



Anlage 29

UNGÜLTIG!
Siehe Deckblatt!

Stand: 01.10.2013

Feste Fehmarnbeltquerung
Planfeststellung

Konzept zu den
Sicherheitseinrichtungen
für die Feste
Fehmarnbeltquerung

Feste Fehmarnbeltquerung Planfeststellung

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

Aufgestellt:

Femern
Sund ≈ Bælt

Landesbetrieb
Straßenbau und Verkehr
Schleswig-Holstein
Niederlassung Lübeck



Kopenhagen, 01.10.2013
Femern A/S

Lübeck, 01.10.2013
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 2/63

Inhaltsverzeichnis



1. VORWORT	10
2. ALLGEMEINES UND ZIELE	11
2.1. Allgemeine Ziele des Konzeptes zu den Sicherheitseinrichtungen für die Feste Fehmarnbeltquerung	11
2.2. Gesetzliche Grundlagen, relevante Richtlinien und Vorschriften Bahn/Straße	14
2.2.1. Gesetzliche Grundlagen in Bezug auf die Tunnelsicherheit	14
2.2.2. Richtlinien Tunnelsicherheit Bahn	14
2.2.3. Richtlinien Tunnelsicherheit Straße	15
2.2.4. Prüfung der Vorschriften und Richtlinien durch Tabellen (cross reference lists)	15
2.2.5. Abstimmungsprozess und beteiligte Stellen	15
2.2.6. Sicherheitsdokumentation	16
3. WESENTLICHE ZAHLEN UND FAKTEN DER FESTEN FEHMARNBELTQUERUNG	17
3.1. Verkehrsprognose	17
3.1.1. Verkehrsprognose Straße	17
3.1.2. Verkehrsprognose Bahn	17
3.1.3. Fahrzeiten	17
3.2. Bauwerksdaten	18
3.2.1. Absenktunnel	18
3.2.2. Bahnbereich des Tunnels	19
3.2.3. Straßenbereich des Tunnels	20
4. SICHERHEITSKONZEPT FÜR DIE BAHN	21
4.1. Bauliche Maßnahmen zur Selbst und Fremdrettung (Bahn)	21
4.1.1. Grundsatzüberlegungen	21
4.1.2. Aufbau der Tunnelröhren der Bahn	22
4.1.3. Zugang zum Ereignis	24
4.1.4. Definition des „sicheren Bereichs“ für die Bahn	24
4.1.5. Standsicherheit des Tunnelbauwerkes (Anforderungen an Materialien)	24

4.1.6.	Längsneigung des Tunnelbauwerkes	27
4.1.7.	Ausbildung der Notgehwege neben den Gleisen.....	27
4.1.8.	Ausbildung der Notausgänge und Zugänge zum „sicheren Bereich“	28
4.1.9.	Oberleitung.....	29
4.2.	Betriebliche Anforderungen (Bahn)	30
4.2.1.	Strategie für Mischverkehr im Tunnel	30
4.2.2.	Anforderungen an Fahrzeuge (Bahn)	30
5.	SICHERHEITSKONZEPT FÜR DIE STRAÙE	32
5.1.	Bauliche Maßnahmen zur Selbst und Fremdrettung (Straße)	32
5.1.1.	Grundsatzüberlegungen.....	32
5.1.2.	Aufbau der Tunnelröhren der Straße	32
5.1.3.	Quervergleichstabelle für den Straßentunnel	34
5.1.4.	Tunnelzufahrten / Zugang zum Ereignis	37
5.1.5.	Mittelstreifenüberfahrt auf der deutschen Seite	37
5.1.6.	Definition des „sicheren Bereichs“ für die Straße	38
5.1.7.	Ausbildung der Notgehwege neben den Fahrbahnen	38
5.2.	Betriebliche Anforderungen (Straße)	39
5.3.	Rettungsplätze und Hubschrauberlandungen	39
5.3.1.	Rettungsplätze	39
5.3.2.	Landeplatz für Hubschrauber	41
6.	SICHERHEITSTECHNISCHE AUSRÜSTUNG	42
6.1.	Spezialelemente	42
6.2.	Verkehrsleitzentrale: Link Control Center (LCC).....	42
6.3.	Lüftungsanlagen	44
6.4.	Löschwasserversorgung	46
6.5.	Energieversorgung	47
6.6.	Regelbeleuchtung, Sicherheits- und Notbeleuchtung.....	47
6.7.	Verkehrserkennung und Beeinflussung	48
6.8.	Anlagen zur Kommunikation	50

7. ZUSAMMENARBEIT DER DEUTSCHEN UND DÄNISCHEN STELLEN IM EREIGNISFALL/NOTFALL.....	53
8. UNFALL UND BRANDSZENARIEN	54
8.1. Szenario Unfall/Brandfall im Eisenbahntunnel.....	54
8.2. Szenario Unfall/Brandfall im Straßentunnel	55
8.3. Szenario: Beschädigung des Tunnels durch Schiffsverkehr (Ankerwurf/Wracks)	56
9. RISIKO-ANALYSEN (BAHN/STRAßE/SCHIFFFAHRT).....	57
9.1. Risiko-Analysen (Bahn)	57
9.2. Risiko-Analysen (Straße)	59
9.3. Risiko-Analysen (Schifffahrt)	60
10. SCHLUSSBEMERKUNG	61
11. LITERATURVERZEICHNIS.....	63

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Risiken und Maßnahmen zur Sicherheit im Fehmarnbelttunnel	12
Abb. 3.1: Ansicht des Absenktunnels.....	18
Abb. 3.2: Querschnitt eines Standardelements des Absenktunnels.....	19
Abb. 3.3: Querschnitt eines Spezialelements	19
Abb. 4.1: Tunnelquerschnitt Bahnbereich	23
Abb. 4.2: Notgehwege aus den Spezialelementen	26
Abb. 4.3: Tunnelquerschnitt mit Darstellung der Oberleitung im Tunnel	29
Abb. 5.1: Querschnitt Straßentunnel	32
Abb. 5.2: Straßentunnel (Fahrbahnen Richtung Deutschland).....	34
Abb. 5.3: Zufahrtsmöglichkeiten für Einsatzkräfte Ri. Tunnel (Fehmarn).....	37
Abb. 5.4: Zentralgalerie als „Primärer sicherer Bereich“ des Straßentunnels	38
Abb. 5.5: Randstreifen an der Zentralgalerie	39
Abb. 5.6: Rettungsplatz vor dem Tunnelportal (Deutschland)Rettungsplatz auf der Nebenanlage West	40
Abb. 5.7: Rettungsplatz an der E47 auf der Nebenanlage West.....	41
Abb. 6.1: Beispiel einer Verkehrsleitzentrale	43

Tabellenverzeichnis

Tab. 5.1: Auszug aus der Quervergleichstabelle RABT – Planung Fehmarnbelttunnel	34
---	----

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 Eisenbahn Gesetz
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 (abgeschlossenes TV-Netzwerk)
CFD	computational fluid dynamics (rechnergestützte Strömungsdynamik)
CO-Messung	Kohlenstoffmonoxid Messung
CSM	Common Safety Method (Übergreifende Sicherheitsmethodik)
DK	Dänemark
E47	Europastraße 47
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
ETCS	European Train Control System (Europäische Zug Kontroll System)
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
etc.	et cetera (und so weiter)
EU	Europäische Union
FBOA	Festbremsortungsanlage
FBQ	Feste Fehmarnbeltquerung

GC		Lichtraumprofil 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 (betriebliche Risikoanalyse)
PA-System		Public address system (Lautsprechersystem)
PTZ		Pan-Tilt-Zoom (Schwenk-Kipp-Zoom)
RABT		Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln
RFC Kh		Regionale Fernsteuerzentrale der Bahn in Kopenhagen
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 (Überwachende Kontroll u. Daten Erfassung)	
SO	Schienenoberkante	
TETRA	Terrestrial Trunked Radio (terrestrischer Bündelfunk)	
TSI SRT	Technical Specification for Interoperability - Safety in Railway Tunnels (Technische Spezifikation für Interoperabilität – Sicherheit in Eisenbahn-Tunneln)	
TuRiLi	Richtlinie Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und Betrieb von Eisenbahntunneln (Tunnelrichtlinie)	
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 kann danach nur noch durch betriebstechnische Einrichtungen oder betriebliche Maßnahmen erreicht werden. 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 Straßenröhren baulich in einem Tunnелеlement 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 auch eine Zentralgalerie, in der sich die Tunnelnutzer im Notfall in Sicherheit bringen können. Das installierte Ventilationssystem sorgt für die Belüftung und Entrauchung aller Tunnelröhren und ist in der Lage einen Überdruck zur Rauchfreihaltung der Tunnelröhren aufzubauen. Der geplante Tunnelquerschnitt sorgt für eine klare Trennung der Verkehrsströme, so dass Gegenverkehr mit einem hohen Unfallpotential nicht stattfindet.

Nachstehend soll das Konzept zu den Sicherheitseinrichtungen der Festen 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.

Die Anhänge 1 bis 6 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.

