

TECHNISCHE MITTEILUNG

- ANLAGE 2 ZUR TN-NR.: RAT 6729-321-
3D

Thema **Sicherheit im Eisenbahntunnel – Ergänzende Analyse zu den
Fluchtzeitberechnungen**
Bereich **Sicherheit**
ATR-Nr. **RAT73-JRS-152**
TN-Nr. **Anlage 2 zur TN-Nr.: RAT 6729-321-D**
An **Johnny Restrup-Sørensen**
Von **RAT, Tomasz Kasprus**
Verteiler **Elisabeth Holskov Piel, Femern A/S**
Anhänge -


Datum 4.3.2015

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

Tel.: +45 5161 1000
Fax: +45 5161 1001
www.ramboll.com

1. Einleitung

Die folgende technische Mitteilung ist erstellt worden, um den „Sicherheit im Eisenbahntunnel – Risikoanalyse von Notfallszenarien, Abschlussbericht“ (Ref.: RAT-6729-321-3D) vom 16.7.2014 zu ergänzen. Die Mitteilung fasst die Methodik und Ergebnisse der überarbeiteten Evakuierungsanalyse der Bahntunnelröhren im Fehmarnbelttunnel zusammen. Die Mitteilung bezieht sich auf die zwei folgenden Punkte:

Erstellt von TZK
Geprüft von JTR
Genehmigt von 

1. Unter Verwendung von Pathfinder überarbeitetes Evakuierungsmodell, um den Änderungen an Breite und Geometrie der Fluchtwege Rechnung zu tragen;
2. Ein neues Modell, für das im Abstand von 500 m angeordnete Ausgänge von Querschlägen gemäß der technischen Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich der Sicherheit in Bahntunneln (TSI-SRT) in Betracht gezogen werden.

Zweck dieser Mitteilung ist es, die am überarbeiteten Pathfinder-Modell durchgeführten Änderungen zu dokumentieren und die Ergebnisse der Simulationen festzuhalten, um zu zeigen, ob die unfallfreie Bahntunnelröhre und/oder die benachbarte Straßentunnelröhre noch immer als ein sicherer Bereich gemäß TSI-SRT betrachtet werden kann.

Ramboll-Arup-TEC JV
C/o Rambøll Danmark A/S
Dän. Reg.-Nr. 35128417

Darüber hinaus sind die Ergebnisse sowie der Vergleich des zusätzlichen Modells mit den gemäß TSI im Abstand von 500 m angeordneten Ausgängen der Querschläge zusammengefasst worden.

2. Hintergrund

Kürzlich erfolgte Änderungen an der Breite der Zugtüren, der Notgehwege sowie an der Geometrie der Türen der Querschläge im Fehmarnbelttunnel haben es erforderlich gemacht, das als Teil der Eisenbahntunnel-Sicherheitsanalyse entwickelte Evakuierungsmodell zu überarbeiten. Prinzipien und Methodik bei der Entwicklung des Pathfinder-Modells sowie bei der Durchführung der Simulationen sind in Abschnitt 6.4.4 der ursprünglichen „Sicherheit im Eisenbahntunnel – Risikoanalyse von Notfallszenarien, Abschlussbericht“ (Ref.: RAT-6729-321-3D)“, hiernach „Hauptdokument“ genannt, im einzelnen beschrieben worden. Alle an den Modellen vorgenommenen Änderungen sind in Abschnitt 3 dieser Technischen Mitteilung aufgeführt.

Des Weiteren ist eine vergleichende Analyse durchgeführt worden, um die Auswirkung auf das Verhalten der evakuierten Personen und auf die Evakuierungszeiten zwischen im Abstand von 500 m vorgesehenen Querschlag-Notausgängen gemäß TSI-SRT und im Abstand von 110 m vorgesehenen Querschlag-Notausgängen zu vergleichen, die in der Planung der Festen Fehmarnbeltquerung vorgeschlagen werden. Dies ist als separate Simulationsreihe in Pathfinder durchgeführt worden.

