

# 10. DMT- Fachtagung Sicherheit in Tunnelanlagen

## **Betrieb – Gesamtsicherheitskonzepte für Straßentunnel**

Dr. Dieter Tetzner

DMT GmbH & Co. KG

# Inhalt

- Grundlagen
- Besondere Charakteristik am Beispiel eines Tunnels
- Gesamtsicherheitskonzept für den Tunnel Helsach
  - Ziel/ Aufgabenstellung
  - Besondere Charakteristik
  - Schadenszenarium Brand
- Gesamtsicherheitskonzept für den Tunnel Altendorfer Straße
  - Ziel/ Aufgabenstellung
  - Besondere Charakteristik
  - Schadenszenarium Brand
- Schlussfolgerungen

# Gesamtsicherheitskonzept für Tunnel [1]

- Ausgehend von festzulegenden, typischen Schadensszenarien (Unfall, Brand, ...) muss dieses Konzept insbesondere Aussagen enthalten zur
- **Schadensverhütung** → Vermeidung von Ereignissen
- **Schadensmeldung** → Detektion
- **Selbst- und Fremdrettung** → Selbstrettung
- **Hilfeleistung und Brandbekämpfung** → Begrenzung des Schadensausmaßes

# Struktur der Sicherheitsdokumentation [2]

Inhaltsverzeichnis Sicherheitsdokumentation	Phasen		
	Planung	Inbetriebnahme	Betrieb
Beschreibung des gepl. Bauwerks / Zufahrten	(neu)	(akt.)	(akt.)
Vorbeugende und sichernde Maßnahmen	(neu)	(akt.)	(akt.)
<b>Gesamtsicherheitskonzept</b>	(neu)	(akt.)	(akt.)
Risikoanalysen	(neu)	(akt.)	(akt.)
Betrieb und Organisation	(leer)	(neu)	(akt.)
Alarm- und Gefahrenabwehrpläne	(leer)	(neu)	(akt.)
Störungen, Unfälle	(leer)	(neu)	(neu)
Sicherheitsgutachten	(neu)		
Anhang	(neu)	(akt.)	(akt.)

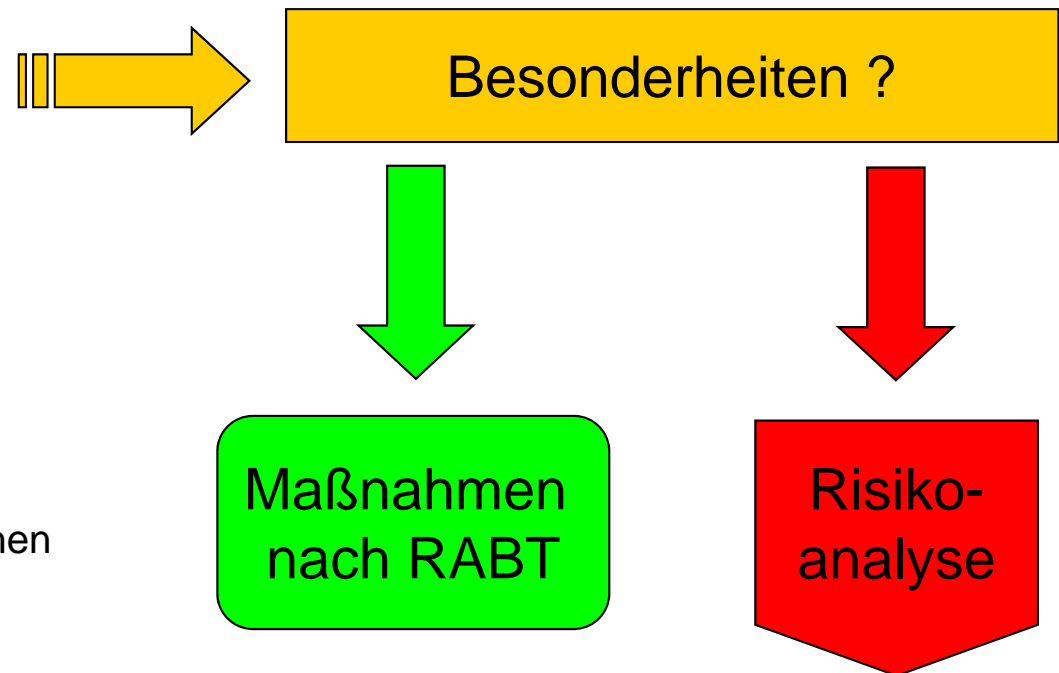
# Gesamtsicherheitskonzept

gemäß Leitfaden zur Erstellung einer Sicherheitsdokumentation [2]

