen der Ringelnatter decken, charakterisieren naturnahe Habitate der Küste.

### *Fische und Rundmäuler*

Das Vorkommen aller Fischarten der Anhänge II und IV der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (planungsrelevante Arten) kann ausgeschlossen werden, da keine Nachweise für die Fließgewässersysteme der Region bzw. die Ostsee in diesem Gebiet existieren. Es verbleiben damit nur die drei planungsrelevanten Rundmaularten der Anhänge II und IV der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie, dies sind Meer-, Fluss- und Bachneunauge.

In der Großenbroder Aue ist als planungsrelevante Art nur das Bachneunauge zu erwarten, da Meer- und Flussneunauge eine offene Anbindung an die Ostsee benötigen, der nicht gegeben ist. Das mündungsnahe Schöpfwerk verhindert jeglichen Aufstieg von Fischen und/oder Neunaugen von der Ostsee in die Aue. Die Großenbroder Aue ist aufgrund der nicht vorhandenen Habitatstrukturen und der fehlenden longitudinalen Durchgängigkeit kein geeignetes Gewässer für Neunaugen.

### *Insekten*

Es wurden keine potenziellen Brutbäume der planungsrelevanten xylobionten Käfer (alte Bäume mit großen mulmgefüllten Höhlungen und ausreichend Totholz) gefunden.

Im Rahmen der Laufkäferuntersuchungen konnten im Bereich der fünf untersuchten Dünenhabitats insgesamt 3.619 Individuen aus 94 Arten (27 % der Landesfauna) erfasst werden.

Die fünf Küstenabschnitte am Fehmarnsund beherbergen eine individuenarme, sehr spezifische und artenreiche Laufkäferfauna in standörtlich leicht differierender Ausprägung. In allen Transekten wurde eine hohe Anzahl von gefährdeten Laufkäferarten [61] aufgefunden. Darunter finden sich mehrere spezialisierte Arten der Küstendünen, Magerrasen, Salzwiesen und Röhrichte. Besonders wertgebend ist in diesem Zusammenhang das Vorkommen der vom Aussterben bedrohten Art *Licinus depressus*, die in den untersuchten Dünenbereichen nach aktuellem Kenntnisstand ihr größtes, zusammenhängendes Vorkommen in Schleswig-Holstein findet und in allen Transekten nachgewiesen wurde.

Nachtfalter wurden zwischen Mai und September 2021 auf insgesamt vier Probeflächen mit besonderer Habitatausstattung für Nachtfalter in einem Umkreis von 100 m um die geplante Trasse von der GFN [59] kartiert. Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen konnten nachts an verschiedenen Lichtquellen 1.509 Nachtfalter in 166 Arten erfasst werden. Es wurden dabei keine Arten der Anhänge II und IV der FFH-Richtlinie nachgewiesen. Zwei Arten gelten nach Bundesartenschutzverordnung (§1 BArtSchV, Anl. 1) als besonders geschützt. Dabei handelt es sich um den in Schleswig-Holstein gefährdeten Labkrautschwärmer (*Hyles gallii*), der sich sehr wahrscheinlich an seinen Nahrungspflanzen, unter anderem dem Zottigen Weidenröschen, im Einzugsbereich der Probefläche entwickelt.

Außerdem handelt es sich um das Rote Ordensband (*Catocala nupta*), welches gem. GFN [59] das Gebiet vermutlich nur durchwandert hat. Auf allen vier untersuchten Standorten konnte die typische Dünen-Bewohnerin und bundesweite Rote-Liste-Art Strand-Erdeule [60] festgestellt werden. Trotz der intensiven Suche konnten im Zuge der Kartierungen keine Eier, Raupen oder sonstige Spuren vom Nachtkerzenschwärmer in den überprüften Beständen festgestellt werden. Ebenso wenig erfolgten Nachweise von Imagines beim Lichtfang.

Im Zuge der Kartierungen konnten 19 Tagfalterarten erfasst werden. Gefährdete Arten oder Arten der Anhänge der FFH-Richtlinie wurden dabei nicht festgestellt, jedoch gelten vier Arten nach der Bundesartenschutzverordnung (§1 BArtSchV, Anl. 1) als besonders geschützt. Dabei handelt es sich um den Kleinen Perlmutterfalter (*Colias hyale*), das Kleine Wiesenvögelchen (*Coenonympha pamphilus*), den Kleinen Feuerfalter (*Lycaena phlaeas*) und den Hauhechel-Bläuling (*Polyommatus icarus*).

Es wurden 15 Libellenarten nachgewiesen, zwei weitere Arten wurden ohne erkennbaren Bezug zu den Untersuchungsgewässern beobachtet. Es wurden dabei keine Libellen von besonderer Planungsrelevanz nachgewiesen, alle Arten sind jedoch besonders geschützt. Bis auf die Glänzende Binsenjungfer, die in Schleswig-Holstein auf der Vorwarnliste [63] und in Deutschland [60] als gefährdet eingestuft ist, gelten die an Gewässern festgestellten Libellenarten als ungefährdet.

Im Zuge der Erfassungen konnten insgesamt 14 durchweg ungefährdete und nicht besonders geschützte Heuschreckenarten nachgewiesen werden. Von den nachgewiesenen Arten kann bei zwölf Arten sicher angenommen werden, dass diese sich im Bereich der 15 Probeflächen reproduzieren.

### *Landschnecken*

Es wurden 28 Landschneckenarten nachgewiesen. Darunter konnten zwei Populationen der planungsrelevanten Schmalen Windelschnecke (*Vertigo angustior*) abgegrenzt werden. Die Schmale Windelschnecke gilt landesweit als stark gefährdet [63] und bundesweit als gefährdet [60] und wird in Anhang II der FFH-Richtlinie gelistet. Die Nachweise beziehen sich auf ein kleinflächiges Dünenrelikt innerhalb der Großenbroder Aue östlich der B 207 und Dünenbereiche an der Großenbroder Lagune.

### *Biologische Vielfalt*

Grundlage für die Beurteilung der biologischen Vielfalt im Untersuchungsraum bilden die Biotopverbundflächen des landesweiten Schutzgebiets- und Biotopverbundsystems Schleswig-Holsteins, deren Ausweisung auch auf eine großräumige Betrachtung im Hinblick auf ökosystemare Zusammenhänge (komplexhafte Verzahnung von hochwertigen Biotoptypen im Zusammenwirken mit faunistischen Funktionen) abzielt. Diesbezügliche Schwerpunktbeispiele sind im Landschaftsrahmenplan abgegrenzt, von denen im Untersuchungsraum das „Küstengebiet Großenbrode“ relevant ist, welches die Niederung der Großenbroder Aue östlich und westlich der B 207 umfasst. Außerdem wird festlandseitig am Fehmarnsund das Gebiet zwischen den Großenbroder Niederungen nördlich von Orthfeld und der Straße nach Großenbroderfähre einschließlich des Strandsees Großenbroderfähre dem Schwerpunktbeispiel zugeordnet.

Die Abschnitte entlang der inselseitigen Küste wurden gemäß Landschaftsrahmenplan III [67] für eine Entwicklung von naturnahen Küstenstreifen (auch an Steilküsten angrenzend) vorgeschlagen, die aufgrund ihrer komplexen Standortbedingungen vergleichsweise gute Entwicklungsmöglichkeiten für unterschiedliche naturraumtypische Lebensräume bieten.

Darüber hinaus wird die Bedeutung des Schutzgutes Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt durch ausgewiesene Schutzgebiete ermittelt. Da die Schutzgebiete auf der Grundlage europäischer Richtlinien und nationaler Gesetze ausgewiesen wurden, haben sie grundsätzlich eine sehr hohe Bedeutung bezüglich der Biologischen Vielfalt. Im vorliegenden Untersuchungsgebiet stehen große Bereiche, insbesondere im Fehmarnsund unter europäischem Schutz. Es sind zwei Vogelschutzgebiete (DE 1633-491 und DE 1530-491) sowie vier FFH-Gebiete (DE 1631-393, DE 1632-392, DE 1631-392 und DE 1532-321) im direkten Umfeld der Planung vorhanden und leisten aufgrund ihrer bedeutenden Naturausstattung u. a. einen wertvollen Beitrag zum Schutz der biologischen Vielfalt.

## **Mariner Lebensraum**

### Biotope und Pflanzen

Die marinen Biotoptypen wurden in den Jahren 2021/2022 in einem Radius von 5.000 m um die geplante Trasse kartiert (vgl. Unterlage 47). Insgesamt wurden innerhalb des Untersuchungsraums 21 verschiedene Biotoptypen festgestellt.

Rund 57 % des Untersuchungsraums wird von sublitoralem Sandgrund bestimmt. Mischsubstrate, die immer durch Epibenthos gekennzeichnet sind, machen rund 40 % der Gesamtfläche aus. Rund 29 % der Gesamtfläche des Untersuchungsraums sind durch Seegras-Biotope gekennzeichnet. Insbesondere in der Orther Bucht und im Burger Binnensee, aber auch im Bereich der Lagune bei Großenbroderfähre sind die Sandgründe durch Seegraswiesen



besiedelt. Außerdem dominiert *Zostera marina* auch große Teile der flachen Mischsubstratflächen, insbesondere östlich von Wagrien.

Von den 21 im Untersuchungsraum vorkommenden Biotoptypen werden 13 mit einem Gefährdungsstatus in der Roten Liste Deutschlands [58] geführt. Diese Biotoptypen machen insgesamt 54 % der Fläche des Untersuchungsraums aus. Alle natürlichen Biotoptypen im Hydrolitoral werden dem FFH-LRT 1140 „Vegetationsfreies Schlick-, Sand- und Mischwatt“ zugeordnet. In der Ostsee handelt es sich dabei um zeitweise trockenfallende Flachwasserzonen, die als Windwatt bezeichnet werden. Sie unterliegen wetterabhängigen, aperiodischen Wasserstandsschwankungen und können bei stetigen Windlagen aus einer Richtung trockenfallen.

Alle natürlichen Biotoptypen im Sublitoral des Untersuchungsgebietes werden dem LRT 1160 „Flache große Meeresarme und -buchten“ zugeordnet. Einige Sublitoral-Biotope gehören zusätzlich zum LRT 1170 "Riffe" oder LRT 1110 "Sublitorale Sandbänke".

Im Untersuchungsgebiet wurden folgende marine Biotope nachgewiesen, die nach § 30 BNatSchG gesetzlich geschützt sind:

- Wattflächen im Küstenbereich
- Sublitorale Sandbänke
- Riffe
- Seegraswiesen und sonstige marine Makrophytenbestände .

Die verschiedenen § 30-Biotope überlagern sich zum Teil. So wird der „hydrolitorale Sandgrund der Ostsee mit wurzelnden Pflanzen“ hier als Wattflächen im Küstenbereich und nicht als „sonstige marine Makrophytenbestände“ dargestellt. Sämtliche Flächen mit Mischsubstrat werden hier den „geogenen Riffen“ zugeordnet, unabhängig von der Besiedlungsart.

Die Gemeinschaftsanalysen (vgl. Unterlage 47.01.001) ergaben insgesamt sechs Pflanzengemeinschaften im Untersuchungsgebiet im Jahr 2022: Meersalden/Lagunentyp, Seegras, Seegras/Fucus, Fädige Algen, Fucus und Mehrjährige Rotalgen.

Alle Pflanzengemeinschaften mit Ausnahme der Fädigen Algen weisen ab einer Bedeckung  $\geq 25$  % eine hohe, bzw. einer Bedeckung  $\geq 50$  % eine sehr hohe Bedeutung auf.

### Tiere

Benthische Fauna (vgl. hierzu Unterlage 47.01.001)

Es konnten im Untersuchungsraum (5000 m-Radius) insgesamt zwei Epibenthos-Gemeinschaften und fünf Infauna-Gemeinschaften nachgewiesen werden:

Die **Mytilus-Gemeinschaft** ist durch das Vorkommen von Miesmuschel-Aggregationen in unterschiedlicher Größe und Dichte und einer damit assoziierten Fauna gekennzeichnet und wurde großflächig im Bereich des Fehmarnsunds nachgewiesen. Die Fauna, die mit dieser Gemeinschaft assoziiert ist, besteht überwiegend aus Arten, die das (von den Muscheln gebildete) Hartsubstrat besiedeln und dieses als Nahrungsgrund nutzen. Vor allem zählen dazu die Flohkrebse der Gattung *Gammarus* und *Monocorophium insidiosum*, Strandschnecken (*Littorina* sp.) und verschiedene Seepocken. Weitere Begleitarten wie Detritusfresser (z. B. *Pygospio elegans* und *Polydora cornuta*) sind nicht von der Verteilung der Miesmuscheln abhängig, profitieren aber davon.

Die **Gammarus-Gemeinschaft** kommt überwiegend in den Flachwasserbereichen vor. Neben der namensgebenden Gattung *Gammarus* leben hier weitere abundanzstarke Amphipoda mit nicht näher bestimmbaren Individuen der Familie *Aoridae*, *Microdeutopus gryllotalpa* und *Stenothoe monoculoides*. Diese Arten leben zusammen mit Miesmuschel- und Makrophyten-Gemeinschaften, da dort die Nahrungsverfügbarkeit (z. B. Seegras und Detritus) und der Schutz vor Fraßfeinden (z. B. Fische) besonders gegeben sind.

Die **Rissoa-Gemeinschaft** gehört zu den Epifauna-Gemeinschaften, die mit Seegraswiesen assoziiert ist. Sie kommt im Flachwasser vor und wurde vor allem in der Orther Bucht und im Burger Binnensee in Wassertiefen zwischen 0,5 m und 4,6 m nachgewiesen. Zu dieser Gemeinschaft gehören die namensgebende Pergament-Rissoschnecke (*Rissoa membranacea*) und die Schnecke *Pusillina sarsi*, die die Mikroalgen von den Seegrasblättern fressen. Mit höheren Abundanzen wurden die Schnecken *Peringia ulvae* und *Ecrobia ventrosa* nachgewiesen. Die Zuckmücken (*Chironomidae*) sind ebenfalls typische Vertreter der *Rissoa*-Gemeinschaft.

Die **Arenicola/Bathyporeia-Gemeinschaft** ist eine Infauna-Gemeinschaft, die vor allem die sandigen Flachwasser-Bereiche im Fehmarnsund besiedelt. Aufgrund der exponierten Lage kommen hier vor allem tief grabende Arten wie der Wattwurm (*Arenicola marina*) und die Sandklaffmuschel (*Mya arenaria*) sowie mobile Arten wie die Flohkrebse der Gattung *Bathyporeia* vor.

Die zu den Infauna-Gemeinschaften zählende **Cerastoderma edule/Macoma-Gemeinschaft** wurde überwiegend westlich und östlich der Halbinsel Wagrien gefunden. Typische Arten dieser Gemeinschaft sind *Cerastoderma edule*, *Macoma balthica* und *Mya arenaria*.

Die **Cerastoderma glaucum/Ventrosia-Gemeinschaft** wurde in Küstennähe der Orther Bucht und des Burger Binnensees erfasst. Diese Infauna-Gemeinschaft kommt somit in den sehr flachen Bereichen des Untersuchungsgebietes vor. Die typischen Arten dieser Gemeinschaft sind *Ecrobia ventrosa* (ehemals *Ventrosia ventrosa*) und *Cerastoderma glaucum*.

Die *Corbula*-Gemeinschaft wurde an den tiefergelegenen Stationen westlich von Wagrien dokumentiert. Bei den Untersuchungen im Jahr 2022 wurde die namensgebende Muschel *Varicorbula gibba* (ehemals *Corbula gibba*) lediglich an einer der sieben Stationen, die dieser Gemeinschaft zugeordnet werden, nachgewiesen. Es wurden jedoch hohe Abundanzen für typische Bewohner (z. B. *Scoloplos armiger* agg., *Pygospio elegans*, *Peringia ulvae*) dieser Gemeinschaft dokumentiert.

### *Marine Fischfauna*

Innerhalb des Untersuchungsraums konnten 34 Fischarten nachgewiesen werden. Die meisten der im Untersuchungsraum nachgewiesenen Fischarten haben eine demersale Lebensweise (Grundfische). Mit Hering, Sprotte, Atlantischer Lachs, Europäischer Meerforelle und Hornhecht wurden fünf Arten mit pelagischer Lebensweise (Freiwasserfische) nachgewiesen. Die Artzusammensetzung und Dominanzstruktur der Fischfauna im Flachwasser- und Tiefenbereich im gesamten Untersuchungsraum spiegelt die typische Struktur von pelagischer und demersaler Fischgemeinschaft sowie die Flachwasserfischgemeinschaft in der südlichen Ostsee wider. Während der aktuellen Untersuchungen dominierten im Flachwasserbereich die Arten Dreistachliger Stichling, Grasnadel, Kleine Seenadel, Neunstachliger Stichling, Schlammgrundel, Scholle, Seestichling und Tobiasfisch. Die Fischfauna im Tiefenbereich wurde durch die Arten, Dorsch, Flunder, Scholle, Seeskorpion, Schwarzmundgrundel, Kliesche, Aalmutter und Europäischer Flusssaal bestimmt. Mit der Schwarzmundgrundel

wurde eine gebietsfremde, invasive Art erfasst. Diese Art hat sich in der Fischfauna im Bereich der Fehmarnsundquerung etabliert.

### *Marine Säuger*

Aus der Gruppe der marinen Säugetiere sind im Untersuchungsraum der Schweinswal (*Phocoena phocoena*), der Seehund (*Phoca vitulina*) und die Ostsee-Kegelrobbe (*Halichoeirus grypus*) in geringen Anzahlen nachgewiesen worden.

Durch Sichtbeobachtung wurden nur sehr wenige Sichtungen von **Schweinswalen** gemacht. Die meisten Sichtungen (insgesamt 7) wurden am Standort „Leuchtturm Strukkamphuk“ dokumentiert. Größere Schweinswalgruppen konnten nicht nachgewiesen werden. Alle Sichtungen dauerten nur wenige Minuten und fanden vor allem in den Wintermonaten, Anfang März und im Sommer (Juni) des 1. Untersuchungsjahres (2021) statt.

In den restlichen Monaten wurden keine Schweinswale erfasst. Das parallel durchgeführte akustische Monitoring zeigt, dass Schweinswale das Gebiet nahezu täglich nutzen, allerdings mit starken räumlichen und saisonalen Unterschieden. Die meisten Detektionen wurden im südwestlichen und südöstlichen Bereich erfasst, während im Bereich der Fahrwinne und Fehmarnsundbrücke im nördlichen Gebiet, die Detektionen geringer waren.

**Kegelrobben** traten im 1. Untersuchungsjahr (2021) deutlich häufiger (130 Tiere) auf als im 2. Untersuchungsjahr (2022, 53 Tiere). Insgesamt hielten sie sich bevorzugt im östlichen Teil des Fehmarnsunds auf. 72 Tiere wurden am Standort „Großenbroderfähre“ und 110 Tiere am Standort „Steilufer“ nachgewiesen. Am Standort „Leuchtturm Strukkamphuk“ wurde nur am 14.04.2022 eine Kegelrobbe erfasst.

**Seehunde** wurden im 1. Untersuchungsjahr (2021) mit zwei Individuen bei einem Beobachtungstermin nachgewiesen. Im 2. Untersuchungsjahr wurden Seehunde mit 17 Sichtungen und 44 Individuen, sehr viel häufiger beobachtet. Die meisten Tiere wurden, wie auch die Kegelrobben, im Osten des Untersuchungsgebietes gesichtet (Beobachtungspunkte Großenbroderfähre und Steilufer) und ausschließlich im Herbst und Winter 2022/2023 gesichtet.

### *Benthische Fauna und marine Fischfauna im Bereich der Nassbaggergutverbringungsfläche (vgl. Unterlage 47.05)*

Im Rahmen der benthosbiologischen Untersuchungen wurden im Herbst 2022 und Frühjahr 2023 insgesamt 26 Taxa der **benthischen Fauna** gefunden, die aufgrund ihrer Bestandssituation bzw. -entwicklung in der Roten Liste Deutschlands [60] geführt werden. Von den nachgewiesenen Rote-Liste-Taxa wird die Kalk-Plattmuschel (*Macoma calcarea*) in der Roten Liste in der Kategorie 1 (vom Aussterben bedroht) und die Wellhornschnecke (*Buccinum undatum*) als stark gefährdet (Kategorie 2) gelistet. Die Seenelke *Cylista undata*, die Islandmuschel (*Arctica islandica*) und das Gallert-Moostierchen (*Alcyonidium gelatinosum*) werden als gefährdet (Kategorie 3) eingestuft. Die Islandmuschel war die einzige Art, die mit beiden Methoden während den beiden Kampagnen (Herbst 2022 und Frühjahr 2023) an jeder Station erfasst wurde.

Im Bereich der Verbringungsfläche wurden insgesamt 27 Fischarten aus 15 Familien erfasst. 23 der im Untersuchungsraum nachgewiesenen Fischarten haben eine demersale Lebensweise (Grundfische). Mit Finte, Hering, Sprotte und Atlantischer Makrele wurden vier Arten mit pelagischer Lebensweise (Freiwasserfische) nachgewiesen. Die Finte wird in der Roten

Liste [71] als gefährdet, der Spitzschwanz-Schlangenstachelrücken als vom Aussterben bedrohte Art geführt. Mit der Aalmutter wurde eine Art der Vorwarnliste nachgewiesen. Die Finte wird in den Anhängen II und V der FFH-Richtlinie geführt. Der Spitzschwanz-Schlangenstachelrücken wurde im juvenilen und adulten Stadium auf der gesamten Untersuchungsfläche erfasst. Die standorttreue Art verbringt seinen gesamten Lebenszyklus im Bereich der Verbringungsfläche (Laich-, Aufwuchs- und Nahrungsgebiet).

