



Stand: 03.06.2016

Planfeststellungsunterlage vom 01.10.2013

**Feste Fehmarnbeltquerung**  
**Planfeststellung**

**Konzept zu den**  
**Sicherheitseinrichtungen**  
**für die Feste**  
**Fehmarnbeltquerung**

**Deckblatt, vollständig überarbeitete Fassung, 03.06.2016**

S. 1-83

**Grundlage der Entscheidung**

vom 31.01.2019

Az.: APV-622.228-16.1-1

Dieser Plan ist Bestandteil der vorbezeichneten Entscheidung. Für die Angabe der Rechtsgrundlage und deren Fundstelle wird auf die Entscheidung verwiesen.

Kiel, den 31.01.2019

Amt für Planfeststellung Verkehr  
-Planfeststellungsbehörde-

gez. Dörte Hansen

# Feste Fehmarnbeltquerung Planfeststellung

## Anlage 29: Konzept zu den Sicherheits- einrichtungen für die Feste Fehmarn- beltquerung

Deckblatt, vollständig überarbeitete Fassung,  
03.06.2016

Aufgestellt:

**Femern**  
*Sund Æ Bælt*

Landesbetrieb  
Straßenbau und Verkehr  
Schleswig-Holstein  
Niederlassung Lübeck



Kopenhagen, 03.06.2016  
Femern A/S

Lübeck, 03.06.2016  
LBV-SH Niederlassung Lübeck

gez. Claus Dynesen

gez. Torsten Conradt

Die alleinige Verantwortung für diese Veröffentlichung liegt beim Autor.  
Die Europäische Union haftet nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen.



Von der Europäischen Union kofinanziert  
Transeuropäisches Verkehrsnetz (TEN-V)

Seite 2/82

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. VORWORT .....</b>	<b>13</b>
<b>2. ALLGEMEINES UND ZIELE .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Allgemeine Ziele des Konzeptes zu den Sicherheitseinrichtungen für die Feste Fehmarnbeltquerung .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2. Gesetzliche Grundlagen, relevante Richtlinien und Vorschriften Bahn/Straße .....</b>	<b>17</b>
2.2.1. Gesetzliche Grundlagen in Bezug auf die Tunnelsicherheit .....	17
2.2.2. Tunnelsicherheit Bahn .....	17
2.2.2.1. Europäische Richtlinien und technische Spezifikationen Interoperabilität.....	17
2.2.2.2. Deutsche Gesetze, Verordnungen und Richtlinien zur Tunnelsicherheit Bahn .....	18
2.2.2.3. Dänische Richtlinien Tunnelsicherheit Bahn.....	19
2.2.2.4. Prüfung der Vorschriften und Richtlinien durch eine Querverweistabelle (cross reference lists).....	19
2.2.3. EU-Richtlinien Tunnelsicherheit Straße .....	19
2.2.3.1. Europäische Richtlinien Straße.....	19
2.2.3.2. Dänische Verordnungen und Richtlinien Tunnelsicherheit Straße .....	19
2.2.4. Abstimmungsprozess und beteiligte Stellen .....	19
2.2.5. Sicherheitsdokumentation.....	20
2.2.6. Betrieb und Organisation .....	21
2.2.6.1. Verwaltungsbehörde für die Planungsphase .....	21
2.2.6.2. Tunnelmanager für die Planungsphase .....	21
2.2.6.3. Sicherheitsbeauftragter für die Planungsphase .....	21
2.2.6.4. Tunnelüberwachung.....	21
2.2.6.5. Betrieb und Wartung des Tunnels .....	21
2.2.6.6. Betrieb und Organisation Bahn .....	21
<b>3. WESENTLICHE ZAHLEN UND FAKTEN DER FESTEN FEHMARNBELTQUERUNG .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1. Verkehrsprognose.....</b>	<b>22</b>
3.1.1. Verkehrsprognose Straße .....	22
3.1.2. Verkehrsprognose Bahn .....	22
3.1.3. Fahrzeiten .....	22
<b>3.2. Bauwerksdaten.....</b>	<b>23</b>

3.2.1.	Absenktunnel.....	23
3.2.2.	Bahnbereich des Tunnels .....	24
3.2.3.	Straßenbereich des Tunnels .....	25
<b>3.3.</b>	<b>Beurteilung der Charakteristik des Straßentunnels.....</b>	<b>26</b>
<b>4.</b>	<b>SICHERHEITSKONZEPT FÜR DIE BAHN .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1.</b>	<b>Selbst und Fremdrettung (Bahn).....</b>	<b>27</b>
4.1.1.	Grundsatzüberlegungen.....	27
4.1.1.1.	Selbstrettung aus der östlichen Bahnröhre.....	27
4.1.1.2.	Selbstrettung aus der westlichen Bahnröhre .....	28
4.1.1.3.	Maßnahmen im Straßentunnel während der Selbstrettung aus dem Bahntunnel .....	28
4.1.2.	Aufbau der Tunnelröhren der Bahn.....	29
4.1.3.	Zugang zum Ereignis .....	30
4.1.4.	Definition des „sicheren Bereichs“ für die Bahn .....	30
4.1.5.	Standicherheit des Tunnelbauwerkes (Anforderungen an Materialien) .....	32
4.1.5.1.	Grundlagen .....	32
4.1.5.2.	Brandkurven .....	32
4.1.5.3.	Bauprodukte und Bauteile.....	32
4.1.5.4.	Brandabschnitte .....	32
4.1.6.	Längsneigung des Tunnelbauwerkes .....	33
4.1.7.	Ausbildung der Notgehwege neben den Gleisen.....	33
4.1.7.1.	Anforderungen der TSI SRT [1] und der EBA Tunnelrichtlinie [5] .....	33
4.1.7.2.	Ausbildung der Notgehwege im Fehmarnbelttunnel .....	34
4.1.8.	Ausbildung der Notausgänge und Zugänge zum „sicheren Bereich“ .....	34
4.1.8.1.	Anforderungen der TSI SRT [1] und der EBA Tunnelrichtlinie [5] an Notausgänge.....	34
4.1.8.2.	Ausbildung der Notausgänge im Bahnbereich des Fehmarnbelttunnels.....	34
4.1.9.	Oberleitung.....	35
4.1.10.	Brandbekämpfungsstelle (fire fighting point) außerhalb des Tunnels.....	36
4.1.11.	Anforderungen der EBA Richtlinie (Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an Planung, Bau und Betrieb von Schienenwegen nach AEG (freie Strecke)) [6].....	36
<b>4.2.</b>	<b>Betriebliche Anforderungen (Bahn).....</b>	<b>37</b>
4.2.1.	Strategie für Mischverkehr im Tunnel .....	37
4.2.2.	Anforderungen an Fahrzeuge (Bahn) .....	38

<b>5.</b>	<b>SICHERHEITSKONZEPT FÜR DIE STRAßE .....</b>	<b>39</b>
<b>5.1.</b>	<b>Selbst und Fremdrettung (Straße).....</b>	<b>39</b>
5.1.1.	Grundsatzüberlegungen.....	39
5.1.1.1.	Selbstrettung aus den Straßenröhren.....	39
5.1.2.	Aufbau der Tunnelröhren der Straße .....	40
5.1.2.1.	Querschnitt der Straßenröhre .....	40
5.1.2.2.	Zentralgalerie .....	41
5.1.2.3.	Innenausbau .....	41
5.1.3.	Tunnelzufahrten / Zugang zum Ereignis .....	42
5.1.4.	Mittelstreifenüberfahrt auf der deutschen Seite .....	43
5.1.4.1.	Mittelstreifenüberfahrt im Ereignisfall.....	43
5.1.4.2.	Mittelstreifenüberfahrt bei Sperrung einer Tunnelröhre (Blockfahrten) .....	44
5.1.5.	Zugang der Einsatzkräfte zwischen den Straßentunnelröhren .....	44
5.1.6.	Definition des „sicheren Bereichs“ für die Straße .....	44
5.1.7.	Ausbildung der Notgehwege neben den Fahrbahnen .....	45
<b>5.2.</b>	<b>Betriebliche Anforderungen (Straße).....</b>	<b>45</b>
5.2.1.	Anforderungen an Fahrzeuge (Gefahrguttransporte) .....	45
<b>5.3.</b>	<b>Rettungsplätze und Hubschrauberlandungen .....</b>	<b>47</b>
5.3.1.	Rettungsplätze .....	47
5.3.1.1.	Rettungsplatz vor dem Tunnelportal .....	47
5.3.1.2.	Rettungsplatz Nebenanlage West und Ost.....	47
5.3.2.	Landeplatz für Hubschrauber.....	48
5.3.3.	Gebäude Nebenanlage Ost .....	49
<b>6.</b>	<b>SICHERHEITSTECHNISCHE AUSRÜSTUNG .....</b>	<b>50</b>
<b>6.1.</b>	<b>Spezialelemente .....</b>	<b>50</b>
<b>6.2.</b>	<b>Verkehrsleitzentrale: Link Control Center (LCC).....</b>	<b>50</b>
6.2.1.	Link Control Center (LCC).....	50
6.2.2.	SCADA System.....	51
<b>6.3.</b>	<b>Lüftungsanlagen .....</b>	<b>52</b>
6.3.1.	Lüftungskonzept Bahntunnel.....	53
6.3.1.1.	Normaler Betrieb .....	53
6.3.1.2.	Brand- und Ereignisfall im Bahntunnel.....	53
6.3.2.	Lüftungskonzept Straßentunnel .....	53

6.3.2.1. Normaler Betrieb .....	54
6.3.2.2. Brand- und Ereignisfall im Straßentunnel .....	54
6.3.3. Lüftungskonzept Galerie .....	55
<b>6.4. Löschwasserversorgung .....</b>	<b>55</b>
6.4.1. Löschwasserleitungen.....	55
6.4.2. Ortsfeste Brandbekämpfungsanlage.....	55
<b>6.5. Energieversorgung .....</b>	<b>56</b>
<b>6.6. Regelbeleuchtung, Sicherheits- und Notbeleuchtung .....</b>	<b>57</b>
6.6.1. Regelbeleuchtung der Straße .....	57
6.6.2. Regelbeleuchtung der Bahn.....	57
6.6.3. Sicherheits- und Notbeleuchtung .....	57
<b>6.7. Verkehrserkennung und Beeinflussung .....</b>	<b>57</b>
6.7.1. Erkennung der Verkehrslage (CCTV-Anlagen (closed-circuit television)) .....	57
6.7.2. Kameras mit automatischer Störfallerkennung (AID).....	58
6.7.3. Kameras mit Panorama, Schwenk- und Zoomfunktion (PTZ) .....	58
6.7.4. Beeinflussung der Verkehrslage .....	58
6.7.5. Absperrsysteme .....	59
6.7.6. Höhenkontrollsystem.....	59
<b>6.8. Anlagen zur Kommunikation .....</b>	<b>59</b>
6.8.1. Notruffernsprecher .....	59
6.8.1.1. Notruffernsprecher Straße .....	59
6.8.1.2. Notruffernsprecher Bahn.....	59
6.8.2. Funksysteme (BOS-Funk).....	60
6.8.3. Lichtsignalanlagen Straße.....	60
6.8.4. Lautsprecher System/Sprachalarmierung.....	60
6.8.5. Mobiles Telekommunikationssystem .....	60
6.8.6. GSM-Rail (nur Eisenbahnrohren).....	61
<b>6.9. Fahrzeugrückhaltesysteme .....</b>	<b>61</b>
<b>7. ZUSAMMENARBEIT DER DEUTSCHEN UND DÄNISCHEN STELLEN IM EREIGNISFALL/NOTFALL.....</b>	<b>63</b>
<b>7.1. Verantwortlichkeiten und Organisation .....</b>	<b>63</b>
<b>8. UNFALL UND BRANDSZENARIEN .....</b>	<b>64</b>
<b>8.1. Szenario Unfall/Brandfall im Eisenbahntunnel.....</b>	<b>64</b>

<b>8.2.</b>	<b>Szenario Unfall/Brandfall im Straßentunnel .....</b>	<b>66</b>
<b>8.3.</b>	<b>Szenario: Beschädigung des Tunnels durch Schiffsverkehr (Ankerwurf/Wracks) .....</b>	<b>66</b>
<b>9.</b>	<b>RISIKOANALYSEN (STRAßE/BAHN/SCHIFFFAHRT) .....</b>	<b>67</b>
<b>9.1.</b>	<b>Betriebsrisikoanalyse (ORA - Operational Risk Analysis) .....</b>	<b>67</b>
9.1.1.	Allgemeine Vorgehensweise der Betriebsrisikoanalyse (ORA) .....	67
9.1.2.	Hauptdokumente der Betriebsrisikoanalyse (ORA) .....	67
9.1.2.1.	Betriebsrisikoanalyse (ORA) .....	68
9.1.2.2.	Quantifizierte Risikoakzeptanzkriterien .....	68
9.1.2.3.	Unfallhäufigkeiten oder Ereignisraten .....	68
9.1.2.4.	Querverweis zu den Anforderungen der Richtlinie 2004-54-EU bezüglich Risikoanalyse .....	69
9.1.3.	Schnittstelle zwischen der Betriebsrisikoanalyse und dem Tunneldesign .....	69
9.1.4.	Definition von Risikokategorien .....	69
9.1.5.	Risikoakzeptanzkriterien .....	69
9.1.5.1.	Risikoakzeptanzkriterien Personensicherheit .....	69
9.1.5.2.	Ausfall des Tunnels durch Störungen über einen längeren Zeitraum .....	70
9.1.6.	Beschreibung der Risikokategorien .....	71
9.1.7.	Ermittlung von Zahlen zur Risikoquantifizierung .....	72
9.1.8.	Unfallszenarien der Betriebsrisikoanalyse (ORA) .....	72
9.1.8.1.	Gefahrgutunfälle im Straßen- und Bahntunnel .....	73
9.1.8.2.	Brandunfälle .....	74
9.1.8.3.	Unfälle mit mehreren gleichzeitigen Ereignissen .....	74
9.1.9.	Unfallhäufigkeiten .....	74
9.1.10.	Zusammenfassung der Ergebnisse der Betriebsrisikoanalyse (ORA) .....	74
<b>9.2.</b>	<b>Ergänzende Risikoanalysen (Bahn) .....</b>	<b>75</b>
9.2.1.	Alternative technische Lösung .....	75
9.2.2.	„Sicherer Bereich“ für Bahnreisende .....	75
9.2.3.	Bergungskonzept .....	77
9.2.4.	Zugbetriebskonzept .....	77
<b>9.3.</b>	<b>Risiko-Analysen (Schifffahrt) .....</b>	<b>77</b>
9.3.1.	Bauwerkseinflüsse verursacht durch extreme, äußere Lasten .....	77
9.3.1.1.	Lastfall Ankerwurf und geschleppter Anker: .....	77
9.3.1.2.	Lastfall sinkendes Schiff .....	77
<b>10.</b>	<b>SCHLUSSBEMERKUNG .....</b>	<b>79</b>



**UNGÜLTIG!**  
**Siehe Deckblatt!**

<b>8.</b>	<b>UNFALL UND BRANDSZENARIEN .....</b>	<b>64</b>
<b>8.1.</b>	<b>Szenario Unfall/Brandfall im Eisenbahntunnel.....</b>	<b>64</b>
<b>8.2.</b>	<b>Szenario Unfall/Brandfall im Straßentunnel .....</b>	<b>66</b>
<b>8.3.</b>	<b>Szenario: Beschädigung des Tunnels durch Schiffsverkehr (Ankerwurf/Wracks) .....</b>	<b>66</b>
<b>9.</b>	<b>RISIKOANALYSEN (STRAßE/BAHN/SCHIFFFAHRT).....</b>	<b>67</b>
<b>9.1.</b>	<b>Betriebsrisikoanalyse (ORA - Operational Risk Analysis).....</b>	<b>67</b>
9.1.1.	Allgemeine Vorgehensweise der Betriebsrisikoanalyse (ORA) .....	67
9.1.2.	Hauptdokumente der Betriebsrisikoanalyse (ORA) .....	67
9.1.2.1.	Betriebsrisikoanalyse (ORA) .....	68
9.1.2.2.	Quantifizierte Risikoakzeptanzkriterien .....	68
9.1.2.3.	Unfallhäufigkeiten oder Ereignisraten .....	68
9.1.2.4.	Querverweis zu den Anforderungen der Richtlinie 2004-54-EU bezüglich Risikoanalyse .....	69
9.1.3.	Schnittstelle zwischen der Betriebsrisikoanalyse und dem Tunneldesign .....	69
9.1.4.	Definition von Risikokategorien .....	69
9.1.5.	Risikoakzeptanzkriterien .....	69
9.1.5.1.	Risikoakzeptanzkriterien Personensicherheit .....	69
9.1.5.2.	Ausfall des Tunnels durch Störungen über einen längeren Zeitraum .....	70
9.1.6.	Beschreibung der Risikokategorien .....	71
9.1.7.	Ermittlung von Zahlen zur Risikoquantifizierung .....	72
9.1.8.	Unfallszenarien der Betriebsrisikoanalyse (ORA) .....	72
9.1.8.1.	Gefahrgutunfälle im Straßen- und Bahntunnel .....	73
9.1.8.2.	Brandunfälle .....	74
9.1.8.3.	Unfälle mit mehreren gleichzeitigen Ereignissen .....	74
9.1.9.	Unfallhäufigkeiten.....	74
9.1.10.	Zusammenfassung der Ergebnisse der Betriebsrisikoanalyse (ORA).....	74
<b>9.2.</b>	<b>Ergänzende Risikoanalysen (Bahn) .....</b>	<b>75</b>
9.2.1.	Alternative technische Lösung .....	75
9.2.2.	„Sicherer Bereich“ für Bahnreisende.....	75
9.2.3.	Bergungskonzept .....	77
9.2.4.	Zugbetriebskonzept.....	77
<b>9.3.</b>	<b>Risiko-Analysen (Schifffahrt) .....</b>	<b>77</b>



**UNGÜLTIG!**  
Siehe Deckblatt!

<b>8.2. Szenario Unfall/Brandfall im Straßentunnel .....</b>	<b>66</b>
<b>8.3. Szenario: Beschädigung des Tunnels durch Schiffsverkehr (Ankerwurf/Wracks) .....</b>	<b>66</b>
<b>9. RISIKOANALYSEN (STRABE/BAHN/SCHIFFFAHRT) .....</b>	<b>67</b>
<b>9.1. Betriebsrisikoanalyse (ORA - Operational Risk Analysis).....</b>	<b>67</b>
9.1.1. Allgemeine Vorgehensweise der Betriebsrisikoanalyse (ORA) .....	67
9.1.2. Hauptdokumente der Betriebsrisikoanalyse (ORA) .....	67
9.1.2.1. Betriebsrisikoanalyse (ORA) .....	68
9.1.2.2. Quantifizierte Risikoakzeptanzkriterien .....	68
9.1.2.3. Unfallhäufigkeiten oder Ereignisraten .....	68
9.1.3. Schnittstelle zwischen der Betriebsrisikoanalyse und dem Tunneldesign .....	68
9.1.4. Definition von Risikokategorien .....	69
9.1.5. Risikoakzeptanzkriterien .....	69
9.1.5.1. Risikoakzeptanzkriterien Personensicherheit .....	69
9.1.5.2. Ausfall des Tunnels durch Störungen über einen längeren Zeitraum .....	70
9.1.6. Beschreibung der Risikokategorien .....	70
9.1.7. Ermittlung von Zahlen zur Risikoquantifizierung .....	72
9.1.8. Unfallszenarien der Betriebsrisikoanalyse (ORA) .....	72
9.1.8.1. Gefahrgutunfälle im Straßen- und Bahntunnel .....	73
9.1.8.2. Brandunfälle .....	73
9.1.8.3. Unfälle mit mehreren gleichzeitigen Ereignissen .....	73
9.1.9. Unfallhäufigkeiten .....	74
9.1.10. Zusammenfassung der Ergebnisse der Betriebsrisikoanalyse (ORA) .....	74
<b>9.2. Ergänzende Risikoanalysen (Bahn) .....</b>	<b>74</b>
9.2.1. Alternative technische Lösung .....	74
9.2.2. „Sicherer Bereich“ für Bahnreisende .....	75
9.2.3. Bergungskonzept .....	76
9.2.4. Zugbetriebskonzept .....	76
<b>9.3. Risiko-Analysen (Schifffahrt) .....</b>	<b>77</b>
9.3.1. Bauwerkseinflüsse verursacht durch extreme, äußere Lasten .....	77
9.3.1.1. Lastfall Ankerwurf und geschleppter Anker: .....	77
9.3.1.2. Lastfall sinkendes Schiff .....	77
<b>10. SCHLUSSBEMERKUNG .....</b>	<b>78</b>

WICHTIG!  
Siehe Deckblatt!

**11. LITERATURVERZEICHNIS..... 81**

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1:	Risiken und Maßnahmen zur Sicherheit im Fehmarnbelttunnel .....	15
Abb. 3.1:	Ansicht des Absenktunnels.....	23
Abb. 3.2:	Querschnitt eines Standardelements des Absenktunnels .....	24
Abb. 3.3:	Querschnitt eines Spezialelements .....	24
Abb. 4.1:	Tunnelquerschnitt Bahnbereich.....	30
Abb. 4.2:	Tunnelquerschnitt mit beispielhafter Darstellung der Oberleitung im Tunnel .....	35
Abb. 5.1:	Querschnitt Straßentunnel.....	40
Abb. 5.2:	Straßentunnel (Fahrbahn Richtung Deutschland).....	42
Abb. 5.3:	Zufahrtsmöglichkeiten für Einsatzkräfte Richtung Tunnel (Fehmarn).....	43
Abb. 5.4:	„Sicherer Bereich“ des Straßentunnels .....	44
Abb. 5.5:	Randstreifen an der Zentralgalerie .....	45
Abb. 5.6:	Rettungsplatz vor dem Tunnelportal.....	47
Abb. 5.7:	Rettungsplatz Nebenanlage West und Ost .....	48
Abb. 6.1:	Beispiel einer Verkehrsleitzentrale .....	51

## Tabellenverzeichnis

Es sind keine Tabellen vorhanden.

## Abkürzungsverzeichnis

AAPP	Authority Approval Process Plan (Plan über den Genehmigungsablauf für die Eisenbahninfrastruktur)
ADR	<i>Französisch: Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route</i> / Deutsch-Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße
AID	Automatic Incident Detection (Automatische Ereigniserkennung)

AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
B	Bundesstraße
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BOS-Funk	Funk verwendet von <u>B</u> ehörden und <u>O</u> rganisationen mit <u>S</u> icherheitsaufgaben
CC3	Consequence Class 3 (Wirkungsklasse 3)
CCTV	closed-circuit television (Videoüberwachung)
CFD	computational fluid dynamics (rechnergestützte Strömungsdynamik)
CO-Messung	Kohlenstoffmonoxid Messung
CSM-RA	Common Safety Method (Gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken)
DK	Dänemark
E47	Europastraße 47
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBA Tunnelrichtlinie	<a href="#">Eisenbahn-Bundesamt</a> , Richtlinie Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und Betrieb von Eisenbahntunneln (Tunnelrichtlinie)
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
ETCS	European Train Control System (Europäisches Zugsicherungssystem)
ERMTS	European Rail Traffic Management System
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
etc.	et cetera (und so weiter)
EU	Europäische Union
FAT	<a href="#">Todesfälle (Fatallities)</a>

FBOA	Festbremsortungsanlage
FBQ	Feste Fehmarnbeltquerung
FWSI	Todesfälle und gewichtete schwere Verletzungen (Fatalities and Weighted Serious Injuries)
GC	Lichttraumprofil Gauge C
GSM	Global System for Mobile Communications (Globales System für mobile Kommunikation)
HOA	Heißläuferortungsanlage
Jet-Ventilatoren	Längslüfter (Laufrichtung umschaltbar)
kN	Kilonewton
kPA	Kilopascal
kV	Kilo-Volt
LCC	Link Control Center (Verkehrsleitzentrale oder Betriebsleitzentrale)
max.	maximal
Min.	Minuten
mind.	mindestens
NBÜ	Notbremsüberbrückung
NHN	Normalhöhennull
NoBo	Notified Body (Benannte Stelle)
NOx-Messung	Messung von Stickstoffoxiden
NSA	National Safety Authority (Nationale Sicherheitsbehörde)
OLSP	Oberleitungsspannungsprüfeinrichtung
ORA	Operational Risk Analysis (Betriebsrisikoanalyse)
PA-System	Public address system (Lautsprechersystem)
PIARC	Permanent International Association of Road Congresses

PTZ	Pan-Tilt-Zoom (Schwenk-Kipp-Zoom)
RABT	Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln
Ri.	Richtung
RID	Regelung zur Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter
RiL	Richtlinie
RQ	Regelquerschnitt
RWS	Rijkswaterstaat-Brandkurve (NL)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (Datenakquisition und Systemsteuerung)
SO	Schienenoberkante
TCC	Train traffic Control Centre (DK Kopenhagen)
TETRA	Terrestrial Trunked Radio (terrestrischer Bündelfunk)
TSI SRT	Technical Specification for Interoperability – Safety in Railway Tunnels (Technische Spezifikation für Interoperabilität – Sicherheit in Eisenbahntunneln)
u. a.	unter anderem
USV	unterbrechungsfreie Stromversorgung
z. B.	zum Beispiel

## 1. Vorwort

Die Anlage 29 „Konzept zu den Sicherheitseinrichtungen für die Feste Fehmarnbeltquerung“ beschreibt die Sicherheitseinrichtungen im Tunnel, die im Rahmen einer Sicherheitsdokumentation für den Straßen- und Eisenbahntunnel erstellt werden. Die aus der Sicherheitsdokumentation resultierenden baulichen Anlagen wurden in das Kapitel 4.5 des Erläuterungsberichts (Anlage 1), in die Genehmigungspläne (Anlagen 2 bis 9) und in das Bauwerksverzeichnis (Anlage 10) integriert.

Im Rahmen der weiterführenden Ausführungsplanung wird die Sicherheitsdokumentation durch weitere Fachgutachten begleitet, um in jeder Projektphase das geforderte Sicherheitsniveau zu erreichen. Die bauliche Konstruktion wird planfestgestellt. Das geforderte Sicherheitsniveau **wird außerdem** durch betriebstechnische Einrichtungen oder betriebliche Maßnahmen **gewährleistet**. Dabei liegt ein Hauptaugenmerk auf der im Staatsvertrag vereinbarten Einhaltung aller dänischen und europäischen Regelwerke und Vorschriften.

Der Tunnel ist weitgehend frei von äußeren Witterungseinflüssen und garantiert somit stets optimale Fahrbedingungen für Straße und Schiene. Die Straßenröhren haben jeweils einen Seitenstreifen. Liegegebliebene Fahrzeuge blockieren dort nicht den laufenden Verkehr und Einsatzkräfte können den Seitenstreifen bei der Anfahrt zum Einsatzort nutzen. Da die Bahnrohre und die Straßenrohre baulich in einem Tunnelelement vereint sind, gibt es aus dem Bahnbereich alle 110 m eine Fluchtmöglichkeit auf den Seitenstreifen der benachbarten Straßenröhre. Zwischen den beiden Straßenröhren gibt es nicht nur eine Trennwand, sondern eine Zentralgalerie. Das installierte Ventilationssystem sorgt für die Belüftung und Entrauchung aller Tunnelrohre und ist in der Lage einen Überdruck zur Rauchfreihaltung der Tunnelrohre aufzubauen. Der geplante Tunnelquerschnitt sorgt für eine klare Trennung der Verkehrsströme, sodass Gegenverkehr mit einem hohen Unfallpotential nicht stattfindet.

Nachstehend soll das Konzept zu den Sicherheitseinrichtungen der Feste Fehmarnbeltquerung für die Bahn und die Straße erläutert werden. Ergänzt werden die technischen Erläuterungen durch die Vorstellung möglicher Unfallszenarien. Die darauf basierenden Risikoanalysen und deren Ergebnisse werden ebenfalls kurz erläutert.

**Der Anhang 1 und 4 wurde im Rahmen des Planänderungsverfahrens entfernt.**

Die Anhänge 2, 3, 5, 6, 7 ergänzen die Informationen dieser Anlage 29.

## 2. Allgemeines und Ziele

### 2.1. Allgemeine Ziele des Konzeptes zu den Sicherheitseinrichtungen für die Feste Fehmarnbeltquerung

Die Zielstellung für die Gesamtsicherheit besteht darin, die gesamte Infrastruktur der Tunnelanlage für den Straßen- u. Bahnverkehr so zu konstruieren, dass alle notwendigen Sicherheitsparameter unter Berücksichtigung der folgenden Vorgaben gewährleistet sind:

- Personensicherheit für die Nutzer des Straßentunnels
- Personensicherheit für die Nutzer des Eisenbahntunnels
- Personensicherheit für das Betriebs- und Wartungspersonal
- Personensicherheit für die Einsatzkräfte von Feuerwehr, Polizei und Rettungsdienst
- Personensicherheit für Dritte, die den Tunnel nicht direkt nutzen (z. B. Seefahrt)
- Permanente Verfügbarkeit des Tunnels und der Tunnelbetriebstechnik
- Schutz des Bauwerkes und der technischen Einrichtungen

Zur Erfüllung der oben genannten Vorgaben für die Feste Fehmarnbeltquerung wurde auf der Grundlage der relevanten, geltenden Vorschriften ein Konzept für die Sicherheitseinrichtungen für den gesamten Tunnel entwickelt.

Die Tunnelnutzer und das Betriebs- und Wartungspersonal sind durch die Sicherheitseinrichtungen vor folgenden Risiken zu schützen:

- Entgleisungen
- Kollisionen
- Feuer
- Explosionen
- Rauch und giftige Gase
- Havarien

Die Maßnahmen der Gefahrenabwehr für die Feste Fehmarnbeltquerung beinhalten nicht nur Konzepte für die Einsatzkräfte und Möglichkeiten von Tunnelnutzern und Wartungspersonal zur Selbstrettung. Vielmehr liegt ein wichtiger Schwerpunkt aller baulichen, technischen und betrieblichen Maßnahmen darin, von Anfang an die Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ereignisses im Tunnel so weit wie möglich zu reduzieren. Das entwickelte Konzept für die Sicherheitseinrichtungen zeigt deutlich, dass die Feste Fehmarnbeltquerung für die Tunnelnutzer ein hohes Sicherheitsniveau bietet, welches konform mit den im Staatsvertrag vereinbarten Vorschriften und Richtlinien ist.

Diese Maßnahmen werden im Konzept zu den Sicherheitseinrichtungen für die Feste Fehmarnbeltquerung für den Straßen- u. Bahnverkehr zusammengefasst und bestehen aus:

- präventiven Maßnahmen,
- ausmaßmindernden Maßnahmen (Schadensbegrenzung bei Ereignissen),
- Maßnahmen zur Selbstrettung,
- Maßnahmen zur Fremdrettung.