Diese Mitteilung ist erstellt worden, um einen aus zwei Schritten bestehenden Ansatz für die überarbeiteten Modelle/Simulationen vorzustellen. Diese sind:

- Schritt 1 – Es werden direkte Vergleiche zwischen den ursprünglichen und den überarbeiteten Modellen angestellt, um die Auswirkungen der Änderungen an den Modellen zu ermitteln (bei allen Szenarien sind Querschlag-Notausgänge vorhanden, zwischen denen ein Abstand von 110 m besteht);
- Schritt 2 – Ein Vergleich der Ergebnisse der in Schritt 1 überarbeiteten Modelle mit zusätzlichen Modellen, bei denen zwischen den Querschlag-Notausgängen ein Abstand von 500 m vorhanden ist (Vergrößerung des Abstands von 110 m auf 500 m).

Das für diese Analyse herangezogene Brandszenario entspricht demjenigen, das in dem Hauptdokument enthalten ist; die Hauptpunkte sind unten zu Referenzzwecken zusammengefasst und in Abbildung 1 illustriert:

- Es wird für alle im Modell dargestellten Szenarien angenommen, dass der Brand im letzten Wagen eines aus acht Wagen bestehenden Personenzuges ausgebrochen ist und die zum Fluchtweg führenden Tür(en) dieses Wagens unpassierbar macht;
- Alle Fahrgäste im letzten Wagen verlassen den Zug, indem sie durch die Verbindungstür in den nächsten Wagen gehen und über die Zugtür zum dort vorgesehenen Fluchtweg gelangen;
- Alle Fahrgäste werden angewiesen, sich vom Brandherd zu entfernen. Daher wird des Weiteren angenommen, dass bei der Evakuierung der am nächsten zum Brandherd gelegene Querschlag-Notausgang nicht genutzt wird; nur der erste und der zweite Querschlag-Notausgang in Richtung Zugvorderseite finden für das Simulationsmodell Verwendung, da man davon ausgeht, dass sie für die Evakuierung genutzt werden.

- Unabhängig von den Szenarien wird von der Annahme ausgegangen, dass diese zwei Querschlag-Notausgänge während der Evakuierung der Fahrgäste geöffnet sind; alle anderen Türen sind geschlossen;
- Wenn die Fahrgäste die unfallfreie Bahntunnelröhre erreicht haben, setzen sie ihren Weg zur Straßentunnelröhre fort und nutzen dabei eine im Modell zweistufig dargestellte Gleisüberquerung. Wie im Hauptdokument dargelegt, ist auf dem Wartungslaufsteg der unfallfreien Röhre allerdings ausreichend Platz vorhanden und die Fahrgäste müssen nicht das Gleis überqueren, falls sie dort warten müssen.



Abbildung 1: Veranschaulichung des modellierten Szenarios

Übersetzung der in der Abbildung verwendeten Begriffe

Cross passage closest to the fire car unavailable for evacuation	Dem brennenden Eisenbahnwagen am nächsten gelegener Querschlag für Evakuierung nicht verfügbar
Fire located inside the end train carriage	Brand im letzten Wagen des Zuges
Escape routes available via adjacent cross passages	Fluchtwege über angrenzende Querschläge erreichbar

3. Änderungen an überarbeiteten Modellen

3.1 Schritt 1

Die folgenden Änderungen sind an den überarbeiteten Pathfinder-Modellen innerhalb von Schritt 1 vorgenommen worden.

Tabelle 1: Änderungen an Modell-Eingangsdaten

Parameter\Modell	Ursprüngliches Modell	Überarbeitetes Modell
Lichte Breite des Fluchtwegs (äußere Röhre, mm)	1175/1325	1050/1300
Lichte Breite des Fluchtwegs (innere Röhre, mm)	1125/1375	1050/1300
Breite der Türen im Zug (mm)	1200	900
Breite der Zugaußentüren (mm)	1200	900

Der Abstand zwischen den Querschlag-Notausgängen in den Modellen von Schritt 1 beträgt wie zuvor 110 m.