### *Biologische Vielfalt*

Im marinen Bereich des Fehmarnsunds ist die biologische Vielfalt am Meeresboden und in der Wassersäule gutachterlich sehr hoch bedeutsam einzuschätzen und im Besonderen von der gegebenen Barrierefreiheit und Vernetzung im Meeresraum geprägt. Auf der Verbringungsfläche ist trotz der geringen Biodiversität auf dem Meeresboden aufgrund der gegebenen Barrierefreiheit und der damit verbundenen Vernetzungsfunktion in der Wassersäule eine hohe Bedeutung hinsichtlich der biologischen Vielfalt gegeben.

### **10.5.2.2 Auswirkungen**

Bezüglich des Schutzguts Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt wurden erhebliche Auswirkungen festgestellt. Im terrestrischen Bezugsraum betrifft dies die temporäre Flächeninanspruchnahme und Bauaktivitäten während der mehrjährigen Bauzeit wie auch dauerhafte Beeinträchtigungen, die mit der Anlage und dem Betrieb verbunden sind. Zu nennen ist hier die dauerhafte Inanspruchnahme und Versiegelung sowie Neubelastung durch Verkehrsemissionen und die Gefahr betriebsbedingter Kollisionen.

Im marinen Bezugsraum Fehmarnsund entstehen insbesondere während der Nassbaggerarbeiten baubedingte temporäre Auswirkungen. Zu nennen sind hier Schall- und Lichtemissionen, temporäre Flächeninanspruchnahmen sowie projektbedingte Sedimentverdriftung (Trübung und Sedimentation). Durch die Ankerschutzschicht findet eine dauerhafte Überprägung mariner Sedimente/Habitate statt.

Auf der Verbringungsfläche entstehen während der Nassbaggergutverbringung temporäre Auswirkungen in Form von projektbedingter Sedimentverdriftung und dauerhafte Auswirkungen in Form von Flächeninanspruchnahme (Überschüttung).

Als besondere Konfliktschwerpunkte sind zu nennen:

- dauerhafte und bauzeitliche Inanspruchnahme von schutzwürdigen Biotopen
- dauerhafte und bauzeitliche Inanspruchnahme von Brutvogellebensräumen
- dauerhafte und bauzeitliche Inanspruchnahme von Fledermauslebensräumen sowie Erhöhung des Kollisionsrisikos
- dauerhafte und bauzeitliche Inanspruchnahme von Amphibienlebensräumen sowie Erhöhung des Kollisionsrisikos
- bauzeitliche Störung durch Unterwasserschallemissionen
- bauzeitliche Störung durch projektbedingte Schwebstofffreisetzung und Sedimentation
- dauerhafte Überprägung des Lebensraums des Spitzschwanzschlangen-Stachelrücken.

Der durch den Eingriff entstehende terrestrische biotopwertbezogene Kompensationsbedarf wird vollständig über Maßnahmen innerhalb des Ökokontos 005\_E-Ök Benzer Becken ausgeglichen.

Der Ausgleich erheblich beeinträchtigter gesetzlich geschützter sowie hochwertiger Biotope erfolgt soweit möglich durch die Schaffung des gleichen Biototyps.

### 10.5.3 Boden

#### 10.5.3.1 Bestand

##### **Terrestrische Böden (vgl. Unterlagen 16 und 17)**

Die Bodentypen und Bodenformen im Untersuchungsraum sind im Wesentlichen durch das Relief, das Ausgangsgestein und die Wasserverhältnisse geprägt. Die Böden der ebenen bis flachwelligen Grundmoränen auf Fehmarn und der Wagrigen Halbinsel sind, bedingt durch das Relief und den dicht gelagerten Geschiebelehm bzw. -mergel, häufig von starkem Staunässeinfluss geprägt. Der terrestrische Untersuchungsraum ist gekennzeichnet durch großflächige Vorkommen von Tschernosemen und deren Übergangssubtypen. Es handelt sich dabei um eine Schwarzerde, die in Schleswig-Holstein nur hier im niederschlagsarmen, nordöstlichen Wagrien und auf Fehmarn entstanden ist und daher den Lokalnamen „Fehmaraner Schwarzerde“ trägt. Entsprechend stehen im Untersuchungsraum großflächig Tschernosem-Pseudogleye (Tschernosem-Pseudogley und Pseudogley-Tschernosem) an.

Im Bereich der Großenbroder Aue steht **Gley** an. Gleye sind Grundwasserböden, das heißt, dass sie unabhängig des Ausgangsmaterials unter dem Einfluss hoch anstehenden Grundwassers entstehen. Im Gegensatz zu Mooren setzen sie sich jedoch aus mineralischen Substraten zusammen.

Jeweils östlich der südlichen und nördlichen Auffahrt zur Fehmarnsundbrücke steht küstennah **Gley-Regosol** an. Dabei handelt es sich um einen gering entwickelten grundwasserbeeinflussten Boden aus karbonatfreiem bis karbonatarmem Lockergestein.

##### **Fehmarnsund (marin) (vgl. Unterlagen 16 und 17)**

Der marine Untergrund wird durch eiszeitliche Ablagerungen bestimmt. Hierbei handelt es sich um Geschiebemergel/Ton mit eingeschuppten Tarraston- und Geröll-Linsen. Östlich der Brücke ist der Anteil an Tarraston wesentlich größer als westlich der Brücke.

Als Strukturelemente treten im Untersuchungsraum Rippel, Großrippel und küstenparallele Sandbarren/Riffe auf. Diese Strukturen weisen mobile Sedimente auf und haben auch eine gewisse Sedimenttransportkapazität.

Nennenswerte Sedimentmächtigkeiten über anstehenden eiszeitlichen Ablagerungen treten nur auf den Schultern des Fehmarnsunds zur Rinne auf, vor allem auf Festlandseite westlich der Brücke und auf Fehmaraner Seite östlich der Brücke. In der Rinne selbst sind kaum transportfähige Sedimente vorhanden, weder westlich noch östlich der Brücke. Hier existieren auch keine geomorphologischen Großformen. Innerhalb des Fehmarnsunds kommen am häufigsten die Fein- und Mittelsandfraktionen vor.

Im Vorhabenbereich weist das Profil in der zentralen Rinne eine schwache Sandauflage auf (wahrscheinliche holozäne Ablagerungen). In dem südlichen Bereich ragen die eiszeitlichen Ablagerungen bis an die Oberfläche auf. Landwärts schließt sich ein Bereich mit sandigen Sedimenten an, die wahrscheinlich holozänen Ursprungs sind. Auf der nördlichen Schulter befindet sich ebenfalls teilweise ein geringmächtiger Sedimentschleier, ebenfalls wahrscheinlich holozänen Ursprungs.

Nahezu das gesamte Gebiet ist mit Steinen bedeckt, die nicht nur an der Oberfläche auftreten, sondern auch im Untergrund. Nur im Bereich nördlich des Sedimententnahmegebietes östlich der Brücke wurden relativ wenige Steine detektiert. Evtl. sind diese durch die ehemals praktizierte Steinfischerei entfernt bzw. ausgedünnt worden. Bis 1974 wurde in Burgstaaken mit zuletzt sechs Schiffen Steinfischerei betrieben und dabei jährlich bis zu 40.000 Tonnen Steine angelandet.

Die Strandsedimente westlich der Brücke auf Festlandseite bestehen aus Mittelsand, in dem auch Steine vorkommen. Auf der Ostseite der Brücke treten ebenfalls Mittelsande als Substrat in den Vordergrund. Teilweise ist aber kein Strand vorhanden, oder aber der Strand ist mit Steinblöcken bedeckt.

### **Marine Sedimente im Bereich der Nassbaggergutverbringungsfläche (vgl. Unterlagen 16 und 17)**

Die Verbringungsfläche wird von Feinsand und Schluff dominiert, mit kleineren Anteilen an Mittelsand. Der nördliche Bereich ist dem Sedimenttyp Feinsand mit kleinflächigen Anteilen an Grobschluff, der südliche Bereich dem Sedimenttyp Grobschluff zuzuordnen. Auf der Verbringungsfläche treten keine signifikanten morphologische Elemente auf.

#### **10.5.3.1.1 Auswirkungen**

Bezüglich des Schutzguts Boden wurden erhebliche Auswirkungen festgestellt. Im terrestrischen Bezugsraum betrifft dies die temporäre Flächeninanspruchnahme während der mehrjährigen Bauzeit wie auch dauerhafte Beeinträchtigungen, die mit der Anlage und dem Betrieb verbunden sind. Zu nennen ist hier die dauerhafte Inanspruchnahme und Versiegelung sowie Neubelastung durch Verkehrsemissionen.

Im marinen Bezugsraum Fehmarnsund entstehen durch baubedingte temporäre Flächeninanspruchnahme (Tunnelaushub und Wiederverfüllung) sowie durch dauerhafte Inanspruchnahme (Ankerschutzschicht) mittlere Auswirkungen auf marine Böden.

Auf der Verbringungsfläche entstehen durch Verklappung des Nassaushubs dauerhafte mittlere Auswirkungen auf marine Böden.

Als besonderer Konfliktschwerpunkt mit hohen bis sehr hohen Auswirkungsstärken ist die dauerhafte Inanspruchnahme von schutzwürdigen Böden („Fehmaraner Schwarzerden“) zu bewerten. Natürlich gewachsene Böden sind ein endliches Gut und bei Verlust meist irreversibel beeinträchtigt. Das vorgesehene Maßnahmenkonzept strebt zum multifunktionalen Ausgleich durch Nutzungsextensivierung, Steigerung der Natürlichkeit sowie Rückbaumaßnahmen eine Aufwertung von bestehenden Böden an.

#### **10.5.4 Wasser**

##### **10.5.4.1 Bestand**

Die Bestandsituation ist ausführlich in der UVS (Unterlage 16) bzw. im LBP (Unterlage 17) beschrieben und wird hier zusammengefasst.



## **Festland**

### Oberflächengewässer

#### *Fließgewässer*

Natürliche Fließgewässer sind auf dem Festland und auf Fehmarn nicht vorhanden. Die Entwässerung erfolgt im Wesentlichen über Gräben und Grabensysteme, die das Wasser entweder direkt oder über den Hauptvorfluter, die Großenbroder Aue, der Ostsee zuführen. Die Großenbroder Aue besitzt keine direkte Verbindung mehr zu dem nördlich der B 207 gelegenen Strandseebereich an der Ostseeküste und erfüllt damit nicht die Voraussetzungen eines natürlichen Fließgewässers. Bedeutendere Gräben, wie der berichtspflichtige Mum-mendorfer Graben, befinden sich zwar außerhalb des Untersuchungsraums; eine ggf. indirekte Betroffenheit als Vorfluter für kleinere, zufließende Gräben ist jedoch in die Auswirkungsanalyse einzubeziehen.

#### *Stillgewässer*

Auf dem Festland befinden sich eine Reihe von Acker- und Grünlandweiern, Kleingewässern und Tümpeln in naturnahen sowie naturfernen Ausprägungen. Außerdem befinden sich technische Gewässer wie z. B. (geplante) RRB an der B 207 sowie innerhalb des angrenzenden PFA 5.2. Alle Stillgewässer sind aufgrund der landwirtschaftlichen Umgebung als eutroph einzustufen. Auf Fehmarn befinden sich Acker- und Grünlandweiher, Kleingewässer, Tümpel und Zierteiche.

#### *Küstengewässer*

Auf dem Festland befinden sich Strandseen bei Großenbroderfähre und am Großenbroder Weststrand („Großenbroder Lagune“, nordwestlich der B 207 und südlich des Ortsteils Orthfeld). Diese Strandseen stellen eine Besonderheit dar, da sie im Vergleich zu anderen Binnenseen mit einer Wassertiefe zwischen 0,3 und 0,7 m sehr flach sind. Auf Fehmarn befinden sich keine Strandseen. Ein gesetzlicher Gewässerschutzstreifen (§ 35 LNatSchG) ist innerhalb des terrestrischen Bezugsraums (Großenbrode und Fehmarn) 150 m landwärts von der Mittelhochwasserlinie der Ostsee aus ausgewiesen.

#### *Überschwemmungsgebiete*

Nach dem Wasserhaushaltsgesetz des Bundes (WHG) und dem Wassergesetz des Landes Schleswig-Holstein setzt die Landesregierung Überschwemmungsgebiete durch Landesverordnung (LVO) fest. Es befinden sich keine durch Rechtsverordnung festgesetzten Überschwemmungsgebiete im terrestrischen Bezugsraum.

### Grundwasser

Dem festlandseitigen Untersuchungsraum liegt der Grundwasserkörper (GWK) „Kossau/Oldenburger Graben“ (DE\_GB\_DESH\_ST07) zugrunde. Der GWK erstreckt sich auf einer Fläche von 1.226 km<sup>2</sup>. Die Mächtigkeit wird mit 10 bis 20 m (abgedeckt) angegeben. Es handelt sich um einen silikatischen Porengrundwasserleiter mit Trinkwassernutzung. Dem insel-seitigen Untersuchungsraum liegt der GWK „Fehmarn“ (DE\_GB\_DESH\_ST08) zugrunde. Die GWK befinden sich in einem guten mengenmäßigen und guten chemischen Zustand.

Wasserschutzgebiete sowie diesbezügliche Vorrang-/Vorbehaltsgebiete sind im terrestrischen Bezugsraum nicht ausgewiesen.

Innerhalb des Untersuchungsraums befinden sich Küsten-Hochwasserrisikogebiete. Auf dem Festland sind vor allem die Niederung der Großenbroder Aue (bis an die DB-Bestandstrasse heran) sowie große Teile der Ortslage Großenbrode betroffen; außerdem die lagunären Küstenbereiche nordwestlich der B 207 und an der Spitze der Wagrischen Halbinsel (beiderseits der Rampe zur Fehmarnsundbrücke). Auf Fehmarn sind die küstennahen Dünenbereiche westlich und östlich der Fehmarnsundbrücke sowie die Niederungen der Sundwiesen betroffen. Bei einem Hochwasserereignis übernehmen diese Bereiche eine wichtige Funktion im Abflusshaushalt. Auf den großflächig vorherrschenden bindigen Gley-Böden ist die Eigenschaft als Retentionsraum jedoch deutlich eingeschränkt.

### **Fehmarnsund (marin)**

#### Küstengewässer

Das Küstengewässer „Fehmarn Sund“, aufgeteilt in die Küstengewässer

- Fehmarn Sund W (WRRL-Wasserkörper-Nr. B3.9610.09.07A)
- Fehmarn Sund E (WRRL-Wasserkörper-Nr. B3.9610.09.07B) und
- Fehmarn Sund Ost (WRRL-Wasserkörper-Nr. B4.9610.09.12)

umfasst den gesamten Küstenbereich der Wagrischen Halbinsel und der Südküste Fehmarns (vgl. Unterlage 20.02). Der Fehmarnsund ist ein natürliches Küstengewässer, welches mit einem mäßigen ökologischen und einem schlechten chemischen Zustand eingestuft ist. Die beiden Küstengewässer Fehmarn Sund W und Fehmarn Sund E sind als „Mesohalines offenes Küstengewässer der Ostsee“ (Subtyp B3) ausgewiesen, während das Küstengewässer Fehmarn Sund Ost als „Meso-polyhalines offenes Küstengewässer der Ostsee“ (Subtyp B4) klassifiziert ist.

Das Phytoplankton wird jeweils als gut bewertet, Großalgen oder Angiospermen als mäßig (Fehmarn Sund Ost nicht bewertet), die benthischen Wirbellosen als mäßig, das Tidenregime als gut, die allgemeinen chemisch-physikalischen Parameter aufgrund der Nährstoffverhältnisse als nicht eingehalten und die spezifischen synthetischen und nicht synthetischen Schadstoffe als eingehalten beschrieben. Die Morphologie unterscheidet sich zwischen den Küstengewässern Fehmarn Sund W und E (jeweils nicht gut) und Fehmarn Sund Ost (gut) [68].

Des Weiteren befindet sich nordwestlich des Fehmarnsunds das mesohaline innere Küstengewässer (Subtyp B2b) „Orther Bucht“ (WRRL-Wasserkörper-Nr. B2.9610.09.02), welches sich in einem mäßigen ökologischen und schlechten chemischen Zustand befindet. Das Phytoplankton wird als gut, Großalgen oder Angiospermen als mäßig bewertet. Die benthischen Wirbellosen sind nicht bewertet.

An der Westküste Fehmarns, in ca. 8 km Entfernung zum Vorhaben, befindet sich darüber hinaus das mesohaline offene Küstengewässer (Subtyp B3b) „Fehmarn Belt W“ (WRRL-Wasserkörper-Nr. B3.9610.09.08A).

#### Grundwasser

Die beiden festlandseitigen Grundwasserkörper korrespondieren nicht miteinander, sodass im marinen Bereich kein Grundwasserkörper ausgewiesen ist (vgl. Unterlage 20.01).

### Hydrografie

Die Hydrodynamik im Fehmarnsund ist durch die Interaktion des Wassers mit dem Gelände (Bathymetrie), auf den Wasserkörper einwirkende Kräfte wie z. B. Gezeiten und Wind, sowie jahreszeitliche klimatische Einflüsse bestimmt. Hierdurch kommt es zu Änderungen des Wasserstandes, der Strömungsgeschwindigkeiten, des Salzgehalts sowie der Temperatur.

Der Wasserstand ist durch die Gezeiten beeinflusst, jedoch beträgt der Einfluss durch die eingeschränkte Durchströmung der Belte nur wenige Zentimeter in der gesamten Ostsee. Die damit verbundenen Strömungsgeschwindigkeiten sind ebenfalls gering.

Über den Zeitraum eines Jahres dominiert ein westwärts gerichteter akkumulierter Durchfluss sowohl im Fehmarnbelt als auch im Fehmarnsund.

Es treten im Mittel signifikante Wellenhöhen zwischen 0,2 m und 0,4 m auf. Die maximalen signifikanten Wellenhöhen für ein 100-jähriges Wiederkehrintervall liegen zwischen 1,6 m östlich der Fehmarnsundbrücke und 2,5 m westlich der Fehmarnsundbrücke. Wellen aus Ost und West herrschen vor, wobei Wellen aus West dominieren.

Die Strömung im Fehmarnsund wird durch den relativ flachen Fehmarnsund und die natürliche vertikale Einengung des Fließquerschnitts beeinflusst. Die Strömung wird von zwei Richtungen dominiert. Die Hauptkomponenten der Strömung sind aus Ost-Süd-Ost (OSO) und aus West-Nord-West (WNW) zu verzeichnen, wobei Strömungen aus WNW leicht überwiegen. Die Oberflächenströmungsgeschwindigkeit kann bis zu 1,9 m/s erreichen.

Im Fehmarnsund sind im Vergleich zum Fehmarnbelt durch die geringere Tiefe und den geringeren Wasseraustausch die Salzgehaltsunterschiede (Salzschichtung) weniger ausgeprägt.

### Wasserqualität

Für den Fehmarnsund liegen aktuelle Trübungsmessungen aus 2023/2024 vor (vgl. Unterlage 51.02). In den ufernahen Bereichen treten höhere Trübungen auf als in der Fahrrinne. Zudem weisen die Ergebnisse auch aus, dass die Trübungen an der Wasseroberfläche niedriger sind als in Sohlhöhe. Die Daten zeigen einen jahreszyklischen Verlauf der Wassertemperaturen und tendenziell höhere Sauerstoffgehalte bei eher niedrigen Wassertemperaturen. Die Trübung ist i. d. R. sehr gering, weist aber ereignisspezifische Spitzenwerte auf, die überwiegend im Winterhalbjahr liegen.

### **Nassbaggergutverbringungsfläche (marin)**

Die Verbringungsfläche befindet sich östlich Fehmarns innerhalb des Hoheitsgewässers „Küstenmeer Schlei / Trave“ (DETE\_DESH\_B0-9610), welches entlang der gesamten Schleswig-Holsteinischen Ostseeküste zwischen den Küstenwasserkörpern und der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) verläuft.

Die Wassertiefen innerhalb des Untersuchungsraums Nassbaggergutverbringungsfläche betragen zwischen 18 m und 28 m; wobei die Tiefe von Süden nach Norden zunimmt. Der Wasserkörper befindet sich im aktuellen Bewirtschaftungszeitraum in einem schlechten chemischen Zustand. Grund dafür sind erhöhte Anteile an Quecksilber und Quecksilberverbindungen sowie Bromierte Diphenylether (BDE) und Perfluoroktansulfonsäure und ihre Derivate (PFOS). Der chemische Zustand ohne ubiquitäre Stoffe ist gut.

#### **10.5.4.2 Auswirkungen**

Bezüglich des Schutzguts Wasser wurden erhebliche Auswirkungen festgestellt. Im terrestrischen Bezugsraum betrifft dies die temporäre Flächeninanspruchnahme von Fließ- und Stillgewässern während der mehrjährigen Bauzeit wie auch dauerhafte Beeinträchtigungen, die mit der Anlage und dem Betrieb verbunden sind. Zu nennen ist hier die dauerhafte Inanspruchnahme und Versiegelung sowie Neubelastung durch Verkehrsemissionen.

Im marinen Bezugsraum Fehmarnsund sowie auf der Verbringungsfläche entstehen projektbedingt nur geringfügige und unerhebliche Auswirkungen auf Küstenwasserkörper gem. WRRL.

