

# Überarbeitung und Erweiterung der RVS 09.03.11 „Tunnel-Risikoanalysemodell“

Dipl.-Ing. Harald KAMMERER  
ILF Consulting Engineers, Linz

# Gesetzlicher Hintergrund

- 2004 Veröffentlichung der EU-Richtlinie 2004/54/EG über Mindestanforderungen in Tunnel im transeuropäischen Straßennetz (TERN)
- Umsetzung dieser EU-Richtlinie in Österreich und Festlegung der sicherheitsrelevanten Anforderungen für Straßentunnel:
  - im Straßentunnelsicherheitsgesetz (STSG)
  - in den Tunnelrichtlinien (RVS 09-Tunnel)
- RVS Merkblatt 09.03.11 (TuRisMo) definiert die Rahmenbedingungen für die Anwendung von quantitativen Tunnel-Risikoanalysen

# Allgemeine Ziele in der Anwendung einer Tunnelrisikoanalyse

- Erbringung des Nachweises, dass für einen Tunnel das gemäß STSG vorgegebene Mindestsicherheitsniveau eingehalten wird
- Quantifizierung der Auswirkungen von spezifischen Mängeln auf das Risiko in bestehenden Tunneln
- Identifikation der kostenwirksamsten Lösung um die Mindestanforderungen an die Sicherheit zu erfüllen
- Quantitative Bewertung von potentiellen kompensatorischen Sicherheitsmaßnahmen im Zuge von Planung, Sanierung oder Betrieb
- Zuordnung des Tunnels zu einer Gefährdungsklasse



# Erfahrung aus bisheriger Anwendung

- Fokus und Rahmenbedingungen von Tunnel-Risikoanalysen haben sich geändert:
  - Hauptziel in 2008 war die Untersuchung des Großteils von österr. Tunneln mit vertretbarem Aufwand
  - Ziel Heutzutage: Untersuchung von Tunneln mit besonderen sicherheitsrelevanten Charakteristiken
  - Durch Anstieg der Computerleistung können heute mehr Szenarien mit höherer Komplexität analysiert werden
  - Praktische Erfahrung hat gezeigt, dass viele Fragestellungen sich auf das Brandrisiko (Lüftung, Selbstrettungsverhalten) beziehen

# Ziele im Forschungsprojekt zur Überarbeitung der RVS 09.03.11

- Erweiterung des Anwendungsbereiches des Risikoanalysemodells unter Einbeziehung der in der Praxis vorherrschenden Tunnel
- Festlegung von Rahmenbedingungen für ein detailliertes Risikomodell zur Untersuchung von komplexer Tunnel mithilfe von Simulationsrechnungen
- Auswertung und Implementierung der mittlerweile verfügbaren Daten zu Unfällen, Tunnelbränden und anderen relevanten Tunnelsicherheitsparametern
- Einbeziehung der Risikobewertungsmöglichkeiten von risikoreduzierenden Maßnahmen

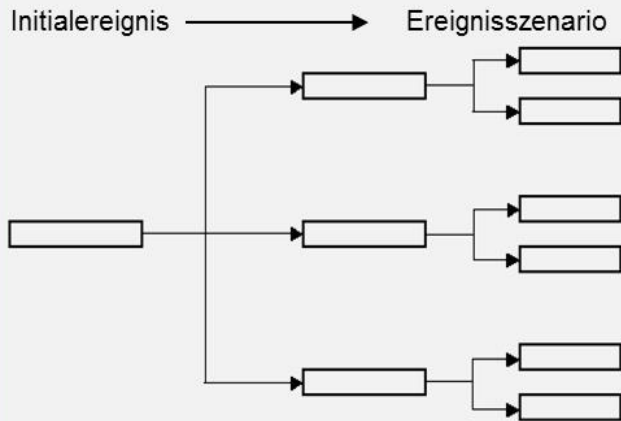
# Methodik

Häufigkeitsanalyse

Schadensausmaß-  
analyse

Resultat

Ereignisbaum



X



Risikoerwartungs-  
wert

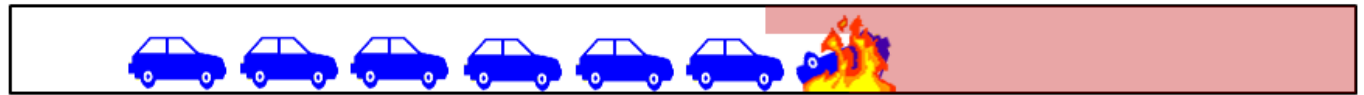
R

Risikoanteile



# Änderungen in der Häufigkeitsanalyse

- Spezieller Fokus auf Szenarien während eines (entstehenden) Verkehrstaus im Tunnel
- Einführung von drei unterschiedlichen Brandszenarien:
  - Primärereignis: Brand infolge techn. Gebrechens oder Unfall am Beginn einer Fahrzeugkolonne