Die zuvor vorgesehenen Schiebetüren zu den Querschlägen sind im Modell an bestimmten Stellen durch hängende Türen für die Notausgänge zwischen den Röhren ersetzt worden. Diese Änderung ist im Rahmen der überarbeiteten Modellierung in Betracht gezogen

worden, hat aber keine Auswirkung auf die Modelle. Daher sind keine zugehörigen Änderungen vorgenommen worden.

In Abbildung 2 und Abbildung 3 sind die Änderungen an den Modellen dargestellt.

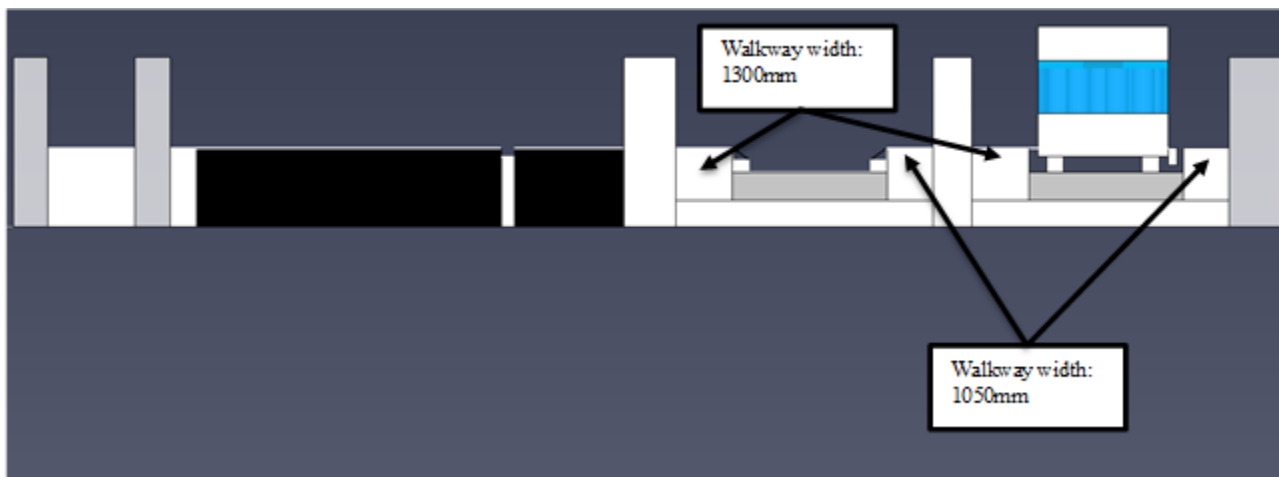


Abbildung 2: Querschnitt des überarbeiteten Pathfinder-Modells

Übersetzung der in der Abbildung verwendeten Begriffe

Walkway width: 1300 mm	Gehwegbreite: 1300 mm
Walkway width: 1050 mm	Gehwegbreite: 1050 mm