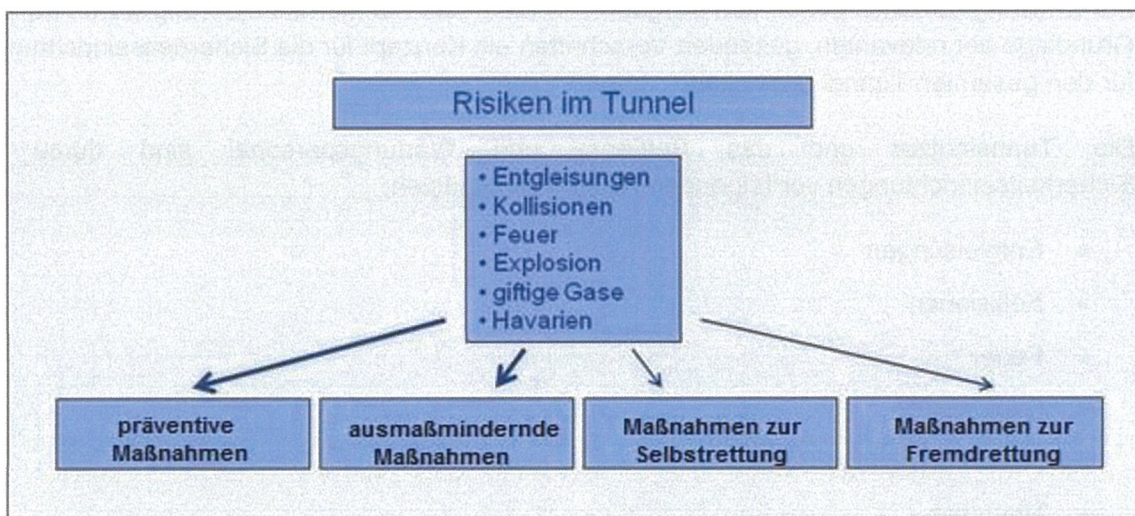


Abb. 2.1: Risiken und Maßnahmen zur Sicherheit im Fehmarnbelttunnel

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 vorgehalten. 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 ausweitert. Im Straßenbereich stellt der Bau von Seitenstreifen eine ereignismindernde 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, primäre (Zentralgalerie) und sekundäre 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 im §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, die RABT Ausgabe 2006, kommt bei der Festen Fehmarnbeltquerung nicht zur Anwendung. Gleichwohl wurden, sofern weitere deutsche nationale Vorschriften existieren, die geplanten baulichen Maßnahmen für die Feste Fehmarnbeltquerung diesen vergleichend gegenübergestellt. Diese Gegenüberstellung erfolgte um nachzuweisen, dass die geplante bauliche Lösung der Festen Fehmarnbeltquerung das gleiche oder ein höheres Sicherheitsniveau erreicht (siehe Anlage 29 Kap.2.2.4).

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. Richtlinien Tunnelsicherheit Bahn

- die technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich „Sicherheit in Eisenbahntunneln“ im konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystem TSI - SRT CR Fassung 2012 (2008/163/EG) [1]
- die technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich „Infrastruktur“ im konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystem TSI INS CR (2011/275/EU) [2]
- Die technischen Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich „Energie“ TSI ENE (2011/274/EU) [3]
- Die technischen Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich „eingeschränkt mobiler Personen“ TSR PRM (2008/164/EG) [12]

- Die technischen Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ TSI CCS (2006/860/EG) [4]
- Eisenbahn-Bundesamt „Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und Betrieb von Eisenbahntunneln“ (TuRiLi) Stand 1.07.2008 [5] (vergleichend gegenübergestellt)
- Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an Planung, Bau und Betrieb von Schienenwegen nach AEG (freie Strecke) (Stand 7.12.12) [6]
- Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung EBO (Stand 19.03.2008) [7] (vergleichend gegenübergestellt)

2.2.3. Richtlinien Tunnelsicherheit 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]
- 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) [9] (nicht angewendet, jedoch vergleichend gegenübergestellt)
- Leitfaden für Sicherheitsbewertungen von Straßentunneln gemäß RABT 2006 (Abschnitt 0.5), Stand 31. März 2009, BMVBS / BAST. [10] (nicht angewendet, jedoch vergleichend gegenübergestellt)
- Leitfaden zur Erstellung einer Sicherheitsdokumentation gemäß RABT 2006 (Abschnitt 1.1.5) Entwurf v. 16.11.2009 (Kap. Gesamtsicherheitskonzept) [11] (nicht angewendet, jedoch vergleichend gegenübergestellt)

2.2.4. Prüfung der Vorschriften und Richtlinien durch Tabellen (cross reference lists)

Das Sicherheits- und Rettungskonzept für die Feste Fehmarnbeltquerung wurde hinsichtlich möglicher sicherheitsrelevanter Abweichungen der geplanten baulichen Lösung zu den oben genannten deutschen Richtlinien und Vorschriften mittels sogenannter Querverweistabellen (cross reference lists) detailliert überprüft. Diese vergleichende Gegenüberstellung wurde zielgerichtet sowohl für den Straßen- als auch für den Bahntunnel für das Planfeststellungsverfahren durchgeführt (siehe Anlage 29 Anhang 1 und 2).

2.2.5. 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 Sicherheitsbescheinigungen für den Betrieb der neuen Infrastruktur.

2.2.6. Sicherheitsdokumentation

Diese Anlage 29 ist nicht die Sicherheitsdokumentation für die Feste Fehmarnbeltquerung. Diese Anlage wurde speziell für die Planfeststellung erstellt, um das Konzept zu den Sicherheitseinrichtungen der FBQ zu erläutern. Dabei werden sowohl bauliche als auch betriebliche Aspekte vorgestellt.

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 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.

Sicherheitsdokumentation Bahn

Als künftiges Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) hat Femern A/S den dänischen und deutschen Behörden für die Inbetriebnahme ein Vielzahl von Dokumenten zur Genehmigung einzureichen, welche die nationalen und europäischen Interoperabilitäts- und Sicherheitskriterien erfüllen müssen. Gemäß EU-Richtlinien hat die Prüfung der bahntechnischen Sicherheitsvorkehrungen 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.

3. Wesentliche Zahlen und Fakten der Festen Fehmarnbeltquerung



3.1. Verkehrsprognose

(siehe auch Anlage 26.1)

3.1.1. Verkehrsprognose Straße

Im durchschnittlich täglichen Verkehr wurden für das Jahr 2025 ca. 11.700 Kfz, davon ca. 9.800 Pkw und 1.900 schwere Kfz (Lkw und Bus) auf der FBQ prognostiziert.

3.1.2. Verkehrsprognose Bahn

Für den Bahnverkehr werden 118 Züge, davon 78 Güterzüge und 40 Personenzüge im durchschnittlichen Werktagsverkehr auf der Bahnstrecke prognostiziert.

3.1.3. Fahrzeiten

Die Gesamtlänge des Tunnels beträgt ca. 18,1 Kilometer von Portal zu Portal (davon ca. 17,6 km Absenktunnel). Bei einer Geschwindigkeit von 110 km/h auf der E47 ergibt dies eine Fahrzeit von etwa 10 Minuten für Pkw im Tunnel. 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.

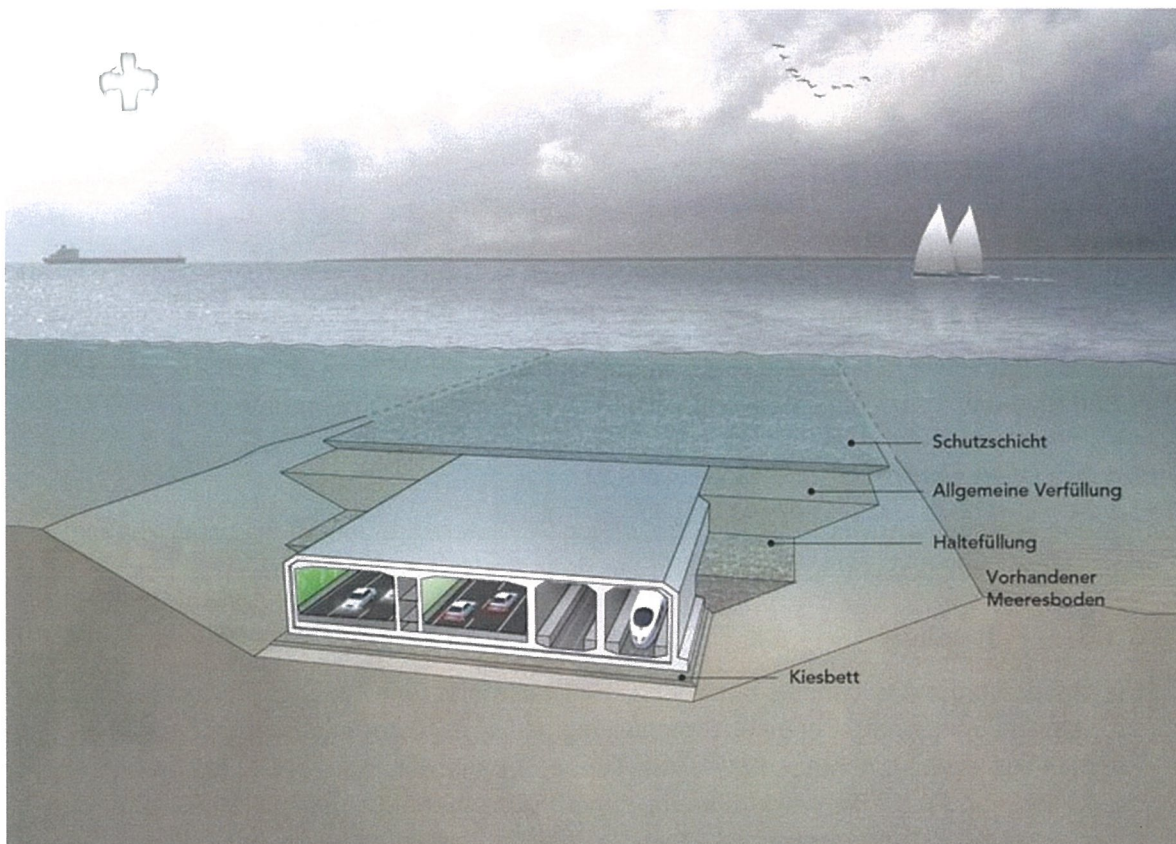


Abb. 3.1: Ansicht des Absenktunnels

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 primärer „sicherer Bereich“ und 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. 47 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 Technikebene bestehen. Der Zugang zur unteren Ebene erfolgt von der

westlichen Straßenröhre aus. Dort dient eine Haltebucht neben dem Seitenstreifen als Zugang für das Wartungspersonal. Zugangstreppen 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.