- Sekundärereignis: Brand infolge eines Auffahrunfalls am Ende einer Fahrzeugkolonne nach techn. Gebrechen oder Unfall



- Tertiärereignis: Brand infolge eines technischen Gebrechens im Stau infolge Verkehrsüberlastung



# Änderungen in der Häufigkeitsanalyse

- Aktualisierung der Unfallrate und relativen Häufigkeiten im Ereignisbaum:
  - Genereller Rückgang von Unfällen in Österreichischen Tunneln  
→ Reduzierung der Unfallrate um ca. 30 %
  - Berücksichtigung unterschiedlicher Häufigkeit von LKW- und PKW-Bränden infolge techn. Gebrechen
  - Reduzierung der Wahrscheinlichkeit für Folgebrände nach Unfällen (im Speziellen Alleinunfälle, Unfälle im Begegnungsverkehr) um ca. 50%
  - Nur 38% der Brände nach einer Panne erreichen personengefährdende Ausmaße
- Basis bildet statistische Auswertung der ASFiNAG-Tunnelunfalldatenbank (2006-2012)





# Änderungen in der Schadensausmaßanalyse

- 2 Arten von Risikomodellen für die Ermittlung der Schadensausmaßwerte (Brand)

## 1. Detailliertes Risikomodell

- Anwendung in von Standardsituationen abweichenden Sonderfällen
- Berechnung von Schadensausmaßwerten für individuellen Tunnel mit Hilfe von komplexen und aufwändigen Simulationsrechnungen

## 2. Standardrisikomodell

- Verwendung von in Tabellen vorgegebenen Standardwerten für Schadensausmaße Brand
- Keine Simulationsrechnungen notwendig
- Voraussetzung ist, dass untersuchter Tunnel die vorgegebenen Parameter und Rahmenbedingungen erfüllt

# Änderungen in der Schadensausmaßanalyse

- Anwendungsbereich des Standardrisikomodells:  
(Richtungsverkehrstunnel)
  - Natürliche und mechanische Längslüftung
  - 2-streifiger Gewölbe- und Rechteckquerschnitt
  - Tunnellängen von 0,5 bis 8,0 km
  - Einseitige Längsneigung zwischen +3% und -3%
  - Abstand Flucht- und Rettungswege von 125 bis 500 m

# Änderungen in der Schadensausmaßanalyse

- Erweiterte Untersuchung mit det. Risikomodell
- Tunnelgeometrie:
  - Wechselnde Tunnelquerschnitte
  - Lokale Gradienten
  - Tatsächliche Flucht- und Rettungswegabstände
  - Einfluss eines durchgehenden Pannenstreifens
  - Abstände von Pannenbuchten

# Änderungen in der Schadensausmaßanalyse

- Erweiterte Untersuchung mit det. Risikomodell
- Verkehr und betriebliche Aspekte:
  - Einfluss von Verkehrsbewegungen und alle die darauf wirkenden Maßnahmen, wie
    - Geschwindigkeitsregulierungen (z.B. Section Control)
    - Verfügbarkeit und Situierung von Einrichtungen zur Tunnelsperre (Schrankenanlage, 3-begriffige VLSA)
  - Spezifische Verkehrscharakteristiken
  - Zeitlicher Einfluss von Detektierungseinrichtungen und anderen sicherheitsrelevanten Systemen

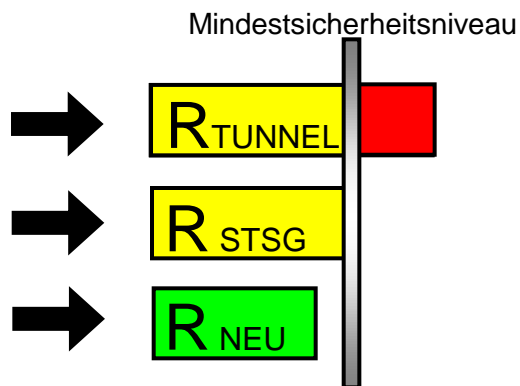
# Änderungen in der Schadensausmaßanalyse

- Erweiterte Untersuchung mit det. Risikomodell
- Brandschutzvorkehrungen:
  - Kombinierte als auch unkonventionelle Lüftungssysteme
  - Spezifische Kapazität eines individuellen Lüftungssystem
  - Exakter Einfluss der Lüftungssteuerung
  - Spezifische meteorologische Gegebenheiten
  - Effekte von autom. Brandbekämpfungsanlagen

# Methoden der Risikobewertung

## REFERENZTUNNEL

- Risikowert des untersuchten Tunnels mit abweichender Charakteristik
- Risikowert des Referenz隧nells (Mindestanforderungen gemäß STSG erfüllt)
- Modifizierter Risikowert des untersuchten Tunnels (inkl. zusätzlichen risikomindernden Maßnahmen)




## GEFÄHRDUNGSKLASSE

- Heranziehen des absoluten Risikokennwertes
- Zuweisen des Tunnels zu einer der vier Gefährdungsklassen
- Gefährdungsklasse hat Einfluss auf Design und Ausstattung des Tunnels