- Verkehrsprognose und geplante Betriebsform
- Spezifische Gefahrenanalyse
  - Typische Schadenszenarien
  - Besondere Charakteristik / Grobbeurteilung der Risiken
- Schadensverhütung
- Ereignisbewältigung
  - Schadensmeldung
  - Selbstrettung
  - Fremdrettung
  - Hilfeleistung
  - Brandbekämpfung
- Berücksichtigung von Personen mit eingeschränkter Mobilität
- Projektentwicklung

# Parameter, die die Sicherheit beeinflussen [1]

- Tunnellänge
- Anzahl der Tunnelröhren
- Anzahl der Fahrstreifen
- Fahrstreifenbreite
- Querschnittsgeometrie
- Unterirdische Zu- und Abfahrten
- Trassierung
- Bauart
- Richtungs- oder Gegenverkehr
- Verkehrsaufkommen (einschließlich der zeitlichen Verteilung)
- Gefahr täglicher und saisonaler Staubbildung
- Zugriffszeit der Einsatzdienste
- Anteil des Lkw-Verkehrs
- Vorkommen, Anteil und Art des Gefahrgutverkehrs
- Merkmale der Zufahrtsstraßen
- Geschwindigkeitsbezogene Aspekte
- Geografische und meteorologische Verhältnisse



# Besondere Charakteristik –

## Beispiel Tunnel A (1)

Parameter	Wert	Überprüfung
Tunnellänge	597 bzw. 573 m	Keine besondere Charakteristik
Anzahl der Tunnelröhren	2	Keine besondere Charakteristik
Anzahl der Fahrstreifen je Röhre	2 bzw. 3	Keine besondere Charakteristik
Fahrstreifenbreite	3,50 m	Keine besondere Charakteristik
Querschnittsgeometrie	Gewölbe RQ 26t bzw. 33t	Keine besondere Charakteristik
Unterirdische Zu- und Abfahrten	In beiden Röhren vorhanden	<b>Besondere Charakteristik</b>
Trassierung	Große Kurvenradien	Keine besondere Charakteristik
	Längsneigung = 3,8 %	<b>Besondere Charakteristik</b>
Bauart	Geschlossene Bauweise	Keine besondere Charakteristik
Betriebsart	Richtungsverkehr	Keine besondere Charakteristik

# Besondere Charakteristik –

## Beispiel Tunnel A (2)

Parameter	Wert	Überprüfung
Verkehrsaufkommen	$DTV_{ges} = 27.900 \text{ Fz/d}$	Keine besondere Charakteristik
Gefahr täglicher oder saisonaler Staubildung	Nur ausnahmsweise Stau	Keine besondere Charakteristik
Zugriffszeit der Einsatzdienste	Hilfsfrist 10 min	Keine besondere Charakteristik
Anteil des Lkw-Verkehrs	23,3 %	<b>Besondere Charakteristik</b>
Vorkommen, Anteil und Art des Gefahrgutverkehrs	Tunnelkategorie A – Schätzung 390 G-Lkw/d	<b>Besondere Charakteristik</b>
Merkmale der Zufahrtsstraßen	Wechselnde Steigungsverhältnisse	<b>(Besondere Charakteristik)</b>
Entwurfsgeschwindigkeit	80 km/h	Keine besondere Charakteristik
Geografische und meteorologische Verhältnisse	Hauptwindrichtung Süd bis West in Achse des Westportals	<b>Besondere Charakteristik</b>



# Besondere Charakteristik –

## Sicherheitsbewertung Tunnel A

- Ermittlung der Risikokenngrößen  $K_{\text{Kollision}}$  und  $K_{\text{Brand}}$  gemäß Leitfaden für Sicherheitsbewertungen [3]

$$K_{\text{Kollision}} = N_{\text{Kollision}_{\text{BA}}} \cdot \sum_i \{L_i \cdot \text{DTV}_{R_i} \cdot h_{\text{Kollision}}(Z A_i, B A_i) \cdot f_1(\alpha_{\text{SV}_i}) \cdot f_2(\alpha_{\text{Stau}_i})\}$$
$$K_{\text{Brand}} = N_{\text{Brand}_{\text{BA}}} \cdot \sum_i \{L_i \cdot \text{DTV}_{R_i} \cdot h_{\text{Brand}}(B A_i, Z A_i) \cdot g_1(\alpha_{\text{SV}_i}) \cdot g_2(\alpha_{\text{Stau}_i}) \cdot g_3(L_i) \cdot g_4(\varphi_i) \cdot g_5(BL_i) \cdot g_6(d_{\text{Notausgang}_i})\}$$