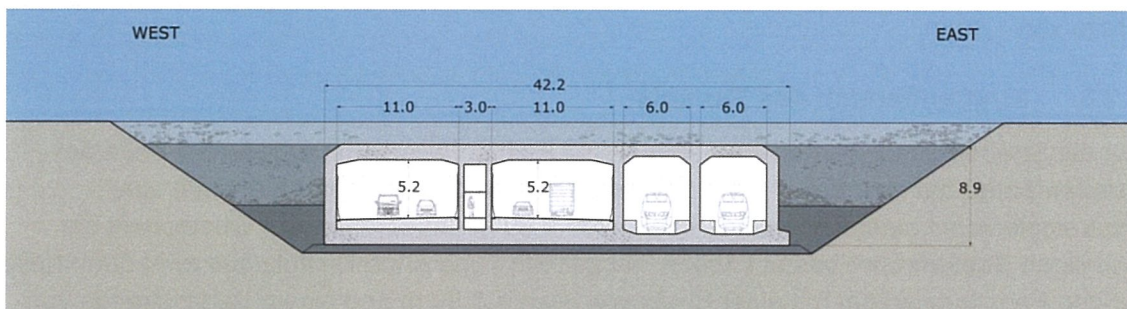


Abb. 3.2: Querschnitt eines Standardelements des Absenktunnels



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 6,05 m und eine Höhe von 6,90 m. Das vorgeschriebene Lichtraumprofil GC wird an jeder Stelle im Eisenbahntunnel freigehalten.

In den Eisenbahntunneln gibt es keine Weichen oder Übergänge, so dass 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 werden  betriebene Bahnwartungsfahrzeuge eingesetzt.

Es wird ein Entgleisungsschutz in Form von beidseitig angeordneten, massiven Betonkanten als Anfahrtsschutz 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 streckenweise variabel, jedoch mindestens in einer Breite von 1,20 m vorhanden. Die Notausgänge zwischen den Bahnröhren und zum Straßentunnel haben einen Abstand max. 110 m und haben eine lichte Breite von 1,40 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 befinden sich in einem Abstand von jeweils max. 110 m und haben eine lichte Breite von 1,20 m.

4. Sicherheitskonzept für die Bahn



4.1. Bauliche Maßnahmen zur 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 (Ri. Dänemark) sind max. alle 110 m durch Notausgangstüren miteinander verbunden. 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 dem aus eine Rettung durch die Einsatzkräfte mit Bussen stattfinden kann. Hinsichtlich der Rettung mobilitätsbehinderter Personen wird davon ausgegangen, dass diese Personen durch das Zugpersonal und durch Mitreisende begleitet werden und dass diesen geholfen wird.

Selbstrettung aus der östlichen Bahnröhre

Die Selbstrettung aus der östlichen Bahnröhre erfolgt erst dann, wenn dem Zugpersonal über die regionale Fernsteuerzentrale in Kopenhagen (RFC Kh) die Verkehrsfreiheit der benachbarten Bahnröhre bestätigt wird und das Zugpersonal den sicheren Ausstieg freigibt. Die Bahnreisenden retten sich über den seitlichen Notgehweg und die Notausgangstüren zwischen den Bahnröhren in die benachbarte westliche Bahnröhre und von dort aus weiter zum Seitenstreifen der östlichen Straßenröhre (siehe auch Anlage 29 Kap.4.1.4 und 8.2).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 Notausgangstüren 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.

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, Geschwindigkeitsreduzierung der sich noch im Tunnel befindenden Fahrzeuge, Sperren der rechten Fahrspur am Seitenstreifen etc.) erfolgen. Die Verkehrsleitzentrale 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 Notausgangstüren in den darüberliegenden Bahnbereich zum Ereignisort gelangen.

Das geplante Konzept der Selbst- und Fremddrettung (Zwei-Röhren-Rettungskonzept) im Fehmarnbelttunnel stellt eine adäquate, alternative technische Lösung zu den Anforderungen der TSI-SRT [1] und der EBA Tunnelrichtlinie [5] dar. Der Nachweis gleicher Sicherheit zu den in den Richtlinien genannten Referenzsystemen wird in Form einer unabhängig geprüften technischen Risikoanalyse (gemäß TSI SRT § 4.2.2.6.5) für die oben beschriebene Lösung erbracht (siehe Anlage 29 Anhang 3 und Anhang 6).

4.1.2. Aufbau der Tunnelröhren der Bahn

Die Tunnelröhren der Bahn sind Teil der Absenkelemente und jeweils 6,05 m breit und ca. 6,90 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 (Ri. 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 Notausgangstüren führen.

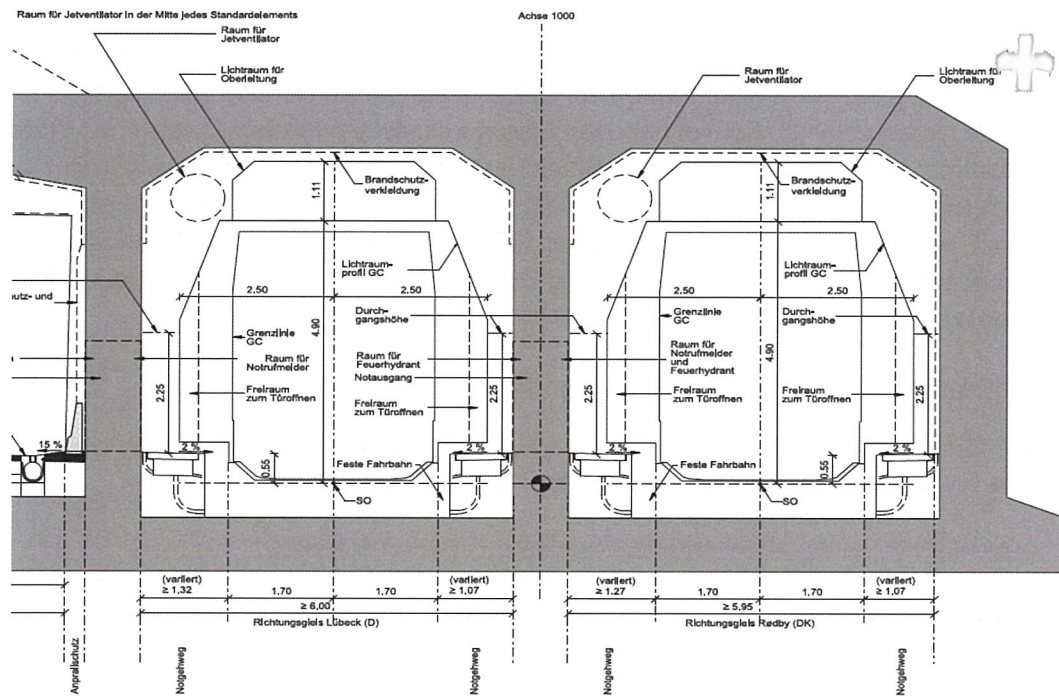


Abb. 4.1: Tunnelquerschnitt Bahnbereich

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 Bahnrohre 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 allgemein die folgenden Kriterien erfüllen:

Überlebensnotwendige Umweltbedingungen (Atemluft, Schutz vor Rauch, Hitze etc.)
Wird gewährleistet durch baulichen Brandschutz und Lüftungskonzept für den Notfall

Erreichbarkeit für begleitete und unbegleitete Personen

Wird gewährleistet durch Anordnung von Notgehwegen und Notausgangstüren
Mobilitätsbehinderten Personen wird durch Dritte geholfen

- Die Lage ermöglicht die Selbstrettung und die Evakuierung durch die Einsatzkräfte
Anordnung der Notgehwegen und Notausgangstüren führt schnell zum „Sicheren Bereich“. Von dort aus erfolgt eine Evakuierung mit Fahrzeugen durch den Straßentunnel
- Verfügbarkeit der Kommunikation mit der Regionalen Fernsteuerzentrale der Bahn (RFC Kh) und der Verkehrsleitzentrale (LCC)
Wird gewährleistet durch GSM-R, GSM, Tetra/Bos-Funk und die Tunnelnotruftechnik

Der Nachweis gleicher oder höherer Sicherheit für den „sicheren Bereich“ zu den in den Richtlinien genannten Referenzsystemen wird in Form einer unabhängig geprüften Risikoanalyse (siehe Anlage 29 Anhang 3 und Kap. 9.1) für die definierten sicheren Bereiche erbracht und durch eine Prüfbescheinigung der Benannten Stelle (NoBo) nachgewiesen (siehe Anhang 6).

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.

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. 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 EU-Richtlinien ist.

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 einbetonierten 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 h - ISO 834 ausgelegt.

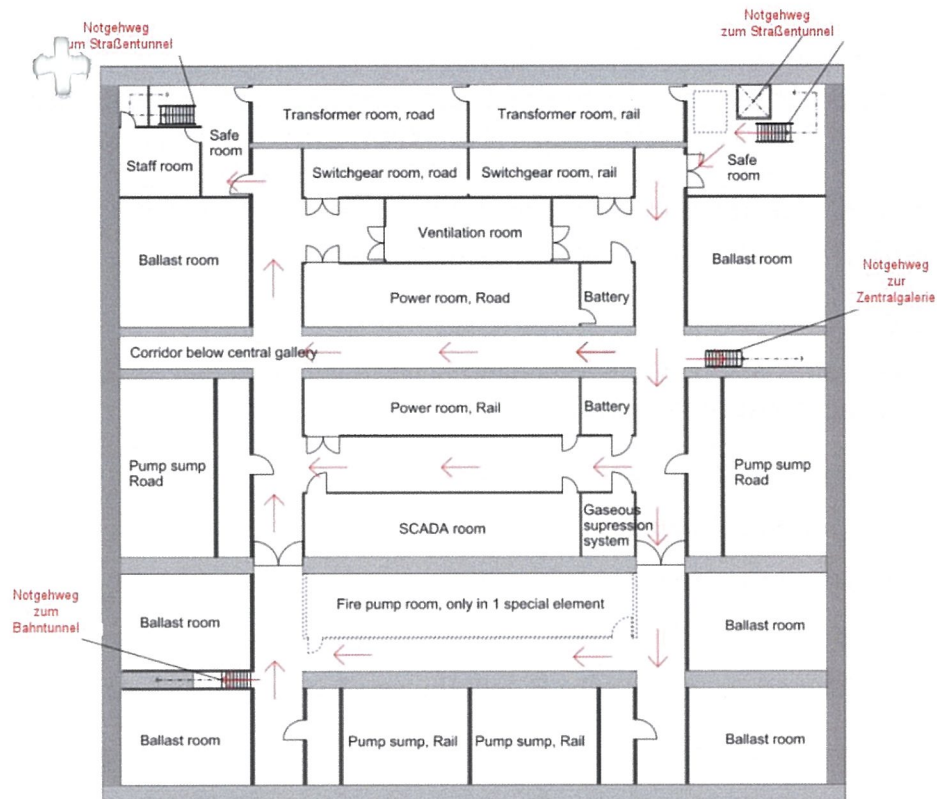


Abb. 4.2: Notgehwege aus den Spezialelementen

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. 9.1).