Als besonderer Konfliktschwerpunkt mit hohen Auswirkungen ist der Verlust von Oberflächengewässern zu werten.

#### **10.5.5 Klima und Luft**

##### **10.5.5.1 Bestand**

Die Bestandsituation ist ausführlich in der UVS (Unterlage 16) bzw. im LBP (Unterlage 17) beschrieben und wird hier zusammengefasst.

##### **Festland**

Durch das Relief bedingte Geländeklimate (Bereiche mit vom Großklima deutlich abweichenden Klimaparametern) sind im gesamten Untersuchungsraum – wenn überhaupt – nur schwach ausgeprägt, da eine Überprägung durch das Großklima stattfindet und das Relief der Landschaft zu wenig ausgeprägt ist.

Sonderklimate im Bereich von Siedlungen im Sinne eines „Stadtklimas“ sind aufgrund der ländlichen Struktur des Raums mit kleineren Ortslagen und Splittersiedlungen nicht vorhanden. Da keine klimatisch belasteten Siedlungsbereiche vorhanden sind, bestehen insgesamt keine bedeutenden bioklimatischen Belastungs-Entlastungs-Systeme im Untersuchungsraum.

Zudem befinden sich Wald- oder Gehölzflächen mit einem zu erwartenden eigenen Bestandsklima und einer Funktion als Frischluftentstehungsgebiete nur in der Niederung der Großenbroder Aue.

Besondere Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete oder -leitbahnen sind nicht ausgewiesen.

##### **Mariner Bereich**

Die Meere übernehmen eine wichtige Funktion bei der Temperaturregulierung und im Stoffaustausch. Die Wassersäule sowie tiefliegende Meeresböden sind als CO<sub>2</sub>-Speicher klimarelevant. Diese Eigenschaften werden jedoch durch das Vorhaben nicht in beurteilungsrelevanter Art und Größe beeinträchtigt.

## **Globale Klimaschutzfunktionen**

Im Kontext des Klimaschutzes werden besonders relevante organische Böden, d. h. Moorböden und moorähnliche Böden, in den Mittelpunkt der Betrachtung der Funktion der Treibhausgasspeicher gerückt, da große Vorräte an organischem Bodenkohlenstoff in organischen Böden gebunden sind.

Die Gleyböden der Großenbroder Aue zählen zur Bodentypengesellschaft „Gley mit Niedermoor und Anmoorgley“ mit hohen organischen Kohlenstoffvorräte bis 2 m Tiefe. Bei den übrigen Böden innerhalb des Untersuchungsraums handelt es sich nicht um Moorböden oder moorähnlichen Böden.

### **10.5.5.2 Auswirkungen**

Bezüglich des Schutzguts Klima und Luft wurden erhebliche Auswirkungen festgestellt. Im terrestrischen Bezugsraum betrifft dies baubedingte Erdarbeiten wie auch dauerhafte anlagebedingte Inanspruchnahme und Versiegelung von Böden mit besonders hohem Gehalt an Kohlenstoff. Die Auswirkungen sind zwar als hoch zu bewerten, allerdings beziehen sich die Inanspruchnahmen auf äußerst kleinflächige Straßennebenflächen. Es wird kein besonderer Konfliktschwerpunkt festgestellt.

Das Belastungsband entlang der B 207 bleibt durch die gleichbleibende verkehrliche Nutzung bestehen und wird durch die Neutrassierung lediglich nach Westen verlagert.

Im marinen Bezugsraum Fehmarnsund sowie auf der Verbringungsfläche entstehen projektbedingt keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Klima und Luft.

### **10.5.6 Landschaft**

#### **10.5.6.1 Bestand**

Die Bestandsituation ist ausführlich in der UVS (Unterlage 16) bzw. im LBP (Unterlage 17) beschrieben und wird hier zusammengefasst.

#### **Festland**

Der Naturraum Nordoldenburg und Fehmarn, Ostholsteinisches Hügel- und Seenland zählt zur Küstenlandschaft Hohwacher Bucht und Fehmarn. Die folgenden wertgebenden Merkmale sind zu nennen:

- die vielfältigen naturnahen Land- und Meereslebensräume
- dynamische Ablagerungsprozesse, die zunächst Sandhaken, Strandwälle und schließlich größere Nehrungshaken entstehen lassen (Steilküsten kommen nur vereinzelt vor, besonders auf Fehmarn)
- die in die durch stete Sandfrachten genährten Dünenlandschaften eingebettete, von der Ostsee gespeiste Strandseen u. a. mit Röhrichten und Salzwiesen in den küstennahen Niederungen (landeinwärts schließt die leicht wellige Jungmoränenlandschaft an)
- seeseitig in flachen Bereichen mosaikartig vorkommende Sandbänke und Riffe
- die Insel Fehmarn mit besonderer Bedeutung für den Tourismus.

Die Landschaft besitzt eine hohe Bedeutung für das natürliche und kulturelle Erbe als naturnahe Kulturlandschaft ohne wesentliche Prägung durch technische Infrastruktur. Für das

Landschaftserleben bzw. die landschaftsgebundene Erholung besitzt die Landschaft in Teilbereichen (Gebiete mit vorrangiger Bedeutung für Erholung und Tourismus) eine hohe Bedeutung.

### **Mariner Bereich**

Zwischen dem Festland und Fehmarn liegt der Freiwasserbereich des Fehmarnsunds und der Ostsee. Der flache Meeresbereich ist aufgrund seiner geringen Breite und hindernisfreien Ebene visuell weitreichend durch die Küstenlandschaften im Süden Fehmarns und im Norden der Wagrischen Halbinsel beeinflusst. In diesem küstennahen Meeresbereich bestimmen die angrenzenden Küstenlandschaften mit ihrer Kulissenwirkung den Charakter der Landschaftsbildeinheit.

Die Nassbaggergut-Verbringungsfläche befindet sich im östlichen Küstengewässer Fehmarns mit einer Entfernung von über 5 km zur Küste. Aufgrund der Entfernung zur Insel sind keine besonderen Sichtbeziehungen oder Nutzungen festzustellen, anhand derer sich Landschaftsbildeinheiten abgrenzen und definieren lassen würden.

### **10.5.6.2 Auswirkungen**

Bezüglich des Schutzguts Landschaft wurden erhebliche Auswirkungen festgestellt. Dies betrifft die temporäre Flächeninanspruchnahme und die temporäre morphologische Umgestaltung (Bodendeponien) während der mehrjährigen Bauzeit wie auch dauerhafte Beeinträchtigungen, die mit der Anlage und dem Betrieb verbunden sind. Zu nennen ist hier die Technisierung der Landschaft durch dauerhafte Versiegelung bzw. Flächeninanspruchnahme sowie eine Entwertung der Landschaft im Umfeld exponierten Bauwerke. Diese werden aufgrund der erhöhten Gestaltungsansprüche als besondere Konfliktschwerpunkte in Karte 8 (vgl. Unterlagen 16.01.28-31) benannt:

- Technisierung durch das festlandseitige Tunnelportal mit Betriebsgebäude
- Technisierung durch die Anschlussstelle Großenbrode
- Morphologische Veränderung durch Anlage eines Hochwasserschutzdeiches.

### **10.5.7 Kulturgüter und sonstige Sachgüter**

#### **10.5.7.1 Bestand**

##### **Festland**

##### Kulturdenkmäler

Innerhalb des Untersuchungsraums befinden sich gemäß der digitalen Denkmalliste des Landes Schleswig-Holstein sechs als Kulturdenkmäler gemäß § 2 Abs. 2 Nr. 1 in Verbindung mit § 8 Abs. 1 Denkmalschutzgesetz (DSchG) geschützte Objekte ([https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/ministerien-behoerden/LD/Kulturdenkmale/ListeKulturdenkmale/\\_documents/ListeKulturdenkmale](https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/ministerien-behoerden/LD/Kulturdenkmale/ListeKulturdenkmale/_documents/ListeKulturdenkmale)). Im direkten Eingriffsbereich des Vorhabens liegen die Fehmarnsundbrücke sowie die Reichsautobahnbrücke über die Straße Struckkamp auf Fehmarn.



### Bodendenkmäler

Darüber hinaus sind Bodendenkmäler relevant, die im Trassenbereich der Fehmarnsundquerung nachgewiesen sind. Es handelt sich um Nachweise von Einzelfunden, Siedlungen, Gräbern und Grabhügeln im Rahmen der archäologischen Landesaufnahme der Archäologischen Landesamtes Schleswig-Holstein (ALSH, Unterlage 43.02.001). Da im Bereich des geplanten Tunnels diverse archäologische Fundplätze bekannt sind, wurde eine archäologische Voruntersuchung zwingend notwendig.

Daher wurde der Korridor des Absenktunnels im Herbst/Winter 2023 durch das ALSH einer harten Prospektion mittels Baggersuchsnitten unterzogen (vgl. Unterlage 43.01.003). Dies betraf sowohl den Festlandbereich im Raum Großenbrode (südliches Tunnelportal) wie auch den südlichen Inselteil westlich der Fehmarnsundbrücke (nördliches Tunnelportal). Als Ergebnis der Untersuchungen ist festzuhalten, dass sich insgesamt 65 aufgenommene Befunde auf 13 Fundplätze verteilen.

### Historische Kulturlandschaften

Es sind aufgrund der intensiven Landwirtschaft keine zusammenhängenden, historischen Kulturlandschaften im Untersuchungsraum vorhanden.

### Sonstige Sachgüter

Die „Vogelfluglinie“ ist eine bedeutende Verkehrsachse zwischen den Großräumen Kopenhagen und Hamburg, die u. a. über die Insel Fehmarn verläuft. Im Außenbereich der Siedlungen liegen vor allem in Strandnähe Parkplätze, welche dem Tourismus und der Erholung zuzuordnen sind und in Wechselwirkung dort bewertet wurden. Den Vorhabensbereich quert zudem eine 110-kV-Leitung, deren Funktion durch eine vorgelagert genehmigte Verlegung aufrechterhalten wird.

Inselseitig ragt westlich des Vorhabens der Landesschutzdeich in das Untersuchungsgebiet hinein. Auf Höhe von Strukkamp befindet sich östlich der bestehenden Trasse das Wasserkraftwerk des Wasserbeschaffungsverbands Fehmarn.

### **Mariner Bereich**

Hinweise aus der Vorplanung gaben Anlass zu weiterführenden Untersuchungen zur Erkundung der archäologischen Bedeutung des Fehmarnsunds. Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen (vgl. Unterlage 43.01.001) kann ausgeschlossen werden, dass im südlichen Trassenbereich ein bedeutendes archäologisches Fundpotential vorliegt. Obwohl durch den Aushub für den Tunnelbau im nördlichen Bereich holozäne Bodenhorizonte betroffen wären, in denen mit vorgeschichtlichen Spuren zu rechnen ist, liegt kein deutlicher Hinweis auf einen gut erhaltenen Siedlungsplatz vor.

Sowohl die in-situ-Funde aus dem Grabungsschnitt im nördlichen Bereich wie auch die im südlichen Bereich gemachten ex-situ-Oberflächenfunde sind daher als Einzel- bzw. Streufunde zu bewerten. Ein höheres archäologisches Fundpotential besteht weiter westlich außerhalb des Planungskorridors. Aufgrund dieser Sachlage sieht das ALSH keine Veranlassung für eine archäologische Hauptuntersuchung.

Im Untersuchungsraum der Nassbaggergutverbringung sind keine Kultur- und sonstigen Sachgüter bekannt.

### 10.5.7.2 Auswirkungen

Bezüglich des Schutzguts Kulturgüter und sonstige Sachgüter wurden erhebliche Auswirkungen festgestellt. Im terrestrischen Bezugsraum betrifft dies den projektbedingten Rückbau und Verlust der denkmalgeschützten Reichsautobahnbrücke bei Strukkamp (Fehmarn).

Im marinen Bezugsraum Fehmarnsund und auf der Verbringungsfläche entstehen projektbedingt keine erheblichen Auswirkungen auf das Schutzgut Kulturgüter und sonstige Sachgüter.

Das archäologische Landesamt Schleswig-Holstein hat mit Schreiben vom 25.10.2024 (terrestrisch) bzw. 05.11.2024 (marin) bestätigt, dass keine Bedenken bezüglich der Planumsetzung bestehen und alle zu beanspruchenden Flächen aus archäologischer Sicht freigegeben sind.

### 10.5.7.3 Wechselwirkungen

Die Wirkungszusammenhänge zwischen den Schutzgütern (Wechselwirkungen) werden aufgrund fehlender, wissenschaftlich fundierter Grundlagenermittlung nur in allgemeiner Form ermittelt und schutzgutimmanent berücksichtigt.

## 10.6 Artenschutz und europäischer Gebietsschutz

### 10.6.1 Artenschutz

Die artenschutzrechtliche Prüfung (vgl. Unterlage 19.02) kommt zu dem Ergebnis, dass unter Berücksichtigung der festgesetzten artenschutzrechtlichen Vermeidungs-, CEF- und artenschutzrechtlichen Ausgleichsmaßnahmen für die artenschutzrechtlich relevanten Tierarten (Fledermäuse, Amphibien, Fischotter, Schweinswal, Vögel) keine Verbotstatbestände gemäß § 44 Abs. 1 BNatSchG ausgelöst werden. Eine Ausnahme nach § 45 Abs. 7 BNatSchG ist somit für keine Art erforderlich.

### 10.6.2 Natura 2000-Verträglichkeit

Für die folgenden Natura 2000-Gebiete gem. § 32 BNatSchG, die im Einflussbereich der Planung liegen, wurde jeweils eine Natura 2000-Verträglichkeitsstudie erarbeitet.

#### FFH-Gebiete

- DE-1532-321 „Sundwiesen Fehmarn“ (vgl. Unterlage 18.02)
- DE-1631-392 „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ (vgl. Unterlage 18.04)
- DE-1631-393 „Küstenlandschaft Nordseite der Wagrischen Halbinsel“ (vgl. Unterlage 18.05)
- DE-1632-392 „Küstenlandschaft vor Großenbrode und vorgelagerte Meeresbereiche“ (vgl. Unterlage 18.03).

Außerhalb des Einflussbereichs der geplanten Schienen- und Straßentrasse wurden zur Berücksichtigung der Auswirkungen der Nassbaggertgutverbringung sowie der Riffkompensation folgende FFH-Gebiete ergänzt:

- DE-1332-301 „Fehmarnbelt“ (vgl. Unterlage 18.07)
- DE-1532-391 „Küstenstreifen West- und Nordfehmarn“ (vgl. Unterlage 18.06)
- DE-1533-301 „Staberhuk“ (vgl. Unterlage 18.08).

Darüber hinaus wurde für das FFH-Gebiet DE-1733-301 „Sagas Bank“ eine FFH-Verträglichkeits-Vorprüfung (vgl. Unterlage 18.01) aufgrund des gegebenen naturräumlichen Zusammenhangs durchgeführt, die zum Ergebnis kommt, dass Beeinträchtigungen der Schutz- und Erhaltungsziele aufgrund der Lage außerhalb des Wirkbereichs der Planung ausgeschlossen werden können.

### **Vogelschutzgebiete**

- VSG DE-1530-491 „Östliche Kieler Bucht“ (vgl. Unterlage 18.10)
- VSG DE-1633-491 „Ostsee östlich Wagrien“ (vgl. Unterlage 18.09).

Mit Ausnahme des FFH-Gebietes DE-1631-392 „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ wurde unter Berücksichtigung von entsprechenden Schadensbegrenzungen eine Natura 2000-Verträglichkeit für alle untersuchten Gebiete festgestellt.

Bezüglich des FFH-Gebietes DE-1631-392 „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ ist festzustellen, dass die Erheblichkeitsschwellen – trotz Durchführung von Schadensbegrenzungsmaßnahmen – für die LRT 1160, 1170 sowie 2120 überschritten werden.

Das Vorhaben steht somit im Hinblick auf die bau- und anlagebedingte Flächeninanspruchnahme der Erhaltung eines günstigen Erhaltungszustands der LRT 1160 und 1170 sowie der Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustands des LRT 2120 entgegen. Erhebliche Beeinträchtigungen der LRTs und der für sie definierten Erhaltungsziele können nicht ausgeschlossen werden. Weiterhin können erhebliche Beeinträchtigungen der allgemeinen Erhaltungsziele des Schutzgebietes durch den Wirkfaktor „Flächeninanspruchnahme“ nicht ausgeschlossen werden.

Der Gebietsschutz nach § 34 BNatSchG steht der Vorhabenzulassung entgegen. Eine Zulassung des Vorhabens ist im Wege der Ausnahmeprüfung möglich. In der Unterlage für die FFH-Ausnahmeprüfung werden die Voraussetzungen für die Zulassung des Vorhabens im Rahmen der Ausnahmeprüfung dargestellt (s. FFH-Ausnahmeprüfung, Unterlage 18.04.002).

## **10.7 Rechtliche Bewertung**

In den folgenden Ausführungen des Kapitels 10.7 sind die Ergebnisse der UVS (Unterlage 16.01.001) zusammengefasst. Soweit keine abweichenden Quellen benannt sind, bezieht sich das Kapitel auf diese Unterlage.

### **10.7.1 Umweltverträglichkeitsstudie**

Entscheidend für die Bewertung der Umweltauswirkungen gemäß § 12 UVPG sind die vom Vorhaben ausgehenden Veränderungen und Beeinträchtigungen der Schutzgüter, die auch unter Berücksichtigung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen verbleiben.

Zur Feststellung der Erheblichkeit von ermittelten Auswirkungen wurde unter Einbeziehung der gegebenen Vermeidungs- und Minderungsmöglichkeiten eine Erheblichkeitsschwelle definiert, die erreicht wird, wenn bei einer mindestens mittleren Schutzgutempfindlichkeit eine mindestens mittlere Wirkintensität des Eingriffs gegeben ist. Nach Feststellung der Erheblichkeit von Auswirkungen wurde deren Ausgleichbarkeit geprüft. Bei fehlenden Möglichkeiten des Ausgleichs einer Auswirkung ist eine Schutzgutunverträglichkeit gegeben (vgl.

Unterlage 16). In den folgenden Ausführungen sind die Ergebnisse der UVS (Unterlage 16.01.001) zusammengefasst.

### **Menschen, einschl. menschliche Gesundheit**

Für das Schutzgut „Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit“ ist festzustellen, dass durch die aktiven Lärmschutzmaßnahmen alle Schutzfälle gelöst werden (vgl. Unterlage 21). Im Hinblick auf die Schienenverkehrserschütterungen ist festzuhalten, dass im PFA FSQ keine potenziellen Immissionskonflikte zu erwarten sind und somit keine erschütterungstechnischen Schutzmaßnahmen erforderlich sind (vgl. Unterlage 25). Relevante Beeinträchtigungen durch Lichtimmissionen (vgl. Unterlage 23.02), Verschattung (vgl. Unterlage 22.02) und Elektromagnetische Felder (vgl. Unterlage 45.00) sind auszuschließen.

Es erfolgt im Untersuchungsraum eine Lärmverlagerung, die örtlich Lärmzunahmen bewirkt und an anderer Stelle Lärmabnahmen. Eine Ausgleichbarkeit bezüglich der festgestellten Neuverlärmung ist durch die wesentlich größeren Flächen mit Lärmverringerung an anderer Stelle in gleich empfindlichen Räumen als ausgeglichen zu betrachten.

Die dauerhafte Inanspruchnahme von Wohnumfeldern und Bereichen mit besonderer Erholungseignung, ein dauerhafter Umwegezwang im Erholungswegenetz sowie eine unvermeidbare Verkehrsmehrbelastung am südlichen Ortseingang von Großenbrode sind als nicht ausgleichbar einzustufen und unterliegen der Abwägung gegenüber dem überwiegenden öffentlichen Interesse im Rahmen der Planfeststellung.

### **Tiere und Pflanzen, biologische Vielfalt**

Für das Teilschutzgut „Tiere und Pflanzen, biologische Vielfalt“ ist durch vorgesehene trassennahe und trassenferne Maßnahmen eine Kompensation der erheblichen nachteiligen Umweltauswirkungen im Sinne der Eingriffsregelung möglich. Alle verursachten Beeinträchtigungen können entweder bis unter die Erheblichkeitsschwelle minimiert oder ausgeglichen werden. Eine Schutzgutverträglichkeit im Sinne des UVPG ist gegeben.

Beeinträchtigte hochwertige Biotop, die teilweise auch einem gesetzlichen Schutz unterliegen, werden entweder wiederhergestellt oder durch Neuanlage an anderer Stelle bzw. über Ökokonten ausgeglichen. Das Maßnahmenkonzept im LBP (vgl. Unterlage 17) sieht hierfür eine Extensivierung von mesophilem Grünland, die Neuanlage von Knicks, die Anlage von Röhricht, eine Wiederherstellung bzw. Aufwertung von Weißdünen, Anpflanzungen und Rodungen zur Leitumlenkung und zum Habitatausgleich von Fledermaus-Flugrouten- und -Jagdhabitaten, Entsiegelungsmaßnahmen, die Wiederherstellung bauzeitlich beanspruchter Flächen (inkl. Bodenrekultivierung) sowie die Entwicklung eines Kleingewässers.

