

TECHNISCHE MITTEILUNG

Objekt: **RABT-Vergleichstabelle**
Bereich: **Sicherheit**
ATR-Nr.: **RAT72-03-03-003**
TN-Nr.: **RAT 6729-010-D**
An: **Kim Smedegaard Andersen, Femern A/S**
Von: **Jørn Tredal**
Verteiler: **LBI, CIV, JAN, ALU, NEM, UJO, KMK, SKP**
Anhänge:

Datum 12.12.2011

Ramboll-Arup-TEC JV
C/o Rambøll Danmark A/S
Hannemanns Allé 53
DK-2300 Kopenhagen S
Dänemark

T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.com

Erstellt von JTR
Geprüft von
Genehmigt von

Objekt	RABT-Bestimmung	RABT	Femern-Entwurfsplanung
Allgemein	0.2	Die RABT sollen einen sicheren Betrieb unter Berücksichtigung der spezifischen Verkehrs- und Ortsgegebenheiten sowie der wirtschaftlichen Machbarkeit gewährleisten.	Der Entwurf wurde aufgrund der detaillierten Analysen des Verkehrsaufkommens und der Verkehrszusammensetzung sowie der Verkehrsverteilung erstellt. Die vorgesehenen Sicherheitsvorkehrungen bieten ein optimales Kosten-Nutzen-Verhältnis unter Berücksichtigung der Installations- und Betriebskosten. Ein sicherer betrieb wird gewährleistet.
Allgemein	0.2	Abweichungen von den Richtlinien müssen begründet werden und es muss nachgewiesen werden, dass der Entwurf das in den Richtlinien definierte Sicherheitsniveau gewährleistet.	Es wurde eine zusätzliche quantitative Betriebsrisikoanalyse erstellt, um nachzuweisen, dass der Entwurf mindestens genauso sicher ist wie ein RABT-konformer Entwurf. Das Sicherheitsniveau ist gewährleistet.
Überwachung	1.2.1	Es muss eine rund um die Uhr bemannte Leitzentrale vorhanden sein.	Im Entwurf berücksichtigt.
Tunnellängsneigung	2.2	Eine Tunnellängsneigung von über 5% soll vermieden werden	Tunnellängsneigung von 1,25% wird nicht überschritten. Das Kriterium ist erfüllt.
Straßenprofil, Deckenstruktur	2.3	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. Das Kriterium ist erfüllt.
Beleuchtung, allgemein	3	Die Beleuchtung muss DIN 67524 entsprechen. Ein Tageslichtschutz ist nicht erforderlich.	Die Beleuchtung entspricht der Richtlinie NVF-Bericht Nr. 4/1995 „Belysning af vej-tunneler“ (Beleuchtung in Straßentunneln), die in Dänemark verbindlich ist. Die 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 und den Energieverbrauch zu senken. Das Kriterium ist erfüllt.
Notbeleuchtung	3.3.6	Die Notbeleuchtung muss an eine USV	Im Entwurf berücksichtigt. Das Kriterium ist erfüllt.

Objekt	RABT-Bestimmung	RABT	Femern-Entwurfsplanung
		angeschlossen sein.	
Lüftung, Auslegung für den normalen Betrieb	4.2	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, Auslegungsbrandgröße	4.3.2	Max. 100 MW sind vorgeschrieben.	Als Auslegungsbrandgröße wurden max. 200 MW angesetzt. Das Kriterium ist erfüllt.
Lüftung bei einem Brand, Gesamtkonzept	4.3.3	Für Tunnels 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.
Lüftung bei einem Brand, Auslegung	4.3.4	Vor dem 100MW- Brand ist eine kritische Geschwindigkeit von etwa 3 m/s zu gewährleisten. Diese Geschwindigkeit gilt unter der Annahme, dass die Tunnelröhre auf drei Vierteln der Gesamtlänge mit Fahrzeugen gefüllt ist.	Die kritische Geschwindigkeit für 200 MW wurde mit 3,1 m/s berechnet; diese Geschwindigkeit kann durch die Lüftung gewährleistet werden. Das Kriterium ist erfüllt.
Lüftung bei einem Brand, Steuerung	4.3.4	Bei einem Brand muss die Lüftung automatisch anlaufen.	Sobald das VAID-System feststellt, dass ein Fahrzeug langsamer fährt und anhält, laufen automatisch die Ventilatoren an. Dies bedeutet, dass die Ventilatoren bereits vor Erkennung eines etwaigen Brandes anlaufen. Dieses Verfahren gewährleistet die schnellstmögliche Beschleunigung der Luft in der Röhre. Das Kriterium ist erfüllt.
Lüftung bei einem Brand, Steuerung	4.3.4	Die Lüftung in der nicht betroffenen Röhre muss so gesteuert werden, dass eine Wiederansaugung an den Portalen und ein Aufbau von Überdruck vermieden werden.	Die Lüftung kann gemäß den Vorschriften der RABT gesteuert werden. Das Kriterium ist erfüllt.