Für die Risikominderung eines Ereignisses liegt der Schwerpunkt in den präventiven Maßnahmen und den ausmaßmindernden Maßnahmen, wobei die Maßnahmen zur Selbstrettung und zur Fremdrettung dementsprechend Bestandteil des Rettungskonzepts sind. Das Rettungskonzept ist gleichzeitig Bestandteil der gesamten Sicherheitsdokumentation und wird wirksam, wenn die präventiven Maßnahmen und die ereignismindernden Maßnahmen nicht gegriffen haben.

Das operative Rettungskonzept ist nicht Teil der Planfeststellungsunterlagen, sondern muss zur Inbetriebnahme des Tunnels im Rahmen der Sicherheitsdokumentation vorliegen. Demnach sind für die Planfeststellung im Hinblick auf alle Sicherheitsmaßnahmen besonders die baulichen Anlagen und Einrichtungen relevant. Auf Basis dieser baulichen Anlagen kann das operative Rettungskonzept umgesetzt werden.

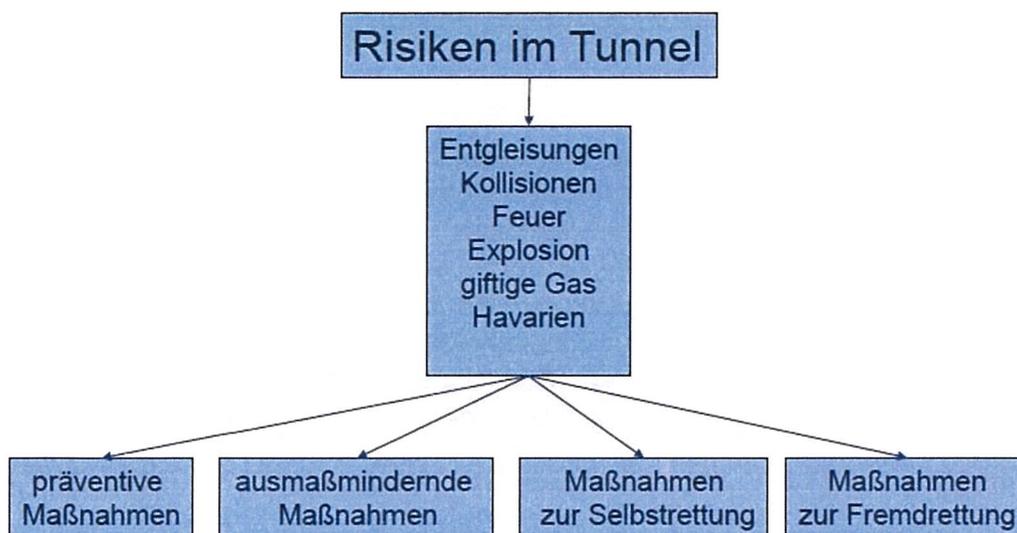


Abb. 2.1: Risiken und Maßnahmen zur Sicherheit im Fehmarnbelttunnel

Die oben genannten vier Schwerpunkte werden nachstehend beispielhaft für den Straßen- u. Bahnverkehr erläutert:

#### Präventive Maßnahmen

Präventive Maßnahmen haben die Aufgabe, die Wahrscheinlichkeit, dass ein Ereignis eintritt, so weit wie möglich zu reduzieren. Eine stets funktionierende betriebstechnische Tunnelausstattung, sowie deren regelmäßige Kontrolle, Wartung und Überwachung sind

wesentliche präventive Maßnahmen seitens des Betreibers. Weiterhin werden spezielle bauliche und betriebstechnische Vorkehrungen präventiv vorge~~sehen~~. So werden z. B. Begegnungen von Fahrzeugen innerhalb eines Straßen- und Eisenbahntunnels durch die gewählte Konstruktion ausgeschlossen. Die kontinuierliche Überwachung des Verkehrs und Information der Verkehrsteilnehmer durch elektronische Infotafeln dienen der Gefahrenvermeidung für den nachfolgenden Verkehr. Eine weitere beispielhafte präventive Maßnahme im Bahnbereich sind Heißläuferortungsanlagen (HOA) bzw. Festbremsortungsanlagen (FBOA), die einen heiß gelaufenen oder festgebremsten Radsatz rechtzeitig vor dem Tunnel detektieren können.

#### Ausmaßmindernde Maßnahmen (Schadensbegrenzung)

Ausmaßmindernde Maßnahmen sollen verhindern, dass sich ein bereits eingetretenes Ereignis ausweitet. Im Straßenbereich stellt der Bau von Seitenstreifen eine ~~ausmaß~~mindernde Maßnahme dar, weil hierdurch defekte Fahrzeuge aus dem laufenden Verkehr herausgenommen werden können. Die Gefahr von Auffahrunfällen sinkt dadurch. Eine wirksame, ausmaßmindernde Maßnahme für den Bahnverkehr im Tunnel ist z. B. die Notbremsüberbrückung (NBÜ), die es dem Triebfahrzeugführer erlaubt, eine von einem Reisenden eingeleitete Notbremsung so lange zu überbrücken, bis der Zug außerhalb eines Tunnels zum Halten gebracht wird. Dadurch wird ein Stopp des Zuges im Tunnel verhindert.

#### Selbstrettung

Unter der Selbstrettung versteht man Maßnahmen der Tunnelnutzer, des Eisenbahnpersonals und des Straßentunnelpersonals zur Abwendung von unmittelbarer Lebensgefahr, zur Begrenzung eines bereits eingetretenen Ereignisses sowie zur gegenseitigen Hilfeleistung im Rahmen der bestehenden Möglichkeiten. Die Evakuierung einer Straßenröhre oder eines Zuges und das Erreichen sicherer Bereiche sind Maßnahmen der Selbstrettung. Diese Maßnahmen werden durch bauliche Einrichtungen wie kurze Fluchtwege, Notausgänge, sichere Bereiche (nicht betroffene Röhre) und durch betriebstechnische Einrichtungen wie Lüftungssystem, Notbeleuchtung, Fluchtwegkennzeichnung, Notruffernsprecher unterstützt.

#### Fremdrettung

Fremdrettung sind alle Maßnahmen, die von Einsatzkräften und anderen Stellen zur Hilfeleistung und zur weiteren Schadensbegrenzung erbracht werden. Fremdeinsatzkräfte sind in diesem Zusammenhang die Einsatzkräfte der jeweiligen Behörden und Organisationen. Auch die Maßnahmen der Fremdrettung werden durch bauliche Einrichtungen, wie Rettungsplätze und Zufahrten, Transporthilfen, Löschwasserversorgung, Elektroversorgung und Sicherstellen der Kommunikation unterstützt.

## 2.2. Gesetzliche Grundlagen, relevante Richtlinien und Vorschriften Bahn/Straße

### 2.2.1. Gesetzliche Grundlagen in Bezug auf die Tunnelsicherheit

Alle Vorschriften der EU-Richtlinien über die Sicherheit in Straßen- und Eisenbahntunneln werden erfüllt.

Die Sicherheitsdokumentation wird unter Berücksichtigung der in § 13.7 des Staatvertrages über die Feste Fehmarnbeltquerung festgelegten rechtlichen Rahmenbedingungen entwickelt und aufgestellt. Hier heißt es:

Zitat:

*„Die Feste Fehmarnbeltquerung wird nach den geltenden dänischen technischen Normen und Vorschriften gebaut. Für einzelne Bauteile können die Vertragsstaaten die Anwendung anderer europäischer Normen und Vorschriften vereinbaren. Einzelheiten zur bahntechnischen Ausrüstung werden auf Vorschlag der Gesellschaft zwischen den zuständigen deutschen und den dänischen Stellen abgestimmt.“*

Diese Festlegung bedeutet, dass für die Sicherheitsdokumentation und die daraus resultierenden baulichen Anlagen dänische und europäische Normen und Vorschriften gelten. Die einschlägige deutsche Vorschrift zur Tunnelsicherheit Straße, die RABT, Ausgabe 2006, kommt bei der Festen Fehmarnbeltquerung nicht zur Anwendung.

In Anlage 29 Kap. 2.2.2 und 2.2.3 werden nachfolgend die für die Tunnelsicherheit im Rahmen der Planfeststellung relevanten Richtlinien und die vergleichend gegenübergestellten Richtlinien genannt.

### 2.2.2. Tunnelsicherheit Bahn

#### 2.2.2.1. Europäische Richtlinien und technische Spezifikationen Interoperabilität

- RICHTLINIE 2008/57/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES, vom 17. Juni 2008, über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Gemeinschaft [17]
- Technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich „Sicherheit in Eisenbahntunneln“ im konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystem, TSI – SRT, (1303/2014/EU) v. 18.11.2014 [1]
- Technische Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich „Infrastruktur“ im konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystem, TSI INS, (1299/2014/EU) v.18.11.2014 [2]
- Technische Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich „Energie“, TSI ENE, (1301/2014/EU) v.18.11.2014 [3]

- Technische Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich der „Zugänglichkeit des Eisenbahnsystems der Union für Menschen mit Behinderungen und Menschen mit eingeschränkter Mobilität“, TSR PRM, (1300/2014/EU) v.18.11.2014 [12]
- Technische Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“, TSI CCS, (2012/88/EU) v. 25.01.2012 [4].  
(Änderungsbeschlüsse zu TSI CCS sind (EU) 2015/14, v. 05.01.2015, und, 2012/696/EU)
- Technische Spezifikationen für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge - Lokomotiven und Personenwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union, TSI LOC&PAS, (EU) Nr. 1302/2014 v. 18.11.2014 [14]
- Technische Spezifikationen für die Interoperabilität des Teilsystems „Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union, TSI OPE, Ergänzung (EU) 2015/995 v.8.06.2015 [15]

#### 2.2.2.2. Deutsche Gesetze, Verordnungen und Richtlinien zur Tunnelsicherheit Bahn

- Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG) (Stand 28.05.2015) [13]
- Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung EBO (Stand 25.07.2012) [7]  
(vergleichend gegenübergestellt siehe Anlage 29 Anhang 2)
- Eisenbahn-Bundesamt „Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und Betrieb von Eisenbahntunneln“ (EBA Tunnelrichtlinie) Stand 01.07.2008 [5];(vergleichend gegenübergestellt; siehe Anlage 29 Anhang 2)
- Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an Planung, Bau und Betrieb von Schienenwegen nach AEG (Richtlinie Freie Strecke) (Stand 07.12.12) [6]

### 2.2.2.3. Dänische Richtlinien Tunnelsicherheit Bahn

Hinsichtlich der in Dänemark gültigen Richtlinien zur Tunnelsicherheit ist festzustellen, dass es eigene nationale Richtlinien nicht gibt. Allerdings sind die gültigen EU-Richtlinien und TSI durch entsprechende dänische Verordnungen in nationales Recht umgesetzt worden.

- VERORDNUNG (EU) Nr. 1303/2014 DER KOMMISSION vom 18.11.2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich der „Sicherheit in Eisenbahntunneln“ (TSI SRT) im Eisenbahnsystem der Europäischen Union.  
Ausstellungsbehörde: Transport- og Bygningsministeriet  
BEK Nr. 1281 af 19/11/2015.

### 2.2.2.4. Prüfung der Vorschriften und Richtlinien durch eine Querverweistabelle (cross reference lists)

Das Sicherheits- und Rettungskonzept für die beiden Bahnrohren der Festen Fehmarnbeltquerung wurde hinsichtlich möglicher sicherheitsrelevanter Abweichungen der geplanten baulichen Lösung von den Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich „Sicherheit in Eisenbahntunneln“ im konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystem, TSI – SRT, (1303/2014/EU) v. 18.11.2014 [1], mittels einer sogenannten Querverweistabelle (cross reference list) detailliert überprüft. (siehe Anlage 29 Anhang 2).

## 2.2.3. EU-Richtlinien Tunnelsicherheit Straße

### 2.2.3.1. Europäische Richtlinien Straße

- Richtlinie 2004/54/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 29. April 2004 über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz, ABI L 167 vom 30.04.2004, S. 39 - 91; berichtigte Fassung ABI. L 201 vom 07.06.2004, S. 56 - 76 [8]

### 2.2.3.2. Dänische Verordnungen und Richtlinien Tunnelsicherheit Straße

- Durchführungsverordnung Nr. 726, vom 03/07/2008 der Richtlinie 2004/54/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz. Ausstellungsbehörde: Transportministeriet  
BEK Nr. 726 af 03/07/2008
- Änderung Nr. 142 vom 20/02/2012 zur Durchführungsverordnung Nr. 726, der Richtlinie 2004/54/EG. Ausstellungsbehörde: Transport- og Bygningsministeriet;  
BEK Nr. 142 af 20/02/2012

## 2.2.4. Abstimmungsprozess und beteiligte Stellen

Parallel und im Vorlauf zur eigentlichen Planfeststellung fanden bereits mit den verschiedenen Verantwortungsbereichen Abstimmungsgespräche zur Sicherheitsdokumentation für den Straßen- u. Bahnverkehr statt. Diese Abstimmungen werden im Rahmen der Sicherheitsdokumentation kontinuierlich weiter geführt und münden in den gemäß dem

Einsatzkonzept vorgegebenen Verfahren und Zuständigkeiten bei Inbetriebnahme der Festen Fehmarnbeltquerung. Ziel der für die Straße und Bahn vorgeschriebenen gesetzlichen Verfahren ist die Ausstellung der Sicherheitsgenehmigungen für den Betrieb der neuen Infrastruktur.

### 2.2.5. Sicherheitsdokumentation

Diese Anlage 29 ist nicht die Sicherheitsdokumentation für die Feste Fehmarnbeltquerung. Diese Anlage wurde speziell für [das Planfeststellungsverfahren](#) erstellt, um das Konzept zu den Sicherheitseinrichtungen der FBQ zu erläutern. Dabei werden sowohl bauliche als auch betriebliche Aspekte vorgestellt. [Die aus der Sicherheitsbetrachtung resultierenden baulichen Maßnahmen wurden bei der Erstellung der Planfeststellungsunterlagen berücksichtigt.](#)

#### Sicherheitsdokumentation Straße

Für die Aufstellung einer Sicherheitsdokumentation für den Straßentunnel gilt die EU Richtlinie 2004/54/EG über die Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz [8]. Im Anhang II [der Richtlinie](#) werden unter Pkt. 2.3 die Bestandteile der Sicherheitsdokumentation für einen in der Planung befindlichen Tunnel genannt. Die Sicherheitsdokumentation ist vom verantwortlichen Tunnelmanager während der Planungsphasen des Tunnels zu erstellen und muss vor Baubeginn vollständig [vorliegen](#) (vgl. [Anhang II, Pkt. 1.2. der EU Richtlinie 2004/54/EG \[8\]](#))

#### Sicherheitsdokumentation Bahn

Als Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) hat Femern A/S den dänischen und deutschen [Sicherheitsbehörden](#) für die Inbetriebnahme [die gesetzlich geforderte Dokumentation](#) zur Genehmigung einzureichen. Die Dokumentation enthält vollumfänglich den [Nachweis hinsichtlich der Erfüllung der nationalen sowie europäischen Interoperabilitäts- und Sicherheitsanforderungen](#). Gemäß EU-Richtlinien hat die Prüfung der bahntechnischen [Sicherheitsmaßnahmen und Sicherheitsziele \(z. B. Gewährleistung der Selbst- und Fremdreitung\)](#) sowohl durch eine unabhängige Bewertungsstelle (Assessment Body) als auch durch eine Bestimmte Stelle (Designated Body), sowie eine Benannte Stelle (Notified Body) zu erfolgen.

Der Authority Approval Process Plan (AAPP) liefert als Fahrplan detaillierte Informationen über die laufenden und bevorstehenden Prüf- und Genehmigungsprozesse, sowie die notwendigen Zustimmungen und sicherheitsrelevanten Genehmigungen seitens der nationalen Sicherheitsbehörden (EBA und Trafikstyrelsen). Ziel ist letztlich die Zulassung der Eisenbahninfrastruktur für den kommerziellen Betrieb durch die Ausstellung der Sicherheitsgenehmigung.

## **2.2.6. Betrieb und Organisation**

### **2.2.6.1. Verwaltungsbehörde für die Planungsphase**

Die Verwaltungsbehörde in der Planungsphase ist Femern A/S für den dänischen Straßenteil und der Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Betriebssitz Kiel Dezernat 33 für den deutschen Straßenteil.

### **2.2.6.2. Tunnelmanager für die Planungsphase**

Der Tunnelmanager in der Planungsphase für den deutschen Straßenteil ist der Landesbetrieb für Straßenbau des Landes Schleswig-Holstein, Niederlassung Lübeck. Auf dänischer Seite ist Femern A/S der Tunnelmanager für den Straßenteil.

### **2.2.6.3. Sicherheitsbeauftragter für die Planungsphase**

Der Sicherheitsbeauftragte ist ein unabhängiger, extern Beauftragter für die Straße im deutschen Vorhabenabschnitt.

### **2.2.6.4. Tunnelüberwachung**

Die Tunnelüberwachung wird durch Femern A/S durchgeführt werden.

### **2.2.6.5. Betrieb und Wartung des Tunnels**

Femern A/S ist für Betrieb und Wartung des Tunnels zuständig.

### **2.2.6.6. Betrieb und Organisation Bahn**

Die Anforderungen der europäischen Richtlinie 2004/49/EG über Eisenbahnsicherheit in der Gemeinschaft werden erfüllt.

### 3. Wesentliche Zahlen und Fakten der Festen Fehmarnbeltquerung

#### 3.1. Verkehrsprognose

(siehe auch Anlage 26)

##### 3.1.1. Verkehrsprognose Straße

Im durchschnittlich täglichen Verkehr wurden für das Jahr 2030 ca. 12.158 Kfz davon 10.321 Pkw, 100 Busse und 1.737 Lkw auf der FBQ prognostiziert (siehe Anlage 26.3, Kap. 6.3, Tab. 6-25 Fall B).

##### 3.1.2. Verkehrsprognose Bahn

Für den Bahnverkehr werden für das Prognosejahr 2030 nunmehr 111 Züge, davon 73 Güterzüge und 38 Personenzüge im durchschnittlichen Werktagsverkehr auf der Bahnstrecke prognostiziert. (siehe Anlage 26.3, Kap.7.4, Tab. 7-10, Fall B).

##### 3.1.3. Fahrzeiten

Die Gesamtlänge des Tunnels beträgt ca. 18,4 Kilometer von Portal zu Portal (davon ca. 17,6 km Absenktunnel). Die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten werden jeweils durch die zuständigen Aufsichtsbehörden festgelegt. Pkw durchqueren den Tunnel in ca. 10 Minuten. Lkw fahren max. mit 80 km/h und benötigen ca. 14 Minuten für die Tunneldurchfahrt. Zugfahrgäste benötigen etwa 6 Minuten für die Strecke bei einer Zuggeschwindigkeit von 200 km/h. Güterzüge sollen mit einer Geschwindigkeit von 140 km/h verkehren und benötigen dann ca. 8 Minuten.

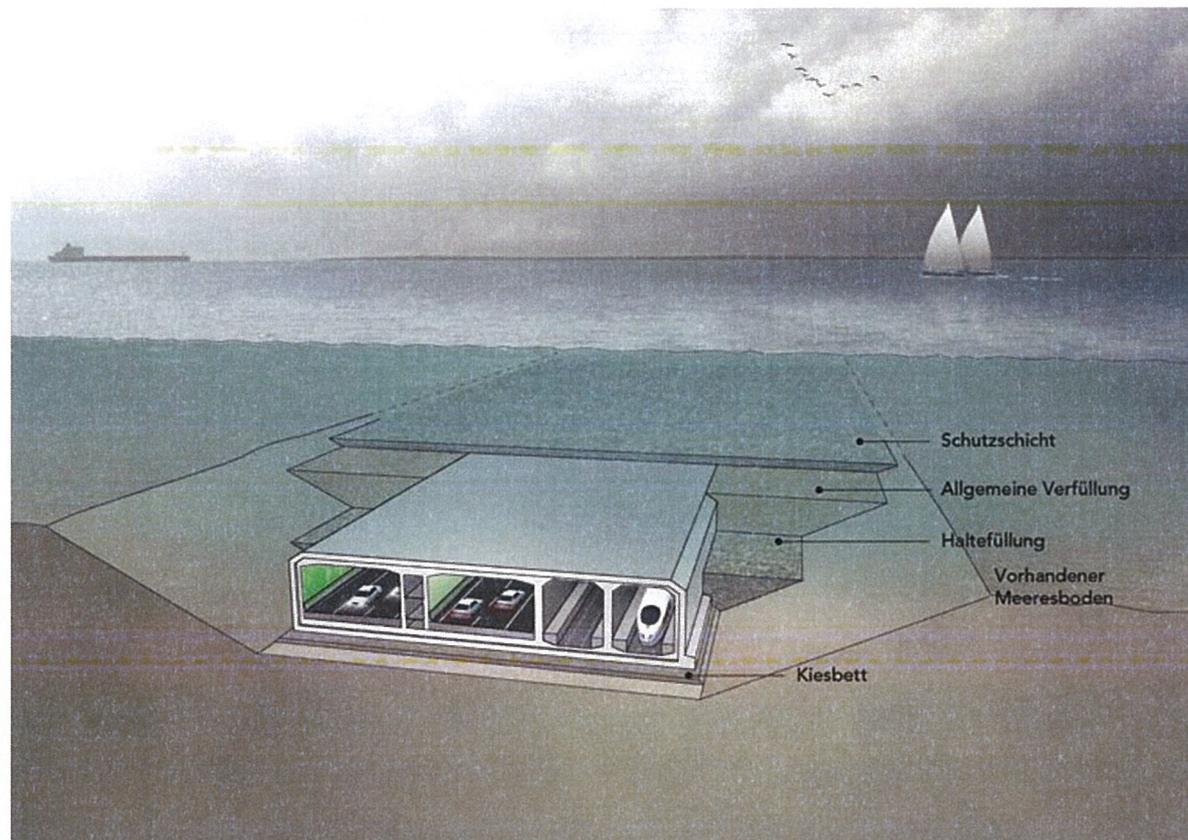


Abb. 3.1: Ansicht des Absenktunnels

## 3.2. Bauwerksdaten

(siehe auch Anlage 1 Erläuterungsbericht)

### 3.2.1. Absenktunnel

Der Absenktunnel, bei dem die Verkehrsträger Schiene und Straße nebeneinander angeordnet sind, wird aus wasserundurchlässigem Stahlbeton gebaut. Der Querschnitt umfasst zwei Straßenröhren an der Westseite und zwei Bahnröhren an der Ostseite. Zwischen den Straßenröhren befindet sich eine Zentralgalerie, die für Installationen und von den Straßentunnelnutzern als Fluchtweg genutzt wird. Der Tunnel wird aus insgesamt 89 Elementen zusammengesetzt. Diese Elemente bestehen aus 79 Standard- und zehn Spezialelementen. Die Standardelemente sind maximal 220 m lang, die Spezialelemente ca. 39 m lang. Die Elemente werden an Land in einem speziellen Trockendock produziert, dann eingeschwommen und vor Ort abgesenkt. Die Einrichtungen für die Versorgung des Tunnels (z. B. Energieversorgung, Pumpensysteme, Elektroverteilung) werden in den zehn Spezialelementen installiert, die aus einer Verkehrsebene und einer darunter liegenden Ebene bestehen. Der Zugang zur unteren Ebene erfolgt von der westlichen

Straßenröhre aus. Dort dient eine Haltebucht neben dem Seitenstreifen als Zugang für das Wartungspersonal. Zugangstreppe und Aufzüge zur unteren Ebene sind im Bereich der Haltebucht vorgesehen. Diese Zugangsvorrichtungen führen dazu, dass die Spezialelemente an der westlichen Seite breiter sind als die Standardtunnelelemente.

Der Absenktunnel befindet sich in einem ausgehobenen Graben vollständig unterhalb des Meeresbodens und ist mit einer etwa 1,20 m dicken Gesteinsschicht vor Schäden durch Schiffsanker oder sinkende Schiffe geschützt. An der tiefsten Stelle befinden sich die Fahrbahnen bei ca. NHN-40 m.

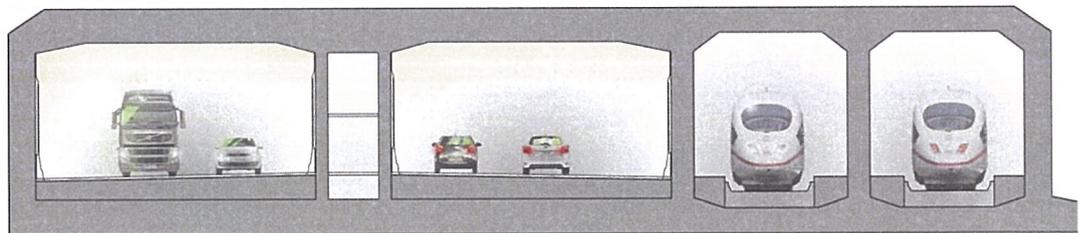


Abb. 3.2: Querschnitt eines Standardelements des Absenktunnels

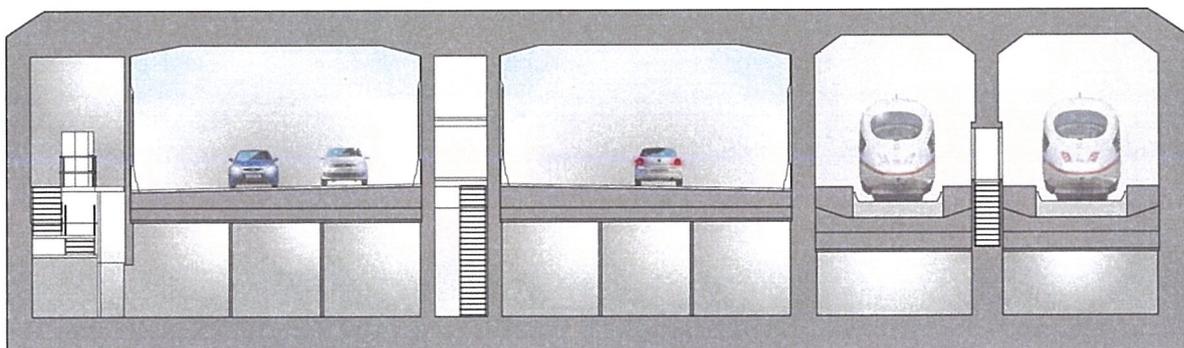


Abb. 3.3: Querschnitt eines Spezialelements

### 3.2.2. Bahnbereich des Tunnels

Für den Eisenbahnverkehr werden auf der Ostseite zwei baulich getrennte Röhren vorgesehen, die jeweils nur in einer Richtung befahren werden. Die Bahnrohre haben jeweils eine Breite von 6,00 m und eine Höhe von 6,80 m. Das vorgeschriebene Lichtraumprofil GC wird an jeder Stelle im Eisenbahntunnel freigehalten.

In den Eisenbahntunneln gibt es keine Weichen oder Übergänge, sodass Kollisionen und Entgleisungsunfälle im Tunnel vermieden werden. Die Weichenanlagen außerhalb des Tunnels sind ca. 500 m vom deutschen und ca. 250 m vom dänischen Tunnelportal entfernt.

Der Gleiskörper wird im Tunnel als „Feste Fahrbahn“ mit sehr guter Gleisstabilität ausgebildet. Die maximale Längsneigung der Bahntrasse beträgt  $\pm 12,5 \text{ ‰}$ .

Im Tunnel verkehren im Regelfall nur elektrisch betriebene Züge. Nur zu Wartungszwecken **könnten eventuell** dieselbetriebene Bahnwartungsfahrzeuge eingesetzt **werden**.

Es wird ein Entgleisungsschutz in Form von beidseitig angeordneten, massiven Betonkanten als Anfahrerschutz innerhalb des Tunnels und über eine festgelegte Entfernung von mindestens 515 m außerhalb der Portale angebracht.

Notgehwege sind in den beiden Röhren jeweils auf der Westseite mindestens in einer Breite von 1,20 m vorhanden. Die Notausgänge zwischen den Bahnrohren und zum Straßentunnel haben einen Abstand max. 110 m und haben eine lichte Breite von 1,40 m **und eine lichte Höhe von mind. 2,00 m**.

### **3.2.3. Straßenbereich des Tunnels**

Für die Straßentunnel werden zwei Röhren mit Richtungsverkehr vorgesehen. Jede der Straßenröhren hat eine Breite von 11,00 m. Zwischen den Straßenröhren wird eine Zentralgalerie mit einer lichten Innenbreite von 2,00 m angeordnet. Der Querschnitt der jeweiligen Straßenröhre besteht neben Randstreifen und Anprallschutz aus zwei Fahrstreifen für den Fahrzeugverkehr mit einer Breite von jeweils 3,50 m und einem Seitenstreifen von  $\geq 2,35$  m Breite, der kontinuierlich über die gesamte Länge des Tunnels verläuft. Dadurch kann an defekten Fahrzeugen auf dem Seitenstreifen vorbeigefahren werden, ohne die Bewegung der Fahrzeuge auf dem Hauptfahrstreifen zu beeinträchtigen. Der Seitenstreifen im östlichen Straßentunnel dient auch als „sicherer Bereich“ für evakuierte Bahnreisende. Die Höhe des Lichtraumprofils für den Fahrzeugverkehr beträgt 4,50 m. Notausgangstüren zur Zentralgalerie **und weiterführend zur angrenzenden Straßenröhre** befinden sich in einem Abstand von jeweils max. 110 m und haben eine lichte Breite von 1,20 m.

### 3.3. Beurteilung der Charakteristik des Straßentunnels

Durch die Vorhabenträger wurde eine besondere Charakteristik des Tunnels der Festen Fehmarnbeltquerung anhand der folgenden in Anhang I, Punkt 1.1.2 der Richtlinie 2004/54/EG [8] genannten Parameter festgestellt:

1. die geplante Tunnellänge von ca. 18,5 km,
2. die Anzahl der Tunnelröhren als Kombination von Straßen- und Bahntunnel mit Zentralgalerie in einem baulichen Tunnelement,
3. die Bauart als Absenktunnel unter Wasser.

Hinsichtlich der Sicherheit für die Tunnelnutzer und das Betriebspersonal wurden in der Planungsphase durch die Vorhabenträger Risikoanalysen gemäß Artikel 13 der Richtlinie 2004/54/EG [8] durchgeführt. Diese sind gemäß Artikel 13(2) nach der in Dänemark angewandten Methodik (siehe auch Kap. 9.1.5.1) erstellt worden und deren Ergebnisse sind in Anlage 29, Kap. 9 und Anhang 7 zusammengefasst.

Im Hinblick auf die Zugriffszeit für die Einsatzdienste wird gemäß Anhang II, Punkt 2.4 der Richtlinie 2004/54/EG [8] die umfassende Sicherheitsdokumentation zusätzlich zu den in der Planungsphase vorgeschriebenen Bestandteilen, wie beispielsweise einen gemeinsam mit den Einsatzdiensten erstellten Organisationplan für den Notfall, erstellt und mit den zuständigen Behörden und Organisationen abgestimmt. Sämtliche bauliche Einrichtungen, welche zur Umsetzung dieser Einsatzverfahren notwendig sind, wurden im Rahmen der Planung berücksichtigt und in den Planfeststellungsunterlagen dargestellt (z. B. alternative Zufahrten zum Tunnel und zu den Rettungsplätzen, Mittelstreifenüberfahrten, Errichtung von Gebäuden für die Einsatzkräfte auf der Nebenanlage Ost),( siehe auch Kap. 5).