- $K_{\text{Kollision}} = 0,171 < 0,7 \rightarrow$  keine weiteren Untersuchungen erforderlich
- $K_{\text{Brand}} = 0,383 < 0,7 \rightarrow$  keine weiteren Untersuchungen erforderlich

# Besondere Charakteristik –

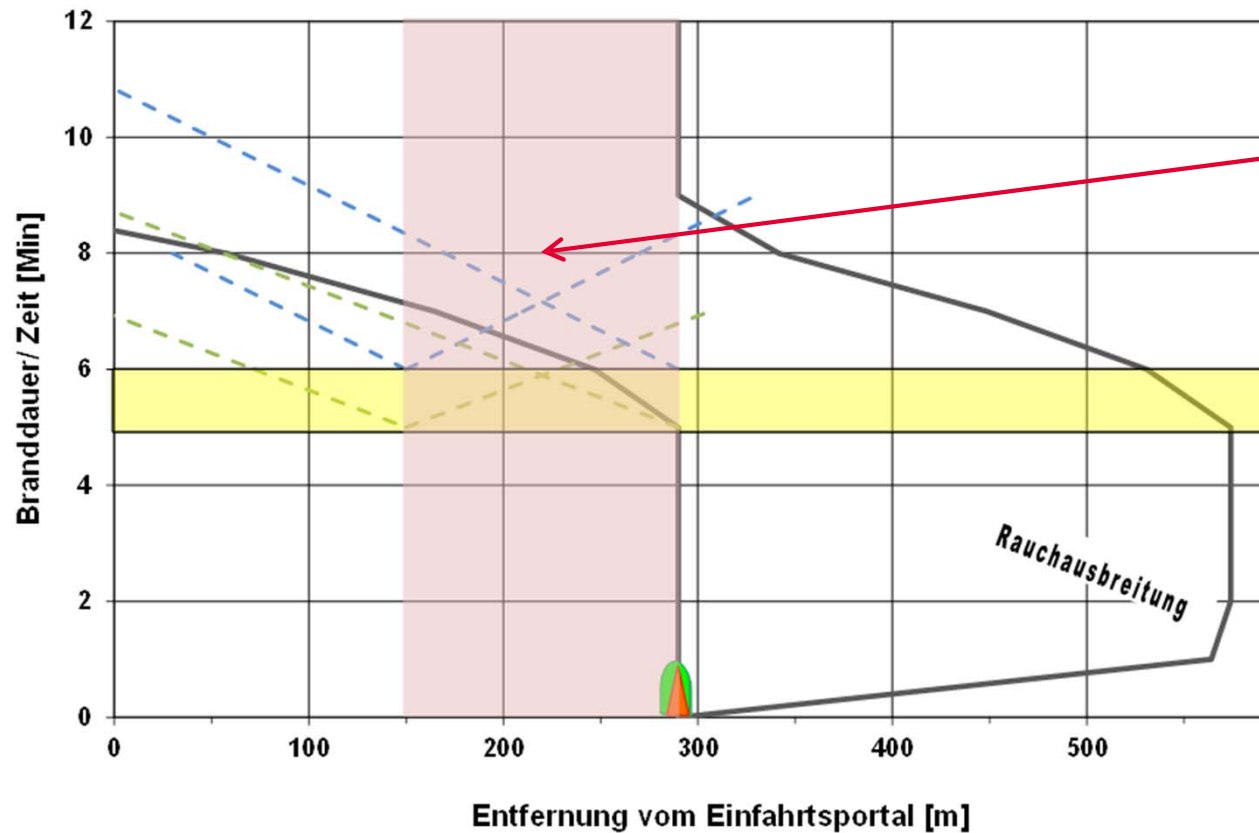
## Vergleich Sicherheitsbewertung – Besondere Charakteristik

Eingangsdaten für Sicherheitsbewertung	Besondere Charakteristik des Tunnels A
Betriebsart	nein
Länge	nein
Verkehrsaufkommen	nein
Schwerverkehrsanteil	Besondere Charakteristik
Zu- und Abfahrten	Besondere Charakteristik
Längsneigung	Besondere Charakteristik
Brandlüftung	-
Abstand der Notausgänge	-
?	Gefahrgutverkehr ?
?	Meteorologische Verhältnisse (Wind) ?