4.1.7. Ausbildung der Notgehwege neben den Gleisen

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.

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 und 2,25 m hoch 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“

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

Die maximale Entfernung zwischen den Notausgängen zu einem „sicheren Bereich“ darf 500 Meter 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 Meter nicht überschreiten darf, wenn keine durchgängig einseitige Längsneigung gegeben ist. Die Breite der Notausgangstüren muss nach TSI-SRT mind. 1,40 m betragen.

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 Feuerwiderstandsklasse werden Türen mit mind. einer Brandschutzklasse 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 Schwingtüren (Breite 2 x 0,70m) ausgeführt, welche sich in Fluchtrichtung zum Straßentunnel öffnen lassen.

Aus der Richtung der Straßenseite lassen sich die Türen nur mit einem Spezialschlüssel 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 5) auf den Seitenstreifen des östlichen Straßentunnels zeigt, dass die Selbstrettung in den „sicheren Bereich“ durch die Notausgangstüren 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.

4.1.9. Oberleitung

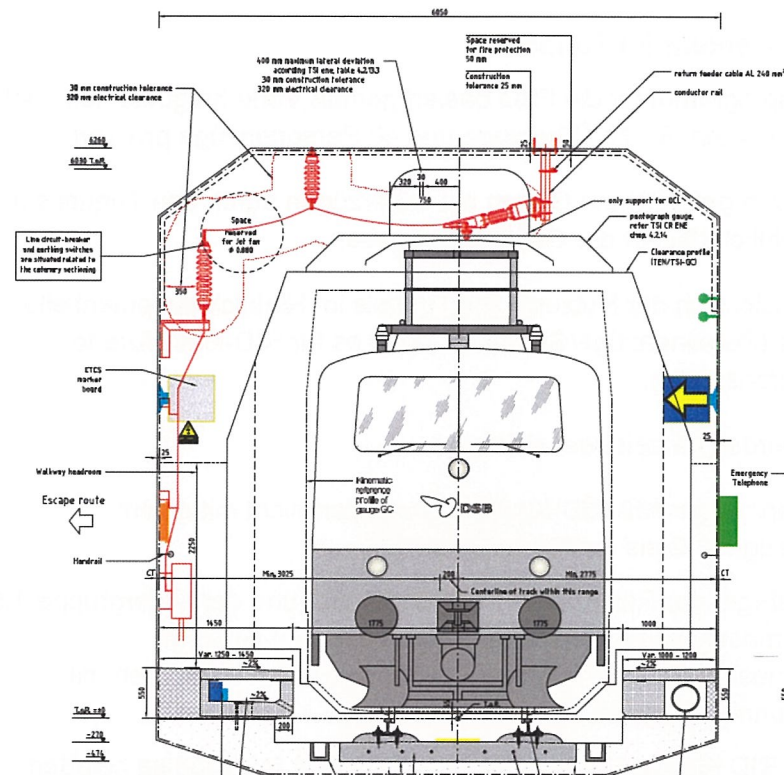


Abb. 4.3: Tunnelquerschnitt mit Darstellung der Oberleitung im Tunnel

Wie in der Abb. 4.3 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.

4.2. Betriebliche Anforderungen (Bahn)

4.2.1. Strategie für Mischverkehr im Tunnel

Das derzeit geplante Betriebsprogramm für die FBQ basiert gemäß Verkehrsgutachten (siehe Anlage 26.1) auf einem Mischverkehr für 78 Güterzüge und 40 Personenzüge pro Tag.

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

Verkehrseinschränkungen hinsichtlich der Nutzung des Tunnels im Hinblick auf potentielle Gefahren durch Mischverkehr (Personenzüge/Güterzüge) wird es für RID-klassifizierte Güterzüge geben (Gefahrguttransporte).

Folgende Beschränkungen werden derzeit beabsichtigt:

- Ein Güterzug mit Gefahrgut gemäß RID-Klassifizierung darf nicht mit einem Personenzug gleichzeitig ein Gleis im Tunnel befahren,
- Ein Güterzug mit Gefahrgut der RID Klasse 1 (Sprengstoffe) und der Untergruppe 1.5 (Sehr unempfindliche massenexplosionsfähige Stoffe) oder 1.6 (Extrem unempfindliche nicht massenexplosionsfähige Stoffe) darf nicht zusammen mit anderen Zügen den Tunnel befahren,
- Güterwagen mit einer RID Klasse 1 (Sprengstoffe) dürfen nur mit 1000 kg beladen sein.

4.2.2. Anforderungen an Fahrzeuge (Bahn)

Die Anforderungen an Fahrzeuge, die im Tunnel zu Einsatz kommen werden in der TSI SRT im Kap. 1.1.3.2 wie folgt definiert:

„Fahrzeuge, die für den Einsatz in allen Tunneln des transeuropäischen Eisenbahnnetzes konzipiert und gebaut wurden, werden als Kategorie B definiert. Es sind Brandschutzwände vorhanden, die den Schutz von Reisenden und des Personals für 15 Minuten vor den Auswirkungen von Hitze und Rauch in einem brennenden Zug ermöglichen. Durch Brandschutzwände und zusätzliche Maßnahmen für die Sicherstellung der Lauffähigkeit sind solche Züge in der Lage, in dieser Zeit bei einer angenommenen Geschwindigkeit von 80 km/h einen 20 km langen Tunnel zu verlassen und einen sicheren Bereich zu erreichen. Kann der Zug den Tunnel nicht verlassen, wird er über die entsprechenden Infrastruktureinrichtungen im Tunnel evakuiert.“

Femern A/S als verantwortliches Infrastrukturunternehmen (EIU) für die Feste Fehmarnbeltquerung wird durch entsprechende Infrastrukturbenutzungsbedingungen sicherstellen, dass nur Fahrzeuge im Tunnel zum Einsatz kommen, die den oben genannten Anforderungen genügen.

Eine wichtige Voraussetzung zur Sicherstellung einer richtigen Verfahrensweise im Ereignisfall ist die Einrichtung der Personenzüge mit einer Notbremsüberbrückung, so dass die Entscheidung zum Stoppen oder Weiterfahren generell beim Triebfahrzeugführer liegt. Ferner werden gemäß den Anforderungen der EBA Tunnelrichtlinie [5] die Fahrzeuge, mit vorgeschriebenen Löschmitteln sowie einer Notfallausrüstung ausgerüstet sein.

5. Sicherheitskonzept für die Straße

5.1. Bauliche Maßnahmen zur Selbst und Fremdrettung (Straße)

5.1.1. Grundsatzüberlegungen

Die Straßenführung der Festen Fehmarnbeltquerung setzt auf deutscher Seite den vorhandenen Ausbauquerschnitt der vier streifigen B207 (E47) 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 und im mittleren Teil als primärer „sicherer Bereich“ für die Tunnelnutzer zur Verfügung steht. Alle max. 110 m werden Notausgänge von den Straßenröhren in 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, da hier liegen gebliebene Fahrzeuge aus dem laufenden Verkehr heraus genommen werden können. Bei einem Unfall dient der Seitenstreifen u.a. dazu, die Einsatzkräfte schnell an einem Stau vorbei an die Unfallstelle zu bringen. Die Einsatzkräfte nutzen in allen Fällen auch die gesperrte nicht betroffene Straßenröhre, um zur Unfallstelle zu gelangen.

5.1.2. Aufbau der Tunnelröhren der Straße

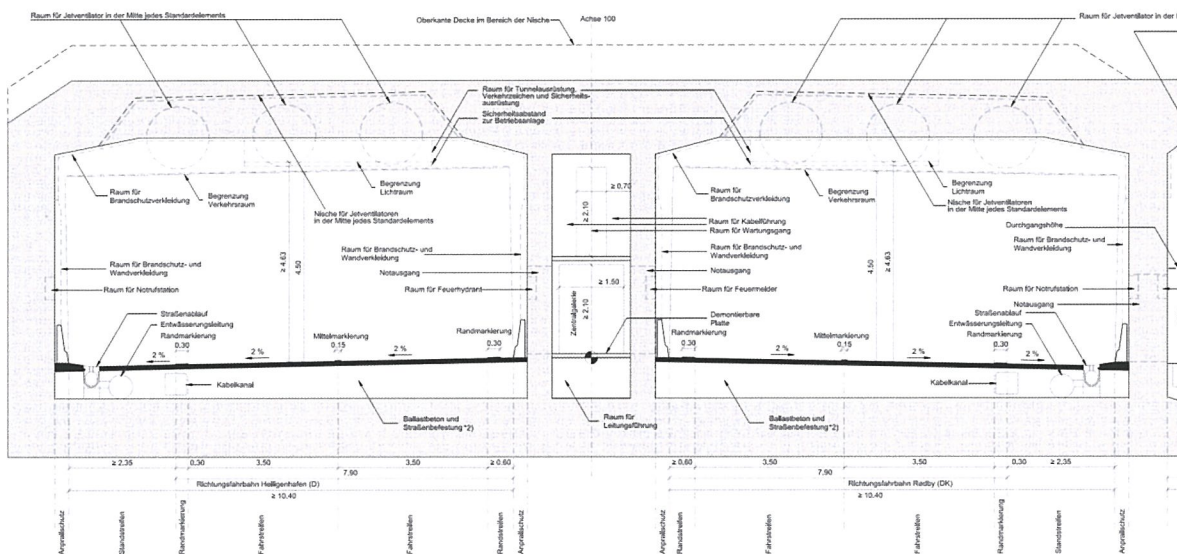


Abb. 5.1: Querschnitt Straßentunnel

Fahrbahnen

Der Innenquerschnitt einer Straßenröhre ist wie folgt aufgebaut:



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

Die lichte Breite beträgt somit 10,40 m.