## 4. Sicherheitskonzept für die Bahn

### 4.1. Selbst und Fremdrettung (Bahn)

#### 4.1.1. Grundsatzüberlegungen

Das Sicherheitskonzept für den Bahnbereich der Festen Fehmarnbeltquerung ist durch die Anordnung von zwei eingleisigen Tunnelröhren mit den dazu parallel verlaufenden Straßenröhren in einem baulichen Betonelement gekennzeichnet. Die beiden Bahnrohre und die östliche Straßenröhre (Richtung Dänemark) sind max. alle 110 m durch Notausgangstüren miteinander verbunden.

Die Bahnrohre werden mit Strahlventilatoren ausgestattet. Diese gewährleisten die Rauchfreihaltung der ereignisfreien Bahnröhre sowie der daneben angeordneten Straßenröhre (Richtung Dänemark). Damit wird garantiert, dass der sichere Bereich während der Selbstrettungsphase rauchfrei bleibt.

Darüber hinaus wird mittels der Strahlventilatoren in der Unfallröhre eine Kontrolle der Rauchverteilung während der Löschphase garantiert.

Die geplante Anordnung bildet eine wesentliche Grundlage des Selbst- und Fremdrettungskonzeptes.

Grundsätzlich soll ein brennender Zug vom Triebfahrzeugführer immer aus dem Tunnel herausgefahren werden. Sollte dies aber im seltenen Fall nicht möglich sein, erfolgt die Selbstrettung der Bahnreisenden immer in Richtung Straßentunnel bis in den „Sicheren Bereich“ des Seitenstreifens der östlichen Straßenröhre, von dort aus kann die vollständige Evakuierung aus dem Tunnelbauwerk durch die Einsatzkräfte mit Bussen stattfinden.

Hinsichtlich der Rettung mobilitätsbehinderter Personen wird unter Berücksichtigung der Spezifikationen in TSI LOC&PAS, 4.2.10.5., „Anforderungen an die Evakuierung“ [12], und TSI PRM, 4.4.2. „Teilsystem Fahrzeuge“ [12], festgelegt, dass diese Personen durch das Zugpersonal und durch Mitreisende begleitet werden, sowie, dass eine Hilfeleistung auch für diese sichergestellt ist. Entsprechende betriebliche Maßnahmen (Hilfeleistung) sind in Absprache mit dem zukünftigen Eisenbahnverkehrsunternehmen zu bestimmen.

##### 4.1.1.1. Selbstrettung aus der östlichen Bahnröhre

Die Selbstrettung aus der östlichen Bahnröhre erfolgt erst dann, wenn dem Triebfahrzeugführer über das TCC (Train Traffic Control Centre) in Kopenhagen die Verkehrsfreiheit der benachbarten Bahnröhre bestätigt wird und das Zugpersonal den sicheren Ausstieg freigibt. Die Bahnreisenden retten sich über den seitlichen Notgehweg und die gekennzeichneten Notausgänge zwischen den Bahnrohren in die benachbarte westliche

Bahnröhre und von dort aus weiter zum Seitenstreifen der östlichen Straßenröhre (siehe auch Anlage 29 Kap.4.1.4 und 8.1).

#### 4.1.1.2. Selbstrettung aus der westlichen Bahnröhre

Bei Unfällen in der westlichen Bahnröhre erfolgt die Selbstrettung direkt in die östliche Straßenröhre. Dabei nutzen die Reisenden den westlichen Notgehweg und gelangen über die gekennzeichneten Notausgänge auf den Seitenstreifen der Straßenröhre. Auf fahrende Züge muss hierbei nicht geachtet werden, allerdings sind die Reisenden durch die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen vor dem Straßenverkehr zu schützen.

#### 4.1.1.3. Maßnahmen im Straßentunnel während der Selbstrettung aus dem Bahntunnel

Im Ereignisfall im Bahntunnel wird zeitgleich im Straßentunnel durch die Verkehrsleitzentrale (LCC) anhand von computergestützten Aktionsplänen eine entsprechende Regulierung des Straßenverkehrs durch die installierten elektronischen Informationssysteme (Stoppen des Verkehrs **vor dem Tunnel**, Geschwindigkeitsreduzierung der sich noch im Tunnel befindenden Fahrzeuge, Sperren der rechten Fahrspur am Seitenstreifen etc.) erfolgen.

Zudem erfolgt die Aktivierung der Strahlventilatoren im östlichen Straßentunnel zur Kontrolle der Verrauchung (Druckregelung) des Fluchtweges. Dieses dient zum Schutz der Personen während der Selbstrettungsphase, sowie zur Rauchfreihaltung des sicheren Bereichs.

Die Verkehrsleitzentrale (LCC) schickt sofort nach Bekanntwerden des Ereignisses ein Servicefahrzeug in den östlichen Straßentunnel zum Ereignisort. Das Personal dieses Fahrzeuges trifft weitere Maßnahmen vor Ort zum weiteren Schutz der Personen auf dem Seitenstreifen (Warnlichter, Schutzkegel usw.).

Die Anfahrt der Einsatzkräfte, sowie die Evakuierung, soll immer über den Straßentunnel erfolgen (siehe Anlage 29 Anhang 5). Die Einsatzkräfte können durch die Notausgänge in den danebenliegenden Bahnbereich zum Ereignisort gelangen.

Das geplante Konzept der Selbst- und Fremdrettung (Zwei-Röhren-Konzept) im Fehrmarnbelttunnel stellt eine adäquate, alternative technische Lösung zu den Anforderungen der TSI SRT [1] und der EBA Tunnelrichtlinie [5] dar. Der Nachweis **des gleichwertigen Sicherheitsniveaus** der von den Vorhabenträgern gewählten Lösung (**Verzicht auf Querschläge und Schleusen**) zu den in den Richtlinien genannten Sicherheitszielen für die Reisenden und das Zugpersonal (TSI SRT (EU-1303-2014), 4.2.1.5.2 (3) [1]) wird anhand der gemeinsamen Sicherheitsmethode für die Risikobewertung analog zu der vorliegenden Planungstiefe und Planungsphase erbracht.

In Anhang 3 und Anhang 6 sind die für den Planfeststellungsantrag zu erbringenden Nachweisdokumentationen in Form einer unabhängig geprüften technischen Risikoanalyse (gemäß TSI SRT, 4.2.2.6.5 (Fassung TSI SRT 2008-163-EU), eines unabhängigen Sicherheitsbewertungsberichts gemäß der Durchführungsverordnung über die gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken (CSM-RA (EU)

Nr. 402/2013 [16]), sowie Zwischenprüfbescheinigungen der TSI-Konformität beigefügt. Die Anhänge 6 a, b basieren auf der beigefügten Risikoanalyse Anhang 3 (RAT 6729-321-3D).

Der Weg zur Erlangung des Betriebs- und Sicherheitsgenehmigung ist ein kontinuierlicher Prozess. Deshalb werden analog zu den weiteren Phasen der Detail- und Ausführungsplanung, sowie der Konstruktions- und Inbetriebnahmephase, fortgeschriebene sowie erweiterte Nachweise zur gleichen Sicherheit der alternativen technischen Lösung des „Sicheren Bereiches“ erbracht. Diese werden durch unabhängige Bewertungsstellen geprüft. Wenn erforderlich, werden diese Nachweise vor Betriebsbeginn zusätzlich durch einen vom EBA anerkannten Prüferingenieur bewertet. Diese Vorgänge sind Voraussetzung für eine Inbetriebnahmegenehmigung seitens der nationalen Sicherheitsbehörden.

#### 4.1.2. Aufbau der Tunnelröhren der Bahn

Die Tunnelröhren der Bahn sind Teil der Absenkelemente und jeweils 6,00 m breit und ca. 6,80 m hoch. Die Tunnelquerschnitte der Eisenbahn verlaufen getrennt nach Richtung in separaten Tunnelröhren, welche durch Notgehwege und Notausgangstüren verbunden sind (siehe Anlage 29 Kap. 4.1.8). Der Streckentunnel Richtung Puttgarden verläuft neben dem Straßentunnel ([Richtung Dänemark](#)).

Der Regellichtraum GC wird an jeder Stelle im Tunnel freigehalten. Die Fahrleitung wird als zugelassene platzsparende Konstruktion an der Tunneldecke montiert. Im Tunnelbereich sind auf der Westseite neben den Gleisen jeweils Notgehwege mit einer Breite  $\geq 1,20$  m angeordnet, welche jeweils zu den gekennzeichneten Notausgängen führen.

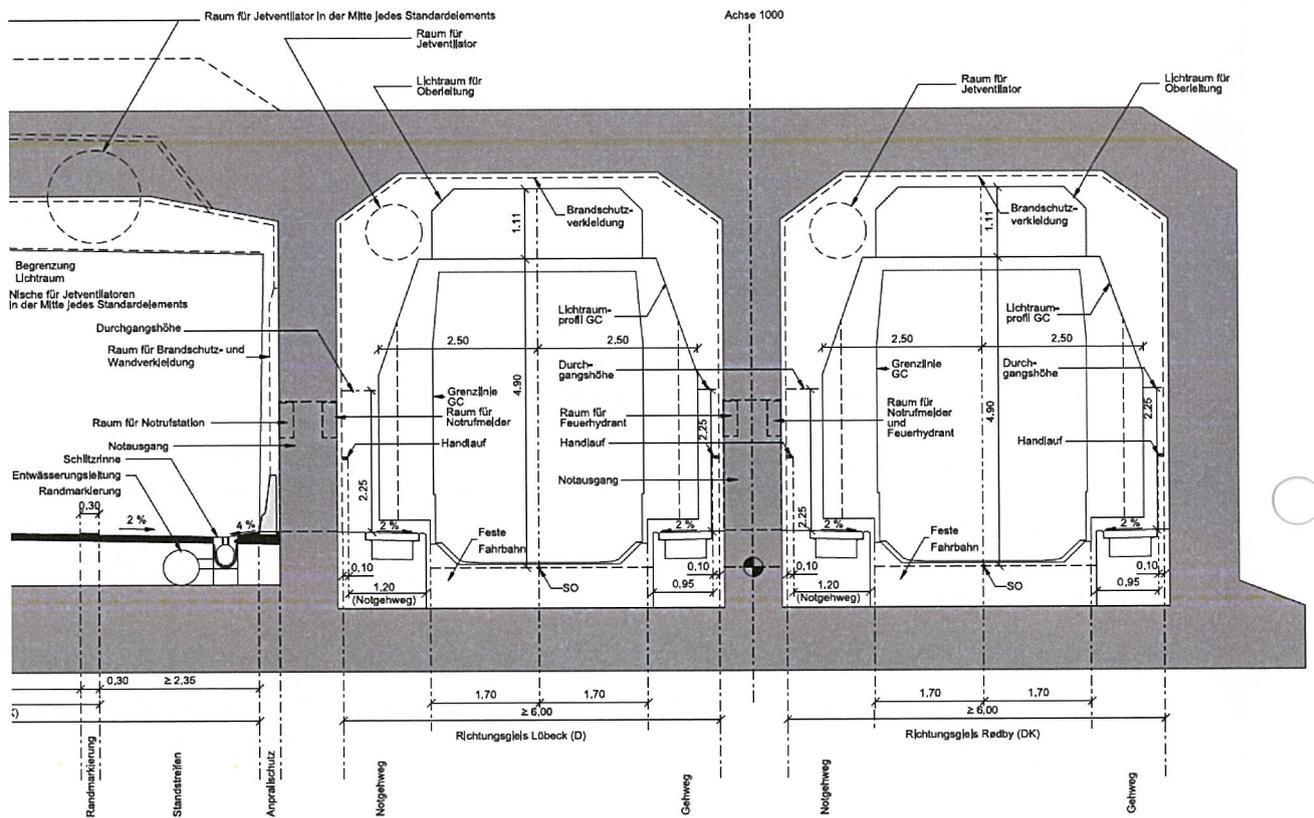


Abb. 4.1: Tunnelquerschnitt Bahnbereich

### 4.1.3. Zugang zum Ereignis

Im Gegensatz zu anderen zweiröhrigen Eisenbahntunneln entfällt bei der Festen Fehmarnbeltquerung der Zugang der Einsatzkräfte zum Ereignis durch den Bahntunnel. Hierin liegt der entscheidende Unterschied zu konventionellen Eisenbahntunneln mit zwei getrennten Röhren und Querschlägen alle 500 m. Beim Fehmarnbelttunnel nutzen die Einsatzkräfte immer die Notausgangstüren zwischen dem Straßentunnel und dem Bahntunnel für den Erstangriff und die weiteren Einsatzphasen. Für die Rettung der Bahnreisenden müssen die Bahnröhren ebenfalls nicht befahren werden, da die Rettung immer über den Seitenstreifen des östlichen Straßentunnels erfolgen kann.

### 4.1.4. Definition des „sicheren Bereichs“ für die Bahn

Die Verfügbarkeit eines „sicheren Bereichs“ für die Bahnreisenden ist ein wesentliches Element des Sicherheits- und Rettungskonzeptes. (siehe auch Kap. 4.1.1)

Ein „sicherer Bereich“ muss gemäß TSI SRT [1] die folgenden Kriterien erfüllen:

- Überlebensnotwendige Umweltbedingungen (Atemluft, Schutz vor Rauch, Hitze etc.)  
*Dies wird gewährleistet durch den baulichen Brandschutz und ein Lüftungskonzept für den Notfall.*
- Erreichbarkeit für begleitete und unbegleitete Personen  
*Dies wird gewährleistet durch die Anordnung von Notgehwegen und Notausgangstüren. Mobilitätsbehinderten Personen wird falls erforderlich durch Dritte geholfen.*
- Die Lage des sicheren Bereichs ermöglicht die Selbstrettung und die Evakuierung durch die Einsatzkräfte  
*Die Anordnung der Notgehwege und Notausgangstüren führen schnell zum „Sicheren Bereich“. Von dort aus erfolgt eine Evakuierung mit Fahrzeugen durch den Straßentunnel.*
- Verfügbarkeit der Kommunikation mit dem TCC (Train Traffic Control Centre) der Bahn in Kopenhagen und der Verkehrsleitzentrale (LCC).  
*Dies wird gewährleistet durch GSM-R, GSM, Tetra/Bos-Funk und die Tunnelnotruftechnik.*

Der Nachweis gleicher oder höherer Sicherheit für den von den Vorhabenträgern definierten „sicheren Bereich“ zu den oben genannten Sicherheitszielen wird in folgender Form erbracht:

- a) unabhängig geprüfte Risikoanalyse (siehe Anlage 29 Anhang 3 und Kap. 9.2),
- b) für die Planungsphase vorliegende Zwischenprüfbescheinigungen zur TSI SRT [1] (siehe Anlage 29 Anhang 6),

sowie

- c) für die Planungsphase vorliegender CSM-Sicherheitsbewertungsbericht, gemäß der CSM RA Verordnung [16] für den definierten sicheren Bereich (siehe Anhang 6 für die für die Planungsphase vorliegenden EG-Zwischenprüferklärungen TSI SRT, sowie Anhang 3c für den für die Planungsphase vorliegenden CSM-Bericht).

Im Hinblick auf den Nachweis des gleichwertigen Sicherheitsniveaus der alternativen technischen Lösung ist eine abschließende EG-Prüferklärung zur Konformität der TSI SRT Voraussetzung für die endgültige Inbetriebnahmegenehmigung. Hierzu gehört auch der Nachweis der Konformität der alternativen technischen Lösung, ausgestellt durch die Benannte Stelle (NoBo). Gegebenenfalls ist ebenso eine Konformitätsbescheinigung der Erfüllung der einschlägigen nationalen Regeln durch die Bestimmte Stelle (DeBo) zu erstellen. Zusätzlich ist durch die Unabhängige Stelle (AssBo) ein abschließender CSM-Sicherheitsbewertungsbericht als Grundlage der Inbetriebnahmegenehmigung zu erstellen.

#### 4.1.5. Standsicherheit des Tunnelbauwerkes (Anforderungen an Materialien)

Für die Feste Fehmarnbeltquerung sind alle Anforderungen an das Bauwerk hinsichtlich der Standsicherheit gegen Anprall, dem Schutz bei Explosionen und dem Austritt aggressiver Chemikalien festgelegt.

##### 4.1.5.1. Grundlagen

Die TSI SRT[1] definiert in ihrem Kap. 4.2.1.2. die Anforderungen an den Brandwiderstand eines Tunnelbauwerkes folgendermaßen:

- a) *Für die Innenschale des Tunnels muss im Falle eines Brandes die Tragfähigkeit für jenen Zeitraum aufrechterhalten werden, der die Selbstrettung und die Evakuierung der Reisenden und des Zugpersonals sowie das Eingreifen der Notfalldienste ermöglicht. Dieser Zeitraum muss mit den jeweiligen Evakuierungsszenarien im Einklang stehen und ist im Notfallplan anzugeben.*
- b) *Die Tragwerke von unter Wasser gelegenen Tunneln und Tunneln, die bei Versagen den Einsturz wichtiger benachbarter Bauwerke verursachen können, müssen der Brandtemperatur für jenen Zeitraum standhalten können, der die Evakuierung der gefährdeten Tunnelbereiche und benachbarter Bauwerke ermöglicht. Dieser Zeitraum ist im Notfallplan anzugeben.*

Die oben genannten Anforderungen der TSI SRT [1] bilden die Grundlage für die Detail- und Ausführungsplanung. Diese sind seitens der ausführenden Firmen zu berücksichtigen.

##### 4.1.5.2. Brandkurven

Besonders die Standsicherheit bei Bränden im Tunnel ist eine wesentliche Anforderung an die Konstruktion. Das Tunnelbauwerk wird so konstruiert, dass es drei Stunden lang den Auswirkungen eines Feuers widerstehen kann. Zudem dürfen Personen im Brandfall nicht durch lokale Ausbrüche der Tunnelauskleidung gefährdet werden. Die Konstruktion wurde anhand eines Brandverlaufs nach der anerkannten Rijkswaterstaat-Brandkurve (RWS) rechnerisch überprüft. Die endgültige brandtechnische Abnahme beinhaltet auch die Anforderungen der EUREKA-Brandkurve, welche Grundlage der EBA Tunnelrichtlinie [5] ist.

##### 4.1.5.3. Bauprodukte und Bauteile

Das Material für das Tunneltragwerk wird die Anforderungen der Klassifizierung A2 der Entscheidung 2000/147/EG der Kommission erfüllen. Nicht tragende Verkleidungen und sonstige Ausrüstung müssen die Anforderungen der Klassifizierung B der Entscheidung 2000/147/EG der Kommission erfüllen.

##### 4.1.5.4. Brandabschnitte

Im Tunnelbauwerk wird das Prinzip der Brandabschnittstrennung verfolgt, welches im Brandfall die folgenden Ziele erreichen soll:

- Verhinderung einer Ausbreitung des Feuers

- Offenhalten der Notgehwege
- Erhalt der sicherheitsrelevanten Funktionen
- Schutz der technischen Einrichtung

Dazu werden u. a. folgende bautechnische Brandschutzmaßnahmen installiert:

- Die Tunneldecken werden mit einer Brandschutzverkleidung geschützt.
- Die Notausgangstüren werden der Feuerwiderstandsklasse T 90 (d. h. 90 Minuten Feuerwiderstand) entsprechen.
- Die sicherheitsrelevanten Traforäume, Räume für die Stromversorgung, Kommunikation, Löscheinrichtungen und Tankräume sind generell für eine Branddauer von 2 Stunden – ISO 834 – ausgelegt.

Die endgültige Festlegung der räumlichen Brandabschnitte erfolgt während der Ausführungsplanung in Abstimmung mit den dänischen und deutschen Einsatzkräften. Ein wichtiges Kriterium bei der Festlegung der Brandabschnitte ist die Offenhaltung der Notgehwege für alle Tunnelnutzer. Neben den Notgehwegen für die Selbstrettung in die „sicheren Bereiche“ sind auch Notgehwege für das Wartungspersonal und die Einsatzkräfte festzulegen. Dies betrifft besonders die Technikräume. Die Mehrzahl der Technikräume befindet sich in den Spezialelementen. Die Technikräume befinden sich in einer tiefer liegenden Ebene unter der Straßen- und der Schienenebene. Die Evakuierung aus den Technikräumen in dieser unteren Ebene soll entsprechend der lokalen und nationalen Standards geschehen. Neben dem Zugang zur Zentralgalerie gibt es zusätzlich Notgehwege in jede Straßen- und Eisenbahnrohre. Das bietet eine Redundanz der Evakuierungswege für das Wartungspersonal, das in diesen Bereichen arbeitet.

#### **4.1.6. Längsneigung des Tunnelbauwerkes**

Die Feste Fehmarnbeltquerung hat keine durchgängig einseitige Längsneigung. Das Längsprofil des Tunnels besteht aufgrund der Topographie des Tunnelbauwerkes aus einem Wannenprofil. Der sonst begünstigte Rauchabzug infolge eines leichten Kamineffektes durch die nach EBO [7] geforderte Längsneigung tritt nicht ein. Für die Feste Fehmarnbeltquerung werden als Lösung ein Ventilationssystem mit einer sicherheitsoptimierten Steuerung zur Kontrolle des Rauchabzuges eingesetzt (siehe Anlage 29 Kap.6.3). Ergänzend wird betrieblich ein Verfahren festgelegt, welches die Bergung eines in der Tunnelwanne havarierten Zuges gewährleistet (siehe Anlage 29 Kap. 9.2.3).

#### **4.1.7. Ausbildung der Notgehwege neben den Gleisen**

##### **4.1.7.1. Anforderungen der TSI SRT [1] und der EBA Tunnelrichtlinie [5]**

Die Notgehwege dienen vorwiegend der Selbstrettung. Die Notgehwege müssen eben, hindernisfrei und ausreichend beleuchtet sein, sowie eine Mindestbreite von 1,20 m und eine lichte Mindesthöhe von 2,25 m aufweisen. Im Bereich der Notgehwege werden gemäß der TSI SRT Handläufe installiert.

#### 4.1.7.2. Ausbildung der Notgehwege im Fehmarnbelttunnel

Neben den Gleisen werden jeweils beidseitig Plattformen in Ausstiegshöhe von 0,55 m über Schienenoberkante (SO) angebracht, wobei als Notgehweg die jeweils zum „Sicheren Bereich“ führenden auf der Westseite angeordneten Wege genutzt werden sollen. Diese westlichen Notgehwege sind mind. 1,20 m breit, erlauben eine lichte Höhe (über dem Gehweg) von 2,25 m und erfüllen somit die oben genannte Anforderung.

Die Notgehwege sind so konstruiert, das sie gleichzeitig auch als Leiteinrichtung für einen entgleisten Waggon dienen können.

#### 4.1.8. Ausbildung der Notausgänge und Zugänge zum „sicheren Bereich“

##### 4.1.8.1. Anforderungen der TSI SRT [1] und der EBA Tunnelrichtlinie [5] an Notausgänge

Die maximale Entfernung zwischen den Notausgängen zu einem „sicheren Bereich“ darf 500 m nach den Anforderungen der EBA Tunnelrichtlinie und der TSI SRT nicht überschreiten. Die Ril 853 der DB AG fordert zusätzlich einen verkürzten Notgehweg, der 250 m nicht überschreiten darf, wenn keine durchgängig einseitige Längsneigung gegeben ist. Die Breite der Notausgangstüren muss nach TSI SRT mind. 1,40 m betragen und die Höhe mind. 2,00 m.

##### 4.1.8.2. Ausbildung der Notausgänge im Bahnbereich des Fehmarnbelttunnels

Notausgänge mit rauchdichten und selbstschließenden Notausgangstüren befinden sich in den Bahnröhren im Abstand von max. 110 m. Die Türabmessungen entsprechen den aktuellen Anforderungen der TSI SRT. Hinsichtlich der Feuerwiderstandklasse werden Türen mit einer Brandschutzklasse von mind. T90 verwendet. Die Türen sind mechanisch selbstschließend und werden von der Verkehrsleitzentrale über Kontakte überwacht. Im Notfall können die Türen von der Bahnseite aus mit einem Türgriff (Panikverschluss) geöffnet werden. Die Türen werden als Flügeltüren (Breite 2 x 0,70 m) ausgeführt, welche sich in Fluchrichtung zum Straßentunnel öffnen lassen. Die Flügeltüren öffnen vollständig innerhalb der berechneten Wandkonstruktion und ragen geöffnet nicht in den Nachbartunnel hinein.

Aus der Richtung der Straßenseite lassen sich die Türen nur mit einem Speziälschlüssel öffnen, der ausschließlich an die Einsatzkräfte und im überwachten Verfahren an das Wartungspersonal ausgegeben wird. Damit wird ein unkontrolliertes Eindringen von Betriebsfremden in den Bahnbereich ausgeschlossen. Die Türen werden ohne Sichtfenster eingebaut. Außerdem werden die Türen nur auf der Bahnseite grün als Notausgangstüren gekennzeichnet. Auf der Straßenseite werden die Türen grau gestrichen, da sie von dieser Seite keine Notausgangstüren sind. Das Niveau der Notausgänge liegt auf dem Bodenniveau der seitlichen Notgehwege. Im Falle eines Ereignisses in der östlichen Bahnröhre gelangt man durch die Notausgänge in die benachbarte Bahnröhre. Zum Überqueren des Gleises in dieser Röhre in Richtung Straßentunnel sind im Bereich der Notausgänge Steighilfen (Stufen) vorgesehen.

Der Ablaufplan einer Selbstrettung der Bahnreisenden (Anlage 29 Anhang 3a) auf den Seitenstreifen des östlichen Straßentunnels zeigt, dass die Selbstrettung in den „sicheren Bereich“ durch die Notausgänge bereits abgeschlossen ist, wenn die Einsatzkräfte eintreffen. Daher sind zeitgleiche Begegnungen mit den Einsatzkräften im Bereich der Notausgangstüren, die eine Selbstrettung verzögern könnten, nicht zu erwarten. Die Einsatzpläne erhalten die genaue Lage der nummerierten Notausgangstüren, sodass die Einsatzkräfte bereits bei der Anfahrt geeignete Türen für den Erstangriff wählen können.

#### 4.1.9. Oberleitung

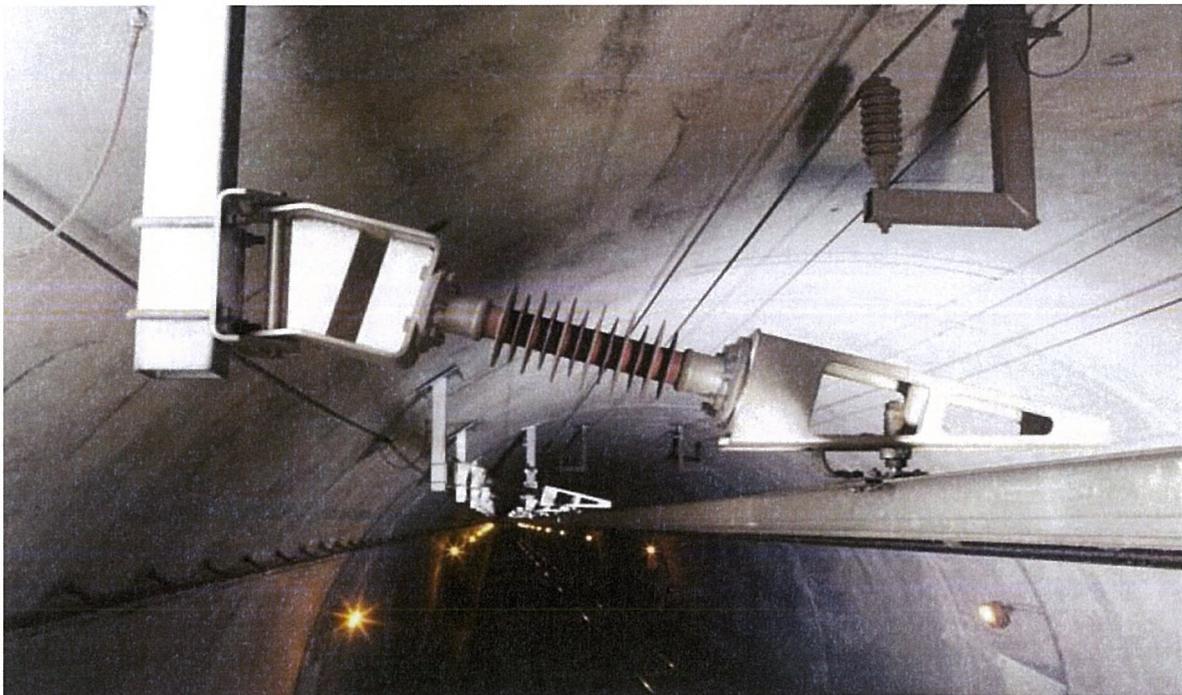


Abb. 4.2: Tunnelquerschnitt mit beispielhafter Darstellung der Oberleitung im Tunnel

Wie in der Abb. 4.2 dargestellt, wird die Fahrleitung in den Bahnröhren an der Tunneldecke installiert. Im Ereignisfall wird der Fahrstrom in der für den Tunnel zuständigen Schaltstelle (Link Control Center Rødbyhavn) abgeschaltet. Im Tunnel wird vorschriftsgemäß eine Oberleitungsspannungsprüfeinrichtung (OLSP) im Abstand von ca. 400 m an jeder vierten Notausgangstür im westlichen Bahntunnel installiert. Diese Türen werden von der Straßenseite aus gekennzeichnet. An diesen Türen und den Tunnelportalen sind Bedientableaus vorgesehen, die den Spannungszustand der Oberleitungsanlage anzeigen und mit denen das Abschalten und Notfallerden der Oberleitungsanlage ausgelöst werden kann. Zusätzlich werden an diesen Stellen zwei mobile Erdungsstangen vorgehalten.

Die lokale Anordnung der OLSP wurde mit den örtlichen Einsatzkräften diskutiert und abgestimmt. Die detaillierte Anordnung der OLSP und deren Handhabung durch die zuständigen Einsatzkräfte werden in die Aufstellung des Einsatzkonzeptes integriert.

Der Fahrstrom im Tunnel wird in 4 km lange Schaltabschnitte unterteilt. Damit wird sichergestellt, dass bei Abschaltung des Fahrstromes nicht sämtliche im Tunnel fahrenden Züge zum Stehen kommen, sondern ggf. auf Anweisung des Fahrdienstleiters den Tunnel verlassen können. Die Abschaltung der jeweiligen Abschnitte erfolgt in Abhängigkeit zum Signalsystem des Tunnels.

Die Oberleitung im Bereich der Brandbekämpfungsstelle außerhalb des Tunnels wird ebenfalls durch eine OLSP-Einrichtung kontrolliert.