Die Eingriffe in das Teilschutzgut „Tiere“ werden zum Teil multifunktional berücksichtigt. Die Pflanzung von Knicks, Leitlinienpflanzungen und die Leitumlenkung bzw. der Habitatausgleich für Fledermäuse, Entsiegelungsmaßnahmen sowie die Wiederherstellung bauzeitlich beanspruchter Flächen kompensieren den Lebensraumverlust des Bluthänflings. Für die entfallenden Habitate der Feldlerche sowie weiterer Offenlandarten werden Extensivierungsmaßnahmen durchgeführt und Ersatzhabitate auf Ökokontoflächen angelegt. Für die Beeinträchtigungen von Amphibien, insbesondere des Kammmolches, wird ein neues Laichgewässer inkl. Landlebensraum auf Fehmarn angelegt.

Im marinen Bezugsraum erfolgt der Ausgleich von Beeinträchtigungen von Biotopen sowie der benthischen Flora und Fauna durch eine naturnahe, vollständige Wiederverfüllung des Tunnelgrabens, der Wiederansiedlung von Seegraswiesen im Eingriffsbereich und der Neuanlage von Riffen auf einer externen Riffkompensationsfläche nordwestlich von Fehmarn.

Bezüglich der Auswirkungen auf der geplanten Verbringungsfläche sind geeignete Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen nicht möglich oder nicht zumutbar (vgl. Unterlage 17.01). Daher muss eine Ersatzgeldzahlung gemäß § 15 Abs. 6 BNatSchG geleistet werden.

## **Boden**

Der Verlust von natürlich gewachsenen Böden kann vor dem fachgesetzlichen Hintergrund (BBodSchG, BNatSchG) im Grundsatz nicht ausgeglichen werden, da die Beeinträchtigungen irreversibel sind und das Schutzgut Boden nicht beliebig vermehrbar ist. Gemäß der gängigen Rechtsprechung wird jedoch in der Praxis neben Entsiegelungs- und Rückbaumaßnahmen auch die Erhöhung der Naturnähe bislang intensiv genutzter Böden als Ausgleich der Beeinträchtigungen anerkannt. In Abhängigkeit von der Schwere des Eingriffs erfolgt der Ausgleich im Rahmen der Biotopwertbilanz multifunktional; ggf. ist ein funktionspezifischer Ausgleich nachzuweisen. Vor diesem Hintergrund ist das Vorhaben bezüglich des Schutzgutes Boden als verträglich einzustufen.

Die Auswirkungen auf terrestrische Böden können insbesondere durch das vorgesehene Maßnahmenkonzept (Extensivierungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen) ausgeglichen werden (vgl. Unterlage 17). Durch die Umwandlung von Ackerland hin zu einer extensiven Nutzung und dem Verzicht auf intensive landwirtschaftliche Nutzung reduziert sich die Belastung des Bodens. Es wird auf den Einsatz von Düngemittel und Pestizide verzichtet. Diese Maßnahmen erhöhen und sichern die natürlichen Bodenfunktionen. Durch die Wiederherstellung der bauzeitlich beanspruchten Flächen werden sowohl die natürlichen Bodenfunktionen der Böden wiederhergestellt als auch die Archivfunktion der Böden erhalten und sichergestellt, dass diese bewahrt werden. Die Beeinträchtigung in die Archivfunktion kann somit ausgeglichen werden.

Ein Teilausgleich ist darüber hinaus durch Rückbaumöglichkeiten bereits planfestgestellter Flächen (B 207, PFA 6) möglich. Die Entsiegelung von Flächen trägt entscheidend zur Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen bei, indem sie die physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse des Bodens reaktiviert.

Die Auswirkungen auf marine Böden im Fehmarnsund und auf der Verbringungsfläche können durch die Biotopwertbilanz und die darin vorgesehenen Maßnahmen ausgeglichen werden (vgl. Unterlage 17).

## **Wasser**

Alle verursachten Beeinträchtigungen können entweder bis unter die Erheblichkeitsschwelle minimiert oder ausgeglichen werden. Eine Schutzgutverträglichkeit im Sinne des UVPG ist gegeben.

### Oberflächengewässer/Küstenwasserkörper

Die Auswirkungen auf Oberflächenwasserkörper können durch Anlage neuer Gewässer ausgeglichen werden. Nach der bauzeitlichen Wasserhaltung wird festlandseitig ein neues Kleingewässer angelegt (Maßnahme 052\_A, vgl. Unterlage 17.05). Das Kleingewässer erhält

zumindest kleinflächig eine Mindestwassertiefe von 1,00 m bis 1,50 m und Uferböschungen mit wechselnder Neigung. Das Kleingewässer wird der Eigenentwicklung überlassen. In Kombination mit Maßnahme 044\_A wird sich Uferstrand- und Röhrichtvegetation ausbilden. Das Kleingewässer wird durch abschnittsweise Mahd in mehrjährigen Abständen von einer zu starken Verbuschung freigehalten.

Inselseitig erfolgt östlich Struckkamp die Neuanlage eines Amphibiengewässers (Maßnahme 038\_ACEF, vgl. Unterlage 17.05). Die Gestaltung erfolgt naturnah. Die Maßnahmen sind geeignet, die projektbedingten Auswirkungen auf Oberflächenwasserkörper auszugleichen.

Projektbedingt werden zudem Rückbau- und Entsiegelungsmaßnahmen durchgeführt. Es sind abflussverzögerte Entwässerungssysteme geplant. Eine Schutzgutverträglichkeit ist unter Einbeziehung der Minimierungs- und Ausgleichsmaßnahmen gegeben.

### Grundwasserkörper

Es entstehen durch anlagebedingte Flächenversiegelung erheblichen Auswirkungen auf die Grundwasserkörper Kossau/ Oldenburger Graben sowie Fehmarn durch lokale Verringerung der Infiltrationsfläche. Die Auswirkungen können durch Rückbau- und Entsiegelungsmaßnahmen auf einer Gesamtfläche von ca. 7,23 ha, durch Anlage von Oberflächengewässern und durch abflussverzögerte Entwässerungssysteme ausgeglichen werden.

In den Straßenabschnitten der B 207 neu (neu geplante B 207) sind zudem in einem pauschalen Belastungsband von beidseits 50 m durch betriebsbedingte Stoffausträge mittlere Auswirkungen auf das Grundwasser und Kleingewässer zu erwarten. Da gleichzeitig entsprechende Entlastungen im Altverlauf der B 207 zu erwarten sind, ist eine Ausgleichbarkeit gegeben.

### EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Die Bewertung der Einhaltung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und nationaler Gesetze wie dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) erfolgt unter Berücksichtigung der Umweltziele zur Vermeidung von Verschlechterungen des Wasserzustands und die Erfüllung von Bewirtschaftungszielen.

Der Fachbeitrag WRRL beschreibt den Ausgangszustand und bewertet die Auswirkungen auf potenziell betroffene Grund- und Küstenwasserkörper. Zur Bewertung werden die Ergebnisse hydronumerischer Modelle für Strömung und Sedimenttransport, eigene Berechnungen zur Auswirkung von Einleitungen und chemische Analysen des LfU sowie der VHT zu den Küstenwasserkörpern und Grundwasserkörpern herangezogen. Diese Modelle, Berechnungen und Bewertungen zeigen, dass weder die geplanten Anlagen noch die geplanten Bau- und Betriebsmaßnahmen signifikanten Verschlechterungen in den biologischen und chemischen Qualitätskomponenten der KWK verursachen.

Lokal begrenzte Veränderungen (z. B. projektbedingte Sedimentation und Schwebstoffbelastung) wurden ebenfalls als unerheblich oder geringfügig eingestuft. Temporäre Beeinträchtigungen wie projektbedingte Schwebstoffhöhungen durch Nassbaggerungen, Verbringung von Baggergut und Einträge von Baustellenwässern wurden analysiert. Diese bleiben in räumlich und zeitlich begrenzten Bereichen. Die langfristigen Auswirkungen, wie der Einfluss von Entwässerungsanlagen und die Verstärkung der Strömungsdynamik, sind als geringfügig einzuschätzen. Retentionsbodenfilteranlagen (RBFA) und RRB reduzieren hydraulische Einflüsse und die Schadstoffeinträge in die Wasserkörper, so dass die



Auswirkungen auf die Wasserkörper je nach Parameter unerheblich oder geringfügig sind. Schadstoffkonzentrationen an den repräsentativen Messstellen bleiben unter den Umweltqualitätsnormen (UQN).

Die Prognose und Bewertung der Auswirkungen des Vorhabens PFA Fehmarnsundquerung auf die wesentlichen Merkmale und Eigenschaften sowie Belastungen zeigt darüber hinaus, dass das Vorhaben den aktuellen Umweltzustand des Meeresgewässers Deutsche Ostsee nicht verschlechtert.

Die Modellierungen für die Grundwasserströmung ergaben, dass die Bauwerke die natürlichen Grundwasserverhältnisse nur geringfügig beeinflussen. Die Auswirkungen auf chemische Parameter bleiben unterhalb zulässiger Prüfwerte.

Die Wiederherstellung von Seegraswiesen und Riffstrukturen zur Kompensation von Eingriffen in marine Lebensräume sowie zusätzliche Schutzmaßnahmen wie die Schaffung neuer Lebensräume und die Auffüllung von durch Baggerarbeiten beeinträchtigten Flächen verringern die Auswirkungen auf die biologischen Qualitätskomponenten bzw. gleichen die Auswirkungen aus (vgl. Unterlage 17.01.001).

Es wurde festgestellt, dass das Vorhaben die Erreichung der Umweltziele gemäß EU-WRRL und Wasserhaushaltsgesetz (WHG) nicht gefährdet und keine Verstöße gegen das Verschlechterungsverbot vorliegen.

Die geplanten Maßnahmen sind mit den Bewirtschaftungszielen der betroffenen Wasserkörper vereinbar. Durch technische und organisatorische Maßnahmen werden negative Einflüsse minimiert, und der gute Zustand der Wasserkörper bleibt gewährleistet.

EU-Meeresstrategierichtlinie (MSRL), vgl. Unterlage 50.02)

Die Prognose und Bewertung der Auswirkungen des Vorhabens „PFA Fehmarnsundquerung“ auf die wesentlichen Merkmale und Eigenschaften sowie Belastungen zeigt, dass das Vorhaben den aktuellen Umweltzustand des Meeresgewässers Deutsche Ostsee nicht verschlechtert.

Das Vorhaben ist mit dem MSRL-Verbesserungsgebot vereinbar. Die Maßnahmen des MSRL-Maßnahmenprogramms, die zur Erreichung der Umweltziele festgelegt wurden, werden nicht beeinflusst und können weiterhin umgesetzt werden. Die Erreichung der Umweltziele und des guten Umweltzustands wird durch das Vorhaben nicht gefährdet.

## **Klima und Luft**

Alle verursachten Beeinträchtigungen können entweder bis unter die Erheblichkeitsschwelle minimiert oder ausgeglichen werden. Eine Schutzgutverträglichkeit im Sinne des UVPG ist gegeben.

Um den Anforderungen des § 13 Abs. 1 Satz 1 des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) zu genügen, erfolgte vorsorglich eine Gesamtbetrachtung der globalen Klimaauswirkungen unter Berücksichtigung aller Vorhabenbestandteile (Straßen- und Schieneninfrastruktur). Die Vorhabenträgerin kommt ihren gesetzlichen Verpflichtungen entsprechend § 13 KSG nach, durch planerische Maßnahmen den Folgen der Treibhausgasemissionen entgegenzuwirken (gesetzliches Berücksichtigungsgebot). Alternativen wurden objektiv unter Beachtung der bestehenden Richtlinien im Straßenbau im Zuge des Planungsprozesses geprüft und im

Rahmen der Möglichkeiten angewendet. Weiterhin erfolgt durch die Bundesstraßenverwaltung eine Berücksichtigung der Vorgaben dieser Gesetze im Zuge der späteren Bauausführung. Zudem werden auch Treibhausgasemissionen bei zukünftigen Unterhaltungs- und Instandhaltungsmaßnahmen berücksichtigt.

### **Landschaft**

Die festgestellten Landschaftsbeeinträchtigungen können durch Eingrünungsmaßnahmen der technischen Bauteile sowie durch Wiederherstellung bzw. Neugestaltung im bauzeitbedingt beanspruchten Umfeld ausgeglichen werden. Eine Verträglichkeit mit dem Schutzgut ist gegeben.

### **Kulturgüter und sonstige Sachgüter**

Ausgleichsmöglichkeiten für den Verlust der Reichsautobahnbrücke bei Struckamp sind nicht gegeben. Der Belang unterliegt der Abwägung gegenüber dem allgemeinen öffentlichen Interesse im Rahmen der Planfeststellung.

## **10.7.2 Eingriffsregelung**

Unvermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft sind nach § 15 BNatSchG so weit als möglich durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege auszugleichen oder zu ersetzen. Eine detaillierte Darstellung der Ermittlung des Kompensationsbedarfs sowie der zum Ausgleich vorgesehenen Maßnahmen ist dem Landschaftspflegerischen Begleitplan (Unterlage 17) zu entnehmen.

Der Kompensationsbedarf für die Fehmarnsundquerung wurde mithilfe der Bundeskompensationsverordnung (BKompV) ermittelt.

Durch das Vorhaben ergeben sich für die biotopwertbezogene Kompensation ein Bedarf von 2.146.118 WP im terrestrischen Bezugsraum sowie 2.979.955 WP im marinen Bezugsraum und 17.372.047 WP im Bezugsraum Verbringungsfläche.

Der biotopwertbezogene Ausgleichsbedarf im terrestrischen Bereich wird über Maßnahme 005\_E-Ök Ökokonto „Benzer Becken“ kompensiert (vgl. Unterlage 17.01.001). Im marinen Bereich wird der biotopwertbezogene Kompensationsbedarf durch die Maßnahmen 057\_K „Naturnahe vollständige Wiederverfüllung des Tunnelgrabens“, 059\_A „Wiederherstellung und Wiederansiedlung der Seegraswiesen im Eingriffsbereich“, 061\_K „Neuanlage von Rifften auf externer Riffkompensationsfläche“ und 062\_A „Zwischenlagerung von Steinen aus dem Fehmarnsund und anschließende Wiedereinbringung“ gedeckt (vgl. Unterlage 17.01.001).

Auf der Verbringungsfläche sind Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für die Kompensation der Beeinträchtigungen nicht möglich, sodass der Eingriff durch eine Ersatzgeldzahlung in Höhe von 1,6 Mio. € kompensiert wird (vgl. Unterlage 17.01.001). Zusätzlich ergeben sich durch das Vorhaben erhebliche Beeinträchtigungen besonderer Schwere (eBS-Fälle) für mehrere Schutzgüter. Diese werden funktionsbezogen ausgeglichen.

### 10.7.3 NATURA 2000-Verträglichkeit

Das Vorhaben befindet sich innerhalb bzw. in der Nähe mehrere Natura-2000 Gebieten. Die Verträglichkeitsprüfungen finden sich in Unterlage 18. Alle in Unterlage 18 hergeleitete nötige Schadensbegrenzungs- und Kohärenzmaßnahmen sind in Kapitel 4 im LBP (Unterlage 17) aufgeführt.

Für die NATURA-2000-Schutzgebiete sind Maßnahmen erforderlich, um die NATURA 2000-Verträglichkeit herzustellen:

#### **FFH-Gebiet DE-1532-321 „Sundwiesen-Fehmarn“**

- 023\_Va\_V Temporäre Amphibienleit- und -sperreinrichtung zum Schutz des Kammmolchs
- 024\_Va\_V Dauerhafte Amphibienleit- und -sperreinrichtung zum Schutz des Kammmolchs
- 029\_V Querungshilfen für den Kammmolch
- 043\_Va\_V Bauzeitenbeschränkung zum Schutz des Kammmolchs.

#### **FFH-Gebiet DE-1631-392 „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“**

- 022\_Va\_V Vermeidung von baubedingten Tötungsrisiken sowie baubedingter Barriere-/Trennwirkung für die Kreuzkröte
- 028\_Va\_V Minderung der Wirkung von Schallimmissionen auf marine Säuger
- 032\_V Maßnahme zur Reduzierung von Schwebstoffen und Sedimentation
- 033\_V Vermeidung von Störwirkungen durch den Schiffsverkehr

Eine Ausnahmeprüfung erfolgt in Unterlage 18.04.002. Es werden folgende Kohärenzmaßnahmen als Bedingung für die Zulassung des Projektes nach der Ausnahmeregelung gemäß § 34 Absatz 3 BNatSchG abweichend von Absatz 2 abgeleitet:

- 057\_K Naturnahe vollständige Wiederverfüllung des Tunnelgrabens
- 061\_K Neuanlage von Riffen auf externer Riffkompensationsfläche
- 060\_K Wiederherstellung der Weißdüne
- 064\_K Aufwertung bestehender Weißdünen.

#### **FFH-Gebiet DE-1631-393 „Küstenlandschaft Nordseite der Wagrischen Halbinsel“**

- 021\_Va\_V Vermeidung der bauzeitlichen Störung an der Großenbroder Lagune
- 022\_Va\_V Vermeidung von baubedingten Tötungsrisiken sowie baubedingter Barriere-/Trennwirkung für die Kreuzkröte
- 030\_V Vermeidung der bauzeitlichen Störung an den Lagunen im nördlichen Festlandbereich
- 034\_V Baugrubensicherung für den Fischotter.

#### **FFH-Gebiet DE-1533-301 „Staberhuk“**

- 033\_V Vermeidung von Störwirkungen durch den Schiffsverkehr

#### **VSG DE-1633-491 „Ostsee östlich Wagrien“**

- 030\_V Vermeidung der bauzeitlichen Störung an den Lagunen im nördlichen Festlandbereich
- 031\_V Vermeidung von betriebsbedingten Störwirkungen von Rastvögeln entlang der Trasse
- 033\_Va\_V Vermeidung Störwirkung durch den Schiffsverkehr.

### **VSG DE-1530-491 „Östliche Kieler Bucht“**

- 020\_Va\_V Vermeidung der bauzeitlichen Tötung und Verletzung von Brutvögeln
- 021\_Va\_V Vermeidung der bauzeitlichen Störung an der Großenbroder Lagune
- 026\_Va Kollisions- und Blendschutz zum Schutz der Fledermäuse und Rastvögel
- 031\_V Vermeidung von betriebsbedingten Störwirkungen von Rastvögeln entlang der Trasse
- 033\_Va\_V Vermeidung Störwirkung durch den Schiffsverkehr.

#### **10.7.4 Schutzgebiete der §§ 22 bis 28 BNatSchG**

Das Vorhaben liegt innerhalb des Landschaftsschutzgebietes (LSG) 55-OH-21 „Nordküste von Großenbrode“. Gemäß der Kreisverordnung zum Schutz von Landschaftsteilen in den Gemeinden Großenbrode, Heiligenhafen, Gremersdorf und Dahme vom 08.01.1969 sind Maßnahmen untersagt, „die geeignet sind, das Landschaftsbild zu verunstalten oder den Naturgenuss zu beeinträchtigen“ [64]. Eine Genehmigung gemäß § 67 BNatSchG und § 3 der o.a. Kreisverordnung wird beantragt.

#### **10.7.5 Artenschutz**

Durch das geplante Vorhaben können artenschutzrechtliche Verbotstatbestände des § 44 (1) BNatSchG eintreten. Die Notwendigkeit zur Durchführung einer artenschutzrechtlichen Prüfung ergibt sich unmittelbar aus Art. 12 (1) und Art. 13 der FFH-Richtlinie, die mit den §§ 44f BNatSchG in nationales Recht umgesetzt wurden.

Im artenschutzrechtlichen Fachbeitrag (Unterlage 19.02) werden alle relevanten Arten einzeln auf ein mögliches Eintreten der Verbotstatbestände des § 44 (1), 1-3 BNatSchG geprüft. Als Ergebnis der artenschutzrechtlichen Prüfung lässt sich zusammenfassend feststellen, dass bei Durchführung der vorgesehenen artenschutzrechtlichen Vermeidungs- und Ausgleichsmaßnahmen für die Arten nach Anhang IV der FFH-Richtlinie sowie für die europäischen Vogelarten keiner der Verbotstatbestände des § 44 (1) BNatSchG erfüllt ist. Alle in Unterlage 19.02 abgeleiteten Maßnahmen wurden in die Maßnahmenfestlegungen LBP (vgl. Unterlage 17.01.001) übernommen.

Details zum artenschutzrechtlichen Fachbeitrag sind Unterlage 19.02 zu entnehmen.

#### **10.7.6 Biotopschutz**

Nach § 30 Abs. 2 BNatSchG sind Maßnahmen, die zur Zerstörung oder sonstigen erheblichen oder nachhaltigen Beeinträchtigung von nach § 30 BNatSchG i. V. m. § 21 LNatSchG gesetzlich geschützten Biotopen führen können, verboten. Im Rahmen der Eingriffsregelung gilt für Eingriffe in gesetzlich geschützte Biotope das Minimierungsgebot als striktes Recht. Sollten Eingriffe unvermeidbar sein, kann für die Biotoptypen Knicks und Kleingewässer eine Ausnahme gem. § 30 BNatSchG i. V. m. § 21 LNatSchG zugelassen werden, darüber hinaus wird eine Befreiung gem. § 67 BNatSchG erforderlich.

Im Rahmen der Planung wurde geprüft, ob alternative Trassenführungen oder technische Lösungen möglich sind, um Eingriffe in gesetzlich geschützte Biotope zu vermeiden. Aufgrund technischer, wirtschaftlicher und raumplanerischer Zwänge konnten jedoch keine Alternativen gefunden werden, die eine gleichwertige Umsetzung des Projekts ohne Beeinträchtigung der Biotope gewährleisten.