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

Zentralgalerie

Zwischen den Straßenröhren befindet sich die Zentralgalerie. Diese ist ca. 2 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 feuerfeste 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 kann als temporärer sicherer Bereich bei einer Selbstrettung aus einer Straßenröhre in die andere genutzt werden. Die Mindesthöhe beträgt ca. 2,10 m. Die Straßenröhren sind über Notausgangstüren, welche sich gegenüberliegen, mit der Zentralgalerie verbunden, so dass Flüchtende zügig durch die Galerie in die nicht betroffene Straßenröhre gelangen können, nachdem diese verkehrsfrei ist. 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.

Innenausbau

Der Straßenquerschnitt im Tunnel erfüllt gemäß EU-Tunnelrichtlinie 2004/54 [8] die vorgeschriebenen Anforderungen bzgl. der Abmessungen, die es ermöglichen, die Ausstattung wie Beleuchtung, Lüftung, Verkehrs- und Sicherheitseinrichtungen in speziellen Deckenquerschnitten außerhalb des 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 (Fahrbahnen Richtung Deutschland)

Um die Aufmerksamkeit der Tunnelnutzer während der Tunneldurchfahrt zu erhöhen, ist der Straßentunnel in Zonen mit unterschiedlicher, farblicher Beleuchtung unterteilt.

5.1.3. Quervergleichstabelle für den Straßentunnel

In dieser Tabelle werden die Anforderungen der RABT und die Planung des Fehmarnbelt-tunnels gegenübergestellt (siehe auch Anhang 1).

Tab. 5.1: Auszug aus der Quervergleichstabelle RABT – Planung Fehmarnbelttunnel

Objekt	RABT	Femern-Entwurfsplanung
Tunnellängsneigung	Eine Tunnellängsneigung von über 5% soll vermieden werden	Es wird eine Tunnellängsneigung von 1,25% nicht überschritten
Straßenprofil, Deckenstruktur	Querschnitt 26T mit einer Breite der Fahrstreifen von 3,50 m, und einem Seitenstreifen von 2,00 m. Gesamtbreite der Richtungsfahrbahn= 10,00 m Höhe 4,50 m.	Diese Anforderung wird erfüllt; die Breite der Fahrstreifen beträgt 3,50 m und die Breite des Seitenstreifens beträgt > 2,35 m. Die Gesamtbreite der Richtungsfahrbahn ist größer als 10,40 m. Die lichte Höhe beträgt 4,50 m.
Beleuchtung, allgemein	Die Beleuchtung muss DIN 67524 entsprechen. Ein Tageslichtschutz ist nicht	Die Beleuchtung erfolgt nach der Richtlinie NVF-Bericht Nr. 4/1995 „Belysning af vej-tunneler“

Objekt	RABT	Femern-Entwurfsplanung
	erforderlich.	(Beleuchtung in  Straßentunneln), die in Dänemark verbindlich ist. Diese Richtlinie hat höhere Anforderungen als die DIN 67524. An den Portalen ist ein Tageslichtschutz vorgesehen, um die Sicherheit beim Befahren und Verlassen der Röhren zu erhöhen.
Lüftung, Auslegung für den normalen Betrieb	Es ist eine Auslegung gemäß CO-Werten und Sicht vorgesehen.	Es wurde nachgewiesen, dass der CO-Wert kein Auslegungsfaktor ist. Die Lüftungsleistung basiert auf einem Schwellenwert für NO ₂ von 1 ppm und einem Schwellenwert für die Sicht von 0,005 m ⁻¹ .
Lüftung bei einem Brand, Auslegungsbrand-größe	Max. 100 MW sind vorgeschrieben Bemessungsbrandleistung aufgrund Lkw-Aufkommen und Tunnellänge.	Als Bemessungsbrandgröße wurden max. 200 MW angesetzt.
Lüftung bei einem Brand, Gesamtkonzept	Für Tunnel mit Einbahnverkehr und Staus nur im Ausnahmefall <i>Entweder</i> . Lüftung in Längsrichtung mit punktueller Absaugung ≤ 2.000 m <i>Oder</i> : Absaugung über Absaugöffnungen in Hängedecken	Es ist eine Lüftung in Längsrichtung ohne punktuelle Absaugungen vorgesehen. Das Lüftungskonzept wurde anhand einer Risiko-Analyse überprüft. Siehe Kap. 6.3
Lüftung bei einem Brand, Steuerung	Die Steuerung der Brandfall-Lüftung muss mindestens in der Selbstrettungsphase automatisch erfolgen.	Es werden unterschiedliche Maßnahmen, wie Notrufstationen, Brandmeldekabel, Videoüberwachung und Kameras zur automatischen Störfallerkennung (AID) zur Branderkennung eingesetzt. Erst nach Auswertung des Ereignisses wird von der Verkehrsleitzentrale (LCC) die Brandfall-Lüftung zielgerichtet eingeschaltet, dessen Steuerung dann bis zum Einsatz der Rettungskräfte automatisch läuft.
Lüftung, Steuerung	Es sind Sichtmessstationen in einem Abstand von max. 300 m	Zur Messung der Luftqualität werden NO ₂ -, Sicht- und

Objekt	RABT	Fern-Entwurfsplanung
	vorzusehen.	Temperatursensoren in ausreichender Anzahl vorgesehen. Die genaue Festlegung erfolgt im Rahmen der Ausführungsplanung.
Seitenstreifen/Haltebuchten	Die etwaige Bereitstellung von Seitenstreifen muss einer Kosten-Nutzen-Analyse unterzogen werden. Wenn keine Seitenstreifen vorgesehen sind, müssen in einem Abstand von maximal 600 m Haltebuchten vorgesehen sein.	Es sind durchgehende Seitenstreifen vorgesehen. Zusätzlich sind Haltebuchten ausschließlich für Instandhaltungsfahrzeuge an Technikräumen in Spezialelementen vorgesehen.
Notausgänge	Es sind Notausgänge in einem Abstand von maximal 300 m vorzusehen. Die Fluchtkorridore müssen rauchfrei gehalten werden.	Der Abstand zwischen den Notausgängen beträgt etwa 110 m. Eine separate Lüftung sorgt für einen Überdruck im zentralen Galeriegang.
Notausgangstüren	Die normale Lösung basiert auf Angeltüren. Bei speziellen Anforderungen sind Schiebetüren zulässig. Die lichte Öffnung muss 1 m breit und 2 m hoch sein.	Schiebetüren mit: Breite 1,20 m / lichte Höhe 2,00 m
Notgehwege	An beiden Seiten der Fahrstreifen müssen 1 m breite Notgehwege vorgesehen werden.	An der Innenseite der Fahrstreifen ist ein 0,6 m breiter Randstreifen vorgesehen. An der Außenseite wird der Seitenstreifen >2,35m genutzt.
Notfallstationen	Es sind Notfallmeldestationen in einem Abstand von maximal 150 m und in jeder Haltebucht vorzusehen. Die Station muss begehbar sein und es muss eine Tür zur Verkehrsröhre hin geschlossen werden können.	Es sind Stationen etwa alle 110 m vorgesehen. Die Stationen sind zur Verkehrsröhre hin offen.
Brandbekämpfungseinrichtung	Zur Versorgung von Hydranten ist eine Löschwasseranlage vorzusehen. Diese muss eine Ringhauptleitung mit einer Kapazität von 1.200 l/min bei einem Druck von 6 bis 10 bar haben. Dieser Druck muss eine Stunde lang garantiert werden können.	Eine Löschwasseranlage wurde im Entwurf berücksichtigt. Optional wird eine Sprühwasserlöschanlage in allen Röhren in der Planung berücksichtigt.

5.1.4. Tunnelzufahrten / Zugang zum Ereignis

Die Einsatzkräfte fahren auf deutscher Seite im Einsatzfall über die vorhandenen Zufahrten 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.

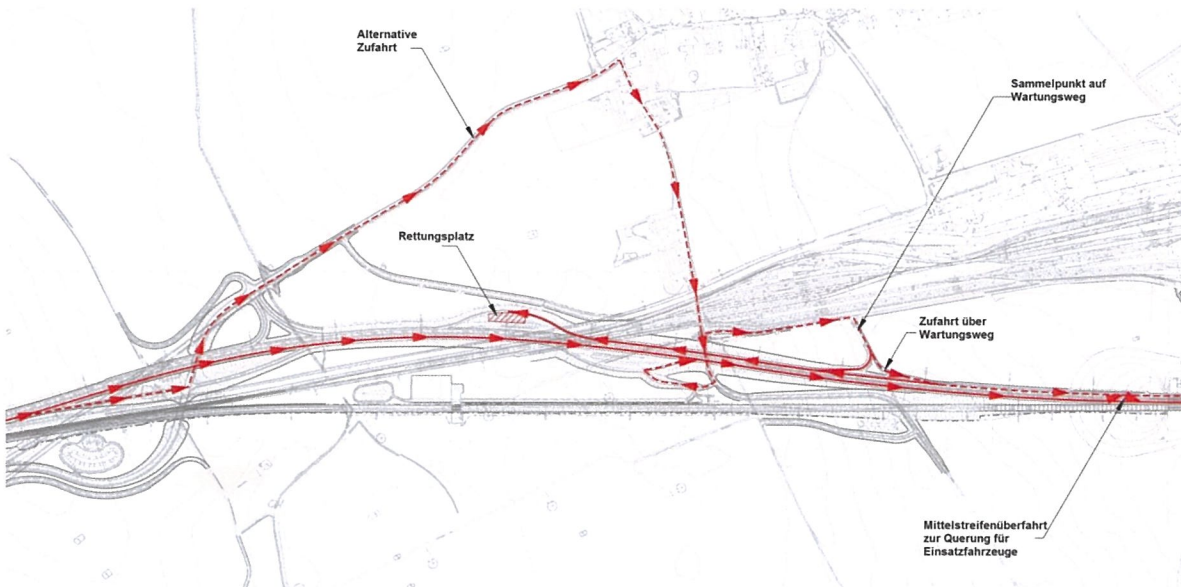


Abb. 5.3: Zufahrtsmöglichkeiten für Einsatzkräfte Ri. Tunnel (Fehmarn)

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 dänischen Einsatzkräfte in die nicht vom Ereignis betroffene Röhre (Ri. Deutschland).