#### **4.1.10. Brandbekämpfungsstelle (fire fighting point) außerhalb des Tunnels**

Die Ziffer 4.4.1.7 der TSI SRT EU-1303-2014 [1] fordert für den Bahnbereich sogenannte Brandbekämpfungsstellen, die folgendermaßen definiert sind:

*Definition laut Ziffer 2.4c der TSI SRT [1]:*

*„Brandbekämpfungsstelle: ein definierter Ort innerhalb oder außerhalb des Tunnels, an dem Brandbekämpfungsausrüstung von den Notfalldiensten genutzt werden kann und wo Reisende und Zugpersonal sich aus dem Zug evakuieren können.“*

Auf dänischer und deutscher Seite werden gemäß TSI SRT [1] entsprechende Brandbekämpfungsstellen eingerichtet. Auf der deutschen Seite befindet sich diese bei Bahn Bau km 9+280. Dort wird für die Rettungskräfte ein Zugang zu den Gleisanlagen geschaffen. Die Brandbekämpfungsstelle ermöglicht einen Einsatz der Rettungskräfte und eine Evakuierung der Reisenden von beiden Richtungsgleisen aus (Ri. Lübeck und Ri. Rødby). Außerdem wird dort ein Löschwasservorrat von 800 l/Min für 2 Stunden vorhanden sein, welcher über eine Leitung vom Löschwassertank am Portal zu zwei Hydranten herangeführt wird.

Hinweis: Sofern dieser Vorrat an der Brandbekämpfungsstelle verwendet wird, besteht nicht mehr die Möglichkeit diesen im Tunnel zum Löschen zu nutzen.

Das anfallende Löschwasser wird in der Bahnentwässerung aufgefangen und gelangt in das Rückhaltebecken (BW 7.015) bei Bahn Bau km 8+500, von wo es dann abgepumpt werden kann.

Gemäß TSI SRT wird an der Brandbekämpfungsstelle auch eine Oberleitungsspannungsprüfeinrichtung (OLSP) installiert.

#### **4.1.11. Anforderungen der EBA Richtlinie (Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an Planung, Bau und Betrieb von Schienenwegen nach AEG (freie Strecke)) [6]**

Im Kap. 2.2 der EBA Richtlinie (Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an Planung, Bau und Betrieb von Schienenwegen nach AEG (freie Strecke)) [6] werden die Anforderungen an die vorzuhaltenden Zufahrten, Zuwege und Rettungswege definiert.

Die vorhandene befestigte Straße (Achse 977, Bauwerks-Nr. 3006) in Parallellage zur neuen Bahntrasse (Bahn Bau km 8+400 und 9+300) dient als Zufahrt gemäß Kap.2.2. Sie wird zweispurig ausgeführt und hat eine Gesamtbreite von 7,50 m und am südlichen Ende besteht eine Wendemöglichkeit. Die Zufahrt der Einsatzkräfte erfolgt von der Nebenanlage Ost. Diese Wegeführung wird planfestgestellt (siehe Anlage 1, Kap.4.1.3.15) und im Notfallplan beschrieben.

Im Bereich der Brandbekämpfungsstelle werden Wege neben dem Schotterbett befestigt, sodass dort eine Evakuierung von Fahrgästen aus dem Zug über Rettungswege erfolgen kann. Die Fahrgäste gelangen über die parallel zum Gleis vorhandene Straße (Achse 977) zur Nebenanlage Ost, wo sie weiter betreut und versorgt werden können. Dieser Rettungsweg erfüllt die im Kap. 2.2 der EBA Richtlinie definierten Anforderungen (siehe [6]).

Gemäß den Vorgaben des Kap. 3.5 dieser Richtlinie [6] werden im Bereich der Brandbekämpfungsstelle regelmäßig Rettungsübungen der Rettungskräfte zur Ausbildung durchgeführt.

## **4.2. Betriebliche Anforderungen (Bahn)**

### **4.2.1. Strategie für Mischverkehr im Tunnel**

Das derzeit geplante Betriebsprogramm für die FBQ basiert gemäß Verkehrsprognose (siehe Anlage 26) auf einem Mischverkehr für 73 Güterzüge und 38 Personenzüge pro Tag.

Der Verkehr durch den Tunnel ist auch für Gefahrguttransporte sicher. Alle internationalen sowie nationalen Regeln zum Transport gefährlicher Güter auf der Schiene werden eingehalten.

Generell gilt für die transeuropäische Bahnstrecke durch den Tunnel die „Regelung zur Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter“ (RID) [18], welche international zur Anwendung kommt. Die RID ist ein umfassendes Basisregelwerk. Sie enthält Vorschriften insbesondere für die Klassifizierung, Verpackung, Kennzeichnung und Dokumentation gefährlicher Güter und für den Umgang während der Beförderung.

Hinsichtlich des Transportes von gefährlichen Gütern mit Güterzügen durch den Tunnel soll es keine Beschränkungen hinsichtlich der Art der Gefahrgüter geben.

Die dänische nationale Sicherheitsbehörde (Trafikstyrelsen) hat entschieden, dass die Bedingungen zum Transport gefährlicher Güter im Tunnel von ihr als zuständiger Genehmigungsbehörde für die Sicherheitsgenehmigung der FBQ Eisenbahninfrastruktur festgelegt und genehmigt werden. Die Sicherheitsgenehmigung ist Teil der Inbetriebnahmegenehmigung. Zwischen Trafikstyrelsen und dem Eisenbahn-Bundesamt als deutscher nationaler Eisenbahnsicherheitsbehörde besteht ein „Memorandum of

Understanding“ zur Regelung der administrativen Vorgänge der Genehmigungserteilung beider Sicherheitsbehörden. Dies gilt auch für Regelungen des Gefahrguttransportes durch den Tunnel.

#### **4.2.2. Anforderungen an Fahrzeuge (Bahn)**

Die Feste Fehmarnbeltquerung wird im Bahnbereich konstruktiv und betrieblich so ausgelegt, dass Personenzüge der Kategorie A und B gemäß den Bestimmungen der TSI LOC&PAS [14] den Tunnel befahren können. Damit wird gewährleistet, dass sowohl Züge der heutigen als auch der künftigen Generation den Tunnel nutzen können.

Femern A/S als **künftiges** Infrastrukturunternehmen (EIU) für die Feste Fehmarnbeltquerung wird durch entsprechende Infrastrukturbenutzungsbedingungen sicherstellen, dass nur Fahrzeuge im Tunnel zum Einsatz kommen, die den **geltenden Anforderungen der TSI LOC&PAS [14]** genügen.

## 5. Sicherheitskonzept für die Straße

### 5.1. Selbst und Fremdrettung (Straße)

#### 5.1.1. Grundsatzüberlegungen

Die Straßenführung der Festen Fehmarnbeltquerung setzt auf deutscher Seite den vorhandenen Ausbauquerschnitt der vierstreifigen B207 (E47) **samt Seitenstreifen** im Tunnel fort. Kennzeichnend für den Straßenbereich des Tunnelquerschnittes sind die jeweils getrennt geführten Richtungsfahrbahnen nach Dänemark und Deutschland. Zwischen diesen befindet sich eine Zentralgalerie, die aus drei Ebenen besteht. Alle max. 110 m werden Notausgänge **zwischen** den Straßenröhren **über** die Zentralgalerie angeordnet. In jeder Richtung setzt sich der Verkehrsraum der Straßenröhre aus zwei Fahrstreifen und einem Seitenstreifen zusammen. Der Seitenstreifen ist ein wichtiges Element im Hinblick auf die Tunnelsicherheit. **Im Normalbetrieb können** hier liegen gebliebene Fahrzeuge aus dem laufenden Verkehr heraus genommen werden.

##### 5.1.1.1. Selbstrettung aus den Straßenröhren

Im Ereignisfall werden die Fahrzeuginsassen über automatische Nachrichten oder Mitteilungen der Verkehrsleitzentrale (LCC) (visuell und/oder durch elektroakustischen Alarm oder durch Rundfunkmeldungen (die Radiofrequenz wird vor Einfahrt in den Tunnel mehrfach ausgeschildert)) angewiesen, ihre Fahrzeuge zu verlassen und den Tunnel gegen die Fahrtrichtung weg vom Ort des Störfalles zu räumen und sich danach über die Zentralgalerie in die angrenzende Straßenröhre Sicherheit zu bringen. Von dort werden sie dann zu den Rettungsplätzen evakuiert.

In der ereignisfreien Röhre wird der Verkehr von der Leitzentrale so gesteuert, dass alle Fahrzeuge, die sich noch im Tunnel befinden, auf die Fahrbahn geleitet werden, die nicht an die Zentralgalerie angrenzt.

### 5.1.2. Aufbau der Tunnelröhren der Straße

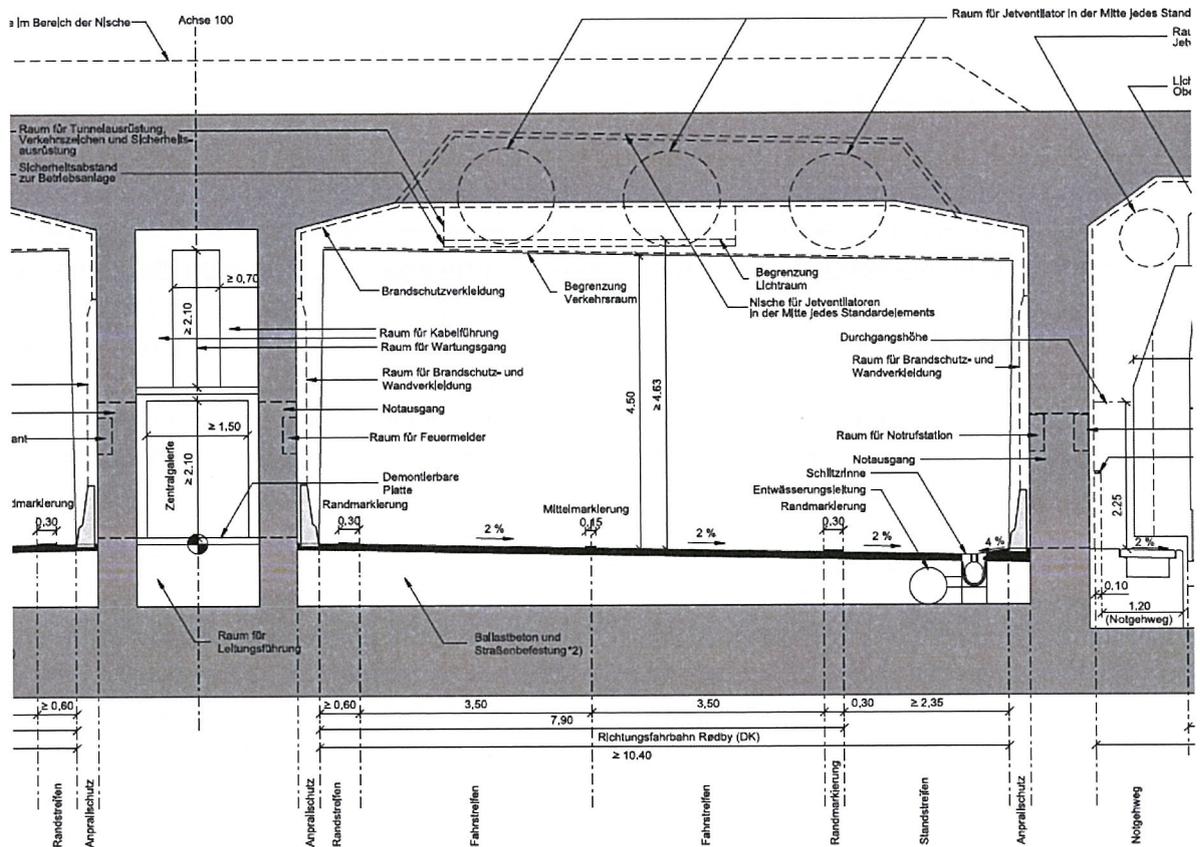


Abb. 5.1: Querschnitt Straßentunnel

#### 5.1.2.1. Querschnitt der Straßenröhre

Der Innenquerschnitt einer Straßenröhre ist wie folgt aufgebaut:

Leitwandelement außen	
Seitenstreifen (mit Schlitzrinne)	≥ 2,35 m
Randstreifen außen	0,30 m
Fahrtstreifen außen	3,50 m
Fahrtstreifen innen	3,50 m
Randstreifen innen	≥ 0,60 m
Leitwandelement innen	

Die lichte Breite beträgt somit  $\geq 10,40$  m.

Die maximale Längsneigung im Straßentunnel wird von der Bahntrasse vorgegeben und beträgt maximal 1,25 %.

### 5.1.2.2. Zentralgalerie

Zwischen den Straßenröhren befindet sich die Zentralgalerie. Diese ist ca. 2,0 m breit und besteht aus drei Ebenen. Auf der oberen und unteren Ebene sind Installationen (Kabel, Rohre etc.) vorgesehen. Die obere Ebene ist durch das Betriebspersonal von den Spezialelementen aus erreichbar. Notausstiege aus diesem Bereich nach unten durch die feuerfesten **Zwischendecke** werden in regelmäßigen Abständen angeordnet. Die untere Ebene ist vom Betriebspersonal durch Revisionsklappen in regelmäßigen Abständen erreichbar.

Die mittlere Ebene befindet sich auf dem Niveau der angrenzenden Fahrbahnen und **wird** bei einer Selbstrettung aus einer Straßenröhre in die andere genutzt. Die Mindesthöhe beträgt ca. 2,10 m. Die Straßenröhren sind über Notausgangstüren, welche sich gegenüberliegen, mit der Zentralgalerie verbunden, sodass Flüchtende in die nicht betroffene Straßenröhre gelangen können. Gleiches gilt für die Einsatzkräfte in der Gegenrichtung. Die Notausgangstüren werden als Schiebetüren mit einer lichten Breite von 1,20 m und einer lichten Höhe von mindestens 2,00 m ausgeführt.

### 5.1.2.3. Innenausbau

Der Straßenquerschnitt im Tunnel erfüllt die vorgeschriebenen Anforderungen gemäß EU-Tunnelrichtlinie 2004/54 [8] bzgl. der Abmessungen, die es ermöglichen, die Ausstattung wie Beleuchtung, Lüftung, Verkehrs- und Sicherheitseinrichtungen **in Nischen neben der Fahrbahn** und in speziellen Deckenquerschnitten außerhalb des für Autobahn **in Europa üblichen** lichten Raums von 4,50 m Höhe unterzubringen. Die Anlagen werden gegen Herabfallen technisch gesichert. Bautoleranzen sowie Brandschutz sind im Straßenquerschnitt ebenfalls berücksichtigt.



Abb. 5.2: Straßentunnel (Fahrbahn Richtung Deutschland)

### 5.1.3. Tunnelzufahrten / Zugang zum Ereignis

Die Einsatzkräfte fahren auf deutscher Seite im Einsatzfall über die vorhandenen Auffahrten auf die E47 und von dort direkt Richtung Tunnel. Die schnellste Zufahrtsmöglichkeit richtet sich nach dem Einsatzort und wird durch die Einsatzkräfte in Fallbeispielen gemäß Einsatzkonzept regelmäßig trainiert. Es stehen auch alternative Zufahrten mit ausreichenden Straßenquerschnitten zur Verfügung. Die Verkehrsleitzentrale (LCC) unterstützt die Einsatzfahrt durch flankierende Maßnahmen der Verkehrsregelung.

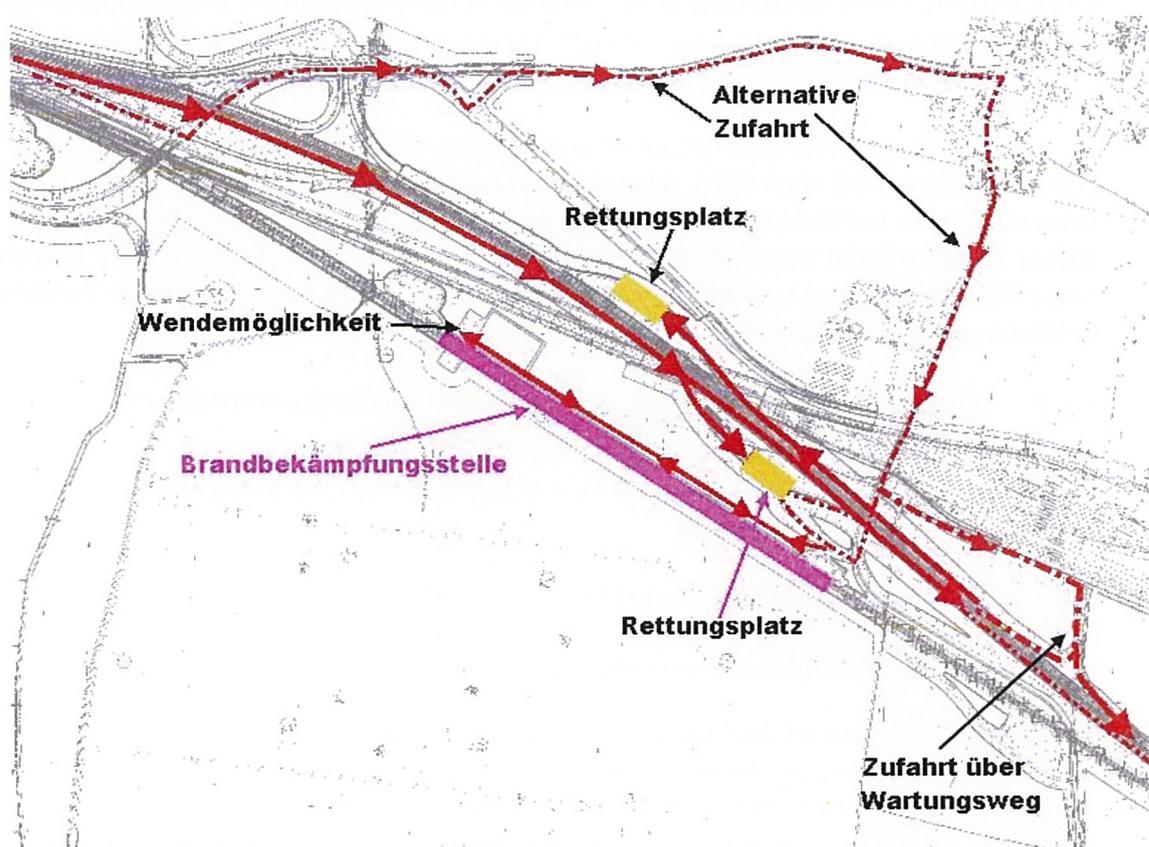


Abb. 5.3: Zufahrtsmöglichkeiten für Einsatzkräfte Richtung Tunnel (Fehmarn)

Die im Tunnel installierten Informationssysteme ermöglichen eine sofortige Warnung der Tunnelnutzer vor einer auftretenden Gefahrensituation und direkte Ansagen an die Verkehrsteilnehmer. Das Verkehrsleitsystem wird dazu genutzt, den Verkehr so zu führen, dass Platz für die Einsatzfahrzeuge geschaffen wird. Einfahrende Einsatzkräfte nutzen den vorhandenen Seitenstreifen oder die durch die Autofahrer freigefahrene Gasse, um zum Einsatzort zu gelangen. Zusätzlich fahren die Einsatzkräfte in die nicht vom Ereignis betroffene Röhre. [Diese Verfahren werden endgültig im Rettungs- und Notfallkonzept festgeschrieben.](#)

#### 5.1.4. Mittelstreifenüberfahrt auf der deutschen Seite

##### 5.1.4.1. Mittelstreifenüberfahrt im Ereignisfall

In der Nähe des Tunnelportals wird auf deutscher Seite eine Mittelstreifenüberfahrt vorgesehen. Der Mittelstreifen wird in diesem Bereich befestigt und mit einem Schwenkschrankensystem und demontierbaren Schutzeinrichtungen ausgestattet. Die Schutzeinrichtungen werden durch das Betriebspersonal im Ereignisfall in Abstimmung mit der Einsatzleitung entfernt. Die Überfahrt liegt direkt am dortigen Rettungsplatz (siehe Kap. 5.3.1)

und kann durch die Einsatzkräfte beim Abtransport von Personen als Wendemöglichkeit genutzt werden. Im Bereich für die Hubschrauberlandungen (siehe Kap.5.3.2) ist ebenfalls eine Mittelstreifenüberfahrt durch Demontage der Mittelleitplanken möglich.

**5.1.4.2. Mittelstreifenüberfahrt bei Sperrung einer Tunnelröhre (Blockfahrten)**

Diese Überfahrt dient auch dazu, dass die Fahrzeuge bei Vollsperrung der Röhre in Richtung Dänemark (z. B. bei Wartungsarbeiten) auf die Gegenfahrbahn geleitet werden können. Dieser Vorgang findet immer als Blockfahrt statt, d. h. die Gegenröhre wird unter Begleitung eines Dienstfahrzeuges blockweise von der einen und danach von der anderen Tunnelseite befahren, sodass Gegenverkehr ausgeschlossen wird.

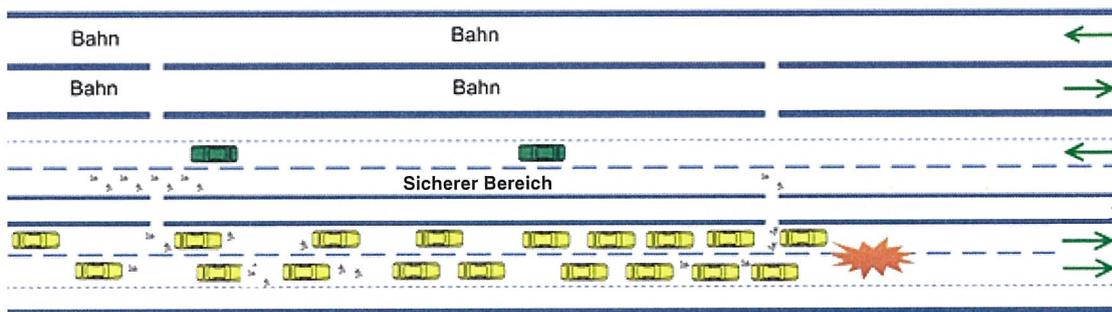
**5.1.5. Zugang der Einsatzkräfte zwischen den Straßentunnelröhren**

Die EU-Richtlinie 2004/54/EG [ 8 ] über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz legt im Anhang 1 im Kap. 2.4.1 hinsichtlich des Zugangs von Einsatzkräften folgendes fest:

*„In Doppelröhrentunneln, deren Tunnelröhren höhengleich oder nahezu höhengleich verlaufen, ist mindestens alle 1.500 m eine von den Einsatzdiensten nutzbare Querverbindung zwischen den beiden Röhren vorzusehen.“*

Im Fehmarnbelttunnel ist die Übergangsmöglichkeit der Einsatzkräfte zwischen den Straßentunnelröhren alle 110 m durch die Anordnung von Notausgangstüren gewährleistet. Diese Türen haben eine lichte Weite von 1,20 m und eine Höhe von mind. 2,00 m. Diese Türbreiten wurden mit den Einsatzkräften im Rahmen der F-SURR Gruppe abgestimmt. Damit ist es den Einsatzkräften möglich, im Einsatzfall notwendige Löschausrüstungen und Gerätschaften von der nicht betroffenen Röhre in die Ereignisröhre zu verlegen oder zu transportieren. Diese Anordnung stellt somit eine nutzbare Verbindung gemäß der Vorgabe der EU-Richtlinie dar.

**5.1.6. Definition des „sicheren Bereichs“ für die Straße**



**Abb. 5.4:** „Sicherer Bereich“ des Straßentunnels

Bei einem Brandfall werden die Tunnelnutzer nach Verlassen des Fahrzeuges immer erst in der Straßenröhre weg vom direkten Brandort flüchten. Die Zentralgalerie dient danach als

Durchgang für flüchtende Tunnelnutzer und das Betriebs- und Wartungspersonal, um in den „Sicheren Bereich“ der nicht vom Ereignis betroffenen Straßenröhre zu gelangen, aus dem eine finale Rettung stattfindet.

Das zugehörige Szenario, welches für den Brandfall zugrunde gelegt wurde, ist in Anlage 29 Kap.8.2 genauer erläutert.

### 5.1.7. Ausbildung der Notgehwege neben den Fahrbahnen

Notgehwege sind gemäß Anhang 1; Ziffer 2.3.1 der europäischen Tunnelrichtlinie 2004/54/EG [8] nicht vorgeschrieben, da jede Tunnelröhre über einen Seitenstreifen verfügt. Der Tunnel wird im Richtungsverkehr betrieben. Gleichwohl ist auf der Innenseite neben der Zentralgalerie jeweils ein Notgehweg mit einer Breite von 0,60 m vorgesehen. Vor den Notausgangstüren ergibt sich wegen der Aussparungen in der Betonleitwand eine Breite von 0,90 m. Auf eine Erhöhung des Notgehweges (Hochbord) wird verzichtet. 30 cm des Randstreifens werden durch profilierte Markierungen mit haptischer und akustischer Warnwirkung begrenzt, welche ein Überfahren signalisieren und eine Fahrkorrektur bewirken. Ein Touchieren des Hochbordes mit abrupter Gegenbewegung, bzw. Abprallen wird dadurch ausgeschlossen. Der Bewegungsraum von mobilitätsbehinderten Personen wird im Ereignisfall nicht eingeschränkt.



Abb. 5.5: Randstreifen an der Zentralgalerie

## 5.2. Betriebliche Anforderungen (Straße)

### 5.2.1. Anforderungen an Fahrzeuge (Gefahrguttransporte)

Das international geregelte ADR (Deutsch-Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße) ist bestrebt, das Risiko zu minimieren, das in Verbindung mit dem Transport gefährlicher Güter entsteht. Das ADR-Übereinkommen enthält die Transportvorschriften für die transportierten Mengen, gemischte

Ladungen, die Leistung von Tankwagen, die Kennzeichnung und die Beschilderung. Diese Regeln haben dazu geführt, dass Unfälle mit gefährlichen Gütern seltener geworden sind.

Für die Feste Fehmarnbeltquerung sollen unter Anwendung des ADR keine Beschränkungen für Gefahrguttransporte erlassen werden. Eine durchgeführte Betriebsrisikoanalyse [ORA](#) (siehe [Kap.9](#) und [Anhang 7](#)) zeigt, dass auch ohne Einschränkungen für Gefahrguttransporte im Tunnel die vorgegebenen [Risikoakzeptanzkriterien](#) für das individuelle Risiko eingehalten werden. Der Tunnel wird baulich durch eine entsprechende Fahrbahntwässerung so ausgebaut, dass bei einer Leckage austretende Flüssigkeiten aufgefangen werden können.

## 5.3. Rettungsplätze und Hubschrauberlandungen

### 5.3.1. Rettungsplätze

Gemäß Ziffer 2.6 der TSI SRT werden Rettungsplätze wie folgt definiert:

*„Rettungsplätze sind Flächen in der Nähe der Tunnelportale und Notausgänge, die als Verbandsplatz, zum Abstellen von Material und Geräten, zum Aufstellen von Fahrzeugen, sowie ggf. als Landemöglichkeit für Rettungshubschrauber dienen können.“*

*Für die Feste Fehmarnbeltquerung sind folgende Rettungsplätze vorgesehen:*

#### 5.3.1.1. Rettungsplatz vor dem Tunnelportal

Für die Anforderungen aus dem Bahnbereich wird unmittelbar vor dem Tunnelportal auf den Richtungsfahrbahnen der E47 nach Dänemark ein 1.500 m<sup>2</sup> Bereich der E47 als Rettungsplatz vorgehalten, welcher im Ereignisfall über die Zu-/Abfahrtsstrecken der Einsatzkräfte erreichbar ist. Im Bahn-Ereignisfall werden auch die Straßenröhren für den Verkehr gesperrt. Dabei fahren die Fahrzeuge Richtung Deutschland und Richtung Dänemark zuerst vollständig aus den beiden Straßenröhren. Der nachfolgende Verkehr wird durch die Verkehrsbeeinflussungsanlage vor den Tunnelrampen angehalten. Der Rettungsplatz unmittelbar vor dem Tunnelportal auf deutscher Seite ist somit frei von Fahrzeugen und kann von den Einsatzkräften genutzt werden. Unmittelbar in der Nähe dieses Rettungsplatzes wird eine Mittelstreifenüberfahrt gebaut, die von den Einsatzkräften zum Spurwechsel genutzt werden kann (siehe 5.1.4). Die Nutzung dieses Rettungsplatzes wird im Sicherheits- und Rettungskonzept festgelegt.

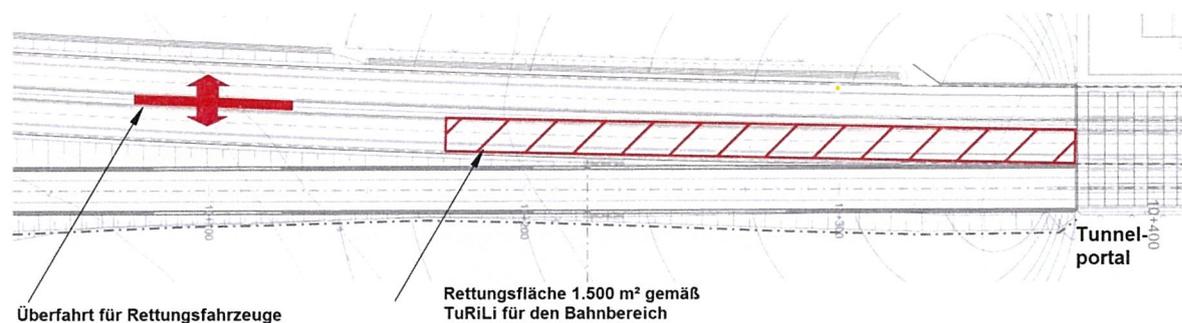


Abb. 5.6: Rettungsplatz vor dem Tunnelportal

#### 5.3.1.2. Rettungsplatz Nebenanlage West und Ost

Eine zusätzliche Fläche für die Rettungs- und Einsatzkräfte ist auf der Nebenanlage West direkt an der E47 zwischen dem Tunnelportal und der Ausfahrt Puttgarden in Form eines weiteren 1.500 m<sup>2</sup> großen Rettungsplatzes ausgewiesen.

Auch auf der Nebenanlage Ost direkt an der E47 zwischen der Ausfahrt Puttgarden und dem Tunnel ist ein weiterer Rettungsplatz ausgewiesen, der auch für eine Hubschrauberlandung geeignet ist. Dort befindet sich auch das Gebäude Nebenanlage Ost (siehe Kap. 5.3.3). Die Nutzung der Rettungsplätze wird im Sicherheits- und Notfallkonzept festgelegt.