Die Lage der gesetzlich geschützten Biotope entlang der geplanten Trasse lässt eine vollständige Vermeidung von Eingriffen nicht zu, ohne das Projekt in seiner Gesamtheit zu gefährden. Die Trasse wurde jedoch so optimiert, dass die Eingriffe auf das notwendige Minimum reduziert werden. Es kommt zu einer Beeinträchtigung folgender gesetzlich geschützter Biotope (vgl. Unterlage 17.01.001):

- Allee - Mittlere Ausprägung (41.05.04M)
- Artenreiche, frische (Mäh-)Weide (34.07a.01)
- Brackwasserröhrichte der Ostseeküste (Übergangsbereich Hydro- und Geolitoral) (08.02)
- Dünengebüsche (10.06)
- Feuchte/nasse Dünentäler, inkl. Dünenmoore [Komplex] (10.05)
- Frische bis nasse Ruderalstandorte / Moränensteilküsten der Ostsee (39.06.03)
- Gehölzanpflanzungen und Hecken aus überwiegend nicht autochthonen Arten (41.04)
- Graudünen (Dünenrasen) (10.03)
- Laub(misch)holzforste einheimischer Baumarten (43.09)
- Naturnahe eutrophe Gewässer, inkl. sich selbst überlassene Abbaugewässer (24.04c)
- Salzgrünland des Geolitorals der Ostseeküste (ohne Röhrichte) (08.01) / Strandwälle (09.05)
- Sandstrände und Sandplatten (09.02) / Strandwälle (09.05)
- Schilf-Landröhricht (38.02.02)
- Sonstige krautige und grasige Säume und Fluren der offenen Landschaft / Strandwälle (09.05)
- Strandgewässer (09.06)
- Vordüne (10.01)
- Wallhecke, Knick (41.03.01)
- Weißdüne (10.02).

Die Kompensation für die Beeinträchtigung der gesetzlich geschützten Biotope wird geleistet (vgl. Unterlage 16.01.001). Für die Eingriffe in Knicks und naturnahe eutrophe Gewässer wird eine Ausnahme gem. § 30 Abs. 3 BNatSchG i. V. m. § 21 LNatSchG beantragt.

Gem. § 30 BNatSchG i. V. m. § 21 LNatSchG sind Ausnahmen vom Biotopschutz für die übrigen gesetzlich geschützten Biotope nicht möglich. Es ist für den Eingriff in diese Biotope daher eine Befreiung gem. § 67 BNatSchG erforderlich, die beantragt wird.

## **10.7.7 Schallschutz und Schutz vor Erschütterungen**

Aus den erschütterungstechnischen Untersuchungsergebnissen (vgl. Unterlage 25) geht hervor, dass die zukünftigen Erschütterungsimmissionen aus dem Bahnbetrieb aufgrund der örtlichen Gegebenheiten im PFA FSQ zu keinen Immissionskonflikten führen. Eine Abwägung für die Wirksamkeit einer Schutzmaßnahme setzt grundsätzlich voraus, dass im Einwirkungsbereich der zu untersuchenden Bahnstrecke ein Schutzbedarf besteht.

Ein Schutzbedarf hinsichtlich der Belange des Erschütterungsschutzes besteht ausschließlich dann, sofern sich im direkten Einwirkungsbereich schutzwürdige Nutzungen befinden oder zumindest städtebauliche Planungen bereits vorgesehen sind. Da dieser Sachverhalt im vorliegenden Fall nicht gegeben ist, führt die Umsetzung einer erschütterungstechnischen Schutzmaßnahme zur keiner relevanten Veränderung der vorliegenden Immissionssituation. In diesem Zusammenhang sei insbesondere erwähnt, dass die jeweils gültigen Beurteilungswerte aufgrund der vorliegenden Abstände zwischen der Ausbaustrecke und der schutzbedürftigen Nutzungen sicher eingehalten werden.

Es ist zu schlussfolgern, dass die Umsetzung von erschütterungstechnischen Schutzmaßnahmen in dem hier untersuchten Streckenabschnitt nicht erforderlich ist und demgemäß aus fachlicher Sicht von der Umsetzung von erschütterungstechnischen Minderungsmaßnahmen abzusehen ist.

Die wesentlichen Ergebnisse unter Verwendung der für die Prognose gesetzten Annahmen für den Unterwasser-Dauerschall während der Baumaßnahmen sind (vgl. Unterlage 21.10.001):

- Das FFH-Schutzgebiet „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ wird von den Bauschallszenarien A-F mit Unterwasserschall  $\geq 140$  dB im Bereich deutlich kleiner als 1% beschallt.
- Unter Einhaltung eines 150 m Abstandspuffers um das FFH-Gebiet DE-1533-301 „Staberhuk“ kann gewährleistet werden, dass eine Verbringung des Aushubmaterials außerhalb dieser Pufferzone zu keiner Überschreitung des Vorsorgewertes von 140 dB SPL innerhalb des FFH-Gebiets führt.
- Alle anderen genannten FFH-Gebiete werden nicht durch Bauschall beeinflusst.
- Aufgrund der Topografie und des derzeitigen Bauplans ist von einer temporären Beschallung  $\geq 140$  dB des gesamten Querschnittes des Fehmarnsund im Bereich der geplanten Tunneltransekte auszugehen (Szenario F). Dies würde zumindest eine zeitweise Unpassierbarkeit des Fehmarnsund für Schweinswale zur Folge haben.

Für den zu erwarteten Unterwasser-Rammschall bei der Einbringung von Dalben ist festzustellen, dass mit einer maximalen Rammenergie von 100 kJ höchstwahrscheinlich der Grenzwert des Einzelereignispegels (SEL) von 160 dB re  $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$  in 750 m Entfernung eingehalten wird. Der Grenzwert des Spitzenpegel ( $L_{p,pk}$ ) von 190 dB re  $1\mu\text{P}$  wird bei der Modellierung sowohl mit 100 kJ als auch 400 kJ klar unterschritten. Die aus der Prognose gewonnenen Werte unterliegen allerdings einer Unsicherheit von 2 dB (vgl. Unterlage 21.11.001).



## **11 Weitere Rechte und Belange**

### **11.1 Grundinanspruchnahme**

Die zu erwerbenden oder in sonstiger Weise in Anspruch zu nehmenden Flächen sind aus dem Grunderwerbsverzeichnis und den Grunderwerbsplänen, getrennt nach der Art der Inanspruchnahme, ersichtlich. Angaben privater Eigentümer sind aus Datenschutzgründen verschlüsselt. Der angegebene Flächenbedarf ist aus den vorliegenden Katasterunterlagen rechnerisch ermittelt. Die tatsächlich beanspruchte Fläche wird nach Abschluss der Baumaßnahmen vermessen.

Sofern wegen der Baumaßnahme Einfriedungen, Hochbauten oder andere Anlagen Dritter beseitigt werden müssen, werden diese ersetzt bzw. entschädigt. Die Höhe der zu zahlenden Entschädigungen für Grunderwerb, Wirtschafterschwernisse, Aufwuchs und sonstige Nachteile wird außerhalb dieses Verfahrens in besonderen Verhandlungen in freier Vereinbarung, ggf. unter Hinzuziehen eines Sachverständigen, ermittelt.

Die Grundstücke sind in den Grunderwerbsunterlagen nach den weiteren unten aufgeführten und erläuterten Kriterien gekennzeichnet und dargestellt.

#### **Erwerb**

Hierbei handelt es sich um Flächen Dritter, welche für das Vorhaben benötigt werden und deshalb zu erwerben sind. Es handelt sich insgesamt um ca. 862.501 m<sup>2</sup>.

Bisherige öffentliche Straßenverkehrsflächen, die für die Realisierung des Vorhabens benötigt werden, gehen gemäß § 6 Abs. 1 FStrG (§ 17 Abs. 1 StrWG) ohne Entschädigung in das Eigentum des neuen Trägers der Straßenbaulast über. Solche Flächen sind nicht im Grunderwerbsverzeichnis aufgeführt. Es wird versucht, im Vorfeld mit allen Flächeneigentümern eine Tauschvereinbarung über die benötigten Flächen abzuschließen. Die VHT verfügen über ausreichende Ersatzflächen im Kreis Ostholstein.

#### **Dingliche Sicherung**

Hierbei handelt es sich um Flächen Dritter, welche für das Vorhaben dinglich durch Eintragung einer Grunddienstbarkeit oder beschränkten persönlichen Dienstbarkeit im Grundbuch zu sichern sind, jedoch nicht erworben werden. Diese Bereiche sind im Grunderwerbsverzeichnis dargestellt. Es handelt sich insgesamt um ca. 1.547.398 m<sup>2</sup>.

Die Grunddienstbarkeit und die beschränkte persönliche Dienstbarkeit räumen dem Berechtigten (z. B. DB InfraGO AG oder der Bundesrepublik Deutschland) Rechte an einem Grundstück oder Grundstücksteil ein. Das Eigentum verbleibt beim bisherigen Eigentümer. Die Grunddienstbarkeit bzw. beschränkte persönliche Dienstbarkeit kann beispielsweise folgende Inhalte haben:

Der Berechtigte darf das Grundstück oder Teile davon in bestimmten einzelnen Beziehungen benutzen, z. B. Betretungs- und Befahrungsrecht, Verlegen von Leitungen, Durchführung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach Naturschutzrecht. Ferner dürfen auf dem betreffenden Grundstück oder Teilen davon bestimmte Handlungen nicht vorgenommen werden (z. B. Verbot einer bestimmten Bebauung oder Aufwuchsbegrenzung).

Festzuhalten bleibt, dass der jeweilige Grundstückseigentümer durch die Eintragung einer Grunddienstbarkeit oder beschränkten persönlichen Dienstbarkeit nur zur Duldung und nicht zum Tätigwerden verpflichtet werden kann. Für den Fall, dass der Grundeigentümer sich freiwillig aufgrund einer vertraglichen Regelung zur Durchführung von wiederkehrenden Leistungen auf seinem Grundstück verpflichtet (z. B. Pflegemaßnahmen, Rückschnitt etc.), wird im Grundbuch eine entsprechende Reallast eingetragen.

### **Vorübergehend beanspruchte Flächen**

Hierbei handelt es sich um Flächen Dritter, die während der Bauzeit als Zufahrten, Lagerflächen, Baustelleneinrichtung oder Arbeitsstreifen u. ä. in Anspruch zu nehmen sind. Nach Fertigstellung der Baumaßnahme werden diese Flächen wieder nutzbar gemacht und den Eigentümern/Nutzungsberechtigten zurückgegeben. Entschädigungen für Nutzungsrechte, Ertragsausfälle, Wirtschafterschwernisse und etwaige Rekultivierungs- bzw. Instandsetzungsmaßnahmen u. ä. werden durch besondere Vereinbarungen außerhalb des Planfeststellungsverfahrens geregelt.

Weiterhin sind im Grunderwerbsplan vorübergehend beanspruchte Privatwege gekennzeichnet. Mit den Wegeunterhaltungspflichtigen werden für die Benutzung der Wege während der Bauzeit Vereinbarungen getroffen.

## **11.2 Anlagenbetreiber Bahn**

Der Planer der künftigen Leistungsphasen respektive der Bauausführende hat in Abstimmung mit dem Betreiber und abhängig von dem endgültig herzustellenden Bauwerk festzulegen, welche Instandhaltungs- und Wartungsanforderungen entsprechend dem zur Bauausführung gültigen Regelwerk an das Bauwerk der DB gestellt werden und dies in einer Instandhaltungsvorlage fortzuschreiben. Diese Instandhaltungsvorlage ist dem Betreiber zu übergeben.

## **11.3 Kabel und Leitungen**

In der folgenden Tabelle sind die Kabel und Leitungen aufgeführt, die während der Baumaßnahmen gesichert, (teilweise) zurückgebaut oder umverlegt werden müssen.

Tabelle 11-1: Übersicht Kabel und Leitungen

<b>Lageplan Blatt</b>	<b>Bauwerksnr.</b>	<b>Leitungsart</b>	<b>Leitungseigentümer</b>	<b>Bau-km (1100)</b>	<b>vorgesehene Maßnahme</b>
002, 003	3001	Abwasserleitung	Zweckverband Ostholstein	170,60 - 171,10	Verlegung
002, 003	3002	Abwasserleitung	BP Europa SE / ARAL AG	171,10 - 171,50	Rückbau
010	3051	Abwasserleitung	Zweckverband Ostholstein	175,70 - 175,85	Verlegung
010	3052	Abwasserleitung	Zweckverband Ostholstein	175,75	Sicherung
002	3101	Trinkwasserleitung	ZVO Energie GmbH	170,65 - 170,90	Verlegung
002, 003	3102	Trinkwasserleitung	ZVO Energie GmbH	171,10 - 171,40	Verlegung
003	3103	Trinkwasserleitung	ZVO Energie GmbH	171,30 - 171,50	Teilrückbau
003, 005	3105	Trinkwasserleitung	ZVO Energie GmbH	172,00 - 172,20	Verlegung
005	3107	Trinkwasserleitung	Wasserbeschaffungsverband Fehmarn (WBV)	172,20	Sicherung

Lageplan Blatt	Bauwerksnr.	Leitungsart	Leitungseigentümer	Bau-km (1100)	vorgesehene Maßnahme
005	3108	Trinkwasserleitung	WBV Fehmarn	173,30	Sicherung
006, 007, 009	3150	Trinkwasserleitung	WBV Fehmarn	174,35 - 174,45	Verlegung
009, 010	3151	Trinkwasserleitung	WBV Fehmarn	174,70 - 175,70	Verlegung
010	3152	Trinkwasserleitung	WBV Fehmarn	175,70	Sicherung
010	3153	Trinkwasserleitung	WBV Fehmarn	175,70 - 175,85	Verlegung
009, 010	3154	Trinkwasserleitung	WBV Fehmarn	175,85 - 176,50	Verlegung
010	3155	Trinkwasserleitung	WBV Fehmarn	175,75	Sicherung
011	3156	Trinkwasserleitung	WBV Fehmarn	176,70	Sicherung
002, 003	3201	Gasleitung	ZVO Energie GmbH	170,60 - 171,20	Verlegung
010	3251	Gasleitung	Schleswig-Holstein Netz AG	175,60 - 175,85	Verlegung
011	3254	Gasleitung	Schleswig-Holstein Netz AG	176,30 - 176,75	Rückbau
002, 003	3302	Elektroleitung	Schleswig-Holstein Netz AG	170,50 - 171,65	Verlegung
003	3303	Elektroleitung	Schleswig-Holstein Netz AG	171,30 - 171,50	Teilrückbau
003, 005	3304	Elektroleitung	Schleswig-Holstein Netz AG	171,40 - 172,15	Verlegung
003	3305	Trafostation/ Elektroleitung	Schleswig-Holstein Netz AG	171,40	Rückbau
003	3306	Elektroleitung	Schleswig-Holstein Netz AG	171,40	Verlegung
009	3309	Elektroleitung	Schleswig-Holstein Netz AG	174,40	Teilrückbau
009	3351	Elektroleitung	Wasserstraßen- und Schiffahrtsamt Ostsee	174,35 - 174,40	Verlegung
010	3352	Elektroleitung	Schleswig-Holstein Netz AG	175,65 - 175,85	Verlegung
011	3355	Elektroleitung	Schleswig-Holstein Netz AG	176,30 - 176,75	Teilrückbau
011	3356	Elektroleitung	Schleswig-Holstein Netz AG	176,40 - 176,50	Teilrückbau
002	3401	Telekommunikation	Telekom Deutschland GmbH	170,65 - 170,95	Verlegung
003	3402	Telekommunikation	Telekom Deutschland GmbH	171,40 - 171,50	Teilrückbau
005, 007	3403	Fernmeldeleitung	Schleswig-Holstein Netz AG	173,30	Sicherung
009	3451	Telekommunikation	Telekom Deutschland GmbH	174,35	Sicherung
009	3452	Telekommunikation	Telekom Deutschland GmbH	174,35 - 174,75	Verlegung
009, 010	3453	Telekommunikation	Telekom Deutschland GmbH	174,70 - 175,80	Verlegung
009, 010, 011	3454	Fernmeldeleitung	Schleswig-Holstein Netz AG	174,70 - 176,70	Rückbau
011	3457	Fernmeldeleitung	Schleswig-Holstein Netz AG	176,35 - 176,75	Rückbau
011	3458	Telekommunikation	Telekom Deutschland GmbH	176,30 - 176,75	Teilrückbau

Detaillierte Beschreibungen der Leitungen und Kabel zur genauen Lage, Art der Betroffenheit und erforderliche Maßnahmen sind der Unterlage 04 (Bauwerksverzeichnis) und der Unterlage 11 (Kabel- und Leitungslagepläne) zu entnehmen.

Die im Planfeststellungsabschnitt betroffenen Felddrainagen werden gesichert und ggf. neu angeschlossen.

#### **11.4 Tankstellen Großenbrode**

Bei Bau-km 171,500 der Bahnstrecke 1100 bzw. zwischen Bau-km 1+000 und 1+100 der B 207 wird durch den Ausbau des PFA FSQ die nordwestlich der B 207 im Bestand an der RiFa Heiligenhafen gelegene Tankstelle überplant und muss zurückgebaut werden.

Zu der im Bestand noch vorhandenen Tankstelle südöstlich der B 207 an der RiFa Puttgarden gelegene Tankstelle ist durch den Planfeststellungsbeschluss Vierstreifiger Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen und Puttgarden der Rückbau verfügt.

Beide Tankstellen sind vor Beginn der Bauhauptmaßnahme zurückzubauen.

#### **11.5 Kampfmittel**

Im PFA FSQ sind verschiedene Flächen auf eine mögliche Kampfmittelbelastung zu überprüfen. Die Überprüfung wird durch den Kampfmittelräumdienst S-H durchgeführt.

In den Jahren 2016/17 und 2021 gab es bereits Anfragen zur Überprüfung einer Fläche auf Kampfmittelbelastungen für die in der Vorplanung bzw. Entwurfs- und Genehmigungsplanung benötigten Baugrunderkundungen. Die abgefragten Flächen wurden nicht als Kampfmittelverdachtsflächen deklariert und für die Baugrunderkundungen freigegeben. Die Abfrage aus 2021 hat eine Gültigkeit von 5 Jahren und ist unter Unterlage 40.02 zu entnehmen.

Für die Baumaßnahme ist eine erneute Abfrage notwendig. Diese wird derzeit vorbereitet und anschließend beim Kampfmittelräumdienst S-H zur Überprüfung eingereicht.

Neben den Flächen der Baumaßnahme im Bereich Großenbrode und auf Fehmarn sind auch die Flächen für die Nassbaggergutverbringungsfläche und Riffkompensationsfläche auf mögliche Kampfmittel zu untersuchen. Bei der Erhebung bathymetrischer Daten wurden sog. Nicht-Stein-Objekte identifiziert. Das weitere Vorgehen wurde im engen Austausch mit dem Kampfmittelräumdienst S-H festgelegt. Die sog. Nicht-Stein-Objekte werden gesichtet und je nach Befund geräumt.

#### **11.6 Denkmalschutz**

Durch die Trasse der neuen Fehmarnsundquerung wird das seit 2019 unter Denkmalschutz stehende Bauwerk „Reichsautobahn-Brücke“ (EÜ/SÜ Struckkamp // Objektnummer 32512 Denkmaldatenbank SH) überplant und muss zurückgebaut werden. Gem. § 12 Abs. 1 Nr. 1 des Denkmalschutzgesetzes (DSchG) SH bedarf es einen Antrag auf denkmalrechtliche Genehmigung, die im Rahmen eisenbahnrechtlicher Planfeststellungsverfahren nach § 18 Abs. 1 AEG von der Konzentrationswirkung des Planfeststellungsbeschlusses erfasst ist. Der Antrag auf denkmalrechtliche Genehmigung ist der Unterlage 44.03 zu entnehmen.

Aufgrund der begrenzten zulässigen Längsneigungen (Bahn <1,25%; B207 < 4%) und aus fahrdynamischen Gründen notwendigen Abflachungen der Gleise erreichen die Gradienten im Bereich der bestehenden Reichsautobahnbrücke nicht die für den Erhalt eines Bauwerks erforderliche Höhe von +12,61 mNHN. Die Gradienten sind festgelegt durch

- Zwangsprunkte in den angrenzenden Planfeststellungsabschnitten
- die gegebenen Anforderungen an die Schifffahrtsrinne des Fehmarnsunds und die lichte Höhe im Tunnel, bedingt durch das Lichttraumprofil der Bahn

- die maximal zulässigen Längsneigungen (1,25% für die Bahn / 4% für die Straße); die Gradienten stellen sich im Längsschnitt dar.

Alle im Vorzugskorridor der neuen Fehmarnsundquerung liegenden Linienführungen haben eine vergleichbare Höhenentwicklung und treffen damit das Bauwerk Reichautobahn-Brücke. Weder ist es möglich, die Gradienten so weit anzuheben, dass sie das Bauwerk überführen, noch sie so weit abzusenken, dass eine Unterführung der Trassen umsetzbar wäre. Ersteres ist durch die zulässigen Längsneigungen ausgeschlossen (die Verkehre kämen nicht aus dem Tunnel heraus), letzteres würde die tiefliegenden Trogbauwerke um ca. 850 m verlängern, ein zusätzliches Tunnelbauwerk unter dem Bestandsbauwerk erfordern und den Abtrag des Bestandsdamms im Bereich von Strukkamp auf mehreren hundert Metern Länge zusätzlich bedeuten.

