



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Strasseninfrastruktur West

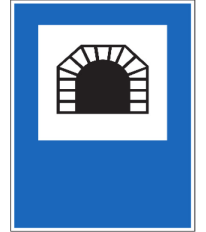
ASTRA Fachtagung, Kursaal Bern, 22.11.2023

Balazs Fonyo, I-Ost, Bereichsleiter Fachunterstützung FU F4/F5

Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel



Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel



1. *Problemstellung*
2. *Sicherheitseinrichtungen*
3. *Vorschriften & Methodik* 
4. *Risikoanalysen für Tunnel*
 - *N04 Fäsenstaubtunnel*
 - *N13 Tunnel Viamala*
 - *N13 Tunnelgruppe Brusei*
5. *Schlussfolgerungen*





Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

1. Problemstellung

- Fahrzeugbrände im Tunnel
→ Lebensgefahr
- Grossbrände in Mont-Blanc-Tunnel, Tauerntunnel und Gotthardtunnel in den Jahren 1999 und 2001
- Neue Sicherheitsstandards für **Strassentunnel in EU & CH**
- ASTRA: **Tunnelsicherheit** (TUSI) ab 2008





Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

1. Problemstellung

- Aktuell **307** Nationalstrassen-Tunnel in Betrieb
- Das ASTRA-Teilprogramm **Tunnelsicherheit** (TUSI) umfasst **221** Tunnel (mit $L > 300$ m)
- Investitionssumme TUSI-Programm 1,8 Mia CHF zwischen 2008 und 2033 in **117** Tunnel
- TUSI Programm: Fluchtwege, Lüftung, Energieversorgung, Signalisation
- <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/nationalstrassen/tunnelsicherheit.html>





Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel



1. Problemstellung

SIA 197/2 Projektierung Strassentunnel, *Publikation 2023*
Abs. 8.8.2.4

- Im Ereignisfall müssen die **Fluchtwege** (in Kombination mit anderen sicherheitstechnischen Ausrüstungen) dem Tunnelbenützer ermöglichen, zeitgerecht aus der Gefahrenzone zu fliehen.

→ Fluchtwege dienen der SELBSTRETTUNG



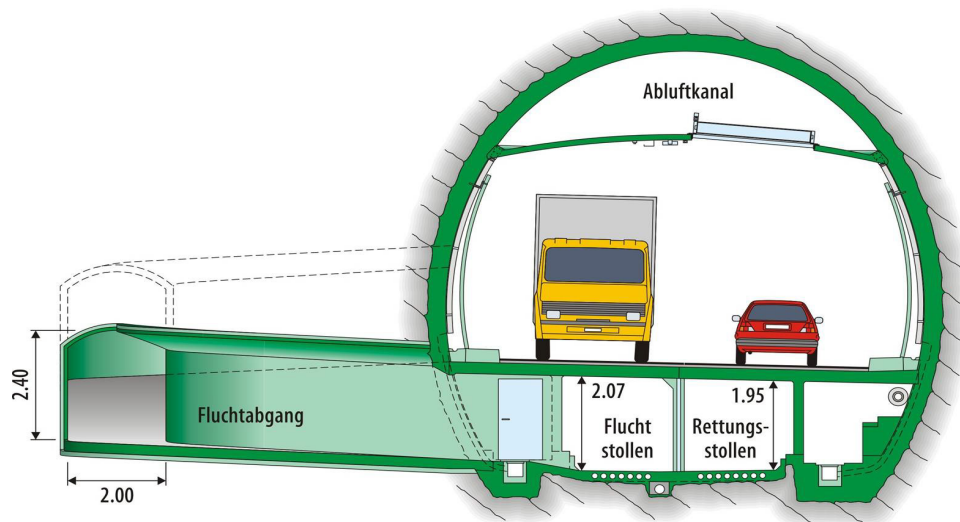
Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