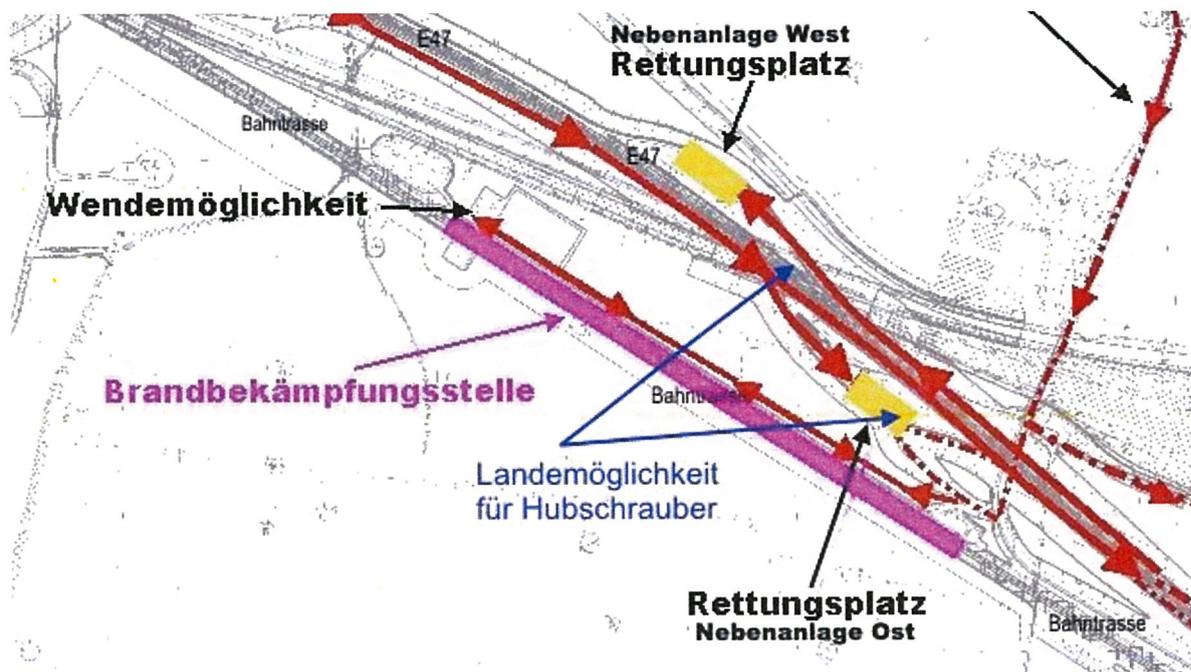


Abb. 5.7: Rettungsplatz Nebenanlage West und Ost

### 5.3.2. Landeplatz für Hubschrauber

Es ist vorgesehen, auf den Nebenflächen der Nebenanlage Ost einen befestigten Bereich für Hubschrauberlandungen vorzuhalten. Hier sollen auch größere Hubschrauber im Ereignisfall landen können. Die Anordnung der Fläche wird so gewählt, dass sie problemlos anzufliegen ist und weitere Nutzungen auf dem Rettungsplatz nicht gefährdet werden.

Auf der E47 wird zusätzlich zwischen Bau km 8+900 und 9+000 in direkter Zuordnung zu den Rettungsplätzen auf der Nebenanlage Ost und West eine weitere Fläche für Hubschrauberlandungen von 750 m<sup>2</sup> (Abmessungen 30 m x 25 m) vorgesehen. Dieser Bereich befindet sich in Dammlage und lässt sich deshalb gut anfliegen. Der Hubschrauber soll direkt auf der Straße landen. Hierzu lässt sich die Mittelleitplanke auf einer Länge von ca. 75 m schnell demontieren. Der Mittelstreifen zwischen den Fahrbahnen wird befestigt. Der Bereich wird von Installationen (Schilderbrücken, Lichtmasten usw.) freigehalten. Ein Transport von Verletzten zum Hubschrauber durch den Rettungswagen (RTW) kann somit direkt über die E47 auf kurzem Wege von den beiden Rettungsplätzen erfolgen. Diese Fläche soll nur bei großen Unfallereignissen aktiviert werden (siehe Lageplan 7.1 Blatt 5).

### 5.3.3. Gebäude Nebenanlage Ost

Auf der Nebenanlage Ost wird ein neues Gebäude mit Keller- und Erdgeschoss (Grundfläche 45m x 7m / Nutzfläche 630 m<sup>2</sup>) errichtet. Außerdem ist am Gebäude auf der Nebenanlage Ost eine Fahrzeughalle mit einer Grundfläche von ca. 245 m<sup>2</sup> vorgesehen. Das Gebäude dient zur Unterbringung einer Einsatzleitstelle für die Rettungskräfte auf deutscher Seite und wird mit weiteren Diensträumen, Sanitäranlagen, Aufenthalts- und Umkleideräumen, Küche und Lager ausgerüstet. Es wird auch eine Datenleitung mit Zugang zu den Tunneln installiert. Diese Einsatzleitstelle wird nur im Notfall mit Personal besetzt. Sofern im Rahmen des Sicherheits- und Rettungskonzeptes die Notwendigkeit eines Rettungsfahrzeuges am Tunnelportal festgelegt wird, soll dieses ebenfalls auf der Nebenanlage Ost stationiert werden. Die endgültige Nutzung und Raumaufteilung wird durch die Verantwortlichen im Rahmen der Erstellung des Rettungs- und Notfallkonzeptes festgelegt (siehe Lageplan Anlage 7.1 Blatt 6).

## 6. Sicherheitstechnische Ausrüstung

### 6.1. Spezialelemente

Der Absenktunnel mit nur einem gemeinsamen, baulichen Element für den Straßen- und Bahnverkehr bietet die Möglichkeit viele Anlagen der Tunnelausrüstung für eine gemeinsame Nutzung zu installieren und zu betreiben. Dazu dienen auch die Spezialelemente, in denen wesentliche Bauteile der technischen Ausrüstung für den Straßen- und den Bahnverkehr untergebracht werden. Ein Spezialelement wird ca. alle 2 km in den Tunnelstrang eingefügt und versorgt von dort aus die benachbarten Tunnelemente.

### 6.2. Verkehrsleitzentrale: Link Control Center (LCC)

#### 6.2.1. Link Control Center (LCC)

Eine funktionierende Tunnelbetriebstechnik ist eine wesentliche Voraussetzung für die Umsetzung des Sicherheits- und Rettungskonzepts für die Feste Fehmarnbeltquerung (FBQ). Dieses Konzept gewährleistet, dass den Nutzern, dem Betriebs- und Wartungspersonal, dem Einsatzpersonal sowie Dritten ein hoher, dem Stand der Technik entsprechender Sicherheitsstandard zur Verfügung gestellt wird.

Ein wesentlicher Bestandteil des Sicherheitskonzeptes ist die Verkehrsleitzentrale ([Link Control Center LCC](#)), welche auf der dänischen Seite angeordnet wird. [Auf der dänischen Seite wird für den Fall, dass das LCC ausfällt, eine Back-Up Leitzentrale vorgehalten.](#)

Die Verkehrsleitzentrale (LCC) auf dänischer Seite übernimmt rund um die Uhr alle Überwachungs- und Steuerungsaufgaben für den Tunnelbetrieb. Die Verkehrsleitzentrale (LCC) kann aufgrund ihrer Personalbesetzung mit allen beteiligten Stellen in Dänisch, Deutsch und Englisch kommunizieren. Hinsichtlich der Kontrolle des Bahnverkehrs wird es darüber hinaus eine Zusammenarbeit zwischen der Verkehrsleitzentrale (LCC) und dem Kontrollzentrum von Banedanmark [TCC \(Train Traffic Control Centre\)](#) in Kopenhagen geben. Zwischen diesen beiden Stellen wird eine permanente Kommunikationsverbindung eingerichtet, über die im Ereignisfall das Notfallmanagement unter Berücksichtigung festgelegter Handlungsabläufe erfolgt.

[Auf der deutschen Seite wird im Gebäude Nebenanlage Ost eine Einsatzleitstelle für die deutschen Rettungskräfte eingerichtet. Diese wird nur im Notfall besetzt.](#)



Abb. 6.1: Beispiel einer Verkehrsleitzentrale

### 6.2.2. SCADA System

Das SCADA-System (Supervisory Control and Data Acquisition) und die Netzwerk-Infrastruktur werden für die Überwachung und die Steuerung aller im Einsatz befindlichen technischen Geräte und der Sub-Systeme verwendet, die in den Straßen- und Eisenbahnröhren installiert sind. Das SCADA-System ist das wichtigste Steuerungselement der Verkehrsleitzentrale (LCC).

Das Steuer- und Überwachungssystem ist nicht dafür vorgesehen, Eisenbahntechnik zu steuern (ETCS, [Signalsteuersystem ERTMS](#), Bahnstromversorgung, Kommunikationssysteme etc.), das Steuersystem muss aber die Verbindung zu einigen dieser Eisenbahntechnologien herstellen, um Statusdaten auszutauschen.

Die technischen Sub-Systeme und Installationen im gesamten Tunnel, die von dem SCADA-System gesteuert und überwacht werden, sind für den normalen täglichen Betrieb des Tunnels notwendig. Deshalb müssen besonders hohe Anforderungen an die Widerstandsfähigkeit, die Stabilität und die Zuverlässigkeit der Steueranlage gestellt werden.

Die Zielsetzung des SCADA-Systems ist es, periphere Geräte, Installationen und Sub-Systeme in dem Straßen- und Eisenbahntunnel komplex zu steuern, zu regeln und zu überwachen. Die technischen Installationen und Sub-Systeme enthalten mechanische und elektrische Installationen, die in den Straßen- und Eisenbahnröhren, in den Anlagenräumen und Portalgebäuden angeordnet sind.

Die technischen Installationen und Sub-Systeme des Tunnels setzen sich aus den folgenden Systemen zusammen:

- Stromversorgungssysteme
- Tunnelbeleuchtung

- Beleuchtung in den Räumen der Anlage
- Installationen in den Portalgebäuden
- Beleuchtung der Zentralgalerie
- Entwässerungssystem
- [Tunnellüftungsanlage](#)
- Belüftung der Zentralgalerie [über die Portale](#)
- Belüftung der Anlagenräume
- [Löschwasserversorgungssystem](#)
- Kommunikationssystem
- Verkehrsleitsystem einschließlich CCTV

### 6.3. Lüftungsanlagen

Die Tunnellüftung dient bei Bedarf der Versorgung des Tunnels mit Frischluft sowie der Steuerung der Entrauchung [und Überdruckregelung](#) im Brandfall. Darüber hinaus [wird über die Tunnellüftung die Einhaltung der Schadstoffgrenzwerte im Tunnel gewährleistet](#). In einer Risikoanalyse wurden Brandfälle im Straßen- und Bahntunnel untersucht ([siehe Anlage 29 Kap.9 und Anhang 7](#)).

Die Lüftung der Straßen- und Bahnrohren erfolgt grundsätzlich bereits durch den Kolbeneffekt der Fahrzeuge sowie bei Bedarf durch Jetventilatoren, die unter der Decke des Absenktunnels in allen 4 Röhren befestigt sind. Die Lüftung der Zentralgalerie erfolgt von den Portalen aus.

Ausgeblasen wird die Luft am Ende der Tunnelrohren. Dies erfolgt für die Straßenrohren am Ende der Lichtübergangzone, deren Deckenöffnungen verglast sind. Zur Vermeidung von unzulässiger Rezirkulation ist auf Fehmarn ca. 180 m von dieser Ausblasöffnung entfernt ein Zuluftbauwerk vorgesehen. Auf Lolland beträgt der Abstand zwischen Ausblasöffnung und Zuluft ca. 100 m. Dadurch wird ein ausreichender Abstand zwischen Abluftöffnung und Zuluftöffnung erreicht.

Im Falle einer ungünstigen Windrichtung, welche die Abluft direkt in Richtung Zuluftbauwerk lenkt, erfolgt durch den Abstand der zweiten Öffnungen eine ausreichende Verdünnung der Schadstoffe, sodass trotz der leicht erhöhten Anfangswerte am Tunnelbeginn, die Grenzwerte bis zum Tunnelende nicht erreicht werden. Dies gilt erst recht für die Bahntunnel, in denen keine nennenswerte Erhöhung der Luftbelastung über die Tunnellänge erfolgt.

Wenn die Windrichtung an einem Portal ungünstig steht, steht sie am spiegelbildlich [angeordneten Gegenportal günstig](#), sodass es dort nicht zu einer erneuten Rezirkulation kommen kann.

### 6.3.1. Lüftungskonzept Bahntunnel

#### 6.3.1.1. Normaler Betrieb

Im Normalbetrieb erfolgt die Lüftung grundsätzlich bereits durch den Kolbeneffekt der Züge. Darüber hinaus lassen sich die Bahntunnelröhren über Strahlventilatoren vom Einfahr- zum Ausfahrportal be- und entlüften.

Im Regelfall verkehren nur elektrisch betriebene Züge im Tunnel, die keine Emissionen verursachen. Im Falle der Tunnelwartung oder im Ausnahmefall kann es auch zum Einsatz von Dieselfahrzeugen im Tunnel kommen. In diesen Fällen wird das Lüftungssystem im Bahntunnel aktiviert.

Infolge des überwiegend luftemissionsfreien Betriebs der Bahn entsteht kein Rezirkulationseffekt an den Portalen, der Berücksichtigung finden muss.

#### 6.3.1.2. Brand- und Ereignisfall im Bahntunnel

Im Notfall werden sofort alle Tunnelröhren für den einfahrenden Verkehr gesperrt.

Zur Vermeidung von Rauchübertritt aus einer betroffenen Bahnöhre in die andere Bahnöhre und die östliche Straßenöhre, wird die Lüftung dort so umgestellt, dass alle Tunnelröhren in die gleiche Richtung belüftet werden. Im Bereich des Brandes wird durch den gegenläufigen Einsatz von wenigen Jetventilatoren in den nicht betroffenen benachbarten Röhren erreicht, dass dort ein Überdruck entsteht. Dadurch wird ein Rauchübertritt über die Türverbindungen unterbunden. Da die generelle Lüftungsrichtung dadurch aber nicht umgedreht wird, ist eine Rezirkulation von Rauch an den Portalen ausgeschlossen.

Die Druckanalyse der CFD-Model-Simulation zeigt, dass Querschläge mit Schleusen gemäß der EBA Tunnelrichtlinie [5] im Fehmarnbelttunnel nicht erforderlich sind. Die Funktionalität der gewählten alternativen technischen Lösung mit einer Trennwand zwischen den Bahnöhren, Notgehwegen mit Notausgangstüren alle 110 m und einer aktiven Lüftungssteuerung verhindert den Rauchübertritt zwischen den Bahnöhren. Gleiches gilt für den Rauchübertritt zur östlichen Straßenöhre.

In dem ermittelten realistischen Worst-Case-Szenario (Szenario 1h der Risikoanalyse (Anhang 3)) lassen sich unerwünschte Luftströme von der Unfallöhre zur unfallfreien Röhre durch den aktiven Betrieb der Lüftungsanlage mit Strahlventilatoren verhindern. Die Rauchfreiheit der Fluchtwege und des „Sicheren Bereiches“ wird belegt (siehe Anhang 3, 3b).

### 6.3.2. Lüftungskonzept Straßentunnel

Die Belüftung der Straßenröhren erfolgt in Längsrichtung (Längslüftungssystem), d. h. Luft wird am Einfahrportal eingespeist und entweicht am Ausgangsportal. Dies wird mithilfe von in Gruppen im gesamten Tunnel verteilten Jet-Ventilatoren erreicht, über die die Luftqualität in

jeder Röhre für Tunnelnutzer und Wartungspersonal sowohl im Normalbetrieb als auch in Notfällen gesteuert wird.

#### 6.3.2.1. Normaler Betrieb

Im Normalbetrieb, bei einer minimalen Verkehrsgeschwindigkeit von 65 km/h und dem angenommenen Verkehrsvolumen, wird durch den Kolbeneffekt genügend Luftströmung erzeugt, um die Röhren in Längsrichtung zu be- und entlüften. Die Konzentration der Fahrzeugemissionen wird dabei unterhalb der zulässigen Grenzwerte gehalten.

Bei niedrigeren Geschwindigkeiten wird der Kolbeneffekt durch die Fahrzeuge geringer. Das Verkehrsmanagementsystem ermittelt die verringerte Verkehrsgeschwindigkeit und sorgt für eine vordefinierte Belüftung. Die Luftqualität wird über die gesamte Tunnellänge über

- Strömungsmessungen
- Sichttrübemessungen
- CO-Messungen
- NOx-Messungen

überwacht. Wenn sich andeutet, dass die vordefinierten Grenzwerte für gesundheitsschädliche Abgase oder für die Sicht im Tunnel überschritten werden könnten, sorgen die Systeme dafür, dass weitere Jet-Ventilatoren zugeschaltet werden, um den Luftdurchsatz zu erhöhen.

Bei erhöhtem Verkehrsvolumen kann der Kolbeneffekt nicht allein die Röhre belüften. Auch in diesem Fall werden durch das System die Jet-Ventilatoren zugeschaltet.

#### 6.3.2.2. Brand- und Ereignisfall im Straßentunnel

Im Notfall werden sofort alle Tunnelröhren für den einfahrenden Verkehr gesperrt.

Während einer Notfallsituation – besonders bei Feuer oder der Freisetzung von gefährlichen Substanzen – spielt die Belüftung eine wichtige Rolle bei der Kontrolle der Lebens- und Umweltbedingungen in den Röhren, um ein sicheres und wirksames Rettungs- und Evakuierungsszenario zu gewährleisten. Bei einem Ereignisfall in den Straßenröhren wird das Belüftungssystem durch das Personal der Verkehrsleitzentrale (LCC) gemäß vorgegebener, computergestützter Notfallpläne so eingestellt, dass alle Tunnelröhren in die gleiche Richtung belüftet werden, d. h., dass die Lüftungsrichtung der nicht betroffenen Straßenröhre mit Hilfe der Jetventilatoren umgedreht wird. In der betroffenen Röhre werden Rauch oder giftige Dämpfe durch die Längslüfter in Fahrtrichtung von der Unfallstelle weg abgeleitet. Die Tunnelnutzer in Fahrtrichtung des Störfalls bewegen sich mit den Fahrzeugen schneller als die Rauch- und/oder Giftwolke ( $\leq 11$  km/h) aus dem Tunnel heraus. Evtl. in Fahrtrichtung liegende Fahrzeuge oder Wartungspersonal werden durch die Verkehrsleitzentrale (LCC) auf die Gefahr ausströmender Rauchgase sofort durch Lautsprecheransagen und den Tunnelfunk hingewiesen. Sofern diese den Bereich nicht selbstständig mit dem Fahrzeug verlassen können, werden diese Personen aufgefordert, sich unverzüglich in die benachbarte

**Straßenröhre** zu begeben. Die Tunnelnutzer, die hinter dem Störfall anhalten müssen, werden durch den Durchfluss der Luft in Längsrichtung ausreichend mit rauchfreier Frischluft versorgt. In der durchgeführten Risikoanalyse wurde auch der Fall eines Auffahrunfalls am Stauende und das dazu notwendige Rettungsszenario untersucht.

Eine **Rezirkulation von Rauch** kann infolge der Lüftung in eine Richtung in allen Tunnelröhren nicht auftreten.

### 6.3.3. Lüftungskonzept Galerie

Die Zentralgalerie wird im Normalbetrieb jeweils über die Portale mittels Lüfter mit Frischluft versorgt. **Es wird im Normalbetrieb durch einen leichten Überdruck verhindert, dass Staub und andere Verunreinigungen in die Galerie eindringen können.**

## 6.4. Löschwasserversorgung

### 6.4.1. Löschwasserleitungen

Im Tunnel wird eine Löschwasseranlage installiert. An den Tunnelportalen werden Löschwassertanks für die Erstversorgung der Löschwasseranlagen vorgehalten. Die Hydranten werden in den Straßen- und Eisenbahnröhren im Abstand von max. 110 m angebracht.

Weitere Anforderungen, die berücksichtigt werden, sind:

- Die Löschwasserleitungen müssen abschnittsweise betrieben werden können; sie sind in geschützter Lage zu verlegen.
- Die Förderleistung **für die Löschwasserversorgung der Hydranten** muss mindestens 20 l/s über einen Zeitraum von 60 Minuten betragen. Der Fließdruck bei der Entnahme von Löschwasser muss mindestens 6 bar betragen. Der hierzu notwendige Löschwassertanks in den Portalgebäuden haben eine Kapazität **von ca. 600 m<sup>3</sup>** für die Versorgung der Löschwasseranlage über die Hydranten und für die **ortsfeste Brandbekämpfungsanlage** (siehe unten).

Die im Tunnel installierte **Hauptwasserleitung ist stets mit Wasser gefüllt. Dadurch lässt sich der zeitkritische Aufbau des Wasserdruckes einer Schlauchleitung vermeiden und der Wasserdruck steht ohne Verzögerung zur Verfügung.**

### 6.4.2. Ortsfeste Brandbekämpfungsanlage

Zum Schutz des Bauwerkes ist eine **ortsfeste Brandbekämpfungsanlage** nicht erforderlich. Weder dänische, noch europäische oder deutsche Regelwerke schreiben den Einbau einer **ortsfesten Brandbekämpfungsanlage** in Straßentunneln vor.

Unabhängig davon wird für den Straßentunnel der FBQ eine ortsfeste Brandbekämpfungsanlage zur Erhöhung der Sicherheit bei der Gefahrenabwehr, sowie zur Ausmaßminderung eines möglichen Brandes installiert.

Der Bahntunnel erhält keine ortsfeste Brandbekämpfungsanlage. Gemäß dem heutigen Stand der technischen Untersuchungen wird der Einsatz von ortsfester Brandbekämpfungsanlage im Bahntunnelbereich weiterhin als nicht zielführend bewertet. Überwiegende Argumentation ist die Brandentstehung und -ausbreitung innerhalb eines Zuges, die durch eine außen wirkende ortsfeste Brandbekämpfungsanlage nicht verhindert werden kann, eine wahrscheinliche Kontaminierung der Notgehwege durch einen von der Wasserdiffusion nach unten gedrückten Rauch, sowie u. a. Gefahrgüter die nicht mit Wasser gelöscht werden dürfen.

## 6.5. Energieversorgung

Im Regelfall erfolgt die Energieversorgung aus dem dänischen Hochspannungsnetz. Über eine Transformerstation wird die 30 kV-Hochspannung auf das im Tunnel vorgesehene 20 kV-Mittelspannungsnetz herunter transformiert. Hierfür wird auf der Fläche für Bahnwartungszwecke eine Transformerstation 30/20 kV hergestellt.

Die im Tunnel befindlichen Verbraucher wie Ventilatoren, Pumpen etc. werden über Trafos in den Spezialelementen mit Niederspannung versorgt. Für jede Trafostation sind getrennte, redundante Systeme für Straße und Bahn vorgesehen.

Auch die Energieversorgung ist redundant ausgelegt, sodass beim Ausfall der Energieeinspeisung aus Dänemark die vollständige Energieversorgung von der deutschen Seite aus über das deutsche Hochspannungsnetz und das deutsche Betriebsgebäude erfolgen kann. Für den Zeitraum, in dem die Energieeinspeisung von Dänemark nach Deutschland umgeschaltet werden muss, wird eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) den Tunnel für mind. drei Stunden mit ausreichend Energie versorgen. Die USV sorgt auch für eine stabile Spannung bei kurzzeitigen Spannungsschwankungen oder Netzeinbrüchen. Im Besonderen wird die Notstromversorgung für die Funkanlage im Tunnel acht Stunden gewährleistet. Während der Umschaltzeit werden die Lüftungsanlage, die Löschwasserpumpen und Drainagepumpen aufgrund der hohen Leistungsaufnahme nicht von der USV versorgt.

Die Stromversorgung für den Bahnbetrieb erfolgt im Regelfall aus Dänemark. Ein Notverfahren unter der Verwendung einer Fahrstromspeisung von Deutschland aus ist ebenfalls technisch möglich. Hierzu gibt es eine ständige Kommunikationsmöglichkeit zwischen den für den Bahnstrom zuständigen Stellen bei der DB und Banedanmark.

## 6.6. Regelbeleuchtung, Sicherheits- und Notbeleuchtung

### 6.6.1. Regelbeleuchtung der Straße

Zur Sicherstellung eines allmählichen Übergangs zwischen den Lichtstärken innerhalb und außerhalb des Straßentunnels ist eine außenlichtabhängige Beleuchtung im Tunnel installiert.

Außerhalb des Tunnels wird der angrenzende Straßenbereich ebenfalls beleuchtet. Die Intensität der Straßenbeleuchtung verringert sich dabei stufenweise, ausgehend von einer dem Tunnel entsprechenden Intensität. Der insgesamt beleuchtete Außenbereich beträgt ca. 1.000 m.

### 6.6.2. Regelbeleuchtung der Bahn

Für die Bahntunnelröhren ist im Regelbetrieb keine Beleuchtung vorgesehen. Nur für den Notfall und für Wartungszwecke sind die Röhren mit einer Notbeleuchtung ausgestattet.

### 6.6.3. Sicherheits- und Notbeleuchtung

Bei Netzausfall wird die zusätzliche Sicherheitsbeleuchtung aktiviert, die über eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) mit Notstrom versorgt wird und von der übrigen Tunnelbeleuchtung separat geschaltet ist. Diese wird bei Kurzschluss in der Versorgungsleitung oder Ausfall der Speisespannung die geforderte Beleuchtungsstärke für eine Grenzbetriebsdauer von mindestens drei Stunden aufrechterhalten.

Ergänzend dazu gibt es die Notbeleuchtung, die dafür sorgt, dass im Fall einer Selbst- und Fremdreterung die Personen durch beleuchtete Fluchwegmarkierungen und Fluchwegweiser schnell einen sicheren Bereich erreichen können.

Die einzelnen Leuchten der Notbeleuchtung werden **im Bahnbereich** in eingleisigen Tunnelröhren an beiden Tunnelwänden in einer Höhe von mindestens 2,50 m angebracht. Die in der EBA-Richtlinie [5] geforderte Gleichmäßigkeit des Lichtes und die Beleuchtungsstärke sowie eine hindernisfreie, geschützte Montage der Leuchten wird gewährleistet.

## 6.7. Verkehrserkennung und Beeinflussung

### 6.7.1. Erkennung der Verkehrslage (CCTV-Anlagen (closed-circuit television))

Um der Betriebsleitung einen Überblick über den Tunnelbetrieb zusätzlich zu den Rampen und den Straßen in der Nähe des Tunnels zu geben, soll eine Gruppe von CCTV-Anlagen eingesetzt werden. Es werden zwei Arten von Kameras installiert; Kameras zur automatischen Störfallerkennung (Automatic Incident Detection (AID)) und Kameras mit Panorama-, Schwenk- und Zoomfunktion (Pan-Tilt-Zoom (PTZ)). Beide Kamertypen zeichnen bei **genügender** Ausleuchtung in den Straßenröhren in Farbe und in schwarz/weiß mit Infrarotlichtunterstützung im Dunkeln auf, um die höchste Qualität bei bestem Erkennungsfaktor zu erreichen.

Im Bahnbereich werden keine CCTV-Anlagen installiert.

#### 6.7.2. Kameras mit automatischer Störfallerkennung (AID)

AID-Kameras werden einzig im Straßentunnel installiert und setzen Software ein, um Abweichungen zu den registrierten Bildern oder ein definiertes Bildmuster zu erkennen. So können sie für die automatische Erkennung einer Vielzahl von Störfällen eingesetzt werden:

- Liegegebliebene und langsame Fahrzeuge
- Gegenstände, die Fahrzeuge verloren haben
- Fußgänger oder Tiere auf der Straße
- Rauch
- Falschfahrer oder Verkehr in der falschen Richtung

#### 6.7.3. Kameras mit Panorama, Schwenk- und Zoomfunktion (PTZ)

PTZ-Kameras sind im Straßentunnel und den angrenzenden Straßen und Rampen installiert. PTZ-Kameras können auf einen besonderen Störfall oder Bereich gerichtet werden. Sie können vom Bediener gesteuert werden, um jeden beliebigen Bereich anzusehen. Außerdem gibt es eine Vielzahl von vordefinierten Aktionen für die PTZ-Kamera. Zum Beispiel, wenn eine [Notausgangstür](#) offen steht, vergrößert eine PTZ-Kamera automatisch den Bildausschnitt auf die Tür von einem vordefinierten Aufzeichnungswinkel aus und liefert dem Bediener diese Aufnahme in die Steuerzentrale.

#### 6.7.4. Beeinflussung der Verkehrslage

Für den Straßentunnel wird eine Verkehrsbeeinflussung vorgesehen. Diese trägt zur Verkehrssicherheit im Tunnel bei und ist Bestandteil des Sicherheitskonzeptes.

Das Verkehrsbeeinflussungssystem dient der Informationsübertragung von der Verkehrsleitzentrale (LCC) an die Verkehrsteilnehmer, der Geschwindigkeitsregelung entsprechend der Verkehrsverhältnisse und zur Einleitung von Maßnahmen bei Störungen im Verkehrsablauf.

Dazu ist das System für die Erkennung von Ereignissen wie z. B.

- Brand im Tunnel
- Stehendes Fahrzeug oder Unfall
- Sichteinschränkungen (z.B. Ausfall/Störung der Beleuchtung, Nebel)
- Ausfall der Lüftung
- Hohe Schadstoffkonzentrationen
- Zäher Verkehrsfluss

- Personen im Tunnel
- Wartung, Reinigung, etc.

ausgelegt.

Bei Erfassung einer Störung erfolgt eine der detektierten Störung entsprechende Verkehrsbeeinflussung.

#### 6.7.5. Absperrsysteme

Schranken werden vor jedem Portal angebracht, um zu verhindern, dass die Tunnel während eines Unfalls befahren werden. [Diese Absperranlagen lassen sich von der LCC automatisch bedienen.](#) Auch bei Vollsperrungen für Wartungszwecke werden die Absperrsysteme eingesetzt.

#### 6.7.6. Höhenkontrollsystem

Um sicherzustellen, dass Fahrzeuge mit Überhöhe nicht in den Tunnel einfahren können wird eine Höhenkontrollanlage in der Zufahrt zu den Portalen der beiden Straßentunnel angeordnet. Fahrzeuge mit Überhöhe werden durch entsprechende elektrische Hinweistafeln gestoppt und danach über eine Umleitungsstrecke von der E47 abgeleitet. Die Höhenkontrolle wird nach der letzten Ausfahrt und kurz vor dem Tunneleingang wiederholt, um Fahrzeuge zu erkennen, die der Umleitung nicht gefolgt sind. Der gesamte Vorgang wird von der Verkehrsleitzentrale (LCC) überwacht.

### 6.8. Anlagen zur Kommunikation

#### 6.8.1. Notruffernsprecher

##### 6.8.1.1. Notruffernsprecher Straße

Im Straßentunnel sollen Notstationen auf der Seitenstreifenseite in einem Abstand von max. 110 m installiert werden. Die Notstationen befinden sich in Nischen in den Tunnelwänden.