→ Die Risikokenngrößen  $K_{\text{Kollision}}$  und  $K_{\text{Brand}}$  stellen nur indikative Größen dar. Aufgrund von Experteneinschätzungen kann eine weitergehende Sicherheitsbewertung erforderlich sein [3].

# Beispiel Tunnel A

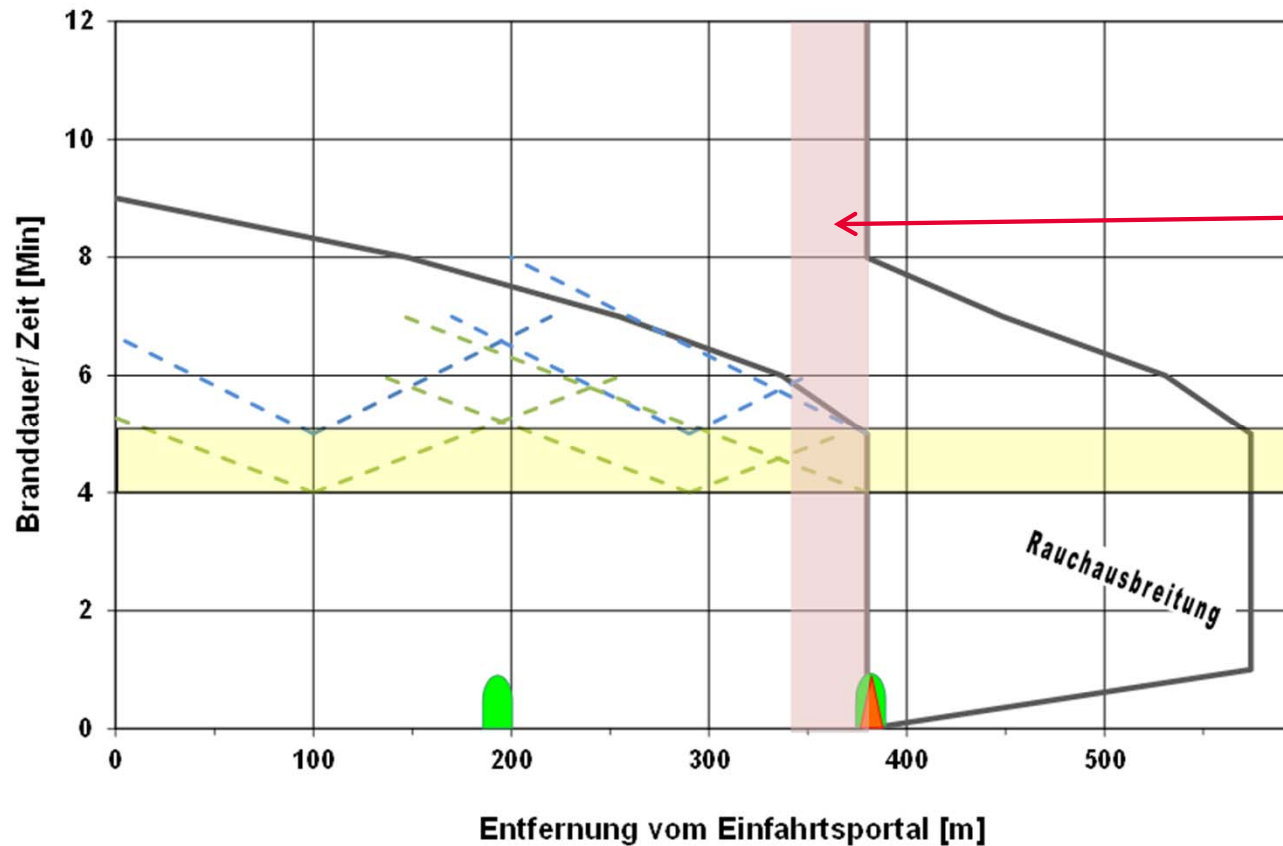
## Rauchausbreitung bei 100 MW-Brand in fallende Fahrtrichtung



Beeinträchtigung der Selbstrettung aufgrund der Rauchausbreitung über stehende Fahrzeuge