Objekt	RABT-Bestimmung	RABT	Femern-Entwurfsplanung
Lüftung, Temperaturbeständigkeit	4.3.5	Ventilatoren einschließlich elektronischer Bauteile müssen eine Temperaturbeständigkeit von 250 °C für eine Dauer von 90 min aufweisen.	Die Temperaturbeständigkeit für die technischen Komponenten der Lüftungsanlage wird vorschriftenkonform eingehalten. Das Kriterium ist erfüllt.
Lüftung, Steuerung	4.6	Es sind Sichtmessstationen in einem Abstand von max. 300 m vorzusehen.	Zur Überwachung der Verunreinigung sind NO ₂ -, Sicht- und Temperatursensoren an max. 10 Stellen vorgesehen Außerdem sind auch Vorrichtungen zur Überwachung von Luftgeschwindigkeit und -richtung im Tunnel vorgesehen.
Konzept für das Verkehrsleitsystem	5.1	Erfordernis einer Strategie und von Maßnahmen für Reaktionen auf Verkehrszwischenfälle wie Staus, zähfließender Verkehr, Wartung, Unfälle usw.: <ul style="list-style-type: none"> • Verkehrsleitsystem • Redundanz • Datenerhebung und -auswertung • Zugänglichkeit für normalen Verkehr und Rettungsfahrzeuge • Verkehrsumleitungen bei Tunnelsperrungen • Schulung des Personals • Speichern von Zwischenfällen und Verkehrsdaten 	Im Entwurf berücksichtigt. Das Kriterium ist erfüllt.
Ermitteln des Verkehrsleitniveaus	5.2	Die RABT unterteilen Tunnel in drei Entwurfsklassen.	Der Fehmarnbelttunnel entspricht der höchsten Entwurfsklasse.
Spezifizierung der Verkehrsleitmaßnahmen	5.3	Verschiedene Richtlinien bezüglich Beschaffenheit und Aufstellungsort von Verkehrszeichen usw.	Im Tunnel werden die RABT-Bestimmungen für erweiterte Ausstattung bezüglich des Niveaus der Führung und Kennzeichnung übertroffen. Alle RABT-Anforderungen bzgl. dieses Punktes werden erfüllt.

Objekt	RABT- Bestimmung	RABT	Fern-Entwurfsplanung
			<p>Oberhalb von jedem Fahrstreifen sind alle 400 m variable Spursignalisierungsschilder angebracht, d. h., der Abstand befindet sich am unteren Ende der RABT-Empfehlung von 300 bis 600 m.</p> <p>Ferner wird der Fehmarnbelttunnel mit programmierbaren Wechselverkehrsschildern ausgestattet, was die RABT-Anforderungen nicht vorsehen. Die Schilder können sowohl Textmeldungen als auch Piktogramme anzeigen.</p> <p>Jeder Meter des Tunnels wird durch Kameras mit Schwenk-, Neige- und Zoomfunktion sowie der gemäß RABT beschriebenen Funktionalität überwacht. Ferner sind gemäß den RABT-Bestimmungen VAID-Kameras für die Störfallerkennung installiert, um eine automatische Überwachung auf eine Anzahl von vordefinierten Störfällen wie stehende oder langsamer fahrende Fahrzeuge, verlorene Gegenstände, Fußgänger oder Tiere in der Röhre zu gewährleisten. Die Kameras ermöglichen eine Kennzeichenerfassung für spezifische Meldungen an einzelne Fahrzeuge und besondere Geschwindigkeitsbeschränkungen an einzelnen Punkten und über längere Strecken.</p> <p>Der Tunnel wird mit einer Abstandsführung ausgestattet, um den richtigen Abstand zwischen den Fahrzeugen zu gewährleisten; auch dies übertrifft die RABT-Empfehlung.</p> <p>Die Anfahrtszone vor der Einfahrt in den Tunnel ist gemäß bewährter Praxis und entsprechend den RABT-Empfehlungen gestaltet.</p> <p>Weitere WVZ-Informationen zum Tunnelstatus, zur Erfassung von gefährlichen Gütern usw. werden vor</p>