Die Notstationen enthalten eine Beleuchtung, zwei bewegliche Feuerlöscher, einen manuellen Brandmelder, eine 230 V-Steckdose, und ein Notruftelefon für die Alarmierung und um bei Pannen, Unfällen, usw. Hilfe zu holen. Die Notruftelefone sind über ein eigenständiges separates System direkt mit der Verkehrsleitzentrale (LCC) verbunden, wobei automatisch die aktuelle Position im Tunnel angezeigt wird.

##### 6.8.1.2. Notruffernsprecher Bahn

In den Eisenbahntunneln werden die gekennzeichneten Notruffernsprecher an den Wänden der westlichen Notgehwege in unmittelbarer Nähe der Notausgangstüren max. 110 m hinter dem Handlauf installiert. Die Notruffernsprecher, die Verbindungswege und die zentrale

Abfrage-/Bedieneinheit werden bei der betriebsüberwachenden Stelle überwacht (Primärleitung). Störungen und Ausfälle werden angezeigt. Das System des Notruffersprechers wird redundant ausgelegt um die Ausfallsicherheit zu gewährleisten.

Notfallstationen werden an der Wand zwischen den Eisenbahnröhren installiert, wobei sich jeweils eine neben jeder Ausgangstür befindet. In diesen Notfallstationen befinden sich eine Beleuchtung und ein manueller Brandmelder.

### 6.8.2. Funksysteme (BOS-Funk)

Ein Tunnelfunk-System wird sowohl in den Straßen- als auch in den Bahntunneln vorgesehen, um eine vollständige Netzabdeckung für die Einsatzkräfte vor Ort sicher zu stellen. In Dänemark und Deutschland werden die Einsatzkräfte ein Funksystem verwenden, welches auf dem TETRA-Standard (TErrestrial Trunked RAdio) basiert. Somit können Funkverbindungen direkt hergestellt werden.

Sofern es zu einem vollständigen Stromausfall im Tunnel kommt, greift die Notstromversorgung, die 8 Stunden lang eine Stromversorgung für die Funkanlage im Tunnel gewährleistet.

### 6.8.3. Lichtsignalanlagen Straße

Am Eingang zu jedem Straßentunnel und in regelmäßigen Abstand von 400 m im Tunnel, zeigen elektronische Verkehrszeichen die vorgegebene Fahrspurgeschwindigkeit, Mitteilungen bezüglich der Tunnelverhältnisse, Pannen oder Unfällen, Geschwindigkeiten, vorauszusehende Sperrung eines Fahrstreifens oder des Tunnels oder andere gefährliche Bedingungen an. Damit kann die Verkehrsleitzentrale (LCC) einen der beiden Fahrstreifen verlangsamen oder sperren, um die Verkehrsgeschwindigkeit und -volumen unter normalen Bedingungen und bei Notfällen sicher zu regeln.

### 6.8.4. Lautsprecher System/Sprachalarmierung

Das Lautsprechersystem (PA-System) wird die Forderungen an ein Sprachalarmierungssystem entsprechend der gültigen Regeln, Ausführungsvorschriften und Richtlinien erfüllen und wird ein integraler Bestandteil des SCADA-Systems sein. Das System ermöglicht die Übertragung von Sprachnachrichten (vorher aufgezeichnet), sowie Ansagen aus der Verkehrsleitzentrale (LCC) über das installierte Lautsprechersystem mittels einer Reihe von genau definierten Alarmen. Die Lautsprecher werden im Straßentunnel, in der Zentralgalerie, im Servicegang, in den Spezialelementen, in den Haltebuchten und Sicherheitsnischen angebracht. Im Eisenbahntunnel werden keine Lautsprecher installiert.

### 6.8.5. Mobiles Telekommunikationssystem

Dieses System bietet den Betreibern von Mobilfunknetzen die Möglichkeit, ihre Dienste auch im Tunnel anzubieten. Die Nutzung von Mobiltelefonen im Tunnel erhöht die Tunnelsicherheit, da damit die Nutzer der Mobilfunkkommunikation bei einem Ereignis einen Notruf abzusetzen

können. Das System muss in der Lage sein, die Position des Anrufers im Tunnel möglichst genau festzustellen.

Es ist ein gemeinsames Antennensystem vorgesehen, über das die Telekommunikationsanbieter ihre Basisstation an ein zentrales Gateway anschließen können.

#### 6.8.6. GSM-Rail (nur Eisenbahnröhren)

GSM-R wird für die Eisenbahnkommunikation für Sprache und Daten eingesetzt. Die Bereitstellung von GSM-R wird auf deutscher und dänischer Seite derzeit vorbereitet und bis zur Tunnelinbetriebnahme zur Verfügung stehen. Da GSM-R für sicherheitskritische Anwendungen eingesetzt wird, müssen die technischen Lösungen eine hohe Verfügbarkeit haben.

### 6.9. Fahrzeugrückhaltesysteme

Im Zuge der Errichtung neuer Straßenanbindungen zur Festen Fehmarnbeltquerung muss sichergestellt sein, dass Fahrzeuge nicht bei Unfällen auf die vorhandenen und neuen Gleisanlagen stürzen können. Deshalb wurden die vorhandenen Mindestabstände zwischen der Bahntrasse und den neuen Anlagen des Straßenverkehrs geprüft. Im Ergebnis wurden fünf Bereiche lokalisiert, in denen Fahrzeugrückhaltesysteme bestehend aus Leitplanken und Trennwänden gemäß den „Richtlinien für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeugrückhaltesysteme (RPS)“ eingebaut werden müssen. Hierbei handelt es sich um folgende Bereiche:

1. Bau km (Bahn) ca. 7+400  
Zwischen der Autobahn E 47 und der Bahntrasse ist unabhängig des Abstandes zur Bahn ein Fahrzeugrückhaltesystem vorgesehen.
2. Bau km (Bahn) ca.8+500 - ca.9+250  
Die Zufahrtsstraße zur Fläche für Bahnwartungszwecke verläuft hier parallel direkt westlich der Bahntrasse. Entlang der gesamten Zufahrtsstraße wird ein Fahrzeugrückhaltesystem vorgesehen.
3. Bau km (Bahn) ca. 9+350 – ca. 9+750  
Auf der Westseite steigt die Rampe des Marienleuchter Weg in Dammlage bis zur Brücke mit der Bahntrasse steil an. In diesem Bereich der Hochlage der Straße ist auf beiden Straßenseiten ein Fahrzeugrückhaltesystem vorgesehen.
4. Bau km (Bahn) ca. 10+100 - 10+375  
Im Trogbereich vor den Tunnelportalen trennt eine Betonwand als Fahrzeugrückhaltesystem die Autobahn E47 von der Bahntrasse. Der Beton ist für Anpralllasten bemessen.

5. Bau km (Bahn) 10+375 - 20+000

Im eigentlichen Tunnelabschnitt sind die Verkehrsröhren baulich voneinander getrennt.  
Die Trennung ist für Anpralllasten bemessen.

Weitere Fahrzeugrückhaltesysteme befinden sich jeweils an den Tunnelportalen der Straßenröhren, um dort einen Fahrzeuganprall zu verhindern.

## **7. Zusammenarbeit der deutschen und dänischen Stellen im Ereignisfall/Notfall**

### **7.1. Verantwortlichkeiten und Organisation**

Gemeinsame Einsätze werden im Rahmen der in Deutschland und Dänemark jeweils geltenden organisatorischen und einsatztaktischen Richtlinien durchgeführt. Rettungseinsätze folgen den allgemeinen Prinzipien einer effizienten und nach Prioritäten gegliederten Anwendung von Ressourcen und effektiven Reaktionszeiten sowie den Gesetzen beider Staaten. Die Leitung gemeinsamer Rettungseinsätze hat stets dasjenige Land, in dem das Ereignis eingetreten ist.

Gemeinsame Rettungseinsätze werden nach den gleichen Organisationsstrukturen durchgeführt, wie sie bei Einsätzen der Behörden unter normalen Umständen zur Anwendung kommen.

Als Teil der Sicherheitsdokumentation werden vor Inbetriebnahme des Tunnels Einsatzpläne für Rettungseinsätze unter deutscher und dänischer Leitung erstellt. Die Einsatzpläne sollen u. a. spezifische Bereitstellungspläne für die Einsatzkräfte, Kommunikationspläne und Beschreibungen der Führungshierarchie beinhalten.

## 8. Unfall und Brandszenarien

### 8.1. Szenario Unfall/Brandfall im Eisenbahntunnel

Das Betriebssystem der Eisenbahninfrastruktur der Festen Fehmarnbeltquerung mit seinen technischen Sicherheitseinrichtungen gestattet es, von Anfang an den Schwerpunkt auf Maßnahmen zu legen, die eine Ereigniswahrscheinlichkeit soweit wie möglich reduzieren bzw. ein eingetretenes Ereignis begrenzen. Dies wird erreicht durch die bereits beschriebenen präventiven Maßnahmen und die ereignismindernden Maßnahmen (siehe Kap.2.2).

Dennoch muss die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses mittels einer Risikobewertung für das Verkehrssystem Bahn betrachtet werden. Auslöser möglicher schadensschwerer Ereignisse in einem Eisenbahntunnel können in erster Stelle Brände sein, die allerdings nur 1 % aller möglichen Bahnunfälle ausmachen (siehe Anhang 3). Auch bei extrem geringer Eintrittswahrscheinlichkeit wird ein Unfall mit Brandfolge in einem Tunnel schwerwiegendere Auswirkungen haben als außerhalb eines Tunnels. Die Notwendigkeit bei der Definition des Sicherheits- und Rettungskonzeptes ist daher die Betrachtung möglicher Unfallszenarien. Das Rettungskonzept ermöglicht gefährdeten Personen die Flucht in sichere Bereiche sowie den Einsatzkräften die Gefahrenabwehr.

Bei der Bewertung der möglichen Szenarien im Falle eines Brandereignisses wurde daher die Betrachtung des „worst-case“-Szenario analysiert. Das Sicherheits- und Rettungskonzept wurde an den wahrscheinlichen Szenarien ausgerichtet, um im Ereignisfall einen optimalen Ablauf der Evakuierung bzw. Fremdrettung gewährleisten zu können.

Im sehr wenig wahrscheinlichen Fall (**worst case**), dass ein brennender Zug im Tunnel anhält, und die Evakuierung aus einer Eisenbahnöhre trotz Einsatz aller präventiven Maßnahmen erforderlich wird, werden die Reisenden durch das Zugpersonal aufgefordert, sich selbst zu retten. Letztendlich geschieht die Evakuierung in allen Fällen aus den Eisenbahnöhren in die östliche Straßenöhre. Die Evakuierung der östlichen Bahntunnelöhre erfolgt dabei zuerst in die westliche Bahntunnelöhre.

Mit Hilfe von Modellsimulationen wurden für den „worst case“ eines brennenden Zuges in der östlichen Bahnöhre folgende Teiluntersuchungen durchgeführt:

#### Fall 1:

Simulation der Brandausbreitung unter permanenter Ermittlung der Sichtweiten und Temperaturen in beiden Bahnöhren (zwei Fallstudien)

Ergebnis:

- Als Ergebnis der Untersuchung wurde nachgewiesen, dass im Simulationszeitraum bis zu 1200 s (20 Min.) nach Ereignisstart die Bereiche der seitlichen Notgehwege im östlichen Bahntunnel und der gesamte westliche Bahntunnel und der Straßentunnel für flüchtende

Reisende rauchfrei sind. Außerdem herrschen im Simulationszeitraum für die Reisenden im Bereich der Notgehwege überlebensfähige Temperaturen.

## Fall 2:

Ermittlung der Dauer einer Evakuierung eines Zuges mit 588 Reisenden an Bord unter Nutzung der geplanten Notgehwege

Ergebnis:

- Als Ergebnis dieser Untersuchung wurde für drei unterschiedliche Zusammensetzungen der Reisenden (Männer, Frauen, Kinder sowie mobilitätsbehinderte Personen) eine max. Dauer der Evakuierung von 500 sec (8,3 Min.) nach Freigabe durch das Zugpersonal ermittelt (siehe Anlage 29 Anhang 3a Tab. 3). Ziel der Evakuierung war der Seitenstreifen der östlichen Straßenröhre. In diesem Zeitraum herrschen gemäß der obigen Untersuchung überlebensfähige Umweltbedingungen.

Als zusammenfassendes Ergebnis der beiden Teiluntersuchungen ist festzustellen, dass die für die Feste Fehmarnbeltquerung geplanten Notgehwege zum „Sicheren Bereich“ für die Bahnrohren folgende Bedingungen erfüllen:

- Es bestehen bei einer Evakuierung (Selbstrettung) überlebensfähige Umweltverhältnisse im Bereich der Notgehwege.
- Alle Reisenden (auch mobilitätsbehinderte Personen) erreichen alleine oder mit Hilfestellung über die Notgehwege den „Sicheren Bereich“.

Als Ergebnis der Gesamtanalyse kann nachgewiesen werden, dass das geplante „Zwei-Röhren-Konzept“ als Evakuierungslösung für den Bahnbereich der Festen Fehmarnbeltquerung mit zwei parallelen Bahnrohren und einem parallelen Straßentunnel als „sicherer Bereich“ eine gleichwertige Sicherheit bietet, wie ein Tunnelsystem gemäß TSI SRT [1] mit getrennten Bahnrohren und Querschlägen.

Ergänzend wurde durch eine Untersuchung möglicher Betriebsszenarien nachgewiesen, dass durch den Einsatz der modernen ETCS – Signaltechnik im Ereignisfall der Bahnverkehr im westlichen Tunnel innerhalb von wenigen Minuten gestoppt werden kann, sodass die Notgehwege in dieser Röhre zur Verfügung stehen. Der gesamte Evakuierungsvorgang aus einem Zug (östliche Röhre) wird erst dann gestartet, wenn die westliche Bahnröhre verkehrsfrei ist und der Straßenverkehr informiert und verlangsamt ist.

(Siehe auch Anlage 29 Kap. 6.3 und 9.2 und Anhang 3)

## 8.2. Szenario Unfall/Brandfall im Straßentunnel

Bei einem Störfall, der eine Evakuierung der Straßenröhre erforderlich macht, gibt es eine Anzahl von Verfahrensweisen und Systemen vor Ort, die eine Selbstrettung ermöglichen sollen, bis die Einsatzdienste ankommen und die Kontrolle über die Situation übernehmen.

- Sofort nach Erkennung des Ereignisses stoppt die Verkehrsleitung die Zufahrt in alle Tunnelröhren und leitet den im Tunnel verbleibenden Verkehr auf die Fahrbahn, welche nicht an die Zentralgalerie angrenzt.
- Die Fahrzeuginsassen werden über automatische Nachrichten oder Mitteilungen der Verkehrsleitzentrale (LCC) (visuell und/oder durch elektroakustischen Alarm oder durch Rundfunkmeldungen (die Radiofrequenz wird vor Einfahrt in den Tunnel mehrfach ausgeschildert)) angewiesen, ihre Fahrzeuge zu verlassen und den Tunnel gegen die Fahrtrichtung vom Ort des Störfalls wegzuräumen und sich danach über die Zentralgalerie in die angrenzende Straßenröhre in Sicherheit zu bringen.
- Wenn ein Brand erkannt wird, wird das Personal der Verkehrsleitzentrale (LCC) sofort das Entrauchungssystem in der Unfallröhre anhand vorliegender, computergestützter Aktionspläne aktivieren, um rauchfreie Bedingungen vor dem Unfallort zu schaffen. Die Belüftung in der nichtbetroffenen Straßenröhre wird ebenfalls sofort so aktiviert, dass der Luftstrom in dieser Röhre gegen die Fahrtrichtung umgedreht wird. Dadurch wird u.a. ein Überdruck aufgebaut und ein Übertritt verrauchter Luft in die nicht betroffene Röhre verhindert.
- Die Tunnelnutzer werden durch Hinweisschilder und entsprechende Ansage angewiesen, über die Zentralgalerie in den sicheren Bereich der angrenzenden Straßentunnelröhre zu gehen, von wo aus sie dann zu den Rettungsplätzen evakuiert werden können.

## 8.3. Szenario: Beschädigung des Tunnels durch Schiffsverkehr (Ankerwurf/Wracks)

Wie in der Risikoanalyse (siehe Anlage 29 Kap. 9.3 und Anhang 7) erläutert, wird die Tunnelkonstruktion so bemessen, das eine kritische Beschädigung der Struktur durch extreme äußere Kräfte wie Ankerwürfe oder Aufprall eines sinkenden Schiffes auszuschließen sind.

Dennoch werden für einen maritimen Havariefall entsprechende Szenarien vor Inbetriebnahme des Tunnels geklärt und in entsprechenden Aktionsplänen festgelegt. Dies gilt in erster Linie für die dann notwendigen Erstmaßnahmen (z. B. Sperrung des Verkehrs im Tunnel und Umleitung des Schiffverkehrs, Untersuchung des Schadens tunnel- und seeseitig) und die Festlegung der Verantwortlichkeiten.

## 9. Risikoanalysen (Straße/Bahn/Schifffahrt)

### 9.1. Betriebsrisikoanalyse (ORA - Operational Risk Analysis)

Siehe auch Anlage 29, Anhang 7.

#### 9.1.1. Allgemeine Vorgehensweise der Betriebsrisikoanalyse (ORA)

Die Vorhabenträger haben schon in einer frühen Phase des Projektes damit begonnen, durch Risikoanalysen die Sicherheit für Personen (Tunnelnutzer, Bedienstete, Dritte) und das Risiko eines Ausfalls der Tunnelinfrastruktur zu untersuchen. Diese Analysen sind in die sogenannte Betriebsrisikoanalyse (ORA - Operational Risk Analysis), d.h. eine für das Gesamtbauwerk der FBQ erstellte, quantitative Risikoanalyse, mit eingeflossen.

Der Zweck der Risikoanalyse ist, anhand eines Vergleichs mittels numerischer Berechnungen zu zeigen, dass mit der geplanten Tunnellösung alle Sicherheitsziele und somit die definierten Risikoakzeptanzkriterien für alle betrachteten Risikokategorien gewährleistet werden können. In diesem Zusammenhang bedeutet „akzeptabel“, dass das Risiko nicht die festgesetzten numerischen Risikoakzeptanzkriterien überschreitet.

Der Erstellung der ORA sind für den Betrieb von Tunneln

- die Anforderungen an die Durchführung von Risikoanalysen für den Betrieb von Straßentunneln nach EU-Richtlinie 2004/54/EC [8] und
- für Bahntunnel die Anforderungen der EU-Verordnung der Gemeinsamen Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken (CSM RA) [16]

zugrunde zu legen.

Die ORA erfüllt diese EU-Anforderungen sowohl für den Straßen- als auch für den Bahntunnel und dokumentiert, dass die geplante Lösung der Festen Fehmarnbeltquerung sicher ist und die einschlägigen Sicherheitsziele erreicht werden. Die Vorgehensweise der ORA wird nachstehend erläutert.

#### 9.1.2. Hauptdokumente der Betriebsrisikoanalyse (ORA)

Die ORA-Betriebsrisikoanalyse der FBQ, besteht aus folgenden vier Hauptdokumenten (siehe Anhang 7):

1. „Betriebsrisikoanalyse (ORA)“,  
(Zusammenfassendes Dokument der Risikoanalyseberechnungen,  
Beschreibung der Input-Parameter)
2. „(ORA) Quantifizierte Risikoakzeptanzkriterien“,  
(Erläuterung der verwendeten Risikoakzeptanzkriterien)
3. „ORA Unfallhäufigkeiten“,  
(Berechnungen von Unfallhäufigkeiten/ Ereignisraten)

UNGÜLTIG!  
Siehe Deckblatt!

## 9. Risikoanalysen (Straße/Bahn/Schifffahrt)

### 9.1. Betriebsrisikoanalyse (ORA - Operational Risk Analysis)

Siehe auch Anlage 29, Anhang 7.

#### 9.1.1. Allgemeine Vorgehensweise der Betriebsrisikoanalyse (ORA)

Die Vorhabenträger haben schon in einer frühen Phase des Projektes damit begonnen, durch Risikoanalysen die Sicherheit für Personen (Tunnelnutzer, Bedienstete, Dritte) und das Risiko eines Ausfalls der Tunnelinfrastruktur zu untersuchen. Diese Analysen sind in die sogenannte Betriebsrisikoanalyse (ORA - Operational Risk Analysis), d.h. eine für das Gesamtbauwerk der FBQ erstellte, quantitative Risikoanalyse, mit eingeflossen.

Der Zweck der Risikoanalyse ist, anhand eines Vergleichs mittels numerischer Berechnungen zu zeigen, dass mit der geplanten Tunnellösung alle Sicherheitsziele und somit die definierten Risikoakzeptanzkriterien für alle betrachteten Risikokategorien gewährleistet werden können. In diesem Zusammenhang bedeutet „akzeptabel“, dass das Risiko nicht die festgesetzten numerischen Risikoakzeptanzkriterien überschreitet.

Der Erstellung der ORA sind für den Betrieb von Tunneln

- die Anforderungen an die Durchführung von Risikoanalysen für den Betrieb von Straßentunneln nach EU-Richtlinie 2004/54/EC [8] und
- für Bahntunnel die Anforderungen der EU-Verordnung der Gemeinsamen Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken (CSM RA) [16]

zugrunde zu legen.

Die ORA erfüllt diese EU-Anforderungen sowohl für den Straßen- als auch für den Bahntunnel und dokumentiert, dass die geplante Lösung der Festen Fehmarnbeltquerung sicher ist und die einschlägigen Sicherheitsziele erreicht werden. Die Vorgehensweise der ORA wird nachstehend erläutert.

#### 9.1.2. Hauptdokumente der Betriebsrisikoanalyse (ORA)

Die ORA-Betriebsrisikoanalyse der FBQ, besteht aus folgenden drei Hauptdokumenten (siehe Anhang 7):

1. „Betriebsrisikoanalyse (ORA)“,  
(Zusammenfassendes Dokument der Risikoanalyseberechnungen,  
Beschreibung der Input-Parameter)
2. „(ORA) Quantifizierte Risikoakzeptanzkriterien“,  
(Erläuterung der verwendeten Risikoakzeptanzkriterien)
3. „ORA Unfallhäufigkeiten“,  
(Berechnungen von Unfallhäufigkeiten/ Ereignisraten).

UNGÜLTIG!  
Siehe Deckblatt!

#### 9.1.2.1. Betriebsrisikoanalyse (ORA)

In dem Hauptdokument, Operational Risk Analysis, der Betriebsrisikoanalyse (ORA) werden alle Eingangsparameter für die Berechnung von Risikofaktoren für die einzelnen Risikokategorien aufgezählt und die numerischen Ergebnisse der spezifischen Risikoberechnungen im Einzelnen vorgestellt.

#### 9.1.2.2. Quantifizierte Risikoakzeptanzkriterien

Ein weiteres Hauptdokument der Betriebsrisikoanalyse (ORA) legt die Kriterien zur Risikoakzeptanz, d. h. die Risikoakzeptanzkriterien zur Ermittlung des Sicherheitsniveaus, fest. Das Dokument beschreibt die Art und Weise, wie die Risikoakzeptanzkriterien für die FBQ anhand internationaler und nationaler, externer Datengrundlagen definiert werden. Dabei werden Grenzwerte für die Personensicherheit (Benutzer, Bedienstete und Dritte) und für den Ausfall der Tunnelinfrastruktur (z. B. Sperrung des Tunnels durch Versagen der Tunneltechnik für den Straßen- und den Bahntunnel sowie für die Kombination beider Tunnelinfrastrukturen; Ereignisse, die beide Tunnel gleichzeitig betreffen oder zu einer Beeinflussung der jeweiligen Infrastrukturen führen) festgelegt.

#### 9.1.2.3. Unfallhäufigkeiten oder Ereignisraten

Das dritte Hauptdokument der Betriebsrisikoanalyse (ORA) beschreibt und erläutert Unfallhäufigkeiten oder Ereignisraten für unterschiedliche Szenarien. Diese Zahlen gehen in die Berechnungen der Risikofaktoren ein und werden kontinuierlich überprüft und angepasst.

Außerdem wurden zu speziellen Themen ergänzende Risikoanalysen durchgeführt, um zu wichtigen Aspekten weitere vertiefte Risikoberechnungen anzustellen und damit die Ergebnisse der Betriebsrisikoanalyse (ORA) zu unterlegen. Hierzu sind zu nennen:

- Sicherer Bereich für den Eisenbahntunnel auf der Grundlage der geplanten "alternativen technischen Lösung" (siehe Anhang 3).

Weitere detaillierte Untersuchungen fanden statt zu

- Risiken aus Schifffahrtsereignissen,
- Risiken aus Überflutungen,
- Risiken aus dem Transport gefährlicher Güter,
- Risiken bei Bränden der Tunneltechnik.

Die Ergebnisse dieser Unfallszenarien sind in die Gesamtberechnungen der ORA mit eingeflossen.

#### 9.1.3. Schnittstelle zwischen der Betriebsrisikoanalyse und dem Tunneldesign

Wie oben erwähnt, haben die mit der Betriebsrisikoanalyse (ORA) erstellten Risikobewertungen bereits in einer frühen Projektphase begonnen, als erste Überlegungen zum Tunneldesign durchgeführt wurden. Dieser Bewertungsprozess wurde – und wird – während der gesamten Phase des Tunneldesigns analog zu dem Detaillierungsgrad der

4. „Betriebsrisikoanalyse (ORA) - Querverweis zu den Anforderungen der Richtlinie 2004-54-EU bezüglich Risikoanalysen“,  
(Überblick über die Querverweise zwischen den Mindestanforderungen der EU-Richtlinie im Hinblick auf Risikoanalysen und der Erfüllung dieser Anforderungen mit der Erstellung der Betriebsrisikoanalyse der FBQ (ORA))

#### 9.1.2.1. Betriebsrisikoanalyse (ORA)

In dem Hauptdokument, Operational Risk Analysis, der Betriebsrisikoanalyse (ORA) werden alle Eingangsparameter für die Berechnung von Risikofaktoren für die einzelnen Risikokategorien aufgezählt und die numerischen Ergebnisse der spezifischen Risikoberechnungen im Einzelnen vorgestellt.

#### 9.1.2.2. Quantifizierte Risikoakzeptanzkriterien

Ein weiteres Hauptdokument der Betriebsrisikoanalyse (ORA), legt die Kriterien zur Risikoakzeptanz, d. h. die Risikoakzeptanzkriterien zur Ermittlung des Sicherheitsniveaus, fest. Das Dokument beschreibt die Art und Weise, wie die Risikoakzeptanzkriterien für die FBQ anhand internationaler und nationaler, externer Datengrundlagen definiert werden. Dabei werden Grenzwerte für die Personensicherheit (Benutzer, Bedienstete und Dritte) und für den Ausfall der Tunnelinfrastruktur (z. B. Sperrung des Tunnels durch Versagen der Tunneltechnik für den Straßen- und den Bahntunnel sowie für die Kombination beider Tunnelinfrastrukturen; Ereignisse, die beide Tunnel gleichzeitig betreffen oder zu einer Beeinflussung der jeweiligen Infrastrukturen führen) festgelegt.

#### 9.1.2.3. Unfallhäufigkeiten oder Ereignisraten

Das dritte Hauptdokument der Betriebsrisikoanalyse (ORA) beschreibt und erläutert Unfallhäufigkeiten oder Ereignisraten für unterschiedliche Szenarien. Diese Zahlen gehen in die Berechnungen der Risikofaktoren ein und werden kontinuierlich überprüft und angepasst.

Außerdem wurden zu speziellen Themen ergänzende Risikoanalysen durchgeführt, um zu wichtigen Aspekten weitere vertiefte Risikoberechnungen anzustellen und damit die Ergebnisse der Betriebsrisikoanalyse (ORA) zu unterlegen. Hierzu sind zu nennen:

- Sicherer Bereich für den Eisenbahntunnel auf der Grundlage der geplanten „alternativen technischen Lösung“ (siehe Anhang 3).

Weitere detaillierte Untersuchungen fanden statt zu

- Risiken aus Schifffahrtsereignissen,
- Risiken aus Überflutungen,
- Risiken aus dem Transport gefährlicher Güter,
- Risiken bei Bränden der Tunneltechnik.

Die Ergebnisse dieser Unfallszenarien sind in die Gesamtberechnungen der ORA mit eingeflossen.

#### **9.1.2.4. Querverweis zu den Anforderungen der Richtlinie 2004-54-EU bezüglich Risikoanalyse**

Die EU-Richtlinie bezüglich der Mindestsicherheitsanforderungen in Straßentunneln verlangt das Erstellen einer Risikoanalyse, um ein ausreichendes Sicherheitsniveau hinsichtlich sicherheitsrelevanter Parametern im Straßenverkehr zu gewährleisten. Das vierte Hauptdokument der Betriebsrisikoanalyse (ORA) gibt einen Überblick über die Querverweise zwischen den Mindestanforderungen der EU-Richtlinie im Hinblick auf Risikoanalysen und der Erfüllung dieser Anforderungen mit der Erstellung der Betriebsrisikoanalyse der FBQ (ORA).

#### **9.1.3. Schnittstelle zwischen der Betriebsrisikoanalyse und dem Tunneldesign**

Wie oben erwähnt, haben die mit der Betriebsrisikoanalyse (ORA) erstellten Risikobewertungen bereits in einer frühen Projektphase begonnen, als erste Überlegungen zum Tunneldesign durchgeführt wurden. Dieser Bewertungsprozess wurde – und wird – während der gesamten Phase des Tunneldesigns analog zu dem Detailierungsgrad der Planung kontinuierlich fortgesetzt. Mit den bisherigen jeweiligen Ergebnissen aus der Betriebsrisikoanalyse (ORA) wurde die Planung durch geeignete Maßnahmen so optimiert, dass das Betriebsrisiko die vorgegebenen Risikoakzeptanzkriterien nicht überschreitet.

Das Tunneldesign basiert auf den einschlägigen Vorgaben der EU-Richtlinien, internationalen und nationalen Standards sowie auf Erfahrungen aus anderen europäischen Tunnelprojekten.

#### **9.1.4. Definition von Risikokategorien**

Nachfolgend werden die Risikokategorien beschrieben, die in der Betriebsrisikoanalyse (ORA) untersucht wurden.

Allgemein wurden zwei Risikokategorien betrachtet:

- die Sicherheit für Personen
- der Ausfall des Tunnels infolge von Störungen über einen längeren Zeitraum

Es ist festzustellen, dass einige Risikokategorien sich nur auf den Straßentunnel, andere nur auf den Bahntunnel und wiederum andere auf beide zusammen beziehen. In dieser Vorgehensweise wird deutlich, dass die Tunnelkonstruktion als Gesamtheit betrachtet wurde, um auch gegenseitige Einflüsse von Ereignissen aus den Nachbarröhren hinsichtlich ihres Risikos bewerten zu können.

#### **9.1.5. Risikoakzeptanzkriterien**

Die verwendeten Risikoakzeptanzkriterien (auch Risikogrenzwerte genannt) wurden so festgelegt, dass die berechneten Risikofaktoren der FBQ mit den Risikoakzeptanzkriterien verglichen werden konnten.