5.1.5. Mittelstreifenüberfahrt auf der deutschen Seite

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.

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, so dass Gegenverkehr ausgeschlossen wird.

5.1.6. Definition des „sicheren Bereichs“ für die Straße

Ereignis: Unfall/Brandfall in einer der Straßenröhren

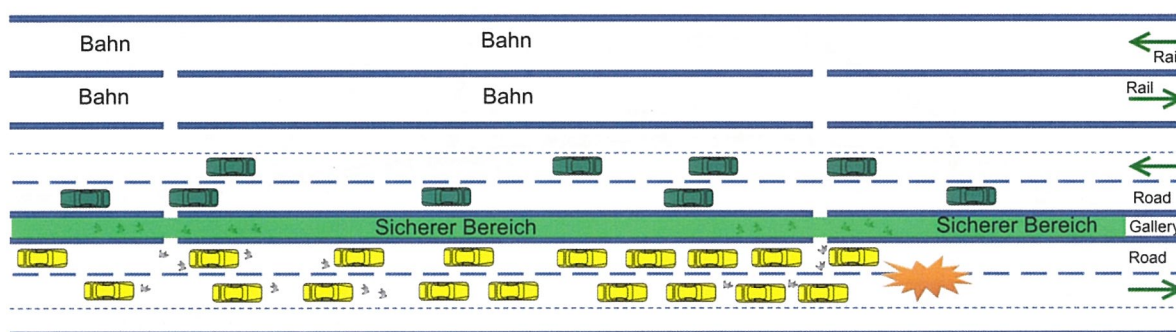


Abb. 5.4: Zentralkategorie als „Primärer sicherer Bereich“ des Straßentunnels

Bei einem Brandfall werden die Tunnelnutzer nach Verlassen des Fahrzeuges immer erst in der Straßenröhre weg vom direkten Brandort flüchten. Die Zentralkategorie dient danach als primärer „sicherer Bereich“ für flüchtende Tunnelnutzer und das Betriebs- und Wartungspersonal. Letztlich ist immer die nicht vom Ereignis betroffene Straßenröhre der „Sichere Bereich“ (sekundärer sicherer Bereich), aus dem eine finale Rettung stattfindet.

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

5.1.7. Ausbildung der Notgehwege neben den Fahrbahnen

Notgehwege sind gemäß Anhang 1; Punkt 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 Zentralkategorie jeweils ein Notgehweg mit einer Breite von 0,60m 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, was ein Überfahren signalisiert und eine Fahrkorrektur bewirkt. Ein

Touchieren des Hochbordes mit abrupter Gegenbewegung, bzw. Abprallen wird dadurch ausgeschlossen. Der Bewegungsraum von Behinderten wird im Ereignisfall nicht eingeschränkt. 



Abb. 5.5: Randstreifen an der Zentralgalerie

5.2. Betriebliche Anforderungen (Straße)

Anforderungen an Fahrzeuge (Gefahrguttransporte)

Die 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. Die ADR-Vorschrift 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 Fehrmarnbeltquerung sollen unter Anwendung der ADR-Vorschrift keine Beschränkungen für Gefahrguttransporte erlassen werden. Eine durchgeführte Betriebsrisikoanalyse zeigt, dass auch ohne Einschränkungen für Gefahrguttransporte im Tunnel die vorgegebenen Annahmekriterien 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

Die Ausweisung von Rettungsplätzen zur Erstversorgung und Behandlung von geretteten Personen wird sowohl für den Straßen- als auch für den Bahnverkehr bei Verkehrstunneln vorgeschrieben.

Gemäß den Vorgaben sind für die Feste Fehmarnbeltquerung auf deutscher Seite folgende Rettungsplätze vorgesehen:

Rettungsplatz vor den Tunnelportal

Für die Anforderungen aus dem Bahnbereich wird unmittelbar vor dem Tunnelportal auf den Richtungsfahrbahnen der E47 nach Dänemark ein 1.500 m² 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 Kap. 5.1.5). Die Nutzung dieses Rettungsplatzes wird im Einsatzplan festgelegt.

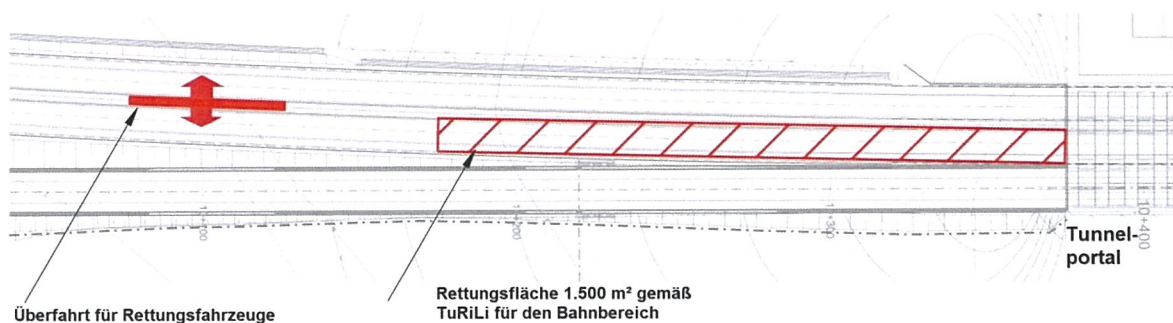


Abb. 5.6: Rettungsplatz vor dem Tunnelportal (Deutschland) Rettungsplatz auf der Nebenanlage West

Als zusätzliche Fläche für die Rettungs- und Einsatzkräfte ist auf der Nebenanlage West direkt an der E47 zwischen dem Tunnelportal und der Ausfahrt Puttgarden ein weiterer 1.500 m² Rettungsplatz ausgewiesen. Die Nutzung wird im Einsatzplan festgelegt.

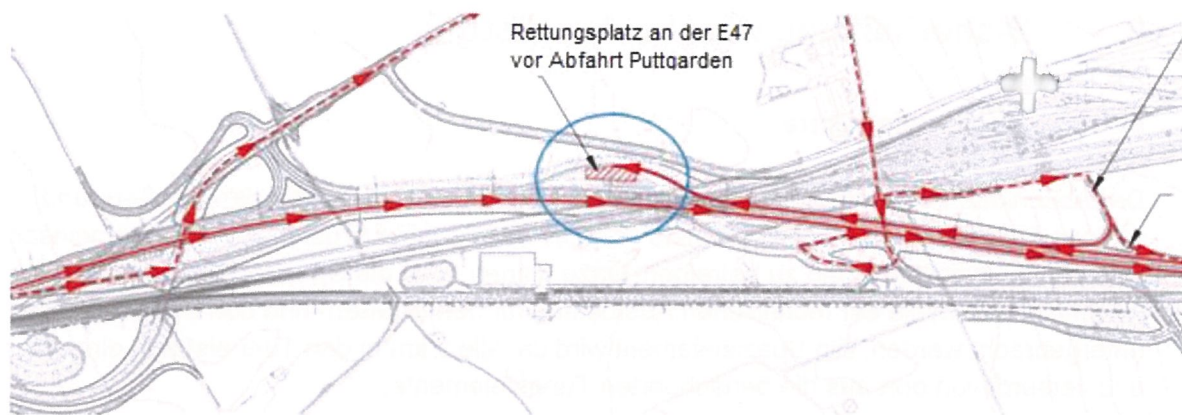


Abb. 5.7: Rettungsplatz an der E47 auf der Nebenanlage West

5.3.2. Landeplatz für Hubschrauber

Es ist vorgesehen, auf der Nebenanlage Ost einen befestigten Bereich für Hubschrauberlandungen vorzuhalten. Hier sollen auch größere Hubschrauber (z.B. Typ Bell UH 1D) im Ereignisfall landen können. Die Größe der Fläche beträgt $30\text{m} \times 30\text{m} = 900\text{ m}^2$. Die Anordnung der befestigten Fläche wird so gewählt, dass sie hindernisfrei anzufliegen ist.

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 Tunnelelemente.

6.2. Verkehrsleitzentrale: Link Control Center (LCC)

Eine funktionierende Tunnelbetriebstechnik ist eine wesentliche Voraussetzung für die Umsetzung des Sicherheitskonzeptes 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 (LCC), welche auf der dänischen Seite angeordnet wird. Auf der deutschen Seite wird am Tunnelportal eine Unterzentrale gebaut, welche alle Funktionen des Tunnelbetriebes als back-up übernehmen kann. Diese Unterzentrale wird nur im Notfall mit Personal besetzt. 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 in Dänisch, Deutsch und Englisch mit allen beteiligten Stellen kommunizieren. Dies gilt uneingeschränkt für den Straßenverkehr im Tunnel. Hinsichtlich der Kontrolle des Bahnverkehrs wird es darüber hinaus eine Zusammenarbeit zwischen der Verkehrsleitzentrale (LCC) und dem Kontrollzentrum von Banedanmark (Regionale Fernsteuerzentrale der Bahn (RFC Kh) in Kopenhagen geben. Zwischen diesen beiden Stellen wird es eine permanente Kommunikationsverbindung eingerichtet, über die im Ereignisfall das Notfallmanagement unter Berücksichtigung festgelegter Handlungsabläufe erfolgt.



Abb. 6.1: Beispiel einer Verkehrsleitzentrale

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, Bahnstromversorgung, Signalsteuersystem, Kommunikationssysteme etc.), das Steuersystem aber muss 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 Eisenbahntunnelkomplex 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
- Tunnelbelüftung
- Belüftung der Zentralgalerie
- Belüftung der Anlagenräume
- Wasserversorgungssystem
- Kommunikationssystem
- Verkehrsleitsystem einschließlich CCTV

6.3. Lüftungsanlagen

Die Tunnellüftung dient bei Bedarf der Versorgung des Tunnels mit Frischluft sowie der Steuerung der Entrauchung im Brandfall. Darüber hinaus sind über die Tunnellüftung die Einhaltung der Schadstoffgrenzwerte im Tunnel zu gewährleisten. In einer Risikoanalyse (siehe Anlage 29 Kap. 9. und Anlage 29 Anhang 3 und 4) wurden Brandfälle im Straßen und Bahntunnel untersucht.