# Beispiel Tunnel A

## Rauchausbreitung bei 100 MW-Brand in fallende Fahrtrichtung



Reduzierung der Gefahrenzone durch

→ Verkürzung der Detektionszeit

→ Zusätzlichen Notausgang

# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Heselach

## Ziel/ Aufgabenstellung [4]

- Bewertung des geplanten und zum Teil schon realisierten Sicherheitskonzepts
- „Diskussion“ noch offener/kritischer Punkte:
  - Brandschutz Kabelkanal in der Kalotte (Entrauchungskanal)
  - Gestaltung der Pannenbuchten
  - Tunnelüberwachung
  - Verfügbarkeit/ Lebensdauer „alter“ Sicherheitseinrichtungen



Quelle: Tiefbauamt Stuttgart

# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Heselach

## Spezifische Gefahrenanalyse

- Risikokenngrößen  $K_{\text{Kollision}} = 4,59$  und  $K_{\text{Brand}} = 4,07$ 
  - quantitative Sicherheitsbewertung erforderlich
  
- Besondere Charakteristik (im Sinne einer Zunahme des Risikos)
  - Länge 2.275 m
  - Zu- und Abfahrt im Bereich Karl-Kloß-Straße
  - Längsneigung 3,6 % über ca. 1.200 m (Tunnel II)
  - Verkehrsaufkommen DTV = 50.000 Fz/d
  - Gefahr täglicher Staubbildung ca. 4 h/d

# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Heselach

## Typisches Schadensszenarium Brand

- Wahrscheinlichkeit von Bränden [5]
  - Kleinere Pkw-Brände im Abstand von etwa 1,5...2,5 a
  - Kleinere Lkw-Brände im Abstand von etwa 5 a
  - Größere Brände mit Beschädigung des Tunnels im Abstand von etwa 40 a
  - Sehr schwere Lkw-Brände im Abstand von etwa 130...400 a
  
- **Tatsächlich aufgetretene Brandereignisse im Tunnel Heselach seit 1991**
  - **2 Pkw-Brände in 2000 bzw. 2013**

# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Heselach

## Typisches Schadensszenarium Brand – Bewertung Selbstrettung

- Viele Möglichkeiten zur Detektion von Bränden
  - Kaltbranderkennung über Sichttrübung in maximal 2 min mit Voralarm FLZ
  - ca. 1 min für Verifikation und Einleiten von Sofortmaßnahmen (Tunnelsperrung, Lautsprecher-Durchsagen, Alarmierung Feuerwehr)
  - Lüftung wird automatisch über Sichttrübung bzw. Brandmeldeanlage aktiviert
  
- Selbstrettung
  - ca. 5...6 min für Evakuierung bei Notausgangsabständen von 200...300 m
  - Durch Rauchabsaugung wird Rauchausbreitung auf einen etwa 250 m langen Abschnitt im Bereich des Brandherdes begrenzt.



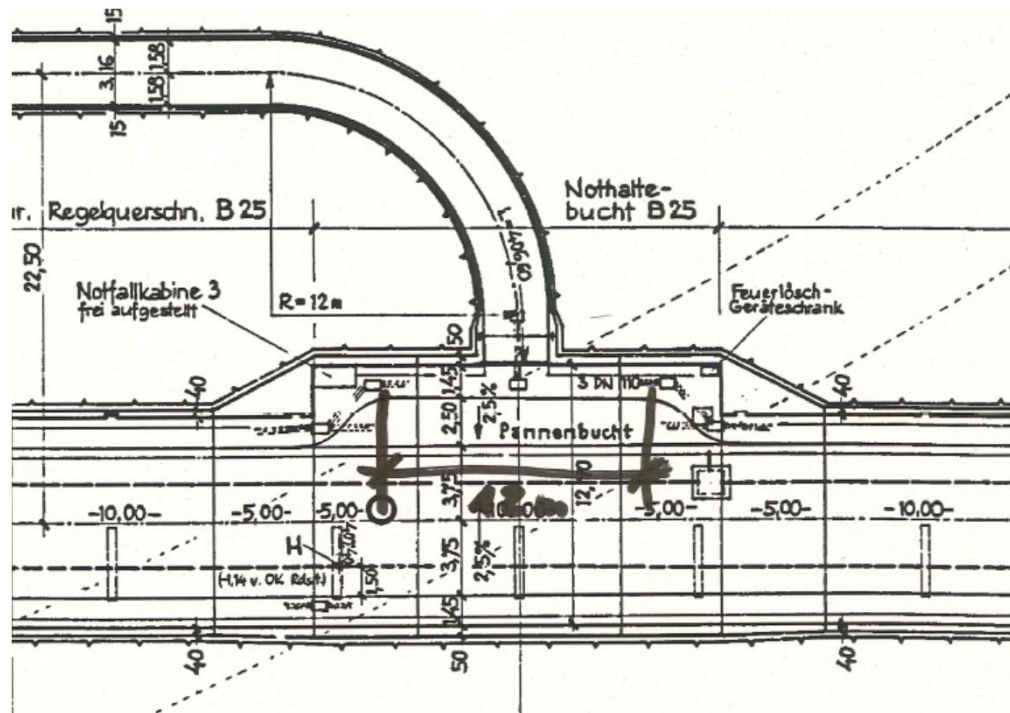
# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Heselach