##### **9.1.5.1. Risikoakzeptanzkriterien Personensicherheit**

UNGÜLTIG!  
Siehe Deckblatt!

Planung kontinuierlich fortgesetzt. Mit den bisherigen jeweiligen Ergebnissen aus der Betriebsrisikoanalyse (ORA) wurde die Planung durch geeignete Maßnahmen so optimiert, dass das Betriebsrisiko die vorgegebenen Risikoakzeptanzkriterien nicht überschreitet.

Das Tunneldesign basiert auf den einschlägigen Vorgaben der EU-Richtlinien, internationalen und nationalen Standards sowie auf Erfahrungen aus anderen europäischen Tunnelprojekten.

#### 9.1.4. Definition von Risikokategorien

Nachfolgend werden die Risikokategorien beschrieben, die in der Betriebsrisikoanalyse (ORA) untersucht wurden.

Allgemein wurden zwei Risikokategorien betrachtet:

- die Sicherheit für Personen
- der Ausfall des Tunnels infolge von Störungen über einen längeren Zeitraum

Es ist festzustellen, dass einige Risikokategorien sich nur auf den Straßentunnel, andere nur auf den Bahntunnel und wiederum andere auf beide zusammen beziehen. In dieser Vorgehensweise wird deutlich, dass die Tunnelkonstruktion als Gesamtheit betrachtet wurde, um auch gegenseitige Einflüsse von Ereignissen aus den Nachbarröhren hinsichtlich ihres Risikos bewerten zu können.

#### 9.1.5. Risikoakzeptanzkriterien

Die verwendeten Risikoakzeptanzkriterien (auch Risikogrenzwerte genannt) wurden so festgelegt, dass die berechneten Risikofaktoren der FBQ mit den Risikoakzeptanzkriterien verglichen werden konnten.

##### 9.1.5.1. Risikoakzeptanzkriterien Personensicherheit

###### Straßentunnel

Für den Straßentunnel definiert die EU-Richtlinie [8] die einzuhaltenden Mindestsicherheitsanforderungen, welche zum Teil jeweils durch Risikoanalysen nachgewiesen und erfüllt werden müssen. Die EU-Richtlinie selbst beinhaltet allerdings keine detaillierten Anforderungen im Hinblick auf die Methodik und den Detaillierungsgrad der durchzuführenden Risikoanalysen. In Dänemark ist daher gemeinsam mit der dänischen Straßenbehörde (Vejdirektoratet) ein Leitfaden für eine Methodik der Risikobewertung von dänischen Straßentunneln ausgearbeitet worden. Dieser Leitfaden erläutert, wie alle Anforderungen der EU-Richtlinie – auch generelle Grundlagen einer Risikoanalyse – zu erfüllen sind. Die international anerkannten PIARC-Empfehlungen werden in den dänischen Empfehlungen zu Risikoanalysen ebenfalls umgesetzt.

UNGÜLTIG!  
Siehe Deckblatt!

Die oben genannten Empfehlungen formulieren folgendes Hauptkriterium für Straßentunnel in Dänemark:

„Eine Fahrt durch einen Straßentunnel muss genauso so sicher sein wie eine Fahrt im Freien auf einer Straße gleichen Typs.“

Dieses Risikoakzeptanzkriterium wurde auch für den Straßentunnel der FBQ angewandt. D.h. die Datengrundlage hierfür sind die Unfallstatistiken der dänischen Autobahnen.

Die Statistiken von dänischen Autobahnen wurden mit gleichartigen Statistiken deutscher Autobahnen verglichen. Dieser Vergleich zeigt, dass die Zahlen für Dänemark und Deutschland sehr ähnlich sind. Die dänischen Statistiken ergeben allerdings geringere Unfallhäufigkeiten. Diese wurden deshalb als strengste Kriterien für den Fehmarnbelttunnel maßgebend gewählt.

### Bahntunnel

Für den Bahntunnel wurden die Risikoakzeptanzkriterien aus der EU-Richtlinie 2012/226/EU [20] angewandt. Die Datengrundlage hierfür sind die Nationalen Referenzwerte (National Referenz Values NRV). Die NRV sind Statistiken von Unfalldaten im Bahnverkehr der EU-Mitgliedsstaaten. Als Risikoakzeptanzkriterien der FBQ wurden jeweils die striktesten Referenzwerte aus Deutschland und Dänemark verwendet. Die Risikoberechnung zur Personensicherheit für den Bahntunnel wird gemäß den europäischen Anforderungen in verschiedene Risikokategorien unterteilt. Die Begriffsbestimmungen dieser Risikokategorien erfolgen gemäß der Entscheidung 2009/460/EG.

#### **9.1.5.2. Ausfall des Tunnels durch Störungen über einen längeren Zeitraum**

Hinsichtlich des finanziellen Risikos berücksichtigen die einschlägigen Vorschriften keine Risikoakzeptanzkriterien für den Ausfall einer Tunnelinfrastruktur. Die in der Betriebsrisikoanalyse (ORA) verwendeten Kriterien basieren daher auf Erkenntnissen aus den Bestandsprojekten der Großen-Belt-Querung und der Öresund-Querung.

#### **9.1.6. Beschreibung der Risikokategorien**

Nachfolgend werden die Risikokategorien beschrieben, die bei der FBQ zur Anwendung kommen:

##### **Risikokategorie Sicherheit:**

##### **Sicherheitsziel 1 (nur für die Straße)**

Das Risiko für die **Nutzer des Straßentunnels** soll nicht über dem mittleren Risiko der Straßennutzer auf dänischen und deutschen, vierstreifigen Autobahnen liegen, die das gleiche Verkehrsaufkommen bei gleicher Länge haben.

##### **Sicherheitsziel 2 (nur für die Bahn)**

### Straßentunnel

Für den Straßentunnel definiert die EU-Richtlinie [8] die einzuhaltenden Mindestsicherheitsanforderungen, welche zum Teil jeweils durch Risikoanalysen nachgewiesen und erfüllt werden müssen. Die EU-Richtlinie selbst beinhaltet allerdings keine detaillierten Anforderungen im Hinblick auf die Methodik und den Detaillierungsgrad der durchzuführenden Risikoanalysen. In Dänemark ist daher gemeinsam mit der dänischen Straßenbehörde (Vejdirektoratet) ein Leitfaden für eine Methodik der Risikobewertung von dänischen Straßentunneln ausgearbeitet worden. Dieser Leitfaden erläutert, wie alle Anforderungen der EU-Richtlinie – auch generelle Grundlagen einer Risikoanalyse – zu erfüllen sind. Die international anerkannten PIARC-Empfehlungen werden in den dänischen Empfehlungen zu Risikoanalysen ebenfalls umgesetzt.

Die oben genannten Empfehlungen formulieren folgendes Hauptkriterium für Straßentunnel in Dänemark:

„Eine Fahrt durch einen Straßentunnel muss genauso so sicher sein wie eine Fahrt im Freien auf einer Straße gleichen Typs.“

Dieses Risikoakzeptanzkriterium wurde auch für den Straßentunnel der FBQ angewandt. D.h. die Datengrundlage hierfür sind die Unfallstatistiken der dänischen Autobahnen.

Die Statistiken von dänischen Autobahnen wurden mit gleichartigen Statistiken deutscher Autobahnen verglichen. Dieser Vergleich zeigt, dass die Zahlen für Dänemark und Deutschland sehr ähnlich sind. Die dänischen Statistiken ergeben allerdings geringere Unfallhäufigkeiten. Diese wurden deshalb als strengste Kriterien für den Fehmarnbelttunnel maßgebend gewählt.

### Bahntunnel

Für den Bahntunnel wurden die Risikoakzeptanzkriterien aus der EU-Richtlinie 2012/226/EU [20] angewandt. Die Datengrundlage hierfür sind die Nationalen Referenzwerte (National Referenz Values NRV). Die NRV sind Statistiken von Unfalltoten im Bahnverkehr der EU-Mitgliedsstaaten. Als Risikoakzeptanzkriterien der FBQ wurden jeweils die striktesten Referenzwerte aus Deutschland und Dänemark verwendet. Die Risikoberechnung zur Personensicherheit für den Bahntunnel wird gemäß den europäischen Anforderungen in verschiedene Risikokategorien unterteilt. Die Begriffsbestimmungen dieser Risikokategorien erfolgen gemäß der Entscheidung 2009/460/EG.

#### **9.1.5.2. Ausfall des Tunnels durch Störungen über einen längeren Zeitraum**

Hinsichtlich des finanziellen Risikos berücksichtigen die einschlägigen Vorschriften keine Risikoakzeptanzkriterien für den Ausfall einer Tunnelinfrastruktur. Die in der Betriebsrisikoanalyse (ORA) verwendeten Kriterien basieren daher auf Erkenntnissen aus den Bestandsprojekten der Großen-Belt-Querung und der Öresund-Querung.

### 9.1.6. Beschreibung der Risikokategorien

Nachfolgend werden die Risikokategorien beschrieben, die bei der FBQ zur Anwendung kommen:

#### Risikokategorie Sicherheit:

##### Sicherheitsziel 1 (nur für die Straße)

Das Risiko für die **Nutzer des Straßentunnels** soll nicht über dem mittleren Risiko der Straßennutzer auf dänischen und deutschen, vierstreifigen Autobahnen liegen, die das gleiche Verkehrsaufkommen bei gleicher Länge haben.

##### Sicherheitsziel 2 (nur für die Bahn)

Die Risikogrenzwerte für **Fahrgäste** basieren auf den Nationalen Referenzwerten (National Referenz Values; NRV 1.1) von 2012/226/EU.

##### Sicherheitsziel 3 (nur Bahntunnel)

Die Risikogrenzwerte für **Bedienstete** (u. a. Triebfahrzeugführer, Kontroll- und Wartungspersonen) basieren auf den Nationalen Referenzwerten (National Referenz Values; NRV 2) von 2012/226/EU der EU-Kommission.

##### Sicherheitsziel 4 (nur Bahntunnel)

Berechnungen für die Risikokategorie **Benutzer von Bahnübergängen** kommen nicht zur Anwendung, da es keine Bahnübergänge gibt.

##### Sicherheitsziel 5 (nur Bahntunnel)

Die Risikogrenzwerte für **Sonstige Personen** (Dritte) basieren auf den Nationalen Referenzwerten (National Referenz Values NRV 4) von 2012/226/EU.

##### Sicherheitsziel 6 (nur Bahntunnel)

Die Risikogrenzwerte für **Unbefugte auf Eisenbahnanlagen** basieren auf den Nationalen Referenzwerten (National Referenz Values; NRV 5) von 2012/226/EU.

##### Sicherheitsziel 7

Aufgrund der Unterscheidung der Sicherheitsziele 4, 5 und 6 für den Bahnbereich wird auch für die Risikogruppe **Sonstige Personen** eine Trennung für den Straßenbereich und Bahnbereich vorgenommen.

##### Sicherheitsziel 8

UNGÜLTIG!  
Siehe Deckblatt!

Die Risikogrenzwerte für **Fahrgäste** basieren auf den Nationalen Referenzwerten (National Referenz Values; NRV 1.1) von 2012/226/EU.

#### Sicherheitsziel 3 (nur Bahntunnel)

Die Risikogrenzwerte für **Bedienstete** (u. a. Triebfahrzeugführer, Kontroll- und Wartungspersonen) basieren auf den Nationalen Referenzwerten (National Referenz Values; NRV 2) von 2012/226/EU der EU-Kommission.

#### Sicherheitsziel 4 (nur Bahntunnel)

Berechnungen für die Risikokategorie **Benutzer von Bahnübergängen** kommen nicht zur Anwendung, da es keine Bahnübergänge gibt.

#### Sicherheitsziel 5 (nur Bahntunnel)

Die Risikogrenzwerte für **Sonstige Personen** (Dritte) basieren auf den Nationalen Referenzwerten (National Referenz Values NRV 4) von 2012/226/EU.

#### Sicherheitsziel 6 (nur Bahntunnel)

Die Risikogrenzwerte für **Unbefugte auf Eisenbahnanlagen** basieren auf den Nationalen Referenzwerten (National Referenz Values; NRV 5) von 2012/226/EU.

#### Sicherheitsziel 7

Aufgrund der Unterscheidung der Sicherheitsziele 4, 5 und 6 für den Bahnbereich wird auch für die Risikogruppe **Sonstige Personen** eine Trennung für den Straßenbereich und Bahnbereich vorgenommen.

#### Sicherheitsziel 8

Ein Risiko **für die Gesellschaft als Ganzes** wird von Beiträgen aus den einzelnen Sicherheitszielen 1 bis 7 zusammengesetzt, unter der Berücksichtigung der geschätzten Zahl der Toten und schwerer Verletzungen in den spezifischen Unfällen.

#### Risikokategorie Verkehrsunterbrechungen:

#### Sicherheitsziel 9

Das **Risiko von Störungen über einen längeren Zeitraum** wird gemessen in Ausfalltagen pro Jahr und dann umgewandelt in den wirtschaftlichen Schaden, der hierdurch entsteht gemessen in Euro pro Jahr

#### Sicherheitsziel 10

UNGÜLTIG!  
Siehe Deckblatt!

Das **Risiko für die Umwelt** wird bezogen auf eine Ölpest aufgrund aufgelaufener Schiffe und das Verlieren von Öl durch Züge im und außerhalb des Tunnels.

#### 9.1.7. Ermittlung von Zahlen zur Risikoquantifizierung

Die ermittelten Risikoakzeptanzkriterien wurden auf die FBQ adaptiert, um die Akzeptanzkriterien für den Straßen- und Bahntunnel, sowie für das gesamte Bauwerk der FBQ zu definieren. Eingeflossen in die Berechnung für diese Risiken sind u. a. das gewählte Tunneldesign (Breite, Länge, Unterwassertunnel, Anzahl der Fahrspuren und Geschwindigkeit, Fahrzeugtypen etc.), die Verkehrsstärke der Straße und Bahn, die Anzahl von Gefahrguttransporten, Schifffahrtsdaten und die Anzahl von betroffenen Dritten. Die betrachteten Verkehrsmengen in der Betriebsrisikoanalyse (ORA) (Anhang 7) beziehen sich auf das Prognosejahr 2030.

Die berechneten Risikoakzeptanzkriterien bilden dabei den Ausgangswert, an dem alle Risiken der FBQ gemessen werden.

Die Ergebnisse zur Ermittlung der quantifizierten Risikoakzeptanzkriterien sind in den ORA-Hauptdokumenten ausführlich aufgeführt. (siehe auch Anhang 7).

#### 9.1.8. Unfallszenarien der Betriebsrisikoanalyse (ORA)

Folgende Unfallszenarien wurden in der Betriebsrisikoanalyse (ORA) berücksichtigt:

- Normale Straßunfälle
- Unfälle mit Gefahrgütern im Straßentunnel
- Brandunfälle im Straßentunnel
- Mehrere gleichzeitige Unfälle im Straßentunnel
- Normale Zugunfälle
- Zugunfälle mit Gefahrgütern
- Brandunfälle im Bahntunnel
- Mehrere Zugunfälle gleichzeitig
- Straßen- und Zugunfälle gleichzeitig
- Sonstige Szenarien

Die oben genannten Szenarien wurden weiter aufgeteilt in spezifische Einzelszenarien für den Bahntunnel, den Straßentunnel und für beide Verkehrsträger in Kombination. Auch externe Einflüsse (Schifffahrt, Überflutung, Brand der technischen Ausrüstung, etc.) wurden in diversen Teilszenarien betrachtet (siehe Anlage 29 Anhang 7 Kap. 4).

Ein Risiko **für die Gesellschaft als Ganzes** wird von Beiträgen aus den einzelnen Sicherheitszielen 1 bis 7 zusammengesetzt, unter der Berücksichtigung der geschätzten Zahl der Toten und schwerer Verletzungen in den spezifischen Unfällen.

## Risikokategorie Verkehrsunterbrechungen:

### Sicherheitsziel 9

Das **Risiko von Störungen über einen längeren Zeitraum** wird gemessen in Ausfalltagen pro Jahr und dann umgewandelt in den wirtschaftlichen Schaden, der hierdurch entsteht gemessen in Euro pro Jahr

### Sicherheitsziel 10

Das **Risiko für die Umwelt** wird bezogen auf eine Ölpest aufgrund aufgelaufener Schiffe und das Verlieren von Öl durch Züge im und außerhalb des Tunnels.

#### 9.1.7. Ermittlung von Zahlen zur Risikoquantifizierung

Die ermittelten Risikoakzeptanzkriterien wurden auf die FBQ adaptiert, um die Akzeptanzkriterien für den Straßen- und Bahntunnel, sowie für das gesamte Bauwerk der FBQ zu definieren. Eingeflossen in die Berechnung für diese Risiken sind u. a. das gewählte Tunneldesign (Breite, Länge, Unterwassertunnel, Anzahl der Fahrspuren und Geschwindigkeit, Fahrzeugtypen etc.), die Verkehrsstärke der Straße und Bahn, die Anzahl von Gefahrguttransporten, Schifffahrtsdaten und die Anzahl von betroffenen Dritten. Die betrachteten Verkehrsmengen in der Betriebsrisikoanalyse (ORA) (Anhang 7) beziehen sich auf das Prognosejahr 2030.

Die berechneten Risikoakzeptanzkriterien bilden dabei den Ausgangswert, an dem alle Risiken der FBQ gemessen werden.

Die Ergebnisse zur Ermittlung der quantifizierten Risikoakzeptanzkriterien sind in den ORA-Hauptdokumenten ausführlich aufgeführt; (siehe auch Anhang 7, „(ORA) Quantifizierte Risikoakzeptanzkriterien“).

#### 9.1.8. Unfallszenarien der Betriebsrisikoanalyse (ORA)

Folgende Unfallszenarien wurden in der Betriebsrisikoanalyse (ORA) berücksichtigt:

- Normale Straßenunfälle
- Unfälle mit Gefahrgütern im Straßentunnel
- Brandunfälle im Straßentunnel
- Mehrere gleichzeitige Unfälle im Straßentunnel

- Normale Zugunfälle
- Zugunfälle mit Gefahrgütern
- Brandunfälle im Bahntunnel
- Mehrere Zugunfälle gleichzeitig
- Straßen- und Zugunfälle gleichzeitig
- Sonstige Szenarien

Die oben genannten Szenarien wurden weiter aufgeteilt in spezifische Einzelszenarien für den Bahntunnel, den Straßentunnel und für beide Verkehrsträger in Kombination. Auch externe Einflüsse (Schiffahrt, Überflutung, Brand der technischen Ausrüstung, etc.) wurden in diversen Teilszenarien betrachtet (vgl. Anhang 7, „ORA Unfallhäufigkeiten“, Kap. 4 „Unfallszenarien“).

#### 9.1.8.1. Gefahrgutunfälle im Straßen- und Bahntunnel

Um die Risikoberechnung für Gefahrguttransporte durch den Fehmarnbelttunnel getrennt nach Bahn und Straße zu ermitteln, wurden folgende verkehrliche Eingangsdaten verwendet:

- erwarteter Güterverkehr für die FBQ jeweils für Straße und Bahn gemäß der in der Betriebsrisikoanalyse (ORA) verwendeten Verkehrsprognose
- vorliegende Statistiken über die auf der Straße und mit der Bahn transportierten Gefahrstoffmengen und -typen
- vorliegende Unfallstatistiken im Zusammenhang mit Gefahrguttransporten getrennt für die Bahn und die Straße

Außerdem wurden die von der PIARC herausgegebenen Empfehlungen über typische Unfallszenarien und Gefahrgutstoffe bei Gefahrguttransporten zu Grunde gelegt [19].

Unfälle mit folgenden Gefahrgütern wurden für den Straßen- und Bahntunnel der FBQ dementsprechend berücksichtigt:

- Ammoniak
- Chloride
- Flüssiggas (LPG)
- brennbare Flüssigkeiten
- Explosionsstoffe
- Säuren- und Basen

Teilweise wurden die Unfälle anhand des Unfallausmaßes noch weiter unterteilt.

#### 9.1.8.1. Gefahrgutunfälle im Straßen- und Bahntunnel

Um die Risikoberechnung für Gefahrguttransporte durch den Fehmarnbeltunnel getrennt nach Bahn und Straße zu ermitteln, wurden folgende verkehrliche Eingangsdaten verwendet:

- erwarteter Güterverkehr für die FBQ jeweils für Straße und Bahn gemäß der in der Betriebsrisikoanalyse (ORA) verwendeten Verkehrsprognose
- vorliegende Statistiken über die auf der Straße und mit der Bahn transportierten Gefahrstoffmengen und -typen
- vorliegende Unfallstatistiken im Zusammenhang mit Gefahrguttransporten getrennt für die Bahn und die Straße

Außerdem wurden die von der PIARC herausgegebenen Empfehlungen über typische Unfallszenarien und Gefahrgutstoffe bei Gefahrguttransporten zu Grunde gelegt [19].

Unfälle mit folgenden Gefahrgütern wurden für den Straßen- und Bahntunnel der FBQ dementsprechend berücksichtigt:

- Ammoniak
- Chloride
- Flüssiggas (LPG)
- brennbare Flüssigkeiten
- Explosionsstoffe
- Säuren- und Basen

Teilweise wurden die Unfälle anhand des Unfallausmaßes noch weiter unterteilt.

#### 9.1.8.2. Brandunfälle

Szenarien bei Bränden im und außerhalb des Tunnels sind für Reise- und Güterzüge, Autos, Busse, sowie Lastwagen mit und ohne gefährliche Güter berechnet. Für all diese Unfälle sind die Szenarien unterteilt in Brände, die schnell gelöscht oder nicht unmittelbar gelöscht werden.

Alle Brandereignisse wurden jeweils in Szenarien unterteilt, die in einer frühen oder späteren Brandphase erkannt wurden. Für diese Kombinationen wurde außerdem jeweils berücksichtigt, ob die ausmaßmindernden Tunnelausrüstungen (z. B. die Lüftungsanlage) wie vorgesehen funktionieren oder ausfallen.

#### 9.1.8.3. Unfälle mit mehreren gleichzeitigen Ereignissen

Die Szenarien für mehrere gleichzeitige Ereignisse werden berechnet für ein doppeltes Brandereignis, für einen Brand mit getrenntem Verkehrsunfall und für toxische Freisetzung in Kombination mit einem Unfall, der einen Stau verursacht.

In den Eisenbahnröhren wird die Belüftung nicht aktiviert werden, bevor die Selbstrettung/Evakuierung von Fahrgästen abgeschlossen ist. Daher werden keine Personen zwischen einem Brand und einem weiteren Unfall gefangen und somit nicht dem Risiko einer

**UNGÜLTIG!**  
Siehe Deckblatt!

Rauchvergiftung ausgesetzt. Darüber hinaus wird auf der statistischen Grundlage angenommen, dass es äußerst selten ist, dass im Bahnbereich zwei unabhängige Unfälle zur gleichen Zeit geschehen. In der Betriebsrisikoanalyse (ORA) wurde dieser Fall deshalb nicht weiter untersucht.

#### 9.1.9. Unfallhäufigkeiten

Alle Unfallhäufigkeiten werden so skaliert, dass sie insbesondere auf die Tunnelgeometrie, die Verkehrsstärke und -dichte ausgerichtet werden. Je nach der Verteilung des Verkehrs (Autos, Busse und Lastwagen oder Personenzüge und Güterzüge) lassen sich so Unfallhäufigkeiten für jeden Fahrzeugtyp finden.

#### 9.1.10. Zusammenfassung der Ergebnisse der Betriebsrisikoanalyse (ORA)

Die Betriebsrisikoanalyse (ORA) wurde der Anlage 29 in deutscher Sprache als Anhang 7 beigelegt.

Die quantifizierten Risikoakzeptanzkriterien sind ausführlich in den ORA Hauptdokumenten beschrieben. Als Ergebnis werden diese Risikoakzeptanzkriterien in der ORA mit den für die FBQ berechneten Risikowerten tabellarisch gegenübergestellt. Alle Vergleiche zeigen, dass die Risikowerte der FBQ stets unter den Risikoakzeptanzkriterien liegen.

Dadurch wird unter Anwendung anerkannter Risikoanalyseverfahren aufgezeigt, dass die Feste Fehmarnbeltquerung betrieblich sicher ist und sichere Konstruktionen berücksichtigt. Die ORA zeigt weiterhin, dass das Unfallrisiko für Personen im Tunnel (Bahnreisende, Verkehrsteilnehmer, Mitarbeiter etc.) in allen untersuchten Szenarien unter den etablierten Risikoakzeptanzkriterien liegt. Auch das Risiko für Störungen des Tunnelbetriebes ist akzeptabel und wird als gering eingeschätzt.

### 9.2. Ergänzende Risikoanalysen (Bahn)

#### 9.2.1. Alternative technische Lösung

Der geplante Tunnel entspricht den Anforderungen nach TSI SRT [1] und der EBA Tunnelrichtlinie. Im Hinblick auf die bauliche Konstruktion des sicheren Bereichs (östliche Straßenröhre als sicherer Bereich erreichbar durch Notausgangstüren alle 110 m unter Verzicht auf Querschläge) wird eine Abweichung von der Standardlösung der TSI SRT (Querschläge zwischen Bahnröhren alle 500 m) als gleichwertige technische Lösung geplant. Derartige alternative technische Lösungen sind gemäß den genannten Regelwerken zulässig, insofern der Nachweis des gleichwertigen Sicherheitsniveaus mittels eines CSM-RA-Verfahrens (Common Safety Method) [16] erbracht werden kann. Auf dieser Nachweisgrundlage ist die Zustimmung der nationalen Sicherheitsbehörde zu der alternativen Lösung einzuholen.

Mit der Risikoanalyse Bahn (siehe Anhang 3, 3a-d, 5 und 6) wird für die aktuelle Planungsphase nachgewiesen, dass die gewählte bauliche Lösung der Bahntunnel der Festen

### 9.1.8.2. Brandunfälle

Szenarien bei Bränden im und außerhalb des Tunnels sind für Reise- und Güterzüge, Autos, Busse, sowie Lastwagen mit und ohne gefährliche Güter berechnet. Für all diese Unfälle sind die Szenarien unterteilt in Brände, die schnell gelöscht oder nicht unmittelbar gelöscht werden.

Alle Brandereignisse wurden jeweils in Szenarien unterteilt, die in einer frühen oder späteren Brandphase erkannt wurden. Für diese Kombinationen wurde außerdem jeweils berücksichtigt, ob die ausmaßmindernden Tunnelausrüstungen (z. B. die Lüftungsanlage) wie vorgesehen funktionieren oder ausfallen.

### 9.1.8.3. Unfälle mit mehreren gleichzeitigen Ereignissen

Die Szenarien für mehrere gleichzeitige Ereignisse werden berechnet für ein doppeltes Brandereignis, für einen Brand mit getrenntem Verkehrsunfall und für toxische Freisetzung in Kombination mit einem Unfall, der einen Stau verursacht.

In den Eisenbahnrohren wird die Belüftung nicht aktiviert werden, bevor die Selbstrettung/Evakuierung von Fahrgästen abgeschlossen ist. Daher werden keine Personen zwischen einem Brand und einem weiteren Unfall gefangen und somit nicht dem Risiko einer Rauchvergiftung ausgesetzt. Darüber hinaus wird auf der statistischen Grundlage angenommen, dass es äußerst selten ist, dass im Bahnbereich zwei unabhängige Unfälle zur gleichen Zeit geschehen. In der Betriebsrisikoanalyse (ORA) wurde dieser Fall deshalb nicht weiter untersucht.

### 9.1.9. Unfallhäufigkeiten

Alle Unfallhäufigkeiten werden so skaliert, dass sie insbesondere auf die Tunnelgeometrie, die Verkehrsstärke und -dichte ausgerichtet werden. Je nach der Verteilung des Verkehrs (Autos, Busse und Lastwagen oder Personenzüge und Güterzüge) lassen sich so Unfallhäufigkeiten für jeden Fahrzeugtyp finden.

### 9.1.10. Zusammenfassung der Ergebnisse der Betriebsrisikoanalyse (ORA)

Die Betriebsrisikoanalyse (ORA) wurde der Anlage 29 in deutscher Sprache als Anhang 7 beigelegt.

Die quantifizierten Risikoakzeptanzkriterien sind ausführlich in den ORA Hauptdokumenten beschrieben. Als Ergebnis werden diese Risikoakzeptanzkriterien in der ORA mit den für die FBQ berechneten Risikowerten tabellarisch gegenübergestellt. Alle Vergleiche zeigen, dass die Risikowerte der FBQ stets unter den Risikoakzeptanzkriterien liegen.

Dadurch wird unter Anwendung anerkannter Risikoanalyseverfahren aufgezeigt, dass die Feste Fehmarnbeltquerung betrieblich sicher ist und sichere Konstruktionen berücksichtigt. Die ORA zeigt weiterhin, dass das Unfallrisiko für Personen im Tunnel (Bahnreisende, Verkehrsteilnehmer, Mitarbeiter etc.) in allen untersuchten Szenarien unter den etablierten

Risikoakzeptanzkriterien liegt. Auch das Risiko für Störungen des Tunnelbetriebes ist akzeptabel und wird als gering eingeschätzt.

## 9.2. Ergänzende Risikoanalysen (Bahn)

### 9.2.1. Alternative technische Lösung

Der geplante Tunnel entspricht den Anforderungen nach TSI SRT [1] und der EBA Tunnelrichtlinie. Im Hinblick auf die bauliche Konstruktion des sicheren Bereichs (östliche Straßenröhre als sicherer Bereich erreichbar durch Notausgangstüren alle 110 m unter Verzicht auf Querschläge) wird eine Abweichung von der Standardlösung der TSI SRT (Querschläge zwischen Bahnröhren alle 500 m) als gleichwertige technische Lösung geplant. Derartige alternative technische Lösungen sind gemäß den genannten Regelwerken zulässig, insofern der Nachweis des gleichwertigen Sicherheitsniveaus mittels eines CSM-RA-Verfahrens (Common Safety Method) [16] erbracht werden kann. Auf dieser Nachweisgrundlage ist die Zustimmung der nationalen Sicherheitsbehörde zu der alternativen Lösung einzuholen.

Mit der Risikoanalyse Bahn (siehe Anhang 3, 3a-d, 5 und 6) wird für die aktuelle Planungsphase nachgewiesen, dass die gewählte bauliche Lösung der Bahntunnel der Festen Fehmarnbeltquerung das geforderte gleichwertige Sicherheitsniveau erreicht, welches die Standardlösung (Querschläge alle 500 m) für den sicheren Bereich gemäß TSI SRT und der EBA Tunnelrichtlinie bieten würde.

Folgende gleichwertige alternative technische Lösungen wurden geplant:

### 9.2.2. „Sicherer Bereich“ für Bahnreisende

(siehe auch Anlage 29 Kap.4.1.4)

Der Nachweis des geforderten Sicherheitsniveaus der TSI SRT[1] wird durch eine alternative technische Lösung erbracht, welche von der Standardlösung abweicht.