Lüftung Straßentunnel

Die Belüftung der Straßenröhren ist bei Normalbetrieb und im Brandfall wichtig. 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 durch die Lüftung 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
- Sichttrübungsmessungen
- CO-Messungen
- NOx-Messungen

überwacht. Wenn die vordefinierten Grenzwerte für gesundheitsschädliche Abgase oder für die Sicht im Tunnel überschritten werden, 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.



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 in der nichtbetroffenen Straßenröhre ein Überdruck aufgebaut 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 Giftwolke (≤ 11 km/h) aus dem Tunnel heraus. Evtl. in Fahrtrichtung lieengebliebene 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 Zentralgalerie 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 (siehe Anlage 29 Kap. 9.2) wurde auch der Fall eines Auffahrunfalls am Stauende und das dazu notwendige Rettungsszenario untersucht.

Lüftung Zentralgalerie

Die Zentralgalerie wird im Normalbetrieb jeweils über die Portale mittels Lüfter mit Frischluft versorgt. Dabei wird hinsichtlich der Lüfterleistung berücksichtigt, dass max. zwei Türen zum Straßentunnel geöffnet sind.

Öffnen in Brandfall die Fluchtenden die Notausgangstüren von der Brandröhre zur Zentralgalerie, so herrscht dort noch kein Überdruck. Die in der Brandröhre in Fahrtrichtung laufenden Längslüfter verhindern allerdings, dass zu diesem Zeitpunkt Rauch in die Zentralgalerie eindringen kann.

Im Brandfall wird in der nicht betroffenen Straßenröhre durch gegeneinander laufende Längslüfter ein starker Überdruck aufgebaut. Sobald die Notausgangstüren von der Zentralgalerie zu dieser Röhre geöffnet werden, baut sich auch in der Galerie ein Überdruck auf, der einen Raucheintritt in die Galerie bzw. einen Rauchübertritt in die nicht betroffene Straßenröhre verhindert.

Lüftung Bahntunnel

Auch die Bahntunnelröhren lassen sich über Strahlventilatoren vom Einfahr- zum Ausfahrportal be- und entlüften. Dies ist im Brandfall besonders wichtig, da die Geometrie des Tunnels als Wannenlage keine durchgängige einseitige Längsneigung ermöglicht und somit ein Kamineffekt nicht eintreten kann.

Im Brandfall oder bei erhöhten Schadstoffkonzentrationen wird die Entrauchung jedoch erst angefahren, wenn die Evakuierung abgeschlossen ist, da Luftverwirbelungen in den Bahnrohren entstehen können, die wegen nachfolgender Verrauchung des Querschnitts die Evakuierung erschweren würden. Für die Bahnrohre erfolgt ebenfalls eine permanente Überwachung der Luftqualität.

Die Rauchfreiheit des Notgehweges für die Bahnreisenden wurde anhand einer CFD-Modell Simulation mit einer anerkannten Software nachgewiesen. Für den Fall eines brennenden Zuges in der östlichen Bahnrohre (worst case) wurde durch die Simulation nachgewiesen, dass in einem Simulationszeitraum bis zu 1200 Sekunden nach Ereignisbeginn der Notgehweg durch die westliche Bahnrohre und weiter in den Straßentunnel rauchfrei möglich sind (siehe Anhang 3).

6.4. Löschwasserversorgung

Im Tunnel wird eine Löschwassereinrichtung installiert. An den Tunnelportalen werden Löschwassertanks für die Erstversorgung der Löschwassereinrichtungen vorgehalten. Die Hydranten werden in den Straßen- und Eisenbahnrohren im Abstand von max. 110 m angebracht. Der Mindestdruck an jedem Hydrantenanschluss beträgt 6,0 bar

Weitere Anforderungen, die berücksichtigt werden, sind:

- Die Löschwasserleitungen müssen abschnittsweise betrieben werden können; sie sind in geschützter Lage zu verlegen.
- Die Förderleistung für die Hydrantenlöschwasserversorgung muss mindestens 20 l/s über 60 Minuten vorgehalten werden. Der Fließdruck bei der Entnahme von Löschwasser muss mindestens 6 bar betragen. Der Löschwassertank im Portalgebäude auf Fehmarn hat eine Kapazität 600 m³ für die Versorgung der Löschwassereinrichtung über die Hydranten und für die optionale Sprühwasserlöschanlage (siehe unten).

Durch das Konzept ortsfester Trockenleitungen und Zuführungen mit kurzen Abständen zwischen den Entnahmestellen lässt sich der zeitkritische Aufbau des Wasserdruckes einer Schlauchleitung vermeiden.

Optionale Sprühwasserlöschanlage

Zum Schutz des Bauwerkes und der Betriebstechnischen Tunnelausstattung ist eine Sprühwasserlöschanlage nicht erforderlich. Weder dänische, noch europäische oder deutsche Regelwerke schreiben den Einbau einer Sprühwasserlöschanlage in Straßentunneln vor. Die für den Straßentunnel der FBQ durchgeführten Nachweise „gleicher Sicherheit“ wurden erfolgreich ohne die Berücksichtigung einer Sprühwasserlöschanlage erbracht.

Unabhängig davon wird derzeit geprüft, ob eine Sprühwasserlöschanlage zur Erhöhung der Sicherheit bei der Gefahrenabwehr sowie zur Ausmaßminderung eines möglichen Brandes im Straßentunnel installiert werden soll. Die Erfahrungen aus dem Einsatz solcher Anlagen werden derzeit gesammelt und deren Vor- und Nachteile ausgewertet. Eine mögliche Installation einer Sprühwasserlöschanlage im Straßentunnel wurde bei der Planung baulich im Hinblick auf den Platzbedarf in den Normal- und Spezialelementen berücksichtigt.

Der Bahntunnel erhält keine Sprühwasserlöschanlage. Gemäß dem heutigen Stand der technischen Untersuchungen wird der Einsatz von Sprühwasserlöschanlagen im Bahntunnelbereich weiterhin als nicht zielführend bewertet. Überwiegende Argumentation ist die Brandentstehung und –ausbreitung innerhalb eines Zuges, die durch eine außen wirkende Sprühwasserlöschanlage 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

Die Energieversorgung für die Tunnelbetriebstechnik erfolgt im Regelfall aus dem dänischen Hochspannungsnetz über das dänische Betriebsgebäude. Über Trafostationen wird die Hochspannung auf das im Tunnel vorgesehene 20 kV-Mittelspannungsnetz herunter transformiert. 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, so dass 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.

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

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.

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.

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 Fremdrettung die Personen durch beleuchtete Fluchtwegmarkierungen und Fluchtwegweiser schnell einen sicheren Bereich erreichen können.

Die einzelnen Leuchten der Notbeleuchtung werden in eingleisigen Tunnelröhren an beiden Tunnelwänden im Bahnbereich 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

Erkennung der Verkehrslage (CCTV-Anlagen)

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 Kamerateypen zeichnen bei Tageslicht/genügend Ausleuchtung in den Straßenröhren in Farbe und in schwarz/weiß mit Infrarotlicht-Unterstützung im Dunkeln auf, um die höchste Qualität bei bestem Erkennungsfaktor zu erreichen

Im Bahnbereich werden keine CCTV-Anlagen installiert.

Kameras mit automatischer Störfallerkennung (AID)

AID-Kameras werden einzig im Straßentunnel installiert und setzen Software ein, die 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

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 Nottür 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.

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 gemäß einem definierten Programm.

Absperrsysteme

Schranken werden an jedem Portal angebracht, um zu verhindern, dass die Tunnel während eines Unfalls befahren werden. Auch bei Vollsperrungen für Wartungszwecke werden die Absperrsysteme eingesetzt.

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 Hinweistafel 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

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.

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 Notruffernsprechers 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 befindet sich eine Beleuchtung und ein manueller Brandmelder.

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.

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.

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.

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.

GSM-Rail (Nur Eisenbahnröhren)

GSM-Rail 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.

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



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.

Die Gesamtleitung an Unfallorten auf deutschem Hoheitsgebiet hängt von der Art des Ereignisses ab. Gemäß einer vorläufigen Vereinbarung werden alle Vorkommnisse zunächst als Brand eingestuft.

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.

Dennoch muss die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses im Zuge 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 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 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, dass ein brennender Zug im Tunnel anhält, und die Evakuierung aus einer Eisenbahntrasse 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 Eisenbahntrassen in die östliche Straßenröhre. Die Evakuierung der östlichen Bahntunnelröhre erfolgt zuerst in die westliche Bahntunnelröhre.

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

Simulation der Brandausbreitung unter permanenter Ermittlung der Sichtweiten und Temperaturen in beiden Bahntrassen (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 Temperature



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 (Männlich, weiblich, Kinder sowie Mobilitätsbehinderte) eine max. Dauer der Evakuierung von 448 s (7,5 Min.) nach Freigabe durch das Zugpersonal ermittelt. 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 erfüllt:

- Es bestehen bei einer Evakuierung (Selbstrettung) überlebensfähige Umweltverhältnisse im Bereich der Notgehwege.
- Alle Reisenden (auch Mobilitätsbehinderte) 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 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, so dass 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. 9.1 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.
- 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 weg zu räumen und sich danach in der Zentralgalerie 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 aktiviert, um dort im betroffenen Tunnelabschnitt durch Ventilation von zwei Seiten den erforderlichen Überdruck zu erzeugen, der nötig ist, um ein Eindringen von Rauch zu verhindern. Dadurch bleiben die nichtbetroffene Röhre und die Zentralgalerie auf jeden Fall rauchfrei, so dass sich die Tunnelnutzer dorthin in Sicherheit bringen können.
- Die Tunnelnutzer werden durch Hinweisschilder und entsprechende Ansage angewiesen, in der Zentralgalerie zu bleiben, bis die nicht vom Störfall betroffene Röhre vom Verkehr frei ist. Erst dann kann diese Röhre gefahrlos betreten werden.
- Wenn die unfallfreie Röhre leer ist, werden die Tunnelnutzer in der Zentralgalerie angewiesen, in die unfallfreie Röhre zu gehen, wo 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) erläutert, wird die Tunnelkonstruktion so bemessen, dass 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 Schiffsverkehrs, Untersuchung des Schadens tunnel- und seeseitig) und die Festlegung der Verantwortlichkeiten.