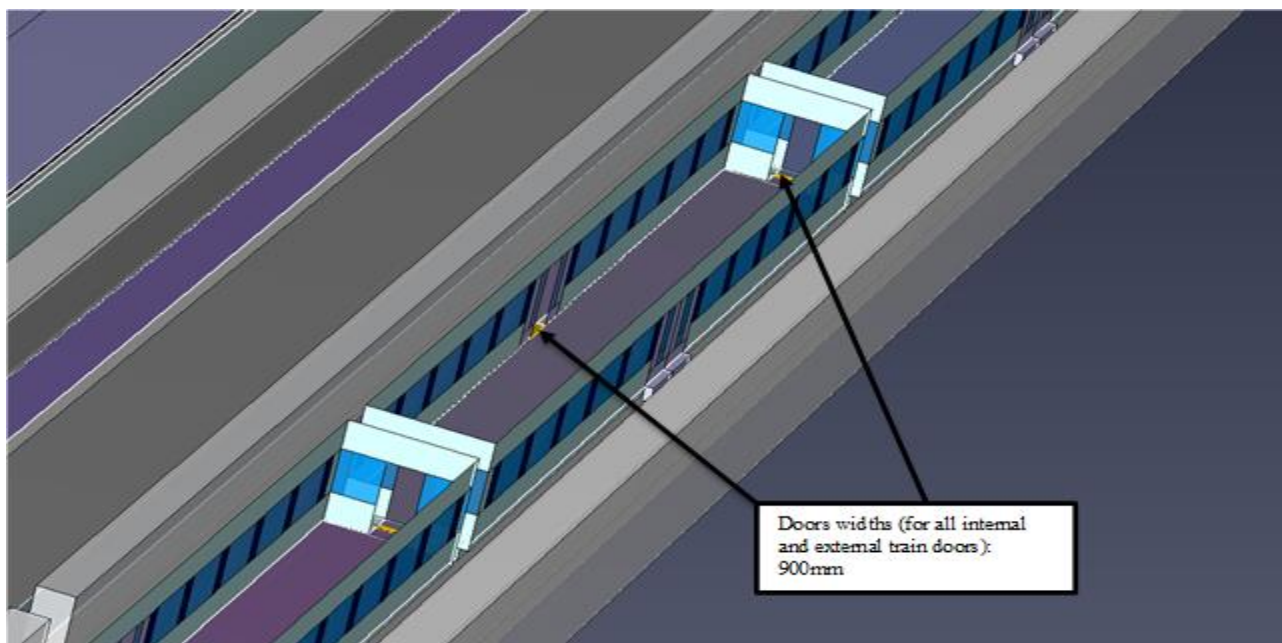


Abbildung 3: Isometrische Ansicht des Zugmodells mit Angabe der aktualisierten Türbreiten

Übersetzung der in der Abbildung verwendeten Begriffe

Doors width (for all internal and external train doors): 900 mm	Türbreite (für alle internen und externen Zugtüren): 900 mm
---	---

3.2 Schritt 2

Zusätzlich zu den in Schritt 1 beschriebenen Änderungen sind die Modelle von Schritt 2 ergänzt worden, um die Vergrößerung des Abstands zwischen den Querschlägen auf 500 m darzustellen.

4. Ergebnisse

4.1 Schritt 1

Schritt 1 beinhaltet zwei separate Evakuierungsszenarien. Diese sind:

- Fall 1: Fahrgäste begeben sich wie im Hauptdokument, Abschnitt 6.4.4.2.1, festgelegt zur Straßentunnelröhre;
- Fall 2: Fahrgäste begeben sich nur in die benachbarte Bahntunnelröhre und verteilen sich wie im Hauptdokument, Abschnitt 6.4.4.2.2, festgelegt entlang des Wartungslaufsteiges.

Jeder Fall wird unter Verwendung von drei separaten Belegungsprofilen simuliert; weitere Einzelheiten sind im Hauptdokument, Abschnitt 6.4.4.1.1, beschrieben. Zusammengefasst sind diese:

- 100% Standardprofil innerhalb des Pathfinder-Modells;
- 50/50%-Verteilung zwischen männlichen und weiblichen Profilen, und
- 50% männliches Profil, 40% weibliches Profil und 10% Profil von Personen mit eingeschränkter Mobilität.

Die folgende Tabelle enthält einen Vergleich der Gesamtevakuiierungszeit des ursprünglichen Modells (siehe Hauptdokument Abschnitt 6.4.4.2) mit den Ergebnissen des überarbeiteten Schritts 1 für jeden der oben beschriebenen Fälle.

Tabelle 2: Auswirkung auf die Evakuierungszeit aufgrund veränderter Tunnelgeometrie in

Modell	Fall 1			Fall 2		
	Ursprünglich	Überarbeitung	Abweichung	Ursprünglich	Überarbeitung	Abweichung
Standardprofil	387	434	+47	378	426	+48
50% männlich, 40% weiblich, 10% Personen mit eingeschränkter Mobilität	422	500	+78	412	492	+80
50% weiblich, 50% männlich	458	494	+36	448	487	+39

Hinweis: alle Angaben in Sekunden

4.2 Schritt 2

Alle in Schritt 1 simulierten überarbeiteten Modelle sind mit einem Abstand von 500 m zwischen den Notausgang-Querschlägen simuliert worden. Die folgende Tabelle enthält

einen Vergleich der Gesamtevakuiierungszeit bei einem Abstand von 110 m zwischen den Notausgang-Querschlägen mit der Gesamtevakuiierungszeit bei einem Abstand von 500 m.