Anzumerken ist, dass bei der Festen Fehmarnbeltquerung der Abstand zwischen den Querschlägen mit ca. 110 m viel kürzer ist, als die in den Regelwerken geforderten max. 500 m.

Die EBA-Tunnelrichtlinie [5] verwendet die gleiche Definition eines sicheren Bereichs wie die TSI SRT:

1. überlebensfähige Umweltbedingungen (Atemluft, Rauch, Hitze)
2. Erreichbarkeit für begleitete und unbegleitete Personen
3. die Lage muss die Selbstrettung oder eine Evakuierung durch die Einsatzkräfte ermöglichen
4. Verfügbarkeit der Kommunikation mit der Verkehrsleitzentrale (LCC)

Fehmarnbeltquerung das geforderte gleichwertige Sicherheitsniveau erreicht, welches die Standardlösung (Querschläge alle 500 m) für den sicheren Bereich gemäß TSI SRT und der EBA Tunnelrichtlinie bieten würde.

Folgende gleichwertige alternative technische Lösungen wurden geplant:

### 9.2.2. „Sicherer Bereich“ für Bahnreisende

(siehe auch Anlage 29 Kap.4.1.4)

Der Nachweis des geforderten Sicherheitsniveaus der TSI SRT[1] wird durch eine alternative technische Lösung erbracht, welche von der Standardlösung abweicht.

Anzumerken ist, dass bei der Festen Fehmarnbeltquerung der Abstand zwischen den Querschlägen mit ca. 110 m viel kürzer ist, als die in den Regelwerken geforderten max. 500 m.

Die EBA-Tunnelrichtlinie [5] verwendet die gleiche Definition eines sicheren Bereichs wie die TSI SRT:

1. überlebensfähige Umweltbedingungen (Atemluft, Rauch, Hitze)
2. Erreichbarkeit für begleitete und unbegleitete Personen
3. die Lage muss die Selbstrettung oder eine Evakuierung durch die Einsatzkräfte ermöglichen
4. Verfügbarkeit der Kommunikation mit der Verkehrsleitzentrale (LCC)

Darüber hinaus fordert die EBA-Tunnelrichtlinie Querschläge im max. Abstand von 500 m zwischen den Röhren mit Luftschleusen mit einer Mindestlänge von 12 m. Es wird angenommen, dass dies gefordert wird, um eine Rauchausbreitung zwischen der betroffenen und nicht betroffenen Tunnelröhre zu verhindern.

Für das Fehmarn-Design wurde deshalb eine ergänzende CFD-Analyse (computational fluid dynamics = rechnergestützte Strömungsdynamik) zur Rauchausbreitung zwischen den beiden Bahnrohren durchgeführt. Das Ergebnis zeigt, dass innerhalb der für eine Evakuierung benötigten Zeit nur eine unbedeutende Rauchausbreitung von der betroffenen zur nicht betroffenen Röhre stattfindet – auch wenn alle Notausgangstüren vollständig geöffnet sind. Daraus kann gefolgert werden, dass der Verzicht auf Luftschleusen zwischen den Bahnrohren nicht zu einer Risikoerhöhung für das Fehmarn-Tunnel-Design führt. Die oben genannten Ergebnisse wurden ohne aktiven Einsatz der im Bahntunnel installierten Längslüfter ermittelt. Es wurde jedoch entschieden, dass das Längslüftungssystem in der nicht von Brandfall betroffenen Bahnrohren unterstützend aktiviert wird. Die Längslüfter bauen dabei einen Überdruck in der nicht betroffenen Röhre im betroffenen Abschnitt auf, der den Rauchübertritt verhindert (siehe auch Anl. 29 Kap. 6.3 und Anhang 3, 3b).

Die EBA-Tunnelrichtlinie geht davon aus, dass immer die benachbarte Bahnrohren der „Sichere Bereich“ ist. Dies ist auch beim Fehmarn-Tunnel-Design möglich. Für das ermittelte Worst-

UNGÜLTIG!  
Siehe Deckblatt!

Case-Szenario wird jedoch der Seitenstreifen der angrenzenden Straßenröhre als „sicherer Bereich“ definiert. Der Grund hierfür ist, dass ein kombinierter Straßen-/Schienenverkehrstunnel im Gegensatz zum Bahntunnel eine viel schnellere und sicherere Rettung aus dem Straßentunnel ermöglicht.

Aufgrund der installierten Sicherheitssysteme im Straßentunnel und der geplanten Abläufe bei einer Evakuierung aus den Bahnrohren lässt sich feststellen, dass bei einer Evakuierung in den Straßentunnel (alternative Lösung) kein höheres Risiko für die flüchtenden Tunnelnutzer entsteht, als bei einem Brand in Tunnelrohren, welche alle 500 m durch Querschläge verbunden sind.

Die Risikoanalyse für den Bahnbereich der Festen Fehmarnbeltquerung ist lediglich für die Definition des „sicheren Bereichs“ (Seitenstreifen der östlichen Straßenröhre) für Bahnreisende bei einer Evakuierung im Tunnel notwendig, da hier die geplante Konstruktion eine alternative Lösung zu den geltenden Vorschriften darstellt.

Für die gewählte Tunnelkonstruktion der FBQ wird für den Bahnbereich nachgewiesen, dass eine Evakuierung aus einem Zug in die benachbarte und verkehrsfreie Bahnröhre („sicherer Bereich“) und weiter auf den Seitenstreifen der danebenliegenden Straßenröhre („sicherer Bereich“) mindestens eine gleiche Sicherheit bietet, wie die oben genannte Regellösung. Die Einsatzkräfte operieren dabei ebenfalls immer von der Straßenröhre aus.

Die entsprechende Risikoanalyse mit dem Nachweis der mindestens gleichwertigen Sicherheit wird im Rahmen des laufenden CSM-Verfahrens durchgeführt (siehe Anlage 29 Anhang 3c), sowie durch die Benannte Stelle geprüft und durch eine Zwischenprüfbescheinigung vor der Planfeststellung bestätigt. Die Zwischenprüfbescheinigungen sind als Anhang 6 beigefügt.

### 9.2.3. Bergungskonzept

Untersucht wurde auch die Bergung eines im Tunnel havarierten Zuges. Die Bergung des Zuges hängt vom Zugtyp (Triebzug, Lok-Zug) ab. Generell sind hinsichtlich der Bergung die gleichen Betriebsverfahren anzuwenden, wie außerhalb des Tunnels. Der Zug kann entweder rückwärts aus dem Tunnel herausgezogen werden, oder er wird mit Hilfe eines Vorspanns (Lok oder Triebwagen) nach vorne aus dem Tunnel gezogen. Triebzüge (z. B. ICE) können eigenständig rückwärts aus dem Tunnel fahren.

Zur signaltechnischen Sicherheit sieht das ETCS-Signalsystem hierfür einen eigenen Betriebsmodus vor. Bei Güterzügen ist stets eine Vorspannlok zu bevorzugen.

Bei einer wenig wahrscheinlichen Entgleisung ist der Zug mit Hubhilfen wieder aufzugleisen, da Kräne im Tunnel nicht eingesetzt werden können.

### 9.2.4. Zugbetriebskonzept

Hinsichtlich des Zugbetriebs der Festen Fehmarnbeltquerung sollen zur zusätzlichen Minimierung des Risikos im Bahnverkehr nicht mehr als drei Züge gleichzeitig eine

Darüber hinaus fordert die EBA-Tunnelrichtlinie Querschläge im max. Abstand von 500 m zwischen den Röhren mit Luftschleusen mit einer Mindestlänge von 12 m. Es wird angenommen, dass dies gefordert wird, um eine Rauchausbreitung zwischen der betroffenen und nicht betroffenen Tunnelröhre zu verhindern.

Für das Fehmarn-Design wurde deshalb eine ergänzende CFD-Analyse ([computational fluid dynamics = rechnergestützte Strömungsdynamik](#)) zur Rauchausbreitung zwischen den beiden Bahnrohren durchgeführt. Das Ergebnis zeigt, dass innerhalb der für eine Evakuierung benötigten Zeit nur eine unbedeutende Rauchausbreitung von der betroffenen zur nicht betroffenen Röhre stattfindet – auch wenn alle Notausgangstüren vollständig geöffnet sind. Daraus kann gefolgert werden, dass der Verzicht auf Luftschleusen zwischen den Bahnrohren nicht zu einer Risikohöherung für das Fehmarn-Tunnel-Design führt. Die oben genannten Ergebnisse wurden ohne aktiven Einsatz der im Bahntunnel installierten Längslüfter ermittelt. Es wurde jedoch entschieden, dass das Längslüftungssystem in der nicht von Brandfall betroffenen Bahnrohre unterstützend aktiviert wird. Die Längslüfter bauen dabei einen Überdruck in der nicht betroffenen Röhre im betroffenen Abschnitt auf, der den Rauchübertritt verhindert (siehe auch Anl. 29 [Kap. 6.3](#) und [Anhang 3, 3b](#)).

Die EBA-Tunnelrichtlinie geht davon aus, dass immer die benachbarte Bahnrohre der „Sichere Bereich“ ist. Dies ist auch beim Fehmarn-Tunnel-Design möglich. Für das ermittelte Worst-Case-Szenario wird jedoch der Seitenstreifen der angrenzenden Straßenröhre als „sicherer Bereich“ definiert. Der Grund hierfür ist, dass ein kombinierter Straßen-/Schienenverkehrstunnel im Gegensatz zum Bahntunnel eine viel schnellere und sicherere Rettung aus dem Straßentunnel ermöglicht.

Aufgrund der installierten Sicherheitssysteme im [Straßentunnel](#) und der geplanten Abläufe bei einer Evakuierung aus den Bahnrohren lässt sich feststellen, dass bei einer Evakuierung in den Straßentunnel (alternative Lösung) kein höheres Risiko für die flüchtenden Tunnelnutzer entsteht, als bei einem Brand in Tunnelrohren, welche alle 500 m durch Querschläge verbunden sind.

Die Risikoanalyse für den Bahnbereich der Festen Fehmarnbeltquerung ist lediglich für die Definition des „sicheren Bereichs“ (Seitenstreifen der östlichen Straßenröhre) für Bahnreisende bei einer Evakuierung im Tunnel notwendig, da hier die geplante Konstruktion eine alternative Lösung zu den geltenden Vorschriften darstellt.

Für die gewählte Tunnelkonstruktion der FBQ wird für den Bahnbereich nachgewiesen, dass eine Evakuierung aus einem Zug in die benachbarte und verkehrsfreie Bahnrohre („sicherer Bereich“) und weiter auf den Seitenstreifen der danebenliegenden Straßenröhre („sicherer Bereich“) mindestens eine gleiche Sicherheit bietet, wie die oben genannte Regellösung. Die Einsatzkräfte operieren dabei ebenfalls immer von der Straßenröhre aus.

Die entsprechende Risikoanalyse mit dem Nachweis der mindestens gleichwertigen Sicherheit wird im Rahmen des laufenden CSM-Verfahrens durchgeführt ([siehe Anlage 29 Anhang 3c](#)),

sowie durch die Benannte Stelle geprüft und durch eine Zwischenprüfbescheinigung vor der Planfeststellung bestätigt. Die Zwischenprüfbescheinigungen sind als Anhang 6 beigefügt.

### 9.2.3. Bergungskonzept

Untersucht wurde auch die Bergung eines im Tunnel havarierten Zuges. Die Bergung des Zuges hängt vom Zugtyp (Triebzug, Lok-Zug) ab. Generell sind hinsichtlich der Bergung die gleichen Betriebsverfahren anzuwenden, wie außerhalb des Tunnels. Der Zug kann entweder rückwärts aus dem Tunnel herausgezogen werden, oder er wird mit Hilfe eines Vorspanns (Lok oder Triebwagen) nach vorne aus dem Tunnel gezogen. Triebzüge (z. B. ICE) können eigenständig rückwärts aus dem Tunnel fahren.

Zur signaltechnischen Sicherheit sieht das ETCS-Signalsystem hierfür einen eigenen Betriebsmodus vor. Bei Güterzügen ist stets eine Vorspannlok zu bevorzugen.

Bei einer wenig wahrscheinlichen Entgleisung ist der Zug mit Hubhilfen wieder aufzugleisen, da Kräne im Tunnel nicht eingesetzt werden können.

### 9.2.4. Zugbetriebskonzept

Hinsichtlich des Zugbetriebs der Festen Fehmarnbeltquerung sollen zur zusätzlichen Minimierung des Risikos im Bahnverkehr nicht mehr als drei Züge gleichzeitig eine Tunnelröhre befahren. Die Häufigkeiten von Zügen im Tunnel wurden anhand eines künftigen realistischen Fahrplanszenarios ermittelt. Basis waren die vorliegenden Zugzahlen (siehe Kap. 3.1.2).

Der Fall von drei Zügen gleichzeitig in einer Röhre tritt für dieses Modellszenario nicht ein. Im Regelfall ist nur ein Zug unterwegs. Zwei Züge kommen nur mit einer Häufigkeit unter 5 % vor. Als Ergebnis dieser Risikoanalyse wird festgestellt, dass durch den Betrieb aller Züge mit dem Signalsystem ETCS Level 2 das Train Traffic Control Centre (TCC) in Kopenhagen jederzeit in der Lage ist, den Zuglauf risikominimierend zu steuern (siehe auch Anl. 29 Anhang 3).

## 9.3. Risiko-Analysen (Schifffahrt)

### 9.3.1. Bauwerkseinflüsse verursacht durch extreme, äußere Lasten

#### 9.3.1.1. Lastfall Ankerwurf und geschleppter Anker:

Zur Bemessung der Ankerschutzschicht und der Tunneldecke wurden die Ankergrößen und Ankermassen der verkehrenden Schiffe ermittelt. Für Wassertiefen < 10 m wurde ein Ankergewicht von 11 Tonnen und für Tiefen > 10m von 16,2 Tonnen verwendet. Die Untersuchungen kamen zu dem Ergebnis, dass eine 1,20 m dicke, elastische Schutzschicht auf der Tunneldecke ausreichend ist.

Tunnelröhre befahren. Die Häufigkeiten von Zügen im Tunnel wurden anhand eines künftigen realistischen Fahrplanszenarios ermittelt. Basis waren die vorliegenden Zugzahlen (siehe Kap. 3.1.2).

Der Fall von drei Zügen gleichzeitig in einer Röhre tritt für dieses Modellszenario nicht ein. Im Regelfall ist nur ein Zug unterwegs. Zwei Züge kommen nur mit einer Häufigkeit unter 5 % vor. Als Ergebnis dieser Risikoanalyse wird festgestellt, dass durch den Betrieb aller Züge mit dem Signalsystem ETCS Level 2 das Train Traffic Control Centre (TCC) in Kopenhagen jederzeit in der Lage ist, den Zuglauf risikominimierend zu steuern (siehe auch Anl. 29 Anhang 3).

### 9.3. Risiko-Analysen (Schifffahrt)

#### 9.3.1. Bauwerkseinflüsse verursacht durch extreme, äußere Lasten

##### 9.3.1.1. Lastfall Ankerwurf und geschleppter Anker:

Zur Bemessung der Ankerschutzschicht und der Tunneldecke wurden die Ankergrößen und Ankermassen der verkehrenden Schiffe ermittelt. Für Wassertiefen < 10 m wurde ein Ankergewicht von 11 Tonnen und für Tiefen > 10m von 16,2 Tonnen verwendet. Die Untersuchungen kamen zu dem Ergebnis, das eine 1,20 m dicke, elastische Schutzschicht auf der Tunneldecke ausreichend ist.

##### 9.3.1.2. Lastfall sinkendes Schiff

Ähnlich, wie für die Lastfälle Ankerwurf wurde für diesen Fall ein mögliches Szenario angenommen und ein Lastfall für ein sinkendes Schiff ermittelt, welches auf der Tunneldecke aufliegt. Aus der Häufigkeitsanalyse des Schifffverkehrs und der Art der Schiffe wurde eine max. statische Last von 110 KN/m<sup>2</sup> bestimmt, für die die Tunneldecke bemessen wurde. Bis zu dieser Lasteinwirkungen können weder Dauerschäden noch Ablösungen verursacht werden.

**UNGÜLTIG!**  
**Siehe Deckblatt!**

## 10. Schlussbemerkung

Die Ergebnisse der Risikoanalysen zeigen eindeutig, dass die Feste Fehmarnbeltquerung für die Tunnelnutzer ein hohes Sicherheitsniveau bietet, welches konform mit den gültigen Vorschriften und Richtlinien ist.

Die Sicherheitsdokumentation für den Straßen- und Bahntunnel der Festen Fehmarnbeltquerung wird in der Verantwortung der jeweiligen Tunnelmanager richtlinienkonform erstellt.

Auch für den Bahntunnel mit seinen Schnittstellen zum benachbarten Straßentunnel liegt eine formelle Erstbewertung als Zwischenprüfbescheinigung zur Tunnelsicherheit seitens der Benannten Stelle (NoBo) vor (siehe Anhang 6).

### 9.3.1.2. Lastfall sinkendes Schiff

Ähnlich, wie für die Lastfälle Ankerwurf wurde für diesen Fall ein mögliches Szenario angenommen und ein Lastfall für ein sinkendes Schiff ermittelt, welches auf der Tunneldecke aufliegt. Aus der Häufigkeitsanalyse des Schiffverkehrs und der Art der Schiffe wurde eine max. statische Last von  $110 \text{ KN/m}^2$  bestimmt, für die die Tunneldecke bemessen wurde. Bis zu dieser Lasteinwirkungen können weder Dauerschäden noch Ablösungen verursacht werden.

## 10. Schlussbemerkung

Die Ergebnisse der Risikoanalysen zeigen eindeutig, dass die Feste Fehmarnbeltquerung für die Tunnelnutzer ein hohes Sicherheitsniveau bietet, welches konform mit den gültigen Vorschriften und Richtlinien ist.

Die Sicherheitsdokumentation für den Straßen- und Bahntunnel der Festen Fehmarnbeltquerung wird in der Verantwortung der jeweiligen Tunnelmanager richtlinienkonform erstellt.

Auch für den Bahntunnel mit seinen Schnittstellen zum benachbarten Straßentunnel liegt eine formelle Erstbewertung als Zwischenprüfbescheinigung zur Tunnelsicherheit seitens der Benannten Stelle (NoBo) vor (siehe Anhang 6).

UNGÜLTIG!  
Siehe Deckblatt!

## Anhangsverzeichnis

- Anhang 1 Der Anhang 1 wurde vollständig entfernt.
- Anhang 2 Überprüfung der Einhaltung des Designs des Femern A/S Eisenbahn Transportsystems mit der TSI-SRT (2008/163/EG), der EBA Tunnelrichtlinie und der EBO (Querverweistabelle erstellt von Femern A/S)
- Anhang 3 Sicherheit im Eisenbahntunnel – Risikoanalyse von Notfallszenarien – Abschlussbericht neue Version 3D (RAT 6729-321-3D). Autor: Rambøll, Arup, Tec (RAT) v. 16.07.2014.  
Das Dokument ist erstellt unter Berücksichtigung der TSI SRT 2008/163/EG.  
Ergänzende Untersuchungen dazu:
- Anhang 3a Sicherheit im Eisenbahntunnel – Ergänzende Analyse zu den Fluchtzeitberechnungen Anl.2 zur TN Nr. RAT 6729-321-3D, Autor: Rambøll, Arup, Tec (RAT) v. 16.04.2015
- Anhang 3b Sicherheit im Eisenbahntunnel – Ergänzende Analyse des sicheren Bereichs – Druckregelung\_ Anl.3 zur TN Nr.: RAT 6729-321-3D, Autor: Rambøll, Arup, Tec (RAT) v. 16.04.2015
- Anhang 3c Feste Fehrmarnbeltquerung Eisenbahninfrastruktur Sicherer Bereich im Eisenbahntunnel, Gutachten nach der gemeinsamen Sicherheitsmethode (CSM-RA Verordnung); Referenz: 2012 QTL 79 RV\_FBFL\_02, Autor RINA vom 27.06.2014
- Anhang 3d Anhang zur RAT 6729-321-3D; Sicherheit im Eisenbahntunnel – Aktualisierte Verkehrsprognose; (RAT 6729-330-D Supplement to RAT 6729-321-3), vom 19.12.2015
- Anhang 4 Der Anhang 4 wurde vollständig entfernt.
- Anhang 5 FBQ Maßnahmen und Zeitvorgaben für die Bekämpfung von Zugbränden\_Rev.1 0 \_de von Femern A/S
- Anhang 6 Zwischenprüfbescheinigungen RINA Services S.p.A. für die Teilsysteme:
- Sicherheit in Eisenbahntunneln
  - Infrastruktur
  - Energie
  - Streckenseitige Zugsteuerung/Zugsicherung und Signalgebung
- Anhang 6a Zwischenprüfbescheinigung-Nr. 0474/8/SH2/14/SRT/EN DE/2012 QTL 79

UNGEKÜRFT  
Siehe Deckblatt!

- Anhang 6b Bescheinigung über die Konformität mit der Vorschrift TSI SRT 2008/163/EG – Absatz 4.2.2.6.5 und 4.2.2.6.1, Bescheinigungs-Nummer: 2014/SC/SRT/EN DE/2012 QTL 79; Fassung: Planungsphase: „Genehmigungsplanung für Planfeststellungsantrag“, für die Aspekte der „Sicherheit Eisenbahn in Tunneln“.
- Anhang 7 Betriebsrisikoanalyse (ORA)  
RAT 64233-002  
Autor: Rambøll, Arup, Tec (RAT) vom 03.06.2016

## Anhangsverzeichnis

- Anhang 1 [Der Anhang 1 wurde vollständig entfernt.](#)
- Anhang 2 [Überprüfung der Einhaltung des Designs des Femern A/S Eisenbahn Transportsystems mit der TSI-SRT \(2008/163/EG\), der EBA Tunnelrichtlinie und der EBO \(Querverweistabelle erstellt von Femern A/S\)](#)
- Anhang 3 [Sicherheit im Eisenbahntunnel – Risikoanalyse von Notfallszenarien – Abschlussbericht neue Version 3D \(RAT 6729-321-3D\). Autor: Rambøll, Arup, Tec \(RAT\) v. 16.07.2014.  
Das Dokument ist erstellt unter Berücksichtigung der TSI SRT 2008/163/EG. Ergänzende Untersuchungen dazu:](#)
- Anhang 3a [Sicherheit im Eisenbahntunnel – Ergänzende Analyse zu den Fluchtzeitberechnungen Anl.2 zur TN Nr. RAT 6729-321-3D, Autor: Rambøll, Arup, Tec \(RAT\) v. 16.04.2015](#)
- Anhang 3b [Sicherheit im Eisenbahntunnel – Ergänzende Analyse des sicheren Bereichs – Druckregelung\\_ Anl.3 zur TN Nr.: RAT 6729-321-3D, Autor: Rambøll, Arup, Tec \(RAT\) v. 16.04.2015](#)
- Anhang 3c [Feste Fehmarnbeltquerung Eisenbahninfrastruktur Sicherer Bereich im Eisenbahntunnel, Gutachten nach der gemeinsamen Sicherheitsmethode \(CSM-RA Verordnung\); Referenz: 2012 QTL 79 RV\\_FBFL\\_02, Autor RINA vom 27.06.2014](#)
- Anhang 3d [Anhang zur RAT 6729-321-3D; Sicherheit im Eisenbahntunnel – Aktualisierte Verkehrsprognose; \(RAT 6729-330-D Supplement to RAT 6729-321-3\), vom 19.12.2015](#)
- Anhang 4 [Der Anhang 4 wurde vollständig entfernt.](#)
- Anhang 5 [FBQ Maßnahmen und Zeitvorgaben für die Bekämpfung von Zugbränden\\_Rev.1 0 \\_de von Femern A/S](#)
- Anhang 6 [Zwischenprüfbescheinigungen RINA Services S.p.A. für die Teilsysteme:](#)
- [Sicherheit in Eisenbahntunneln](#)
  - [Infrastruktur](#)
  - [Energie](#)
  - [Streckenseitige Zugsteuerung/Zugsicherung und Signalgebung](#)
- Anhang 6a [Zwischenprüfbescheinigung-Nr. 0474/8/SH2/14/SRT/EN DE/2012 QTL 79](#)

Anhang 6b Bescheinigung über die Konformität mit der Vorschrift TSI SRT 2008/163/EG – Absatz 4.2.2.6.5 und 4.2.2.6.1, Bescheinigungs-Nummer: 2014/SC/SRT/EN DE/2012 QTL 79; Fassung: Planungsphase: „Genehmigungsplanung für Planfeststellungsantrag“, für die Aspekte der „Sicherheit Eisenbahn in Tunneln“.

Anhang 7 Betriebsrisikoanalyse (ORA)  
RAT 64233-002  
Autor: Rambøll, Arup, Tec (RAT) vom 03.06.2016

## 11. Literaturverzeichnis

[1]	Technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich „Sicherheit in Eisenbahntunneln“ im konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystem TSI - SRT CR <a href="#">Fassung 2014 (1303/2014/EU) vom 18.11.2014</a>
[2]	Technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich „Infrastruktur“ im konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystem TSI INS CR <a href="#">Fassung 2014 (1299/2014/EU) vom 18.11.2014</a>
[3]	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich „Energie“ TSI ENE <a href="#">Fassung 2014 (1301/2014/EU) vom 18.11.2014</a>
[4]	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“, TSI CCS, <a href="#">2012/88/EU vom 25.1.2012</a> ; <a href="#">Änderungsbeschlüsse zu TSI CCS sind (EU) 2015/14 vom 5.1.2015</a> , und <a href="#">2012/696/EU</a>
[5]	Eisenbahn-Bundesamt „Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und Betrieb von Eisenbahntunneln“ Stand 1.07.2008. EBA
[6]	Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an Planung, Bau und Betrieb von Schienenwegen nach AEG (Freie Strecke) (Stand 7.12.12). EBA
[7]	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung EBO ( <a href="#">Stand 25.07.2012</a> ). EBA
[8]	Richtlinie 2004/54/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 29. April 2004 über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz, ABIL 167 vom 30.04.2004, S. 39 - 91; berichtigte Fassung ABI. L 201 vom 07.06.2. EU
[9]	Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT), Ausgabe 2006; FGSV-Verlag, Köln, 2006 (eingeführt durch Allgemeines Rundschreiben Straßenbau (ARS)10/2006 vom 27.04.2006). FGSV
[10]	Leitfaden für Sicherheitsbewertungen von Straßentunneln gemäß RABT 2006 (Abschnitt 0.5), Stand 31.03.2009, BMVBS/BASt. BMVBS/BASt

UNGÜLTIG!  
Siehe Deckblatt!

## 11. Literaturverzeichnis

[1]	Technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich „Sicherheit in Eisenbahntunneln“ im konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystem TSI - SRT CR <a href="#">Fassung 2014 (1303/2014/EU) vom 18.11.2014</a>
[2]	Technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich „Infrastruktur“ im konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystem TSI INS CR <a href="#">Fassung 2014 (1299/2014/EU) vom 18.11.2014</a>
[3]	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich „Energie“ TSI ENE <a href="#">Fassung 2014 (1301/2014/EU) vom 18.11.2014</a>
[4]	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“, TSI CCS, <a href="#">2012/88/EU vom 25.1.2012</a> ; <a href="#">Änderungsbeschlüsse zu TSI CCS sind (EU) 2015/14 vom 5.1.2015</a> , und <a href="#">2012/696/EU</a>
[5]	Eisenbahn-Bundesamt „Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und Betrieb von Eisenbahntunnel“ Stand 1.07.2008. EBA
[6]	Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an Planung, Bau und Betrieb von Schienenwegen nach AEG (Freie Strecke) (Stand 7.12.12). EBA
[7]	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung EBO ( <a href="#">Stand 25.07.2012</a> ). EBA
[8]	Richtlinie 2004/54/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 29. April 2004 über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz, ABIL 167 vom 30.04.2004, S. 39 - 91; berichtigte Fassung ABI. L 201 vom 07.06.2. EU
[9]	Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT), Ausgabe 2006; FGSV-Verlag, Köln, 2006 (eingeführt durch Allgemeines Rundschreiben Straßenbau (ARS)10/2006 vom 27.04.2006). FGSV
[10]	Leitfaden für Sicherheitsbewertungen von Straßentunneln gemäß RABT 2006 (Abschnitt 0.5), Stand 31.03.2009, BMVBS/BASt. BMVBS/BASt

**UNGÜLTIG!**  
**Siehe Deckblatt!**

[11]	Leitfaden zur Erstellung einer Sicherheitsdokumentation gemäß RABT 2006 (Abschnitt 1.1.5); Entwurf vom 16.11.2009 (Kap. Gesamtsicherheitskonzept). BAST
[12]	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich der „Zugänglichkeit des Eisenbahnsystems der Union für Menschen mit Behinderungen und Menschen mit eingeschränkter Mobilität“, TSR PRM, (1300/2014/EU) vom 18.11.2014
[13]	Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG) (Stand 28.05.2015)
[14]	Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge Lokomotiven und Personenwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union TSI LOC&PAS 1302/2014 EU vom 18.11.2014
[15]	Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union TSI OPE, Ergänzung 2015/995/EU vom 8.6.2015
[16]	Durchführungsverordnung über die gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken CSM-RA, (EU) Nr. 402/2013
[17]	RICHTLINIE 2008/57/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES, vom 17. Juni 2008, über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Gemeinschaft
[18]	Regelung zur Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter RID 19.RIDÄndV.v. 31.10.2014
[19]	Transport von Gefahrgütern durch Straßentunnel; OECD/PIARC Projekt ERS2 1997-2001.
[20]	Beschluss der Kommission über die zweite Reihe gemeinsamer Sicherheitsziele für das Eisenbahnsystem; 2012/226/EU v. 23.04.2012

[11]	Leitfaden zur Erstellung einer Sicherheitsdokumentation gemäß RABT 2006 (Abschnitt 1.1.5); Entwurf vom 16.11.2009 (Kap. Gesamtsicherheitskonzept). BAST
[12]	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich der „Zugänglichkeit des Eisenbahnsystems der Union für Menschen mit Behinderungen und Menschen mit eingeschränkter Mobilität“, TSR PRM, (1300/2014/EU) vom 18.11.2014
[13]	Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG) (Stand 28.05.2015)
[14]	Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge Lokomotiven und Personenwagen“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union TSI LOC&PAS 1302/2014 EU vom 18.11.2014
[15]	Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union TSI OPE, Ergänzung 2015/995/EU vom 8.6.2015
[16]	Durchführungsverordnung über die gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken CSM-RA, (EU) Nr. 402/2013
[17]	RICHTLINIE 2008/57/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES, vom 17. Juni 2008, über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Gemeinschaft
[18]	Regelung zur Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter RID 19.RIDÄndV.v. 31.10.2014
[19]	Transport von Gefahrgütern durch Straßentunnel; OECD/PIARC Projekt ERS2 1997-2001.
[20]	Beschluss der Kommission über die zweite Reihe gemeinsamer Sicherheitsziele für das Eisenbahnsystem; 2012/226/EU v. 23.04.2012