2. Sicherheitseinrichtungen, Fluchtwege

Tunnel mit Gegenverkehr: Fluchtstollen direkt ins Freie

Sisto parallel zum Tunnel

Fluchtweg unterhalb der Fahrbahn



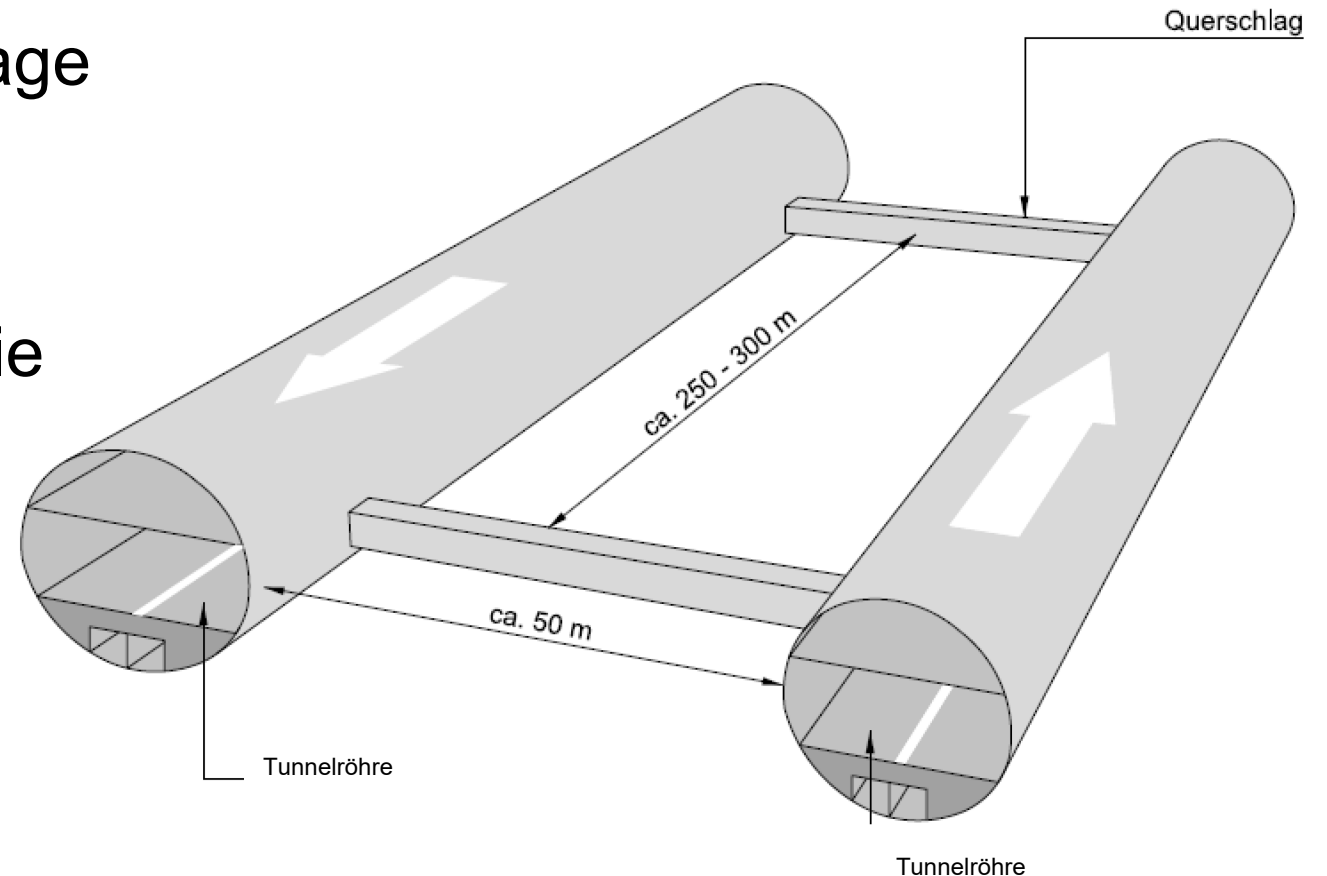


Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

2. Sicherheitseinrichtungen, Fluchtwege

Zweiröhrige Tunnelanlage
mit Richtungsverkehr,
d.h. 2 x 2 Spuren:

Fluchtwege führen in die
andere Tunnelröhre





Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

2. Sicherheitseinrichtungen, Fluchtwege

Dreiröhrige Anlage: Fluchtwege in die andere Tunnelröhre



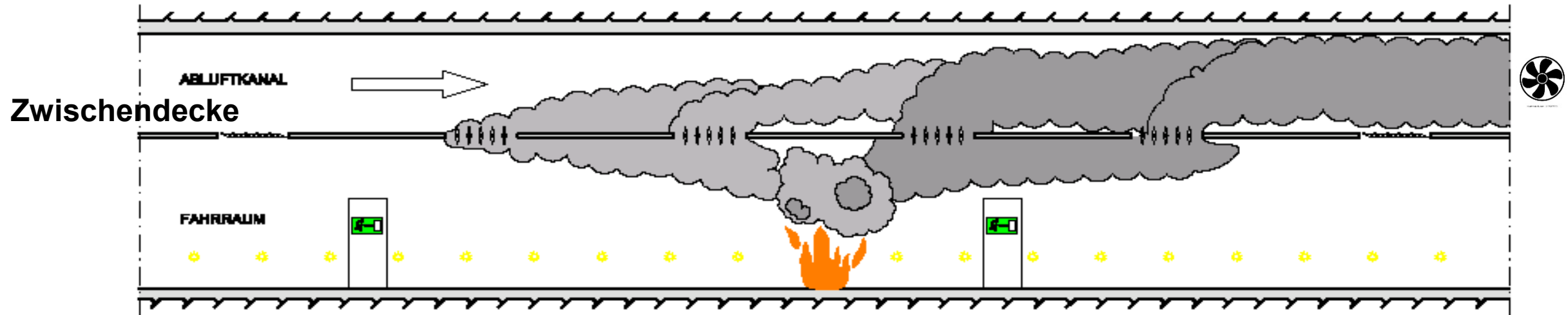
*Gubristtunnel
3. Röhre ZH*



Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

2. Sicherheitseinrichtungen, Lüftung

- Lüftung: Punktuelle Rauchabsaugung
- Brandschutzklappen im Lüftungskanal oberhalb der Fahrbahn





Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

2. Sicherheitseinrichtungen, Lüftung



Längslüftung



Optische
Leiteinrichtung

Tunnel de Glion VD



Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

2. Sicherheitseinrichtungen, Helligkeit



Belchentunnel
3. Röhre SO / BL



Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel



3. Vorschriften & Methodik

Weisungen

- **Weisungen ASTRA 74001** Sicherheitsanforderungen an Tunnel im Nationalstrassennetz (Ausgabe 2023)

Sicherheitsanforderungen an Tunnel im Nationalstrassennetz

8. Risikoanalyse

- objektspezifisch
- sicherheitsrelevant: Tunnellänge und – geometrie, Verkehrsmerkmale und -art, DTV, Schwerverkehrsanteil

Inhalt und Ergebnisse der Risikoanalyse sind in die Sicherheitsunterlagen aufzunehmen, die der Verwaltungsbehörde vorgelegt werden.

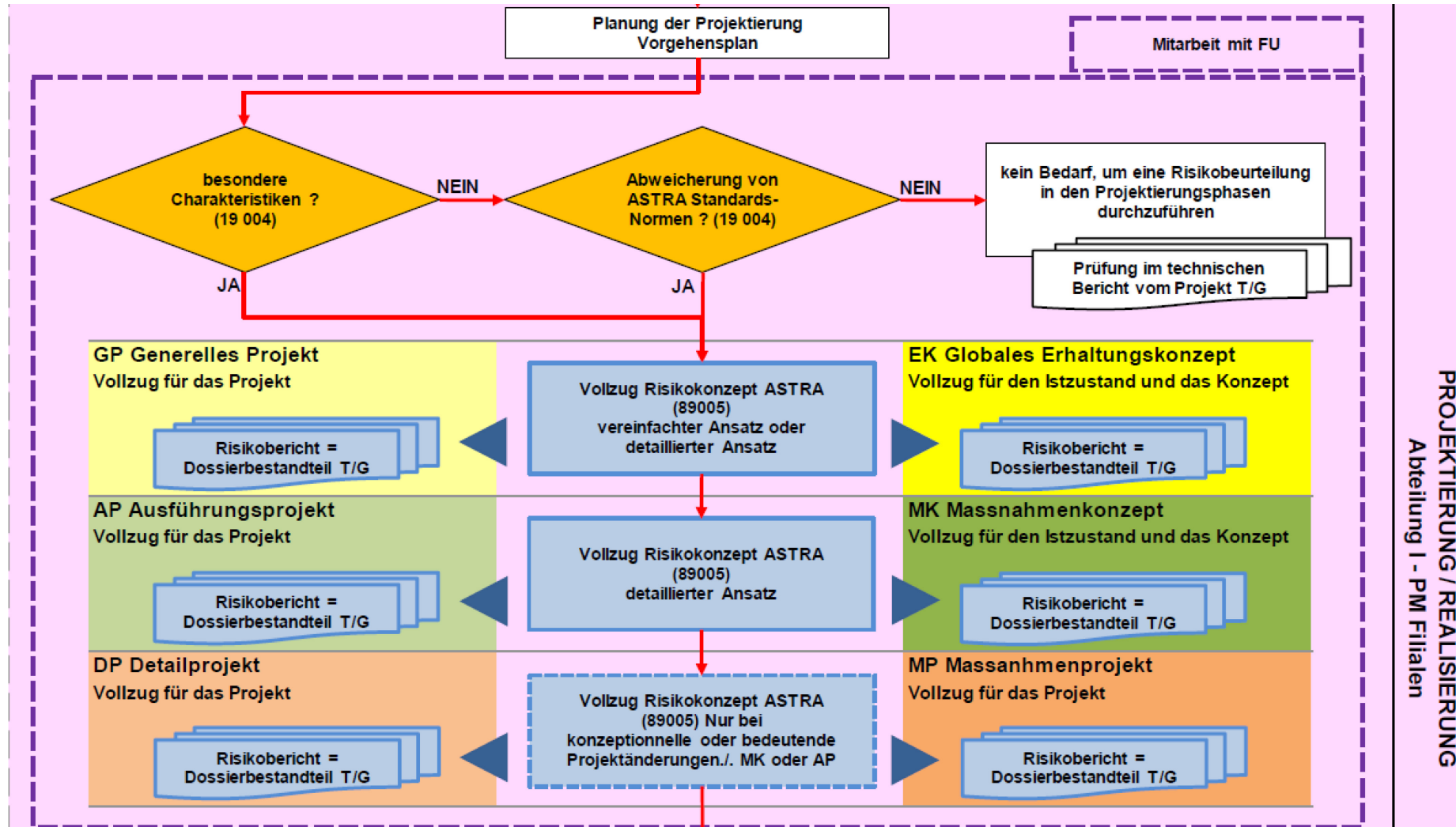


- **Richtlinie ASTRA 19004** Risikoanalyse für Tunnel der Nationalstrassen
- **Dokumentation ASTRA 89005** Risikokonzept für Tunnel der Nationalstrassen – Methodik zur Ermittlung und Bewertung der Risiken in Tunnel



Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

Richtlinie ASTRA 19004, Abb. 4.1 Integraler Prozess





Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

Richtlinie 19004, Anhang I: Besondere Charakteristiken

Ist beim Gegenverkehrstunnel die Verkehrsmenge $> 13'300$ Fzg./(Fahrspur, 24 h)?

Ist beim Richtungsverkehrstunnel die Verkehrsmenge $> 14'200$ Fzg./(Fahrspur, 24 h)?

Ist beim Gegenverkehrstunnel die Verkehrsmenge in der Spitzenstunde $> 1'600$ Fzg./(Fahrspur, h)?

Ist beim Richtungsverkehrstunnel die Verkehrsmenge in der Spitzenstunde $> 1'900$ Fzg./(Fahrspur, h)?

Mehr als 75 h Stau pro Jahr?

Ist der Anteil des Lkw -Verkehrs $> 15 \%$?

Ist die Längsneigung an einer Stelle im Tunnel $> 3 \%$?



Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

Wichtigste Faktoren in Risikoanalyse

- Betrieb (Gegenverkehr / Richtungsverkehr, Geschw., DTV)
- Tunnelgeometrie (Breite, Höhe, Trassierung, Spuren)
- Längsneigung (wegen Auftrieb)
- Fluchtwege: Abstand der Notausgänge
- Lüftung (natürliche, Längslüftung, Rauchabsaugung) und deren Programmierung
- Rauchererkennung
- Beleuchtung und Helligkeit (der Fahrbahn & Wände)





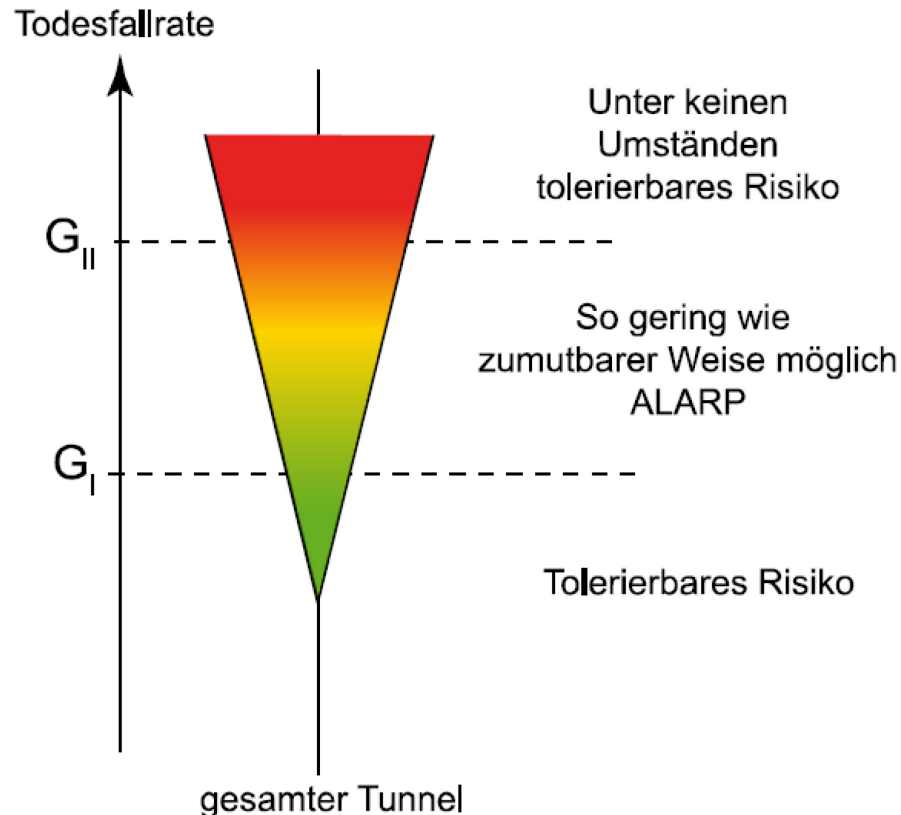
Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel



3. Vorschriften & Methodik

Modell mit Bayes'schen Netzen

Risikobewertung nach ASTRA 89005 "Methodik"



- ALARP-Prinzip
"as low as reasonable possible"

$$G_{II} = 13.2 \quad [1 / \text{Mrd.Fzg.km}]$$

$$G_I = 0.13 \quad [1 / \text{Mrd.Fzg.km}]$$



Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

Massnahmenbewertung: Verhältnismässigkeit aufgrund Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Massnahmen-
Nutzen / a

Massnahmen-
Effizienz :

$$M_{Eff,i} = M_{Nu,i} / M_{Ko,i} > 1.00 \quad \checkmark$$

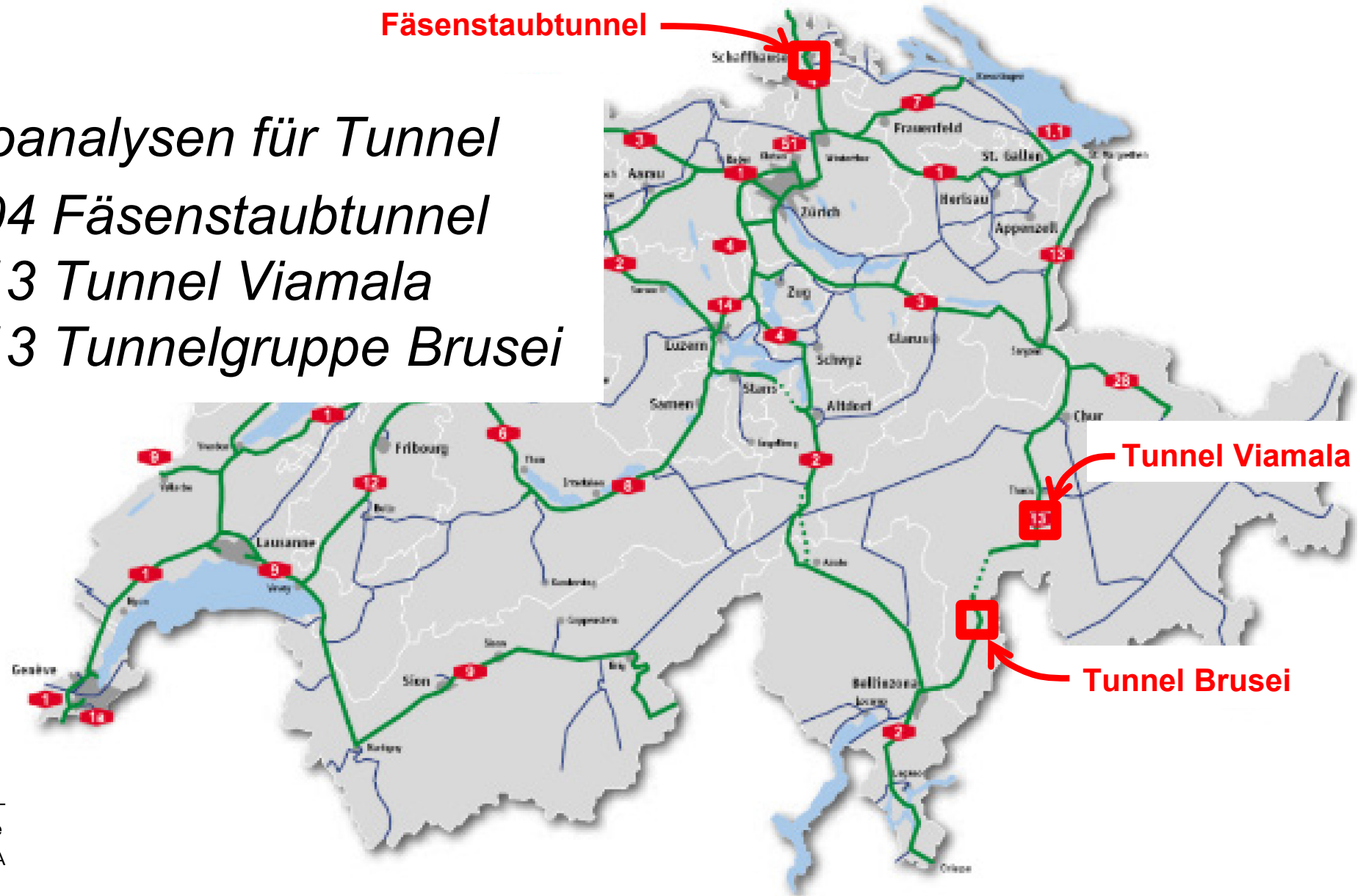