Objekt	RABT- Bestimmung	RABT	Fern-Entwurfsplanung
			<p>der letzten Ausfahrt und durchgehend bis etwa 400 m vor dem Tunnelportal angezeigt. Bis zu diesem Punkt erhält der Fahrer alle erforderlichen Informationen. Die letzten 400 m sind frei von Informationen, die den Fahrer von einem sicheren und korrekten Einfahren in den Tunnel ablenken könnten. Am Tunnelportal sind ein WVZ mit einer einfachen Textmeldung und Spursignalisierungsschilder montiert, damit sich der Fahrer vergewissern kann, dass normale Betriebsbedingungen im Tunnel herrschen.</p> <p>An den Rändern der Fahrstreifen und in den Querungszonen an den Portalen sind Spurmarkierungsleuchten angebracht. In der An- und Einfahrtszone sorgen die Spurmarkierungsleuchten auch bei schwierigen Lichtverhältnissen wie starker Sonneneinstrahlung, bei der die Portaleinfahrt ggf. dunkel erscheint, für eine klare Führung.</p> <p>Absperrung und Querungsbarriere sind gemäß bewährter Praxis aus anderen Projekten und den RABT-Empfehlungen gestaltet.</p>
Verkehrsleitmaßnahmen	5.4	<p>Gemäß RABT sind Maßnahmen für den Betrieb in folgenden Fällen erforderlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Normalbetrieb • Sperrung einer Spur • Sperrung einer Röhre in einer Richtung • Komplettspernung • Verkehrsleitmaßnahmen 	<p>Das Verkehrsleitsystem erfüllt die RABT-Anforderungen. Bei einem Störfall wird manuell oder automatisch nach Freigabe von einem Mitarbeiter in der Leitzentrale ein Alarm in der Leitzentrale ausgelöst.</p>
Seitenstreifen/Haltebuchten	6.1.1-6.1.2	Die etwaige Bereitstellung von Standstreifen muss einer Kosten-Nutzen-	Es sind durchgehende Seitenstreifen vorgesehen. Zusätzlich sind Haltebuchten für

Objekt	RABT-Bestimmung	RABT	Femern-Entwurfsplanung
		Analyse unterzogen werden. Wenn keine Seitenstreifen vorgesehen sind, müssen in einem Abstand von maximal 600 m Haltebuchten vorgesehen sein.	Instandhaltungsfahrzeuge an Technikräumen in Spezialelementen vorgesehen. Das Kriterium ist erfüllt.
Notausgänge	6.1.3	Es sind Notausgänge in einem Abstand von maximal 300 m vorzusehen. Die Fluchtkorridore müssen einen Querschnitt von 2,25x2,25 m aufweisen. Die Fluchtkorridore müssen rauchfrei gehalten werden.	Der Abstand zwischen den Notausgängen beträgt etwa 110 m. Der zentrale Galeriegang weist eine lichte Breite/Höhe von etwa 2,0x2,1 m auf.
Notausgangstüren	-	Es ist davon auszugehen, dass die RABT-Anforderungen durch das Dokument „Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Türen und Tore in Straßentunneln“ ersetzt werden. Die normale Lösung basiert auf Angeltüren. Bei speziellen Anforderungen sind Schiebetüren zulässig. Die lichte Öffnung muss 1 m breit und 2 m hoch sein.	Im Entwurf berücksichtigt. Es werden Schiebetüren mit einer lichten Breite von 1,20 m und einer Höhe von 2,00 m verwendet.
Fluchtwege	6.1.4	An beiden Seiten der Fahrstreifen müssen 1 m breite Fluchtwege vorgesehen werden.	An der Innenseite der Fahrstreifen ist ein 0,6 m breiter Fluchtweg vorgesehen. An der Außenseite steht der Seitenstreifen als Fluchtweg zur Verfügung.
Überhöhenerkennung	6.1.6	Eine Überhöhenerkennung wird empfohlen.	Im Entwurf berücksichtigt.
Zubringerstraßen	6.1.7	Zubringerstraßen für Lösch- und Rettungsfahrzeuge sind vorzusehen. An den Portalen sind Querungen vorzusehen.	Im Entwurf berücksichtigt. Im Entwurf berücksichtigt.
Spurmarkierungsleuchten	6.1.8	Es sind Spurmarkierungsleuchten vorzusehen.	Im Entwurf berücksichtigt.