Weiterhin wäre aus technischer Sicht eine Umverlegung des angrenzenden Wasserwerks höchst wahrscheinlich erforderlich, um das Tunnel- und Trogbauwerk im Bereich des Bestandsbauwerks zu realisieren. Die zusätzlichen Kosten für die beschriebenen Maßnahmen würden sich ca. im hohen zweistelligen oder niedrigen dreistelligen Millionenbereich bewegen und die Bauzeit der Gesamtmaßnahme bis zur Inbetriebnahme der neuen Straßen- und Bahnanbindung würde sich um voraussichtlich mehr als ein Jahr verlängern. Unter den gegebenen technischen und geologischen Randbedingungen erscheint dies unwirtschaftlich und unverhältnismäßig.

Neben der denkmalrechtlichen Genehmigung wurde mit der Unteren Denkmalschutzbehörde eine Bestandsdokumentation der Reichsautobahn-Brücke vereinbart. Die Bestandsdokumentation ist der Unterlage 44.02 zu entnehmen.

## **11.7 Archäologisch relevante Bereiche**

Beim Bau des neuen kombinierten Absenktunnels sind Eingriffe in den Boden bzw. Meeresboden entlang der geplanten Trasse sowie in den Bereichen der Anschlussbauwerke und der Verankerungsstellen von Arbeitsplattformen und -schiffen zu erwarten. Um der unwiderstehlichen Zerstörung von Kulturdenkmälern entgegenzuwirken, sind diese Bereiche gemäß Denkmalschutzgesetz des Landes SH (DSchG SH 2015) archäologisch zu untersuchen.

Auf den überplanten Flächen sind vom Archäologischen Landesamt Schleswig-Holstein (ALSH) im terrestrischen und submarinen Bereich Voruntersuchungen und anschließend im terrestrischen Bereich Hauptuntersuchungen durchgeführt worden.

Die submarine Voruntersuchung dient der Identifizierung von zum Beispiel Schiffwracks oder vorgeschichtlichen Kulturlandschaften mit steinzeitlichen Siedlungs- und Aktivitätsbereichen. Die paläoökologische Auswertung von Bohrkernen aus den durchgeführten Baugrunduntersuchungen geben Anhaltspunkte für die Erhaltung von prähistorischen Landschafts- und Siedlungsbereichen. Zur Lokalisierung von Objekten bzw. Wracks sind zudem geophysikalische Messungen erforderlich insofern je nach Ergebnis Betauchungen zur Bergung von Objekten stattfinden.

Zur Ermittlung von steinzeitlichen Siedlungsbereichen erfolgen seismische Messungen und anschließende Testschnitte, um Material zu bergen. Das Ergebnis der submarinen Voruntersuchung ist der Unterlage 43.01.001 zu entnehmen. Die submarine Voruntersuchung hat keinerlei Anhaltspunkte für die Notwendigkeit einer submarinen Hauptuntersuchung zur

Bergung von Artefakten geliefert. Das ALSH hat aus diesem Grund keine submarine Hauptuntersuchung durchgeführt.

Ebenso dient die terrestrische Voruntersuchung der Identifizierung von Kulturdenkmälern wie zum Beispiel Siedlungs- und Aktivitätsbereiche. Terrestrisch sind in dem Eingriffsbereich Testschnitte mittels Grabenräumschaufel auszuheben und der freigelegte Boden nach Hinweisen auf Kulturdenkmäler zu untersuchen. Die Funde werden aufgenommen und gesichtet. Die terrestrische Voruntersuchung des PFA FSQ ist der Unterlage 43.01.003 zu entnehmen.

Das Ergebnis der Untersuchung hat das ALSH veranlasst in vier Bereichen terrestrische Hauptuntersuchungen durchzuführen. Die Bereiche wurden durch das ALSH freigelegt, dokumentiert und die Funde bei Bedarf abgetragen. Die Berichte zu den terrestrischen Hauptuntersuchungen sind den Unterlagen 43.02 zu entnehmen. Die beiden Bereiche in Großenbrode wurden in einem Bericht zusammengefasst.

Die Archäologischen Untersuchungen sind damit im Bereich der Baumaßnahme abgeschlossen.

### **11.8 Entsorgung von Aushub- und Abbruchmaterial**

Durch die Baumaßnahme werden ca. 6 Mio. m<sup>3</sup> Bodenaushubmassen anfallen. Ein Teil der terrestrisch anfallenden Aushubmassen soll im Bauvorhaben wieder verwendet werden. Der marine Aushub soll zum großen Teil in der Ostsee nordöstlich von Fehmarn verklappt werden. Ein Vorkommen an Sand im Tunnelgraben soll durch ein Spülverfahren an Land gebracht, aufgearbeitet und für die Baumaßnahme wiederverwendet werden.

Die Entsorgung der Abfälle erfolgt nach den Bestimmungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG), insbesondere unter der Beachtung des Grundsatzes der Vorrangigkeit der Verwertung vor einer Beseitigung von Abfällen.

Die Dokumentation des Entsorgungsvorgangs sowohl von gefährlichen Abfällen als auch von nicht gefährlichen Abfällen erfolgt über das elektronische Abfallnachweisverfahren (eANV).

Unter Beachtung der DB-Richtlinie 809.1000 „Infrastrukturmaßnahmen realisieren“ ist das BoVEK-Feinkonzept erstellt worden und der Unterlage 38 zu entnehmen.

Im Rahmen des 4-Stufen-Programms „Ökologische Altlasten“ wurden die DB-Immobilien-Standorte 5071 Burg auf Fehmarn und 5072 Großenbrode altlastentechnisch untersucht. Dabei wurden diverse Altlastenverdachtsflächen oder Kontaminationsflächen festgestellt, die im BoVEK-Feinkonzept zusammengestellt und bewertet wurden. Kommunale Altablagerungen im Umgebungsbereich der geplanten Trasse wurden bei den örtlichen Behörden abgefragt. Alle ausgewiesenen Altablagerungen befinden sich innerörtlich und werden von der geplanten Baumaßnahme nicht tangiert.

Im Zuge der Baugrunderkundungen wurde Bodenmaterial beprobt und für eine orientierende abfalltechnischen Charakterisierung voruntersucht. Ergänzend wurden an der Bausubstanz der rückzubauenden Brückenbauwerke abfalltechnische Voruntersuchungen durchgeführt. Bei den Aushub- und Abbrucharbeiten ist ggf. mit gefährlichen Abfällen zu rechnen, insbesondere beim Bauwerksrückbau. Beim Umgang mit gefährlichen Abfällen werden die



entsprechenden Sicherheitsvorschriften (u.a. DGUV-Regel 101-004 „Kontaminierte Bereiche“) beachtet.

Die Bereitstellung der ausgebauten Abfälle erfolgt sortenrein getrennt nach Abfallarten und Belastungsklassen in Haufwerken mit einer Größe von max. 500 m<sup>3</sup>. Auf den Bereitstellungsflächen wird darüber hinaus im Regelfall die Beprobung für die anschließende Deklarationsanalytik durchgeführt. Die Bereitstellungsflächen werden zum Schutz von Boden und Gewässern so eingerichtet und betrieben, dass Schadstoffeinträge in den Untergrund verhindert werden. Bei Lagerung von wassergefährdenden Stoffen werden die Haufwerke zum Schutz gegen Auswaschen durch Niederschlagswasser und gegen Staubverwehung mit Folie abgedeckt.

Die Bauausführenden werden das zu erstellende Entsorgungskonzept den Vorhabenträgerinnen zur Prüfung vorlegen.

## **11.9 Gewässer**

Im PFA FSQ befinden sich im Bereich Großenbrode die Gewässer Nr. 1, 5, 5.3, 5.3.1 und 5.4. Auf Fehmarn befinden sich die Gewässer Nr. 7.9, 7.1.1 und 7 im PFA FSQ. Die von der Planung beeinflussten Gewässer sind in dem Abschnitt 6.4.11 näher erläutert und im Bauwerksverzeichnis (Unterlage 04) unter den Nummern 3601 bis 3607 aufgeführt. Mit dieser Unterlage werden alle erforderlichen wasserrechtlichen Genehmigungen, Erlaubnisse und Bewilligungen beantragt.

## **11.10 Land- und Forstwirtschaft**

Die zu beanspruchenden Flächen begrenzen sich im gegenständlichen Planfeststellungsabschnitt auf landwirtschaftliche Nutzflächen sowie, in sehr geringem Umfang, auf forstwirtschaftliche Flächen. Die Planung verfolgt das Ziel, so wenig landwirtschaftliche oder forstwirtschaftliche Fläche wie möglich zu beanspruchen.

Zusammenfassend sind Flächen in folgendem Umfang betroffen:

- Landwirtschaft (Ackerbau und Grünland): Erwerb ca. 734.039 m<sup>2</sup>, vorübergehende Inanspruchnahme ca. 1.104.996 m<sup>2</sup>
- Forstwirtschaftliche Flächen (Wald): Anlagebedingt ist ein dauerhafter Eingriff in eine Waldfläche von ca. 3.021 m<sup>2</sup> vorgesehen. Darüber hinaus werden temporär ca. 1.663 m<sup>2</sup> Waldfläche beansprucht.

Die Flächeninanspruchnahme kann den entsprechenden Unterlagen, insbesondere Grunderwerbsplänen und Grunderwerbsverzeichnis entnommen werden. Im Zuge der geplanten Baumaßnahme erfolgen Eingriffe in Waldflächen i. S. des § 2 LWaldG. Der forstrechtliche Ausgleich erfolgt im Landschaftspflegerischen Begleitplan (Unterlage 17.01). Erforderliche wald- und forstrechtliche Genehmigungen werden mit dieser Planfeststellung beantragt.

### **11.11 Brand- und Katastrophenschutz Bahn und Sicherheitsdokumentation Straße**

Für die beiden Vorhabenträgerinnen gelten unterschiedliche Anforderungen an die jeweiligen sicherheitlichen Einrichtungen und baulichen Merkmale, die bei der Planung und dem Bau von Tunneln vorzusehen sind. Die Vorhabenträgerinnen Bahn und Straße haben auf Grundlage der jeweiligen Anforderungen zwei separate Dokumente erstellt.

Für die Vorhabenträgerin Straße wird von dem Straßenbaulastträger planungsbegleitend eine Sicherheitsdokumentation gem. des Leitfadens zur Sicherheitsdokumentation für Tunnel ab einer Länge von 400 m (RE-ING Teil 3 Abschnitt 1 Anhang G) aufgestellt. Die Sicherheitsdokumentation der Straße befindet sich in Unterlage 15.01.

Die Unterlagen für den Vorhabenträgerin Bahn wurde gemäß den geltenden Regelungen erstellt und befinden sich in den Unterlagen 15.02.-15.04. Hierbei handelt es sich um einen Erläuterungsbericht Brand- und Katastrophenschutz sowie die dazugehörigen Übersichts- und Lagepläne.

### **11.12 Kapazität**

Die derzeit vorhandene eingleisige Fehmarnsundbrücke führt zu Zwängen in der Fahrplan-konstruktion und zu einem Risiko der Verspätungsübertragung auf die Gegenrichtung. Der geplante zweigleisige Neubau der FSQ ist zielführend und stabilisiert den Betrieb im nördlichen Abschnitt der Schienenanbindung FBQ. Durch die Anhebung der Geschwindigkeit von 160 km/h auf 200 km/h mit Realisierung des zweigleisigen Tunnels kann zudem die Reisezeit im SPFV reduziert werden.

### **11.13 Klimaschutzgesetz**

Nach § 13 Abs. 1 Satz 1 Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) haben Träger öffentlicher Aufgaben bei ihren Planungen und Entscheidungen den Zweck des KSG und die zu dessen Erfüllung festgelegten Ziele zu berücksichtigen. Zweck des KSG ist es gemäß § 1, zum Schutz vor den Auswirkungen des weltweiten Klimawandels die Erfüllung der nationalen Klimaschutzziele sowie die Einhaltung der europäischen Zielvorgaben zu gewährleisten.

Die ökologischen, sozialen und ökonomischen Folgen werden berücksichtigt. Grundlage bildet die Verpflichtung nach dem Übereinkommen von Paris aufgrund der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen, wonach der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 Grad Celsius und möglichst auf 1,5 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen ist, um die Auswirkungen des weltweiten Klimawandels so gering wie möglich zu halten. Gemäß § 3 KSG (nationale Klimaschutzziele) werden die Treibhausgasemissionen (nachfolgend „THG“) im Vergleich zum Jahr 1990 schrittweise bis 2030 um mind. 65 % und bis 2040 um mind. 88 % gemindert. Bis zum Jahr 2045 werden die THG so weit gemindert, dass Netto-Treibhausgasneutralität erreicht wird. Nach dem Jahr 2050 sollen negative THG erreicht werden.

Die Eisenbahn ist anerkanntermaßen der klimafreundlichste motorisierte Verkehrsträger. Auch unter Einbeziehung der Infrastrukturbereitstellung liegt die Klimawirkung der Schienenverkehre deutlich unter der des Individual- oder Luftverkehrs sowie des Straßengüterverkehrs. Im Personenfernverkehr z. B. beträgt die Klimawirkung der Schiene weniger als ein Viertel im Vergleich zu Flugzeug und Pkw. (vgl. Umweltbundesamt 2020: Ökologische Bewertung von Verkehrsarten – Abschlussbericht. Texte 156/2020, S. 122f und S. 128).

Die Bundesregierung legt gemäß § 9 Abs. 1 Satz 2 KSG in ihrem Klimaschutzprogramm fest, welche Maßnahmen sie zur Erreichung der oben genannten nationalen Klimaschutzziele in den einzelnen Sektoren sowie sektorübergreifend ergreifen wird. Das Klimaschutzprogramm für den Verkehrssektor beinhaltet hierfür als eines der Maßnahmenbündel die THG-Minderung durch die Verlagerung von Verkehr auf den klimafreundlicheren Verkehrsträger Schiene, der zu diesem Zweck sowohl bezogen auf den Schienenpersonenverkehr als auch hinsichtlich des Schienengüterverkehrs deutlich zu stärken ist (vgl. S. 13 f. des Klimaschutzprogramms 2023 der Bundesregierung – nachfolgend nur „Klimaschutzprogramm 2023“ genannt).

Auf dieser Grundlage investieren Bund und die Deutsche Bahn erheblich in die Modernisierung und die Erweiterung des Schienennetzes. Damit wird die Leistungsfähigkeit der Schieneninfrastruktur weiter erhöht. Die Bundesregierung wird die Modernisierung des Schienennetzes und den notwendigen Kapazitätsausbau für den Personen- und Güterverkehr beschleunigen und damit die Umsetzung des Deutschlandtaktes voranbringen. Die Kapazitäten für den kombinierten Verkehr werden modernisiert und ausgeweitet. Damit die Kapazitäten für den Personen- und Güterverkehr auf der Schiene gesteigert werden können, unterstützt die Offensive zur Stärkung und Digitalisierung des Bestandsnetzes die Verkehrsverlagerung auf die Schiene. Der Schienengüterverkehr soll bis 2030 einen Marktanteil von 25 Prozent erreichen.

Ergänzend zu den bereits beschlossenen Maßnahmen zur Digitalisierung der Schiene soll erstens durch das Ausrollen des digitalen Kapazitätsmanagements die Nutzung der Kapazität und Infrastruktur des Bundes wesentlich gesteigert werden, zweitens die ETCS-Fahrzeugausrüstung über das laufende Modellvorhaben im „Digitalen Knoten Stuttgart“ des Starterpakets Digitale Schiene Deutschland (DSD) ausgeweitet und drittens die Technologien des Digitalen Bahnsystems (DBS) eingeführt werden (vgl. S. 13 Klimaschutzprogramm 2023). Der Expertenrat für Klimafragen hat bestätigt, dass das Klimaschutzprogramm 2023 eine erhebliche Minderungswirkung entfaltet (vgl. Pressemitteilung des BMWK v. 04.10.2023 „Bundeskabinett verabschiedet umfassendes Klimaschutzprogramm 2023“).

Mit dem ersten Gesetz zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes vom 18.08.2021 (BGBl. I S. 3905) wurde die Klimaschutzzielstellung erhöht. Die Minderungsziele wurden in § 3 KSG gegenüber der Fassung von 2019 nochmals ambitioniert fortgeschrieben. Als Zielgröße für den Sektor Verkehr ist nunmehr eine Reduktion auf 85 Mio. t/CO<sub>2</sub> im Jahr 2030 normiert. Dies entspricht einer Reduktion von rund 48 Prozent ggü. 1990.

Insoweit ergibt sich die Notwendigkeit, die bereits ergriffenen Maßnahmen zu verstärken und ggf. weitere Maßnahmen zu ergreifen.

Dass Maßnahmen zur Stärkung der Schiene ausdrücklich der Erreichung der Ziele des KSG dienen, belegt auch das Klima- und Transformationsfondsgesetz (KTFG). Mit diesem Gesetz wurde das Sondervermögen „Klima- und Transformationsfonds“ errichtet. Gemäß § 2 KTFG ermöglicht das Sondervermögen zusätzliche Programmausgaben zur Förderung von Maßnahmen, die der Erreichung der Klimaschutzziele nach dem KSG dienen (vgl. § 2 Abs. 1 Satz 1 KTFG). Durch das Haushaltsfinanzierungsgesetz wurde in der Zweckbestimmung für das Sondervermögen ausdrücklich klargestellt, dass u.a. Maßnahmen zur Finanzierung der Schienenwege des Bundes förderfähig sind. Der Gesetzgeber hat in diesem Zusammenhang ausdrücklich festgehalten, dass die Maßnahmen in die Schienenwege der Eisenbahn zur CO<sub>2</sub>-Neutralität beitragen und damit der Erreichung der Ziele des KSG dienen (vgl. BT-Drs. 20/9792, S. 21 in Verbindung mit BT-Drs. 20/8298, S. 23):

„Investitionen in die Schienenwege der Eisenbahnen des Bundes stellen einen Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Neutralität des Verkehrs dar und dienen der Erreichung der Ziele des Bundes-Klimaschutzgesetzes. Durch Maßnahmen zum Ausbau, zur Kapazitätserhöhung, zum Erhalt, zur Qualitätsverbesserung und zur Digitalisierung wird mehr Verkehr auf die Schiene verlagert. Der Transport von Gütern und die Beförderung von Personen auf der Schiene, anstatt der Straße, ist umweltfreundlich, klimaneutral und trägt zur CO<sub>2</sub>-Reduktion und damit zur Klimaneutralität des Verkehrs insgesamt bei.“

Auch die KIS-2030 Studie [74] zeigt, dass unter anderem mehr Schienenverkehr nötig wäre, um die Lücke zur Erreichung des Klimaschutzziels (vgl. § 3 Abs. 1 Nr. 1 KSG) bis 2030 zu schließen.

Wie aufgezeigt stellt die Verlagerung von Verkehren u.a. von der Straße auf die Schiene einen effizienten und nachhaltigen Beitrag zum Klimaschutz dar und wird nach dem geltenden Klimaschutzprogramm der Bundesregierung und dem KTFG ausdrücklich als eine Maßnahme zur Erreichung der Zwecke des KSG aufgeführt. Die Maßnahmen stehen daher per definitionem im Einklang mit § 13 KSG.

Durch das Vorhaben wird für dieses Ziel (Verlagerung der Verkehre auf die Schiene) ein weiterer Beitrag geleistet.

Die positiven Wirkungen des Vorhabens (ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden) u.a. auf die THG-Emissionen sowie die Verlagerungseffekte Straße - Schiene sind im Zuge der Erstellung des Bedarfsplans 2030 ermittelt und insoweit im Projektinformationssystem (PRINS) dargestellt. Die Berechnung erfolgte auf der Grundlage des Methodenhandbuches zum BVWP.