Risikoerwartungswert		Gefährdungs- -klasse
Untere Grenze	Obere Grenze	
-	0,02	I
> 0,02	0,10	II
> 0,10	0,50	III
> 0,50	-	IV

# Vereinfachte Anw. der Standardmethode zur Ermittlung der Gefährdungsklasse

- Excel-basiertes Tabellenkalkulationsblatt 
- Eingabe von tunnelspezifischen Parametern und tunnelspez. Schadensausmaßwerten
- Automatische Ausgabe von Risikoerwartungswert und Gefährdungsklasse
- Gilt als Ersatz der „Vereinfachte Methode zur Risikobewertung“ aus RVS 09.02.31

## Tunnelspezifische Eingabeparameter:

<b>BEZEICHNUNG des Tunnels:</b>	<b>XYZ Tunnel</b>		
<b>TUNNELSYSTEM:</b>	Richtungsverkehrstunnel		
<b>LÄNGE des Tunnels [km]:</b>			
<b>VERKEHRSTÄRKE [Fzg/24h]:</b>			
<b>Länge der Verflechtungsstrecke [km]:</b>			
<b>Anteil Schwerverkehr [%]:</b>	0.000	<b>LKW-Anteil [%]</b>	<b>Bus-Anteil [%]</b>
<b>Anteil PKW [%]:</b>	100.000		

## Tunnelspezifische Schadensausmaßwerte:

<b>Primäreignis</b>	Richtungs- verkehrstunnel	Gegen- verkehrstunnel
Brand - 5 MW		
Brand - 30 MW		
Brand - 100 MW		
Brand - Gefahrgut		
Brand - Bus		
<b>Sekundäreignis</b>	Richtungs- verkehrstunnel	Gegen- verkehrstunnel
Brand - 5 MW		0
Brand - 30 MW		0
Brand - 100 MW		0
Brand - Gefahrgut		0
Brand - Bus		0
<b>Tertiäreignis</b>	Richtungs- verkehrstunnel	Gegen- verkehrstunnel
Brand - 5 MW		
Brand - 30 MW		
Brand - 100 MW		
Brand - Gefahrgut		
Brand - Bus		
<b>Mechanisches Schadensausmaß</b>	Richtungs- verkehrstunnel	Gegen- verkehrstunnel
Unfalltyp 0 - PKW	0.175	0.138
Unfalltyp 0 - LKW	0.083	0.083
Unfalltyp 0 - BUS	0.100	0.100
Unfalltyp 1 - PKW	0.010	0.019
Unfalltyp 1 - LKW	0.033	0.419
Unfalltyp 1 - BUS	0.100	0.100
Unfalltyp 2 - PKW	0.250	0.250
Unfalltyp 2 - LKW	0.429	0.429
Unfalltyp 2 - BUS	0.750	0.750

# Zusammenfassung

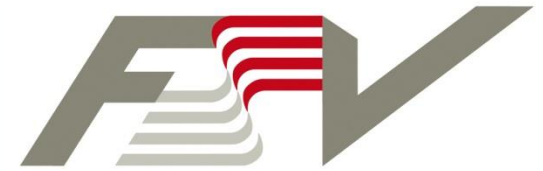
- Änderungen in der neuen RVS betreffen sowohl die Häufigkeitsanalyse als auch die Schadensausmaßanalyse
- Adaptierungen im Ereignisbaum betreffen einerseits die Struktur als auch die inhaltlichen Aktualisierungen der Unfallrate und relativen Häufigkeiten
- 2 Arten von Risikomodellen Schadensausmaßanalyse:
  - (1) Standardrisikomodell
  - (2) detailliertes Risikomodell
- Standardmethode bietet umfangreichere Anwendungsmöglichkeiten für die Bewertung von Richtungsverkehrstunneln



# Zusammenfassung

- Detailliertes Risikomodell ermöglicht die Berücksichtigung einer Vielzahl an tunnelspezifischen Parametern (Tunnelgeometrie, Verkehr, Betrieb, Brandschutz, etc.)
- Änderungen in der Risikobewertung:
  - „Vereinfachte Anwendung der Standardmethode“ zur Ermittlung der Gefährdungsklassen
  - Genauere Definitionen für den Referenztunnel (inkl. für zeitlich begrenzte Betriebsphasen)
- Hinweise zur Berücksichtigung von Maßnahmen bei Anwendung der Standardmethode (z.B. Fremdrettung)

Ö S T E R R E I C H I S C H E  
F O R S C H U N G S G E S E L L S C H A F T  
S T R A S S E • S C H I E N E • V E R K E H R



Wir finden neue Wege.

**VIELEN DANK FÜR IHRE  
AUFMERKSAMKEIT !!!**

Dipl.-Ing. Harald KAMMERER  
ILF Consulting Engineers, Linz