Tabelle 3: Auswirkungen auf die Evakuierungszeit aufgrund der Vergrößerung des Abstands zwischen Notausgang-Querschlägen auf 500 m

Modell/Fall	Fall 1			Fall 2		
	Schritt 1 (110 m Abstand)	Schritt 2 (500 m Abstand)	Abweichung	Schritt 1 (110 m Abstand)	Schritt 2 (500 m Abstand)	Abweichung
Standardprofil	434	890	456	426	880	454
50% männlich, 40% weiblich und 10% Personen mit eingeschränkter Mobilität	500	1061	561	492	1053	561
50% weiblich und 50% männlich	494	978	484	487	968	481

Hinweis: alle Angaben in Sekunden

Es ist zu beachten, dass Fall 1 (für Notausgang-Querschläge, zwischen denen wie in Tabelle 3 markiert ein Abstand von 500 m vorhanden ist) die Worst-Case-Gesamtevakuiierungszeit für alle Profile repräsentiert. Hier wurde die längste Einzelevakuierungszeit von 1061 Sekunden festgehalten.

5. Schlussfolgerungen

Das Evakuierungsmodell für die Fehmarnbelt-Bahntunnelröhren als Teil der Eisenbahntunnel-Sicherheitsanalyse ist überarbeitet worden, um den Änderungen an der Zugtürbreite, der Breite der Fluchtwege und der Art der Querschlagtüren Rechnung zu tragen (Schritt 1).

Zu Vergleichszwecken sind die überarbeiteten Eingangsdaten auch für eine alternative Analyse verwendet worden, bei der der Abstand zwischen den Ausgängen der Notausgang-Querschläge entsprechend den Anforderungen der TSI-SRT vergrößert wurde (Schritt 2).

Die Schlussfolgerung der Modellsimulationen sind im Folgenden aufgeführt.

5.1 Schritt 1

Die Erhöhung der Evakuierungszeit aufgrund der verkleinerten Breite der Zugwagentüren und Fluchtwege reicht von 36 Sekunden bis 78 Sekunden für Fall 1 und von 39 Sekunden bis 80 Sekunden für Fall 2.

Dies ist als angenommen, da die physikalische Größe und daher die Kapazität der meisten Fluchtwege im Vergleich zum ursprünglichen Modell verringert worden ist. Dadurch erhöht sich sowohl die Zeit für die Evakuierung der Zugwagen als auch die Zeit für die Evakuierung des Unfalltunnels.

5.2 Schritt 2

Die Erhöhung der Evakuierungszeit aufgrund des vergrößerten Abstands zwischen den Notausgang-Querschlägen reicht von 456 Sekunden bis 561 Sekunden für Fall 1 und von 454 Sekunden bis 561 Sekunden für Fall 2.

Die Zeitdiskrepanz ist auf die vergrößerte Strecke zurückzuführen, die auf dem Notgehweg zurückgelegt werden muss. Die vergrößerte Strecke auf dem Notgehweg verstärkt den Einfluss von langsamer gehenden Fahrgästen. Das langsamere Gehtempo von weiblichen Profilen sowie von Profilen mit eingeschränkter Mobilität im Verlauf der vergrößerten Strecke bewirkt eine Behinderung der schneller gehenden Fahrgäste, die nicht an den langsameren Fahrgästen vorbeikommen.

Wie durch den Vergleich der Tabellen 2 und 3 ersichtlich, erlauben die Abstände zwischen den Fluchttüren in den Fehmarnbelt-Bahntunnelröhren Evakuierungszeiten, die um 50% schneller sind als diejenigen, die bei Anwendung der TSI SRT-Anforderungen erreicht werden.