Der Beitrag des Vorhabens zur Verlagerung von Verkehren auf die Schiene ist in dem Projektdossier wie folgt zusammengefasst:

Tabelle 11-2: Auswirkungen auf den Personenverkehr

<b>Auswirkungen des Projektes auf den Personenverkehr</b>		
Aufkommensänderungen, davon aus		
Verlagerungen vom Pkw auf den Schienenpersonenverkehr	388	Tsd. Personenfahrten/a
Verlagerungen vom Schienenpersonenverkehr auf den Pkw	2	Tsd. Personenfahrten/a
Verlagerungen vom Luftverkehr auf den Schienenpersonenverkehr	18	Tsd. Personenfahrten/a
induziertem Verkehr im Schienenpersonenverkehr	40	Tsd. Personenfahrten/a
Veränderung der Pkw-Betriebsleistungen (Planfall - Bezugsfall)	-35.133	Tsd. Pkw-km/a
Veränderung der Betriebsleistungen des Schienenpersonenverkehrs (Planfall - Bezugsfall)	656	Tsd. Zug-km/a
Veränderung der Zugeinsatzzeiten des Schienenpersonenverkehrs (Planfall - Bezugsfall)	1	Tsd. Zug-h/a
Veränderung der Verkehrsleistungen des Schienenpersonenverkehrs (Planfall - Bezugsfall), davon aus		
verbleibendem Verkehr im Schienenpersonenverkehr	-2.083	Tsd. Personen-km/a
verlagertem Verkehr vom Pkw auf den Schienenpersonenverkehr	62.942	Tsd. Personen-km/a
verlagertem Verkehr vom SPV auf den Pkw	170	Tsd. Personen-km/a
verlagertem Verkehr vom Luftverkehr auf den Schienenpersonenverkehr	12.504	Tsd. Personen-km/a
induziertem Verkehr im Schienenpersonenverkehr	7.152	Tsd. Personen-km/a
Veränderung der Reisezeiten (Planfall - Bezugsfall), davon aus		
verbleibendem Verkehr im Schienenpersonenverkehr	-424	Tsd. Personen-h/a
verlagertem Verkehr vom Pkw auf den Schienenpersonenverkehr	108	Tsd. Personen-h/a
verlagertem Verkehr vom SPV auf den Pkw	-2	Tsd. Personen-h/a
verlagertem Verkehr vom Luftverkehr auf den Schienenpersonenverkehr	32	Tsd. Personen-h/a
induziertem Verkehr im Schienenpersonenverkehr	108	Tsd. Personen-h/a

<b>Auswirkungen des Projektes auf den Güterverkehr</b>		
Aufkommensänderungen, davon aus		
Verlagerungen vom Lkw auf den Schienengüterverkehr	1.645	Tsd. t/a
Verlagerungen vom Binnenschiff auf den Schienengüterverkehr	0	Tsd. t/a
Veränderung der Lkw-Betriebsleistungen (Planfall - Bezugsfall)	-82.368	Tsd. Lkw-km/a
Veränderung der Lkw-Fahrten (Planfall - Bezugsfall)	-113	Lkw-Fahrten/a
Veränderung der Betriebsleistungen des Schienengüterverkehrs (Planfall - Bezugsfall)	482	Tsd. Zug-km/a
Veränderung der Zugeinsatzzeiten des Schienengüterverkehrs (Planfall - Bezugsfall)	32	Tsd. Zug-h/a
Veränderung der Transportleistungen des Schienengüterverkehrs, davon aus		
Verlagerungen vom Lkw auf den Schienengüterverkehr	1.475.350	Tsd. tkm/a
Verlagerungen vom Binnenschiff auf den Schienengüterverkehr	0	Tsd. tkm/a
Veränderung der Transportzeiten der Ladung (Planfall - Bezugsfall), davon aus		
verbleibendem Verkehr	-11.307	Tsd. t-h/a
Verlagerungen vom Lkw auf den Schienengüterverkehr	4.048	Tsd. t-h/a
Verlagerungen vom Binnenschiff auf den Schienengüterverkehr	0	Tsd. t-h/a

Das Vorhaben leistet mithin einen wichtigen Beitrag zur Verlagerung von Verkehren auf die Schiene.

Die positiven Klimaauswirkungen sind auch unter Berücksichtigung der Bauphase gegeben. Die THG-Emissionen durch die Bauarbeiten bzw. den Baustellenverkehr sind als zwingend notwendige Voraussetzung zur Realisierung des im Interesse des Klimaschutzes stehenden Vorhabens nicht vermeidbar. Selbst unter Einbeziehung der Emissionen der Infrastrukturbereitstellung ist der Schienengüter- und Schienenpersonenverkehr der mit Abstand klimafreundlichste motorisierte Verkehrsträger.

Vor diesem Hintergrund stellt die Verkehrsverlagerung auf die Schiene auch unter Berücksichtigung der Emissionen der Infrastrukturbereitstellung einen Beitrag zur THG-Minderung und damit zur Erreichung der Klimaschutzziele dar. Dementsprechend ist für das Vorhaben – auch unter Berücksichtigung der Bauphase – eine im Ergebnis mit Blick auf CO<sub>2</sub> -Mengen positive Bilanz in dem Projektdossier für das Vorhabens festgehalten:

Tabelle 11-3: CO<sub>2</sub> -Mengen

Nr.	Kriterium	Beschreibung		Bewertung	
		Differenz Planfall- Bezugsfall		Nutzen [Tsd. €/a]	Barwert [Mio. €]
1.3	Kohlendioxid-Emissionen (CO <sub>2</sub> ) (bestehend aus CO <sub>2</sub> aus Betrieb und CO <sub>2</sub> -Äquivalenten aus Lebenszyklusemissionen)	-66.664	t/a	9.597	195,500

Folglich stellt das vorliegende Vorhaben einen wichtigen Beitrag für die Verlagerung der Verkehre auf die Schiene und damit zur Erreichung der Zwecke des Bundes-Klimaschutzgesetzes dar. Das Vorhaben steht damit im Einklang mit dem Zweck und den Zielen des KSG (§§ 1, 3 KSG) und den zu seiner Erfüllung festgelegten Maßnahmen im Klimaschutzprogramm 2030.

#### 11.14 Barrierefreiheit

Die Barrierefreiheit wurde im PFA FSQ durch folgende Maßnahmen berücksichtigt:

Im Bahntunnel sind keine explizit für mobilitätsbehinderte Personen vorgesehenen Ausstattungen vorgesehen.

Für den Straßentunnel enthält die Sicherheitsdokumentation eine Beschreibung der vorbeugenden und sichernden Maßnahmen, die unter Berücksichtigung der Belange behinderter Personen erforderlich sind. Hierzu werden im Straßentunnel u. a. folgende Ausstattungen vorgesehen:

- niedrige Bordsteinhöhe von 3 cm im gesamten Straßentunnel und damit für mobilitätseingeschränkte Menschen ohne zusätzliche Maßnahmen überwindbar (Zugang zu Fluchttüren sichergestellt)
- Vor jedem Notausgang ist ein taktiler Aufmerksamkeitsfeld über die Breite des Notweges in der Breite der Notausgangstür vorgesehen. Ein entsprechendes Aufmerksamkeitsfeld ist zusätzlich auch auf dem gegenüberliegenden Notweg in der Achse der Notausgangstür angeordnet.
- Ausstattung von Notrufanlagen mit barrierefreien Notrufknöpfen (gelber, taktile, barrierefreier Großflächenruftaster)



- akustische Alarmierung mittels Verkehrsfunks (DAB+) und Lautsprecheranlage
- Türöffnungskräfte der Notausgangstüren < 80 N.

### 11.15 Kritische Infrastruktur

Unter anderem das Schienennetz und Bahnhöfe sind "von hoher Bedeutung für das Funktionieren des Gemeinwesens", „weil durch ihren Ausfall oder ihre Beeinträchtigung erhebliche Versorgungsengpässe oder Gefährdungen für die öffentliche Sicherheit eintreten würden" (vgl. § 2 Abs. 10 Satz 1 Nr. 2 des Gesetzes über das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI-Gesetz - BSIG)). Sie zählen damit zu der sog. *Kritischen Infrastruktur* (KRITIS) des Sektors Transport und Verkehr, wie sie u.a. in § 2 Abs.10 BSIG i.V.m. § 8 und Anhang 7 der Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz (BSI-Kritisverordnung - BSI-KritisV) definiert ist.

Die Betreiber Kritischer Infrastrukturen sind nach § 8a BSIG u.a. dazu verpflichtet, angemessene organisatorische und technische Vorkehrungen zur Vermeidung von Störungen der Verfügbarkeit, Integrität, Authentizität und Vertraulichkeit ihrer informationstechnischen Systeme, Komponenten oder Prozesse zu treffen, die für die Funktionsfähigkeit der von ihnen betriebenen Kritischen Infrastrukturen maßgeblich sind. Dabei soll der Stand der Technik eingehalten werden.

Am 16.01.2023 trat zudem die Richtlinie (EU) 2022/2557 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Resilienz kritischer Einrichtungen und zur Aufhebung der Richtlinie 2008/114/EG des Rates (ABl. L 333 vom 27.12.2022, S. 164; sog. *CER-Richtlinie*) in Kraft. Damit wurde ein einheitlicher europäischer Rechtsrahmen für die Stärkung der Resilienz kritischer Einrichtungen, u.a. im Verkehrssektor einschließlich des Schienenverkehrs der Eisenbahn, gegen Gefahren auch außerhalb des Schutzes der IT-Sicherheit geschaffen.

Ziel der Richtlinie ist es, einheitliche Mindestverpflichtungen für kritische Einrichtungen festzulegen und deren Umsetzung durch kohärente, gezielte Unterstützungs- und Aufsichtsmaßnahmen zu garantieren. Um die Resilienz dieser kritischen Einrichtungen, die für das reibungslose Funktionieren des Binnenmarktes von entscheidender Bedeutung sind, zu stärken, schafft die Richtlinie (EU) 2022/2557 einen übergreifenden Rahmen ("Dach"), der im Sinne des All-Gefahren-Ansatzes Naturkatastrophen oder vom Menschen verursachte, unbeabsichtigte oder vorsätzliche Gefährdungen berücksichtigt. Die Richtlinie (EU) 2022/2557 ist gemäß ihrem Artikel 26 Absatz 1 bis zum 17.10.2024 in nationales Recht umzusetzen.

Der mittlerweile vorliegende Entwurf eines Dachgesetzes zur Stärkung der physischen Resilienz von Betreibern kritischer Anlagen (KRITIS-Dachgesetz - KRITIS-DachG) von April 2024 sieht in § 13 Abs. 1 u.a. eine Verpflichtung der Betreiber Kritischer Anlagen vor, geeignete und verhältnismäßige technische, sicherheitsbezogene und organisatorische Maßnahmen zur Gewährleistung ihrer Resilienz zu treffen.

Rechtzeitig vor dem Inkrafttreten der anlagenbezogenen Verpflichtungen des KRITIS-DachG, mit dem, laut Entwurf, im Juli 2026 zu rechnen ist, wird die Vorhabenträgerin als Betreiberin Kritischer Infrastrukturen prüfen, ob weitergehende technische, sicherheitsbezogene oder organisatorische Maßnahmen mit Blick auf die relevante Eisenbahninfrastruktur erforderlich sind. Derzeit sind keine sich unmittelbar aus den genannten Normen ergebenden Auswirkungen in Bezug auf die Planfeststellung ersichtlich.

## Anhang

### 1 Abkürzungen

#### A

a	annus (Jahr)
A/S	Aktiengesellschaft (dänisch: Aktieselskab)
ABl. EG	Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften
ABl. EU	Amtsblatt der Europäischen Union
ABS	Ausbaustrecke
Abs.	Absatz
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
AFB	Artenschutzfachbeitrag
AG	Aktiengesellschaft
AKN	
AktG	Aktiengesetz
ALE	
ALKIS	
Alt.	Alternative
Amtsbl. Schl.-H.	Amtsblatt für Schleswig-Holstein
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
Art.	Artikel
AS	Anschlussstelle
AVV Baulärm	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm - Geräuschemissionen
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift
Az.	Aktenzeichen

#### B

B	Bundesstraße
BAS	Bundesanstalt für Straßenwesen
BauA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Bau-km	Baukilometer
BaustellV	Baustellenverordnung
Bbf	Betriebsbahnhof
BE-Fläche	Baustelleneinrichtungsfläche
ber.	Berichtigt
BEVVG	Bundeseisenbahnverkehrsverwaltungsgesetz
Bf	Bahnhof
BGBI. I	Bundesgesetzblatt, Teil I
BGBI. II	Bundesgesetzblatt, Teil II
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
Bk	Belastungsklasse
BMDV	
BMVI	
BMV	vormals BMVI, vormals BMDV- Bundesministerium für Verkehr
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BOS	Funksystem für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (analog)
BoVEK	Bodenverwertungs- und Entsorgungskonzept
BSH	Betonschaltheus
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
BSIG	Gesetz des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik
BSWAG	Bundesschienenwegeausbaugesetz

BÜ                      Bahnübergang  
 BVerwG              Bundesverwaltungsgericht  
 BVWP                Bundesverkehrswegeplan  
 BW                    Bauwerk

**C**  
 CER-Richtlinie      Critical Entities Resilience Directive

**D**  
 DachG                Dachgesetz  
 dB (A)                Dezibel (A-Bewertung)  
 DB AG                Deutsche Bahn Aktiengesellschaft  
 DB Ril                Richtlinie der Deutschen Bahn  
 dBOS                digitaler Funksystem für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben  
 DC-Stromversorgung Gleichstromversorgung  
 DEGES                Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH  
 DGUV                Deutsche gesetzliche Unfallversicherung  
 DIN-Norm            Deutsches Institut für Normung  
 DL                    Durchlass  
 DLZ                   Dauerlichtzeichen  
 DN                   diamètre nominal (innerer Durchmesser)  
 DSchG                Denkmalschutzgesetz  
 DSchG                Denkmalschutzgesetz  
 DTK25                Digitale Topographische Karte 1 : 25 000  
 DTV                   Durchschnittlicher täglicher Verkehr

**E**  
 EA                    Entwässerungsabschnitte  
 eANV                elektronisches Abfallnachweisverfahren  
 EBA Ril                Richtlinie des Eisenbahn-Bundesamtes  
 EBA                   Eisenbahn-Bundesamt  
 EBO                   Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung  
 EBWU                Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchung  
 EIGV                Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung  
 EKA                   Entwurfsklasse  
 EKL                   Entwurfsklasse  
 ELA-Anlage          elektrische Lautsprecheranlagen  
 EN                    Europäische Norm  
 ERTMS  
 ESTW                Elektronisches Stellwerk  
 ESTW-A              Elektronisches Stellwerk - Ausgelagerter Stellrechner  
 ETCS                European Train Control System  
 EÜ                    Eisenbahnüberführung  
 EU                    Europäische Union  
 EWG                   Europäische Wirtschaftsgemeinschaft  
 EWAH                Elektrische Weichenheizanlage

**F**  
 FB                    Fehmarn-Bahnanlage  
 FBQ                   Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung (FBQ)  
 FCS                   favourable conservation status (Sicherungsmaßnahmen eines günstigen Erhaltungszustandes von Populationen)  
 Fdl                    Fahrdienstleiter  
 ff.                    Fortfolgende  
 FFBQ                Feste Fehmarnbeltquerung  
 FFBQV               Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und dem Königreich Dänemark über eine Feste Fehmarnbeltquerung

FFH	Flora-Fauna-Habitat
FFH-VS	Fauna-Flora-Habitat -Verträglichkeitsstudie
FGSV	
FIT	Fachcenter für Informationstechnik und -sicherheit
FS	Fehmarnsund
FSB	Fehmarnsundbrücke
FSQ	Fehmarnsundquerung
FSS	Frostschuttschicht
FStrAbG	Fernstraßenausbaugesetz
FStrG	Bundesfernstraßengesetz
FUB	Fehmarn, übergeordnet
<b>G</b>	
GB	Großenbrode Bahnanlage
Gbf	Güterbahnhof
GOK	Geländeoberkante
GRT	Großflächenruftaster
GSM-R	Global System for Mobile Communications - Rail(way)
GUB	Großenbrode, übergeordnet
GÜBACK-Bestimmungen	
GULV	Gewässer- und Landschaftsverband
GVOBl. Schl.-H.	Gesetz- und Verordnungsblatt für Schleswig-Holstein
<b>H</b>	
h	hora (Stunde)
HATMS	Hamburger Autobahn- und Tunnelmanagementsystem
Hbf	Hauptbahnhof
HOA/FBOA	Heißläufer-/Feststellbremsortungsanlagen
Hp	Haltepunkt
HRB	Handelsregister, Abteilung B
HW	
H <sub>z</sub>	Hertz
<b>I</b>	
i.d.R.	in der Regel
<b>J</b>	
juris, Rn.	
<b>K</b>	
K	Kreisstraße
Kritis(V)	Kreisverkehr(s-Verordnung)
KRITIS(V)	Kritische Infrastruktur(verordnung)
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
kV	Kilovolt
<b>L</b>	
L	Landesstraße
LaplaG	Landesplanungsgesetz
LARS	Ladungs-Abwurf-Rückhaltesysteme
LaV	langsam fahrender Verkehr
LBK	lovbekendtgørelse ( <i>zusammenfassende Gesetzesbekanntmachung</i> )
LBP	Landschaftspflegerischer Begleitplan
LBV-SH	Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein
LED	Leuchtdiode
LEP	Landesentwicklungsplan
LNatschG	Landesnaturchutzgesetz

LRT	Lebensraumtyp
LST	Leit- und Sicherungstechnik
LSW	Lärmschutzwand(wände)
LVerGeo SH	Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein
LWL	Lichtwellenleiter
LZK	Lebenszykluskosten

## **M**

MEKUN	Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur
MS/NS-Transformatoren	Mittelspannung / Niederspannung-Transformatoren
MSRL	Meeresstrategierichtlinie
MS-Station	Mittelspannungsstation

## **N**

NBS	Neubaustrecke
NHN	Normalhöhennull
NKV	Nutzen-Kosten-Verhältnis
NKW	Nutzen-Kosten-Verhältnis
NN	Normalnull
ntg	nicht technisch gesicherter Bahnübergang

## **O**

OK	Oberkante
OLA	Oberleitungsanlagen
OL-Maste	Oberleitungsmaste
oS	ohne Lichtsignale
OSE	Oberleitungsschalteinheit

## **P**

PFA	Planfeststellungsabschnitt
PF-RL	Planfeststellungsrichtlinie
PFU	Planfeststellungsunterlagen
PP	Planungspaket
PRINS	Projektinformationssystem
PSS	Planums-Schutzschicht
PTV Group	

## **Q**

## **R**

R	Radius
RAA	Richtlinien für die Anlage von Autobahnen
RAL	Richtlinie für die Anlage von Landstraßen
RASt 06	Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen
RB	Regionalbahn
RBC	
RBFA	Retentionsbodenfilteranlagen
RE	Regionalexpress
RE-ING	Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten
RiFa	Richtungsfahrbahn
Ril	Richtlinie der Deutschen Bahn
RiZ-ING	Richtzeichnungen für Ingenieurbauten
RLW	Richtlinien für den ländlichen Wegebau
ROG	Raumordnungsgesetz
ROV	Raumordnungsverfahren
RPS	Richtlinie für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeugrückhaltesysteme

RQ	Regelquerschnitt
RRB	Regenrückhaltebecken
RStO	Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen
RW	Raumstrukturelle Wirkung
<b>S</b>	
SB	Sichtbeton
SGV	Schienengüterverkehr
SH	Schleswig-Holstein
SO	Schienenoberkante
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SPV	Schienenpersonenverkehr
SST	Streckenstationen
Str.	Strecke
StrWG	Straßen- und Wegegesetz
SÜ	Straßenüberführung
SV	Schwerverkehr (> 3,5 t)
<b>T</b>	
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TB	Technische Belange
TE	Tunnelement
TEN-V	Transeuropäisches Verkehrsnetz
TK	Telekommunikationstechnik
TK-Anlagen	Telekommunikationsanlagen
Tkm	Tonnenkilometer
TLZ	Tunnelleitzentrale
TOB-F	Tunnel offene Bauweise Fehmarn
TOB-G	Tunnel offene Bauweise Großenbrode (Festlandseite)
TOF	Tunnel offene Bauweise Fehmarn
TOG	Tunnel offener Bauweise Großenbrode
TR-F	Trog Fehmarn
TR-FB	Bahntrog Fehmarn
TR-FS	Straßentrog Fehmarn
TR-G	Trog Großenbrode
TSI-SRT	Technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich der „Sicherheit in Eisenbahntunneln“
<b>U</b>	
Uabs.	Unterabsatz
UB	Umweltbelange
UiG	Unternehmensinterne Genehmigung
UK	Unterkante
Üst	
USV	
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPg	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz
UVS	Umweltverträglichkeitsstudie
<b>V</b>	
VA	Verkehrsanlage
VHT	Vorhabenträger
VkBl.	Verkehrsblatt (Amtsblatt des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur)
Vmax	Höchstgeschwindigkeit
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz



VZB                      Verkehrszeichenbrücke

**W**

W                      Weiche  
WBV                  Wasserbeschaffungsverband  
WHG                  Wasserhaushaltsgesetz  
WRRL                Wasserrahmenrichtlinie  
WSA                  Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt  
WSV                  Wasser- und Schifffahrtsverwaltung  
WVZ                  Wechselverkehrszeichen  
WW                   Wirtschaftsweg  
WWA                Windwarnanlage

**X**

**Y**

**Z**

ZiE                    Zustimmung im Einzelfall  
ZTV-ING            Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für  
Ingenieurbauten

## 2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Zugzahlen Bezugsfall.....	22
Tabelle 3-2:	Zugzahlen Prognose-Nullfall 2030 .....	22
Tabelle 3-3:	Zugzahlen Prognose-Planfall 2030 Deutschlandtakt .....	22
Tabelle 3-4:	Auszug verkehrstechnischer Kenngrößen B 207 zwischen Avendorf und Großenbrode.....	24
Tabelle 4-1:	Untersuchte Trassenkombinationen der getrennten Brücken.....	48
Tabelle 4-2:	Übersicht Kombinationsmöglichkeiten der Bahn- und Straßentrassen für den Bohrtunnel .....	54
Tabelle 4-3:	Absolute Ränge in den Wirkungsbereichen Raumstrukturelle Wirkung (RW), Technische Belange (TB) und Umweltbelange (UB) im Planungsfall a (PP1) .....	55
Tabelle 4-4:	Absolute Ränge in den Wirkungsbereichen Raumstrukturelle Wirkung (RW), Technische Belange (TB) und Umweltbelange (UB) im Planungsfall a (PP2) .....	57
Tabelle 4-5:	Absolute Ränge in den Wirkungsbereichen Raumstrukturelle Wirkung (RW), Technische Belange (TB) und Umweltbelange (UB) im Planungsfall a (PP3) .....	58
Tabelle 4-6:	Absolute Ränge in den Wirkungsbereichen Raumstrukturelle Wirkung (RW), Technische Belange (TB) und Umweltbelange (UB) im Planungsfall a (PP4) .....	60
Tabelle 4-7:	Übersicht Ergebnisse absolute Ränge der Varianten .....	89
Tabelle 4-8:	Ergebnis der Bewertung im Wirkungsbereich Raumstrukturelle Wirkungen.....	90
Tabelle 4-9:	Übersicht der inaktiven Indikatoren in Stufe 2 im Wirkungsbereich Raumstrukturelle Wirkungen .....	90
Tabelle 4-10:	Ergebnis der Bewertung im Wirkungsbereich Verkehrliche Beurteilung .....	91
Tabelle 4-11:	Ergebnis der Bewertung im Wirkungsbereich Technische Belange .....	92
Tabelle 4-12:	Übersicht der inaktiven Indikatoren im Wirkungsbereich Technische Belange .....	92
Tabelle 4-13:	Auswertung Wirkungsbereich Umweltbelange.....	93
Tabelle 4-14:	Übersicht der inaktiven Indikatoren in Stufe 2 im Wirkungsbereich Umweltbelange .....	94
Tabelle 4-15:	Auswertung Schutzgut Mensch.....	94
Tabelle 4-16:	Auswertung Schutzgut Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt .....	95
Tabelle 4-17:	Ergebnis Matrix Schutzgut Wasser .....	100
Tabelle 4-18:	Auswertung Schutzgut Landschaftsbild .....	102
Tabelle 4-19:	Auswertung Schutzgut Boden / Fläche .....	103
Tabelle 4-20:	Auswertung Schutzgut Sach- und Kulturgüter .....	105
Tabelle 4-21:	Ergebnis der Bewertung im Wirkungsbereich Wirtschaftlichkeit .....	105