## Typisches Schadensszenarium Brand – Bewertung Fremdrettung

- Fremdrettung, Hilfeleistung und Brandbekämpfung erfolgt durch die Stuttgarter Feuerwehr
  - Mehrere Feuerwachen im Stadtgebiet mit kurzen Hilfsfristen
  - Gut ausgestattete und gut ausgebildete Berufsfeuerwehr
  - ILS hat Zugriff auf Videobilder aus Tunnel – Informationen über Lage
  - Tunnelfunk
  - Zugang über parallele Fluchtstollen möglich
  - Löschwasserversorgung mit Hydranten im Abstand von 150 m

# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Heselach

## Gestaltung der Pannenbuchten



# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Heselach

## Gestaltung der Pannenbuchten

- Abwägung der Entscheidung – keine zusätzlichen Maßnahmen:
  - Einbau von Leitplanken bzw. Anpralldämpfern würde die nutzbare Länge der Pannenbucht soweit reduzieren, dass eine Einfahrt für Pkw nur schwer möglich ist.
  - Pannenbuchten werden im Mittel zweimal im Monat genutzt.
  - Zugang zu Notrufkabine und Notausgang soll nicht durch Einbauten erschwert oder behindert werden.
  - Pannenbuchten bisher kein Unfallschwerpunkt.
  - Bei Fahrgeschwindigkeit von 50 km/h sind grundsätzlich keine Maßnahmen zum Anprallschutz erforderlich.

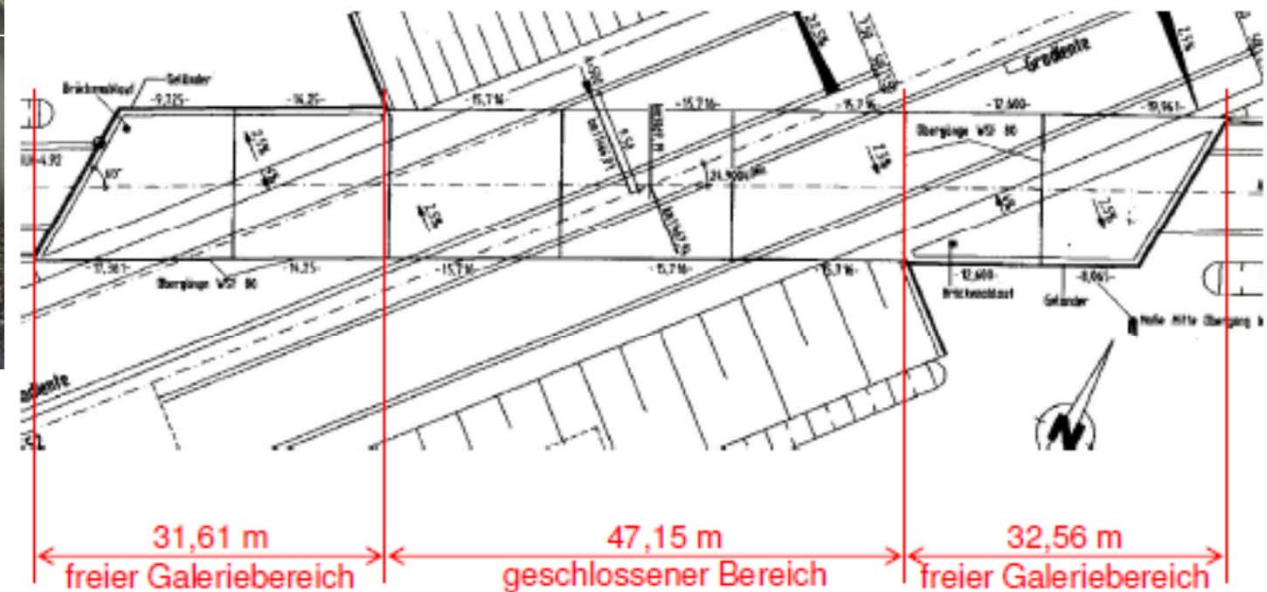
# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Heselach