Objekt	RABT-Bestimmung	RABT	Femern-Entwurfsplanung
Notfallstationen	6.2.1	Es sind Notfallmeldestationen in einem Abstand von maximal 150 m und in jeder Haltebuchart vorzusehen. Die Station muss begehbar sein und es muss eine Tür zur Verkehrsröhre hin geschlossen werden können.	Es sind Stationen etwa alle 50 m vorgesehen. Die Stationen sind zur Verkehrsröhre hin offen.
Überwachungskameras	6.2.2	In den Röhren und im Fluchtkorridor müssen Überwachungskameras installiert werden, die in der Leitzentrale rund um die Uhr überwacht werden.	Im Entwurf berücksichtigt.
Notfunk	6.2.3	Es muss ein Notfunk (Tunnelfunk) für Polizei, Feuerwehr und Rettungskräfte vorhanden sein.	Im Entwurf berücksichtigt.
Tunnelfunk	6.2.4	Es muss ein Tunnelfunk mit Voice-Break-In-Einheit vorhanden sein.	Im Entwurf berücksichtigt.
Lautsprecheranlage	6.2.5	Es muss eine Lautsprecheranlage vorhanden sein.	Im Entwurf berücksichtigt.
Manuelle Brandmelder	6.3.1	In den Notfallstationen sind Taster vorzusehen.	Im Entwurf berücksichtigt.
Brandmeldeanlage	6.3.2	Eine automatische Brandmeldeanlage muss vorgesehen sein. Diese muss Wärmemelder oder Kameras umfassen.	In allen Röhren sind lineare Wärmemelder kabel verlegt. Zusätzlich sorgt die VAID-Funktion der Kameraüberwachung für eine äußerst kurze Reaktionszeit bei einem Brand. Das Kriterium ist erfüllt.
Brandbekämpfungseinrichtung	6.4.1	In den Notfallstationen sind Handfeuerlöscher vorzusehen.	Im Entwurf berücksichtigt.
Brandbekämpfungseinrichtung	6.4.2	Zur Versorgung von Hydranten ist eine Löschwasseranlage vorzusehen. Die Anlage muss auf einer Ringhauptleitung mit einer Kapazität von 1.200 l/min bei einem Druck von 6 bis 10 bar basieren. Dieser Strom muss eine Stunde lang garantiert werden können.	Im Entwurf berücksichtigt. Optional wird eine Sprühwasserlöschanlage in allen Röhren in der Planung berücksichtigt Die Förderleistung beträgt mindestens 1.200 l/min und der statische Druck in der Leitung 8 bar. Der Fließdruck bei der Entnahme von Löschwasser beträgt mindestens 6 bar.

Objekt	RABT-Bestimmung	RABT	Femern-Entwurfsplanung
			.
Notbeleuchtung	6.5	Es muss eine Notbeleuchtung vorhanden sein und die Notausgänge müssen deutlich gekennzeichnet sein.	Im Entwurf berücksichtigt.
Entwässerungs-	7.2	Klärkapazität mind. 100 m ³ . Auslegungsdurchflussmenge für Schmutzwasser 100 l/s pro 50 m Röhrenlänge.	Im Entwurf berücksichtigt. Die Kapazität beträgt 164 l/s pro etwa 50 m.
Stromversorgung	7.3	Verschiedene Anforderungen an Verfügbarkeit und Sicherheit	Die Energieversorgung erfolgt üblicherweise von Dänemark aus. Anlagen und Bauteile entsprechen den dänischen Vorschriften. Bei Netzausfall kann auf eine Stromversorgung aus Deutschland umgeschaltet werden.
SCADA	8	Es wird SCADA mit offenen Protokollen und Integration des gesamten zukünftigen Überwachungs- und Steuerungsmanagements im System empfohlen.	Im Entwurf berücksichtigt.
Gefahrgüter	9	Eine Risikoanalyse ist zur Ermittlung durchzuführen, ob Einschränkungen erforderlich sind.	Diese Analyse wurde gemäß den deutschen Vorschriften durchgeführt. Es sind keine Einschränkungen erforderlich, um die Risikotoleranzen für das Projekt einzuhalten. Das Kriterium ist erfüllt.