Tabelle 4-22:	Zusammenfassende Bewertungsmatrix des Stufe 2 – Hauptvariantenvergleichs.....	108
Tabelle 4-23:	Veränderungen der planerischen Randbedingungen gegenüber der Vorplanung.....	109
Tabelle 4-24:	Planungsanpassungen des Absenktunnels gegenüber der Vorplanung infolge veränderter Planungsrandbedingungen .....	110
Tabelle 4-25:	Planungsanpassungen des Absenktunnels gegenüber der Vorplanung infolge Lösungsoptimierungen und -änderungen.....	110
Tabelle 4-26:	Planungsanpassungen des Bohrtunnels der vertieften Vorplanung gegenüber der Vorplanung .....	111
Tabelle 4-27:	Zusammenfassende Bewertungsmatrix der aktualisierten Stufe 2 .....	115
Tabelle 6-1:	Übersicht der Entwässerungsabschnitte der VA-Bahn .....	131
Tabelle 6-2:	Übersicht umzuverlegender und neu herzustellender Straßen.....	136
Tabelle 6-3:	Übersicht umverlegter und neu herzustellender Wirtschaftswege .....	137
Tabelle 6-4:	Übersicht neu herzustellender Bahnseitenwege .....	138
Tabelle 6-5:	Übersicht der Entwässerungsabschnitte der VA Straße .....	140
Tabelle 6-6:	Trassierungsparameter im Tunnel .....	144
Tabelle 6-7:	Übersicht Lärmschutzwände Bahn .....	157
Tabelle 6-8:	Übersicht Lärmschutzwände Verkehrsanlagen.....	159
Tabelle 6-9:	Übersicht Irritationsschutzwände .....	160
Tabelle 6-10:	Übersicht VZB .....	161
Tabelle 6-11:	Übersicht wasserrechtliche Antragsgegenstände Endzustand .....	165
Tabelle 9-1:	Bauphasen .....	210
Tabelle 9-2:	Aushubmengen nach Bodenart (Mengen in-situ, auf 500 m³ gerundet) .....	219
Tabelle 9-3:	Gesamtbodenbedarf nach Bodenart (Mengen in-situ, auf 500 m³ gerundet)....	220
Tabelle 9-4:	Übersicht über die Exportmenge (Mengen in-situ, auf 500 m³ gerundet) .....	221
Tabelle 9-5:	Übersicht über die Importmenge (Mengen in-situ, auf 500 m³ gerundet) .....	221
Tabelle 9-6:	Übersicht wasserrechtliche Antragsgegenstände Bauzustand .....	223
Tabelle 10-1:	Ergebnis Variantendiskussion gem. UVPG a.F. ....	238
Tabelle 10-2:	Zusammenfassung – Aktiver Lärmschutz – Lärmschutzwände/-anlagen und BÜG .....	241
Tabelle 10-3:	Aktiver Lärmschutz – Lärmschutzwände/-anlagen, Straßendeckschicht - Straßenverkehr .....	241
Tabelle 11-1:	Übersicht Kabel und Leitungen .....	280
Tabelle 11-2:	Auswirkungen auf den Personenverkehr .....	289
Tabelle 11-3:	CO <sub>2</sub> -Mengen .....	290

### 3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Gesamtübersicht Hinterlandanbindung FBQ .....	8
Abbildung 4-1:	Übersicht Variantenentwicklung und Variantenabschichtung in der Stufe 0 .....	28
Abbildung 4-2:	Übersicht Varianten und Variantenabschichtung in der Stufe 1.3.....	29
Abbildung 4-3:	Übersicht Varianten und Variantenabschichtung in der Stufe 2.....	30
Abbildung 4-4:	Übersicht der in den einzelnen Stufen betrachteten Wirkungsbereiche .....	32
Abbildung 4-5:	Einbeziehung der Risiken in die verbal-argumentative Gesamtbewertung.....	42
Abbildung 4-6:	Variantenkorridore der Bauwerksarten Tunnel und Brücken, Stufe 0.....	44
Abbildung 4-7:	Variantenübersicht PP1 .....	46
Abbildung 4-8:	Variantenübersicht PP2 .....	47
Abbildung 4-9:	Korridor- und Variantenübersicht PP3 .....	49
Abbildung 4-10:	Variantenübersicht PP4 .....	53
Abbildung 4-11:	Übersicht der vorteilhaftesten Linien PP1 .....	56
Abbildung 4-12:	Übersicht der vorteilhaftesten Linien PP2 .....	58
Abbildung 4-13:	Übersicht der vorteilhaftesten Linien PP3 .....	59
Abbildung 4-14:	Übersicht der vorteilhaftesten Linien PP4 .....	61
Abbildung 4-15:	Variantenkorridore der Bauwerksarten Tunnel und Brücken, Stufe 1.....	62
Abbildung 4-16:	Beispielhafte Anordnung der Einzelquerschnitte der Tunnelröhren für Straße .....	79
Abbildung 4-17:	Variante Kombinierte Brücke (KBc_T03.2BS) .....	88
Abbildung 4-18:	Variante Getrennte Brücken (GBc_T02B+T02S) .....	88
Abbildung 4-19:	Variante Absenktunnel (ATc_T06.3BS) .....	88
Abbildung 4-20:	Variante Bohrtunnel (BTc_T03B+T03.1S) .....	89
Abbildung 6-1:	Unterteilung eines Absenktunnelelements.....	147
Abbildung 8-1:	Querschnitt typische Baustraße Typ A (Asphalt) .....	189
Abbildung 8-2:	Querschnitt typische Baustraße Typ B (Beton).....	189
Abbildung 8-3:	Querschnitt typische Baustraße Typ C (Kies/mineralisch gebunden).....	190
Abbildung 8-4:	Trockendock als 3D-Modell mit den verschließenden Bauobjekten rechts.....	192
Abbildung 8-5:	Trockendock-Layout.....	192
Abbildung 8-6:	Trockendockverschluss mit angrenzenden Fangedämmen und Kaianlage, zwischenzeitlicher (temporärer) .....	194
Abbildung 8-7:	Trockendockverschluss mit erforderlichen Bestandteilen ( <i>ohne Caisson</i> ).....	195
Abbildung 8-8:	Ansicht Kaianlage des Arbeitshafens mit Ausrüstung jedoch ohne Förderband und mobile Hebeeinrichtungen.....	196
Abbildung 8-9:	Bereitstellung eines Absenktunnelelements (grün) innerhalb des Absenkgrabens und Position der Dalben innerhalb des Querschnitts .....	197

Abbildung 8-10: Baugruben für Bahntrog Großenbrode (TR-G): (1) geböschte Baugrube, (2) Baugrube in Schlitzwandbauweise (TOB-G), (3) Übergang zur Baugrube Trockendock.....	199
Abbildung 8-11: Baugruben im Baufeld Fehmarn .....	202
Abbildung 9-1: Beispielhafte Ankerpositionierung während des Absenkvorgangs .....	209

#### 4 Quellenverzeichnis

- [1] Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und dem Königreich Dänemark über eine Feste Fehmarnbeltquerung vom 3.09.2008 (BGBl. 2009 II S. 799)
- [2] Bundesschienenwegeausbaugesetz vom 15.11.1993 (BGBl. I S. 1874), zuletzt geändert durch Gesetz vom 23. Dezember 2016 (BGBl. I S. 3221)
- [3] Unterrichtung durch die Bundesregierung: Bundesverkehrswegeplan 2030, in: Deutscher Bundestag, Drucksache 18/9350
- [4] Interim report of the chairman of the group of personal representatives of the Heads of State or Government to the Corfu European Council (Christophersen group). Bulletin of the European Union, Supplement 2/94
- [5] The group of personal representatives of the Heads of State or Government: Trans-European Networks, Technical Papers. 1994
- [6] Entscheidung Nr. 884/2004/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29.04.2004 zur Änderung der Entscheidung Nr. 1692/96/EG über gemeinschaftliche Leitlinien für den Aufbau eines transeuropäischen Verkehrsnetzes, ABl. L 201 vom 7.6.2004
- [7] Vorschlag für Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung der Fazilität „Connecting Europe“, 19.10.2011, KOM(2011) 665 endgültig
- [8] Beschluss Nr. 661/2010/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Juli 2010 über Leitlinien der Union für den Aufbau eines transeuropäischen Verkehrsnetzes (Neufassung), ABl. L 204 vom 5.8.2010
- [9] Weißbuch „Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum - Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem“ (KOM(2011) 144)
- [10] Verordnung (EU) Nr. 913/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22.09.2010 zur Schaffung eines europäischen Schienennetzes für einen wettbewerbsfähigen Güterverkehr von Bedeutung für den EWR. Abi. der Europäischen Union Nr. 76 vom 20.10.2010, S. 22 - 32
- [11] Verordnung (EU) Nr. 1315/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2013 über Leitlinien der Union für den Aufbau eines transeuropäischen Verkehrsnetzes und zur Aufhebung des Beschlusses Nr. 661/2010/EU
- [12] Verordnung (EU) 2023/1804 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13.09.2023 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 2014/94/EU
- [13] Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über Leitlinien der Union für den Aufbau eines transeuropäischen Verkehrsnetzes, zur Änderung der Verordnung (EU) 2021/1153 und der Verordnung (EU) Nr. 913/2010 und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 1315/2013 - Legislative Entschließung des Europäischen Parlaments vom 24.04.2024
- [14] Vertrag von Lissabon zur Änderung des Vertrags über die Europäische Union und des Vertrags zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft, unterzeichnet zu Lissabon am 13. Dezember 2007. Abi. der Europäischen Union 2007/C306/01



- [15] Territorial Agenda of the European Union 2020. Towards an Inclusive, Smart and Sustainable Europe of Diverse Regions. Agreed at the informal Ministerial Meeting of Ministers responsible for Spatial Planning and Territorial Development on 19<sup>th</sup> May 2011 , Gödöllő, Hungary
- [16] Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. 1 S. 2986), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 15 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. 1 S. 2808)
- [17] Landesentwicklungsplan Schleswig-Holstein, Fortschreibung 2021, Ministerium für Inneres, ländliche Räume, Integration und Gleichstellung
- [18] LF-Antragsunterlagen des Eisenbahnbundesamtes (EBA), 15.05.2023
- [19] EBA-Richtlinie „Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und den Betrieb von Eisenbahntunneln“, Stand: 01.07.2024, Einführung bei EBA: 01.01.2025, Eisenbahn-Bundesamt, Sachgebiet 217, Bonn
- [20] Eisenbahnspezifische Technische Baubestimmungen (EiTB), 01.01.2022
- [21] Richtlinie „Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an Planung, Bau und Betrieb von Schienenwegen nach AEG, 07.12.2012
- [22] Leitfaden Brandschutz in Personenverkehrsanlagen der Eisenbahnen des Bundes, 24.03.2021
- [23] Verordnung (EU) Nr. 1303/2014 der Kommission vom 18.11.2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich der „Sicherheit in Eisenbahntunneln“ im Eisenbahnsystem der Europäischen Union (ABl. L 356 vom 12.12.2014, S. 394), zuletzt geändert durch die Durchführungsverordnung (EU) 2019/776 der Kommission vom 16.05.2019 (TSI SRT)
- [24] Richtlinie 2004/54/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29.04.2004 über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz (EU-Tunnelrichtlinie); ABl. L 167 vom 30.4.2004, S. 39
- [25] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), Teil 7: Tunnelbau, Abschnitt 2: Offene Bauweise
- [26] DIN 4066: Hinweisschilder für die Feuerwehr; Stand: Juli 1997
- [27] Ril 859.1820 BOS-Funk in Eisenbahntunneln; Stand 15.02.2018
- [28] Ril 800.0130, Netzinfrastuktur Technik entwerfen; Streckenquerschnitte auf Erdkörpern; Stand 01.02.1997
- [29] Ril 853.1001, Handbuch 85300 Eisenbahntunnel planen, bauen und instand halten, DB InfraGO, Version 1.2 – Gültig ab 15.04.2024
- [30] DIN 14090: Flächen für die Feuerwehr auf Grundstücken; Stand: Mai 2003
- [31] Ril 954.9107, Elektrotechnische Anlagen in Eisenbahntunnel, Stand 30.06.2017
- [32] DIN EN 60721-3-3: Klassifizierung von Umgebungsbedingungen - Teil 3-3: Klassen von Einflussgrößen und deren Grenzwerte - Ortsfester Einsatz, wettergeschützt; Stand Mai 2020
- [33] DIN 14 095: Feuerwehrpläne für bauliche Anlagen; Stand Mai 2007
- [34] Ril 997.9117 Oberleitungsspannungsprüfeinrichtung (OLSP), Stand 01.06.2022 Ril 859.1800 Planungsrichtlinie Tunnelnotrufsystem; Stand 01.06.2015

- [35] DIN 4102-2, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Bauteile, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
- [36] 804.5501, Lärmschutzanlagen an Eisenbahnstrecken
- [37] Generalplan Küstenschutz des Landes Schleswig-Holstein – Fortschreibung 2022, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein
- [38] Richtlinie für die Anlage von Autobahnen, Ausgabe 2008, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf (RAA 2008)
- [39] Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, Ausgabe 2012, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf (RAL 2012)
- [40] Richtlinie für die Anlage und Dimensionierung ländlicher Wege, Arbeitsblatt DWA-A 904-1, Ausgabe 2016, (RLW 2016)
- [41] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement (RStO 12)
- [42] Richtlinie für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeugrückhaltesysteme, Ausgabe 2009, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, (RPS 2009)
- [43] Richtzeichnungen für Ingenieurbauten (RiZ-ING), Ausgabe 2022
- [44] BIM Planung Fehmarnsundquerung - Planungsrandbedingungen für den Hochwasserschutz, Ingenieurgemeinschaft fehmarlink2, Revision 1, Februar 2024
- [45] Arge FBQ (2019) Fachbeitrag Flora und Fauna
- [46] Arge FBQ (2020): Raumwiderstandsanalyse
- [47] Femern A/S (2013): Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) zur Festen Fehmarnbeltquerung
- [48] Obermeyer (2020): Vorplanung – Erläuterungsbericht zur Fehmarnsundquerung (FSQ)
- [49] BBI Geo- und Umwelttechnik Ingenieur-Gesellschaft mbH (21.01.2020): Hydrogeologischer Bericht Fehmarnsundquerung (FSQ), RV-Trasse, Variantenuntersuchung im Rahmen einer Vorplanung
- [50] BfN - Bundesamt für Naturschutz (Hg.) (2008): Rekultivierung von Deponien und Altablagerungen als Beitrag zur Biodiversität (Recultivation of landfills and waste sites as a contribution to biodiversity). Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt. Treffpunkt Biologische Vielfalt VIII. Insel Vilm, 25. bis 29.8.2008 (BfN - Skripten 243) (<https://www.bfn.de/sites/default/files/BfN/service/Dokumente/skripten/skript243.pdf>)
- [51] BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.) (2013): Konzept für den Schutz der Schweinswale vor Schallbelastungen bei der Errichtung von Offshore-Windparks in der deutschen Nordsee (Schallschutzkonzept).
- [52] BMUV (1970): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen vom 19.08.1970, Bundesanzeiger Nr. 160 vom 01.09.1970; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Bonn. AVV Baulärm
- [53] BSH - Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (2013): Standard Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK4).

- [54] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021): Neufassung der Ersten Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18.08.2021.
- [55] DIN 4150-2: 1999-06, 1999-06: DIN 4150-2: 1999-06, Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.
- [56] Eisenbahn-Bundesamt: Umwelt-Leitfaden für die eisenbahnrechtliche Planfeststellung und Plangenehmigung, Teil V, Behandlung besonders und streng geschützter Arten, Stand: Nov. 2023
- [57] Europäische Union (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21.05.1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (ABl. L 206 vom 22.7.1992, S. 7). FFH-RL
- [58] Finck, P.; Heinze, S.; Raths, U.; Riecken, U.; Ssymank, A. (2017): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. Dritte fortgeschriebene Fassung 2017
- [59] GFN (2025): ABS/NBS Hamburg-Lübeck-Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ) - Neubau der B 207 - PFA Fehmarnsundquerung (FSQ). Fachbeitrag Flora und Fauna - Terrestrische Kartierungen 2021 bis 2024, GFN - Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH (Hg.)
- [60] Grüneberg, C.; Bauer H.-G.; Haupt, H.; Hüppop, O.; Ryslavy, T.; Südbek, P. (2015): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands. 5. Fassung, 30.11.2015
- [61] Gürlich, S.; Suikat, R.; Ziegler, W. (2011): Die Käfer Schleswig-Holsteins – Rote Liste. Band 2, MLUR - Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (Hg.)
- [62] Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein (2004): Regionalplan 2004 für den Planungsraum II – Schleswig-Holstein Ost.
- [63] Kieckbusch, J. J.; Hälterlein, B.; Koop, B. (2021): Die Brutvögel Schleswig-Holsteins. Rote Liste. 6. Fassung, LLUR - Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (Hg.)
- [64] Kreis Ostholstein (1969): Kreisverordnung zum Schutze von Landschaftsteilen in den Gemeinden Großenbrode, Heiligenhafen, Gremersdorf und Dahme vom 08.01.1969.
- [65] LAI - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (2015): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (2015): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen, Beschluss der LAI vom 13.09.2012, Stand: 08.10.2012 – (Anlage 2 Stand 3.11.2015).
- [66] LAI - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (Hg.) (2020): Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen. (WKA-Schattenwurfhinweise)
- [67] MELUND SH - Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein (2020): Landschaftsrahmenplan für den Planungsraum III. Kreisfreie Hansestadt Lübeck, Kreise Dithmarschen, Herzogtum Lauenburg, Ostholstein, Pinneberg, Segeberg, Steinburg und Stormarn. Neuaufstellung 2020. Zugriff am 31.01.2022 ([https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/L/landschaftsplanung/LRP\\_Planungsraum\\_III.html;jsessionid=9D4AAC94132E8492A36F1C2D51820EA4.delivery2-master](https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/L/landschaftsplanung/LRP_Planungsraum_III.html;jsessionid=9D4AAC94132E8492A36F1C2D51820EA4.delivery2-master)), MELUND SH - Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein (Hg.)

- [68] MELUND SH - Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein (2022): Wasserkörper- und Nährstoffinformation im 3. Bewirtschaftungszeitraum. Zugriff am 15.12.2022 (<http://zebis.landsh.de/we-bauswertung/>)
- [69] MILIG - Ministerium für Inneres, Ländliche Räume, Integration und Gleichstellung Schleswig-Holstein (2021): Landesentwicklungsplan Schleswig-Holstein - Fortschreibung 2021 ([https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/themen/planen-bauen-wohnen/landesentwicklungsplan/landesentwicklungsplan\\_node.html](https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/themen/planen-bauen-wohnen/landesentwicklungsplan/landesentwicklungsplan_node.html))
- [70] BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.) (1998): Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz: Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm. TA Lärm
- [71] Thiel, R.; Winkler, H.; Böttcher, U.; Dänhardt, A.; Fricke, R.; George, m.; Kloppmann, m.; Schaarschmidt, T.; Ubl, C.; Vorberg, R. (2013): Rote Liste und Gesamtartenliste der etablierten Fische und Neunaugen (Elasmobranchii, Actinopterygii & Petromyzontida) der marinen Gewässer Deutschlands; in: Rachor, E.; Bönsch, R.; Boos, K.; Gosselck, F.; Grotjahn, m.; Günther, C.-P.; Gusk, m.; Gutow, L.; Heiber, W.; Jantschik, P.; Krieg, H. J.; Krone, R.; Nehmer, P.; Reichert, K.; Reiss, H.; Schröder, A.; Witt, J.; Zettler, Michael L. (Hg.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Bd. 2: Meeresorganismen. Bonn-Bad Godesberg
- [72] Europäische Union (2008): Richtlinie 2008/56/eg des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17.04.2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie) (ABl. L 164 vom 25.6.2008, S. 19-40). MSRL
- [73] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (2009): Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 22. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 409) geändert worden ist. WHG
- [74] Umwelt-Bundesamt: Teilbericht, Klimaschutzinstrumente-Szenario 2030 (KIS-2030) zur Erreichung der Klimaschutzziele 2030, climate change 30/2023