## Zusammenfassung

- Ereignisdetektion unabhängig (BMA, Sichttrübung, Videosystem) als auch abhängig vom Tunnelnutzer (Handfeuermelder, Notruf, Mobilfunk)
  - Bei Unfall/ Brand frühzeitige Erkennung
  - Bei Gefahrgutszenarien ohne Brand „verzögerte“ Detektion möglich (wie bei meisten Tunneln)
  - Zuverlässige Detektion relevanter Szenarien → keine Detektion regelmäßiger Staus
- Selbstrettung – Notausgangsabstand und Begrenzung der Rauchausbreitung
- Beseitigung von Schwachstellen
  - Kabelverlegung in der Kalotte
  - Erneuerung der Strahlventilatoren und der Beleuchtung einschl. neuer Kabelverlegung

# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Altendorfer Straße

Tunnel ?



Ja – überbaute Länge = 102 m

# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Altendorfer Straße

## Ziel/ Aufgabenstellung [7]

- Bewertung des bestehenden Sicherheitskonzepts
- Begründung des Nachrüstungsbedarfs auf der Grundlage der Betrachtung ausgewählter Szenarien
  
- Hintergrund
- Grobkostenschätzung für eine Nachrüstung gemäß RABT 2006 ca. **1,12 Mio. €**  
(Beleuchtung, Streckenentwässerung einschl. Havariebecken, Löschwasserversorgung, Betriebsgebäude, Anbindung an TLZ, Notrufeinrichtungen, Markierung und Beschilderung)

# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Altendorfer Straße

## Spezifische Gefahrenanalyse

- Risikokenngrößen  $K_{\text{Kollision}} = 0,004$  und  $K_{\text{Brand}} = 0,0019$

→ keine weiteren Untersuchungen erforderlich

- Besondere Charakteristik (im Sinne einer Reduzierung des Risikos)

- Länge 102 m
- Querschnitt Sonderquerschnitt 2 x 3,75 m + 2 x 2,50 m
- Bauart Offene Bauweise mit Galerieöffnungen;  
Brückenbauwerk im Zuge der A 52
- Verkehrsaufkommen DTV = 1.773 Fz/d



# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Altendorfer Straße

## Wahrscheinlichkeit von Ereignissen

- Panne/ Gefahrenstelle im Abstand von etwa 20 a
- Unfall im Abstand von etwa 60 a
- Kleinere Pkw-Brände im Abstand von etwa 330...1.660 a
- Kleinere Lkw-Brände im Abstand von etwa 2.100 a
- Größere Brände mit Beschädigung des Tunnels im Abstand von etwa 17.000 a



# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Altendorfer Straße

## Typisches Schadensszenarium Brand - Selbstrettung

- Detektion nur über Mobiltelefon – bei verzögerter Reaktion etwa 2...5 min
- Evakuierung über die Portale mit maximaler Fluchtweglänge von 100 m innerhalb von 3...4 min (vor Erreichen der Vollbrandphase)
- Freie Sicht zu mindestens einem Portal
- Tunnelachse liegt im Sektor der Hauptwindrichtung – damit gute Durchströmung des Tunnels zu erwarten

# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Altendorfer Straße

## Typisches Schadensszenarium Brand - Brandbekämpfung

- Freiwillige Feuerwehr – nächstgelegene Feuerwache ca. 3 km entfernt
- Unter Berücksichtigung der Alarmierungs- und Ausrückezeit wird Feuerwehr frühestens nach 15 min am Tunnel eintreffen und nach ca. 20 min mit der Brandbekämpfung beginnen (nach Erreichen der Vollbrandphase).
- Löschwasserversorgung über Fahrzeuge (1000...2000 l je Fahrzeug)
  - Für Pkw-Brand (5 MW bzw. Brandfläche ca. 10 m<sup>2</sup>) werden mindestens 230 l/min benötigt [6]. Mit einem Strahlrohr werden etwa 360 l/min zum Einsatz gebracht.
  - Für Lkw-Brand (bis 100 MW bzw. Brandfläche ca. 200 m<sup>2</sup>) werden mindestens 1250 l/min [6] benötigt.
  - Für Pkw ausreichend, bei Lkw-Bränden kann ein logistisches Problem hinsichtlich der Löschwasserbereitstellung auftreten.
  - **Im Extremfall kann bei großer Brandleistung eine Schädigung des Brückenbauwerks eintreten.**

# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Altendorfer Straße

## Schadensverhütung – Problem Beleuchtung

- Tunnel kann lichttechnisch als kurzer Tunnel eingestuft werden [8].
  - Verzicht auf künstliche Beleuchtung ist möglich, wenn sowohl ein ausreichender Tageslichteinfall als auch eine sichere Hinderniswahrnehmung nachgewiesen wird.
- Muss im Rahmen eines Beleuchtungsgutachtens speziell untersucht werden.

# Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Altendorfer Straße

## Zusammenfassung

- Ereignisdetektion über Mobiltelefon (Notrufstation kein Sicherheitsgewinn)
  - Prüfung stabiler Netzempfang
- Brandfall
  - Verzicht auf Löschwasserversorgung
  - regelmäßige Streckenkontrollen durch AM (keine „zusätzlichen“ Brandlasten)
  - Verzicht auf Entwässerungssystem (gleicher Zustand wie freie Strecke)
  - Nachleuchtende Fluchtwegkennzeichnung
  - Abstimmung mit Einsatzdiensten und AGAP
- Tunnelbeleuchtung
  - „Beleuchtungsgutachten“ erforderlich

# Schlussfolgerungen

- Gesamtsicherheitskonzept sollte zur Entscheidungsfindung hinsichtlich der Sicherheitsanforderungen für Bauwerk, Ausstattung und Organisation genutzt werden.
  - Besondere Charakteristik nicht als „reinen“ Zahlenwert betrachten, sondern insbesondere das „Zusammenwirken“ einzelner Parameter betrachten
  - Erstellen zweckmäßig vor der Planung bei Neubau oder Nachrüstung von Tunneln
- Hohe qualitative Anforderungen an Gesamtsicherheitskonzept
  - keine „Auflistung“ von Sicherheitsmaßnahmen gemäß RABT, sondern Bewertung des geplanten/ vorhandenen Sicherheitskonzepts an Hand ausgewählter Szenarien unter Berücksichtigung der besonderen Charakteristik, der Art und Weise der Tunnelüberwachung, der Leistungsfähigkeit der Einsatzdienste, ...
  - Ersteller sollte über ein entsprechendes Erfahrungspotenzial verfügen
  - Ersteller sollte unabhängig und neutral sein (kein Betreiber und kein Planer)

## Literatur (1)

1. Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT), Ausgabe 2006
2. Leitfaden zur Erstellung einer Sicherheitsdokumentation gemäß RABT 2006. FE 15.432/2006/EG, BMVBS/BASSt, 2009
3. Leitfaden für Sicherheitsbewertungen von Straßentunneln gemäß RABT 2006, BMVBS/BASSt, Entwurf vom 09. Juli 2008
4. Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Heselach, DMT-Bericht 20629050 vom 28.09.2012
5. Fire and smoke control in road tunnels. PIARC Committee on Road Tunnels, ref. 05.05.B, 1999
6. Forschungsbericht Nr. 158 – Untersuchung der Bedingungen für die Feuerwehren bei der Bekämpfung von Bränden in Verkehrstunneln unter Berücksichtigung der in den Risikoanalysen der OECD-PIARC zugrundeliegenden Brandszenarien für verschiedene Unfälle. Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt, 2009

## Literatur (2)

7. Gesamtsicherheitskonzept Tunnel Altendorfer Straße, DMT-Bericht 20639659 vom 09.12.2013
8. DIN 67524 –Teil 1, Beleuchtung von Straßentunneln und Unterführungen – Allgemeine Gütemerkmale und Richtwerte, Entwurf 2006

# Ihr Ansprechpartner für Tunnelsicherheit

**Dr.-Ing. Dieter Tetzner**

**DMT GmbH & Co. KG**

**Geschäftsfeld Gebäude Sicherheit**

**Geschwister-Scholl-Str. 21**

**04205 Leipzig**

**Tel. 0341/ 3331-514**

**Fax 0341/ 3331-420**

**Mobil 0170/ 45 700 54**

**E-Mail [dieter.tetzner@dm-tgroup.com](mailto:dieter.tetzner@dm-tgroup.com)**

**[www.tunnelsicherheit.com](http://www.tunnelsicherheit.com)**

**[www.dmt-group.com](http://www.dmt-group.com)**