9. Risiko-Analysen (Bahn/Straße/Schifffahrt)



9.1. Risiko-Analysen (Bahn)

„Sicherer Bereich“ (siehe auch Anlage 29 Kap.4.1.4)

Die Infrastruktur des Tunnel-Designs der Festen Fehmarnbeltquerung bietet das gleiche Sicherheitsniveau, welches die Erfüllung der Anforderungen der TSI SRT [1] bieten würde.

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

Von CFD-Analysen der Rauchausbreitung und Notgehweg Simulationen wurden Daten für die Operational Risk Analysis (ORA) zur Verfügung gestellt (siehe Anlage 29 Anhang 3). Das Ziel der ORA ist es zu zeigen, dass eine Zugfahrt durch den Tunnel ebenso sicher ist, wie eine Zugfahrt auf freier Strecke.

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 ermöglicht die Selbstrettung oder eine Evakuierung durch die Einsatzkräfte
4. Verfügbarkeit der Kommunikation mit dem 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 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 Bahnröhre 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 Anhang 3).

Die EBA-Tunnelrichtlinie geht davon aus, dass immer die benachbarte Bahnröhre der „Sichere Bereich“ ist. Dies ist auch beim Fehmarn-Tunnel-Design möglich. Aber für das worst case Szenario wird der Seitenstreifen der angrenzenden Straßenröhre als „sicherer Bereich“

definiert. Der Grund hierfür ist, dass ein kombinierter Straßen / Schienen Verkehrstunnel im Gegensatz zum Bahntunnel eine viel schnellere und sicherere Rettung aus dem Straßentunnel ermöglicht.

Aufgrund der installierten Sicherheitssysteme 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 500m durch Querschläge verbunden sind.

Die Risiko-Analyse 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, sowie durch die Benannte Stelle geprüft und durch eine Zwischenprüfbescheinigung vor der Planfeststellung bestätigt. Die Zwischenprüfbescheinigungen sind als Anhang 6 beigelegt.

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.

Das ETCS – System sieht 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.

Zugbetriebskonzept

Hinsichtlich des Zugbetriebs der Festen Fehmarnbeltquerung sollen zur Minimierung des Risikos im Bahnverkehr nicht mehr als drei Züge gleichzeitig eine Tunnelröhre befahren. Die Häufigkeiten von Zügen im Tunnel wurden anhand eines realistischen Fahrplanszenarios im

Jahre 2025 ermittelt. Der Fall von drei Zügen gleichzeitig in einer Röhre tritt für dieses Modellscenario 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 RFC Kh jederzeit in der Lage ist, den Zuglauf risikominimierend zu steuern (siehe auch Anl. 29 Anhang 3).

9.2. Risiko-Analysen (Straße)

Risikovergleich zweier Tunnelentwürfe

Femern A/S hat im Rahmen der Entwurfsplanung in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) einen Risikovergleich des geplanten FBQ-Straßentunnels mit einem RABT-konformen Straßentunnel durchgeführt. Dieser Vergleich zeigt auf, dass das Sicherheitsniveau im FBQ-Straßentunnel mindestens dasselbe ist, wie das eines nach deutschen Regelwerken geplanten Tunnels. Dabei wurde für die Untersuchung das Verfahren des risikobasierten Vergleichs verwendet.

Es handelt sich um einen relativen Risikovergleich zwischen den beiden Entwürfen, der ausschließlich Unfallszenarien berücksichtigt, bei denen Risikomerkmale (Unfallhäufigkeit und/oder Unfallfolgen) zwischen den beiden Entwürfen voneinander abweichen. Die Risikoberechnungen gelten daher nur für diesen speziellen Zweck.

Die Analyse beider Entwürfe erfolgt mit den Verfahren, die in „Bewertung der Sicherheit von Straßentunneln“, B66, November 2007, beschrieben sind. Dies bedeutet, dass die Vergleichsanalyse normale Unfallszenarien und Brandszenarien beinhaltet.

Das ausführliche Vergleichsverfahren für normale Unfälle und ausgewählte Brand-Szenarien ist aus Anlage 29 Anhang 4 ersichtlich.

Als Ergebnis des Vergleichs lassen sich nachfolgende Punkte herausstellen:

Die Entwurfsplanung für die Feste Fehmarnbeltquerung wurde mit einem gemäß RABT entworfenen Tunnel verglichen.

Bei den Analysen wurden zwei Zwischenfälle im Tunnel berücksichtigt:

- Normale Unfälle, d. h. Verkehrsunfälle ohne Feuerentwicklung
- Brände ohne gefährliche Güter

Für beide Entwurfstypen wurde das Risiko für die Tunnelnutzer in Zusammenarbeit mit der BASt unter Zugrundelegung abgestimmter Annahmen ermittelt.

Die Vergleichsstudie für normale Unfälle ergab, dass die beiden Tunnelentwürfe ungefähr das gleiche Risiko bergen. Auch bei Bränden kam man zu diesem Ergebnis. Legt man die durchgeführte Vergleichsstudie zugrunde, so ist das darauf bezogene Risiko für Tunnelnutzer bei beiden Entwürfen gleich.

Insbesondere bei Großbränden ist die Zeit, die Tunnelnutzer zum Verlassen der Fahrzeuge und Erreichen eines „sicheren Bereichs“ brauchen, wesentlich. Dies gilt für beide Tunnelröhren. Für die Feste Fehmarnbeltquerung werden bei einem Brand eine Reihe von Kommunikations- und Führungssystemen aktiviert, um die Evakuierungszeit so weit wie möglich zu verkürzen. Die Analyse lässt auch den Schluss zu, dass der Abstand zwischen den Notausgängen ein Schlüsselparameter des Entwurfs ist, wenn kurze Evakuierungszeiten erreicht werden sollen.

9.3. Risiko-Analysen (Schifffahrt)

Bauwerkseinflüsse verursacht durch extreme, äußere Lasten

Lastfall Ankerwurf und geschleppter Anker:

Hierzu wurde eine spezielle Studie für dieses Ereignis durchgeführt, um einen Lastfall durch einen Ankerwurf zu definieren, der sicherstellt, dass die Struktur in einem solchen Fall ein vorgegebenes Sicherheitsniveau (Häufigkeit des Versagens der Struktur) erreicht. Insgesamt wurden die Untersuchungen für das Jahr 2018 und 2038 durchgeführt. Für 2018 wurde eine Schiffsanzahl von 64.748 und für 2038 von 107.100 berücksichtigt. Die jährliche Wahrscheinlichkeit, dass ein Schiff seinen Anker auf den Tunnel abwirft liegt laut der Untersuchungen im Jahr 2038 bei $9,04 \cdot 10^{-4}$. Das bedeutet, dass dieser Fall alle 1106 Jahre eintritt. Zur Bemessung der Ankerschutzschicht und der Tunneldecke wurden die Ankergrößen und Ankermassen der verkehrenden Schiffe in einer Häufigkeitsanalyse erfasst. Für Wassertiefen <10 m wurde ein Ankergewicht von 11 Tonnen und für Tiefen >10m von 16,2 Tonnen verwendet. Die Untersuchungen hatten zum Ergebnis, dass eine 1,20 Meter dicke, elastische Schutzschicht auf der Tunneldecke ausreichend ist.

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. Für 2018 wurde eine Schiffsanzahl von 64.748 und für 2038 von 107.100 Schiffen berücksichtigt. Aus der Häufigkeitsanalyse des Schiffverkehrs und der Art der Schiffe wurde eine maximale statische Last von 150 KN/m^2 bestimmt, für die die Tunneldecke bemessen wurde. Bis zu dieser Lasteinwirkungen sollen weder Dauerschäden noch Ablösungen verursacht werden. Die Häufigkeitsanalyse zeigt, dass nur 0,4 % aller Ereignisse diesen Wert übersteigen. Die jährliche Wahrscheinlichkeit für dieses Ereignis liegt bei $2,3 \cdot 10^{-7}$ für das Jahr 2038.

10. Schlussbemerkung



Die Ergebnisse der Risikoanalysen (Anlage 29 Anhänge 3 und 4) 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.

Die Gleichwertigkeit des Sicherheitsniveaus zu einem gemäß RABT geplanten Straßentunnel wurde für die Straße in Abstimmung mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) nachgewiesen.

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).

Anhangsverzeichnis

- Anhang  RABT Vergleichstabelle (RAT 6729-010-D)
- Anhang 2 Überprüfung der Einhaltung des Designs des Femern A/S Eisenbahn Transportsystems mit der TSI-SRT, der EBA Tunnelrichtlinie und der EBO (Querverweistabelle erstellt von Femern A/S)
- Anhang 3 Sicherheit im Eisenbahntunnel – Risikoanalyse von Notfallszenarien – Abschlussbericht (RAT 6729-321-3)
- Anhang 4 RABT-Vergleich Abschlussbericht (RAT 6729-204-3 RABT)
- 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:
- Streckenseitige Zugsteuerung/Zugsicherung und Signalgebung
 - Energie
 - Sicherheit in Eisenbahntunneln
 - Infrastruktur

11. Literaturverzeichnis



[1]	Technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich „Sicherheit in Eisenbahntunneln“ im konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystem TSI - SRT CR Fassung 2012 (2008/163/EG)
[2]	Technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich „Infrastruktur“ im konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystem TSI INS CR (2011/275/EU). EBA
[3]	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich „Energie“ TSI ENE (2011/274/EU). EU
[4]	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ TSI CCS (2006/860/EG). EU
[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 (Stand 19.03.2008). 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 ABL 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. März 2009, BMVBS / BAST. . BMVBS /BAST
[11]	Leitfaden zur Erstellung einer Sicherheitsdokumentation gemäß RABT 2006 (Abschnitt 1.1.5) Entwurf v. 16.11.2009 (Kap. Gesamtsicherheitskonzept). BAST
[12]	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität bezüglich „eingeschränkt mobiler Personen“ TSR PRM (2008/164/EG). EU