Massnahmen-
Kosten / a



Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

4. Risikoanalysen für Tunnel

- N04 Fäsenstaubtunnel
- N13 Tunnel Viamala
- N13 Tunnelgruppe Brusei

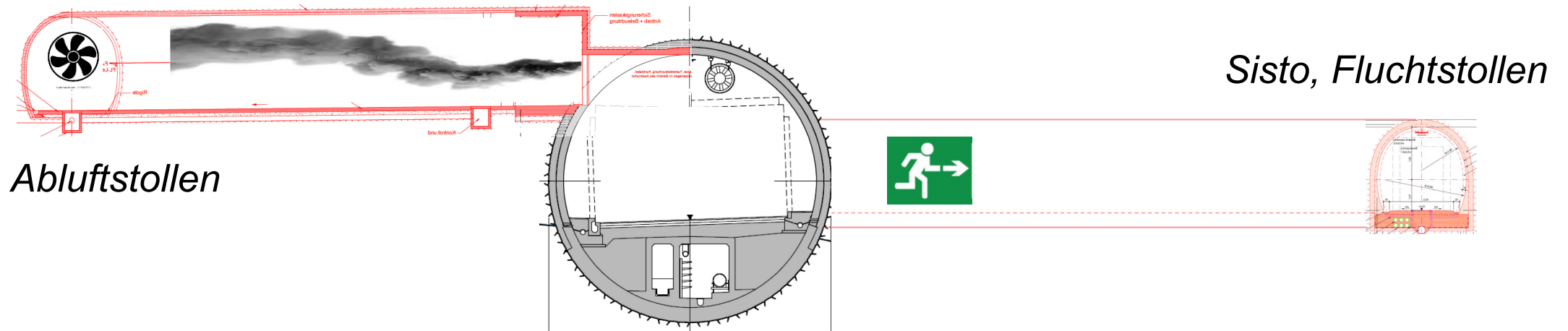




Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

N04 Tunnel Fäsenstaub, Schaffhausen SH

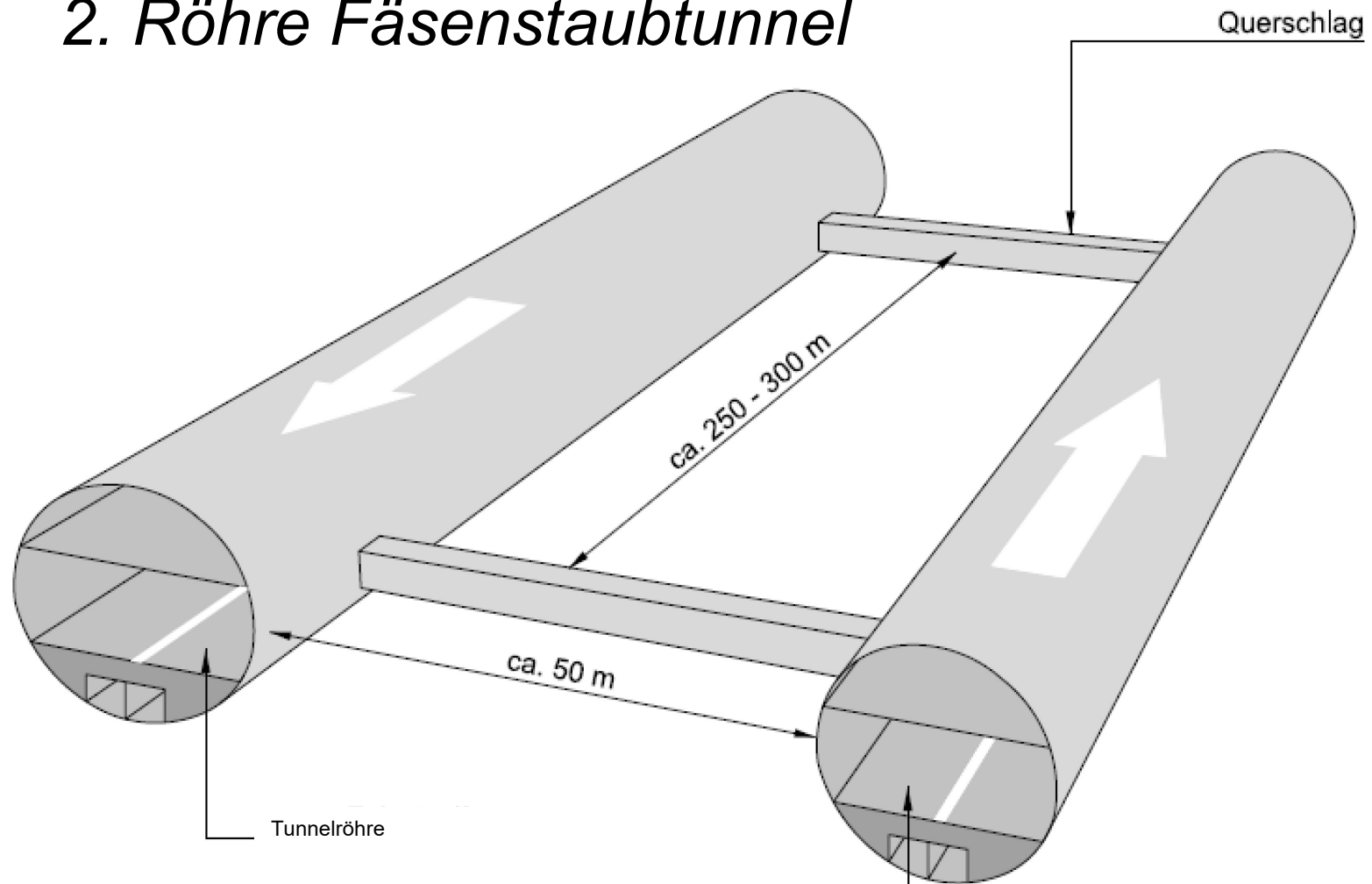
- 2-spuriger Tunnel mit Gegenverkehr, $L = 1460$ m in Schaffhausen SH
- Ursprünglich geplant: Rauchabsaugungsstollen & Sicherheitsstollen mit NA alle 300 m





Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

Lösung: 2. Röhre Fäsenstaubtunnel





Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

N13 Tunnel Viamala

- 2006 forderte ein grosses Brandereignis 9 Todesopfer
- Risikoanalyse
- Sicherheitsstollen erforderlich





Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

N13 Tunnel Viamala

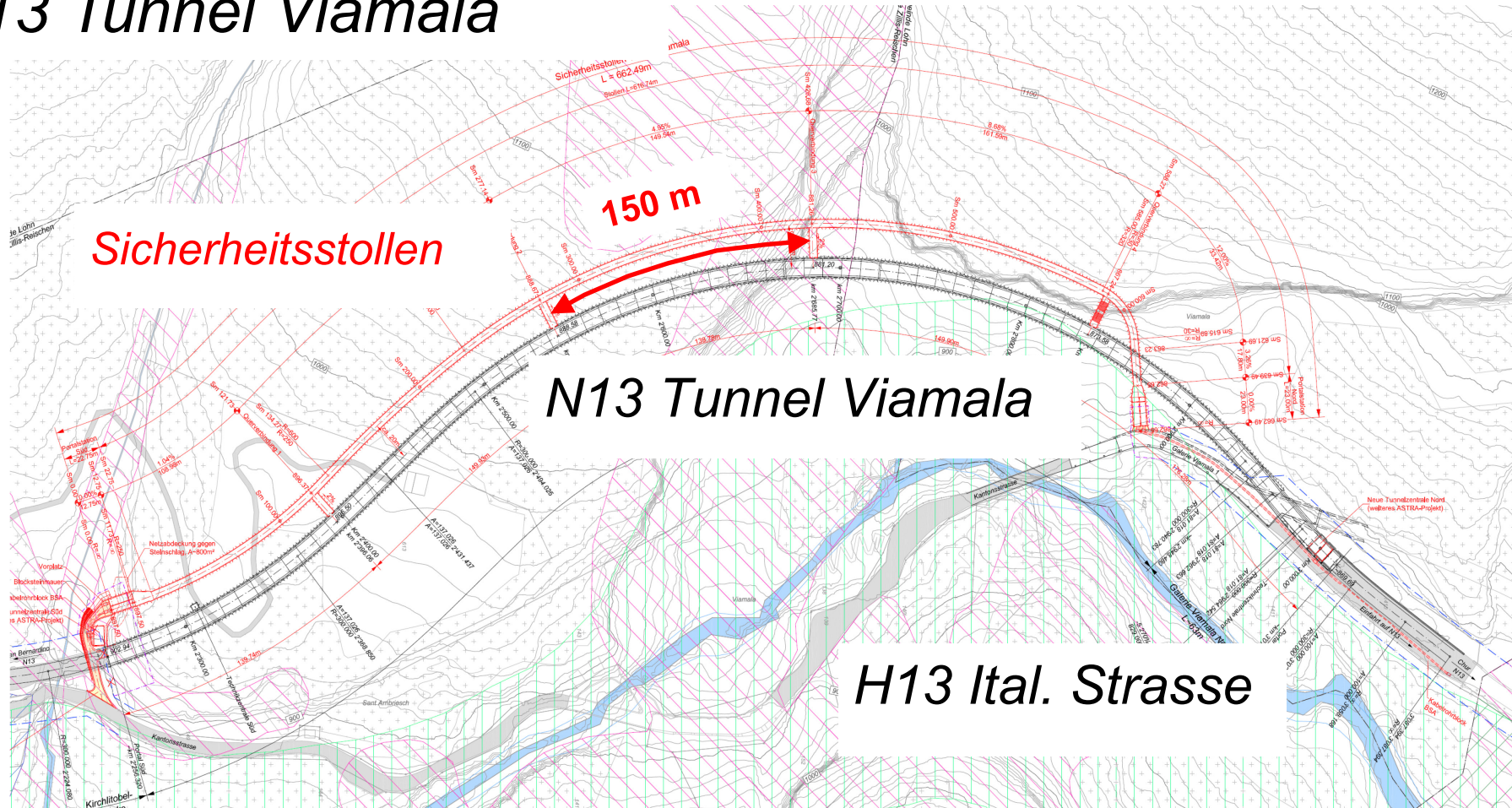
- 2-spuriger Tunnel mit Gegenverkehr,
 $L = 755$ m, $p = 5.8\%$,
Kurvenradius $R = 300$ m,
Geschw. $v = 80$ km/h
- Notausgänge liegen im Abstand von 140 und 170 m, im Mittel 150 m





Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

N13 Tunnel Viamala





Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

N13 Tunnel Viamala







Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

N13 Tunnelgruppe Brusei

- Todesfallwahrscheinlichkeit vor Massnahmen über GII

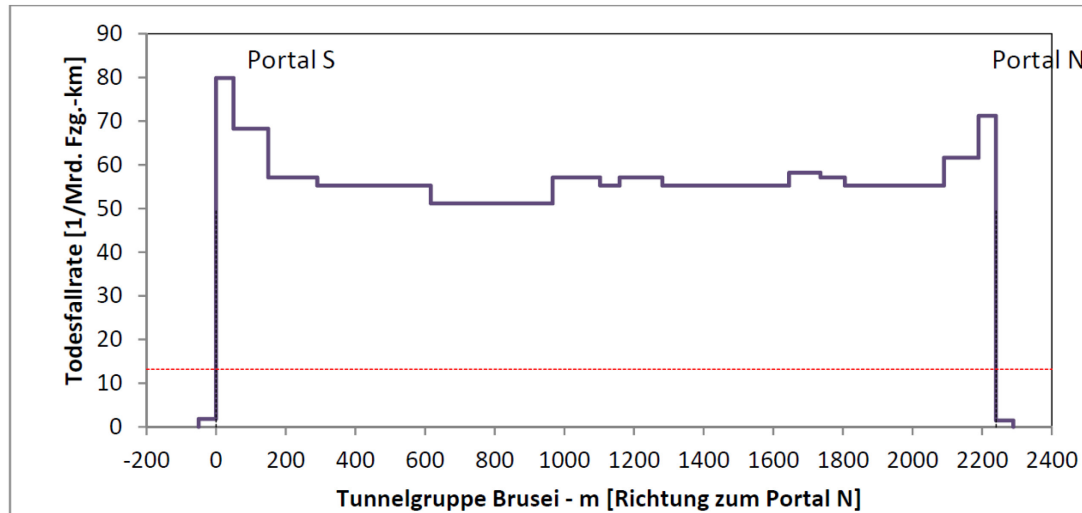


Abb. 32: Variation der Todesfallrate (Unfall + Brand) über die Tunnellänge in Richtung Portal N im Ist-Zustand

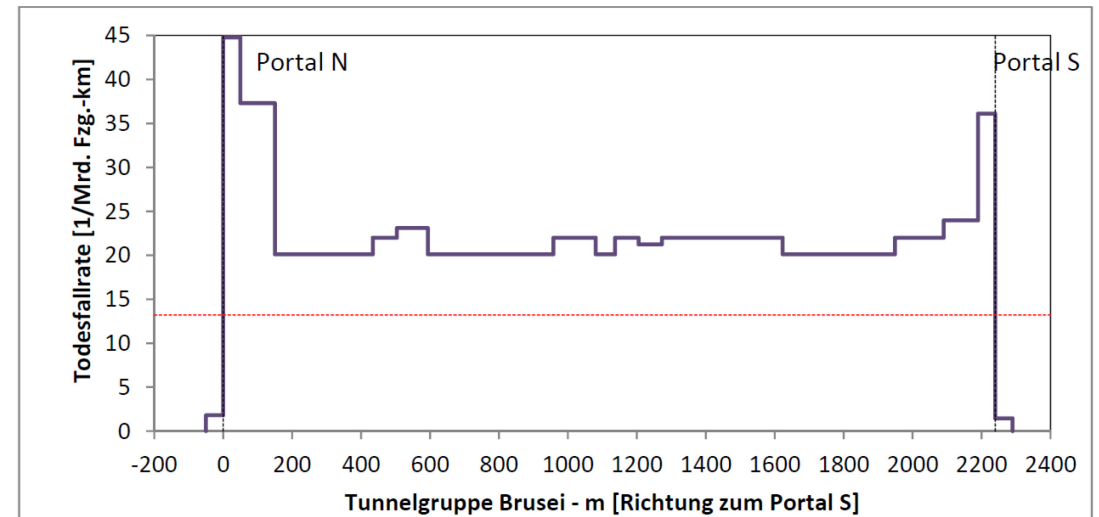


Abb. 33: Variation der Todesfallrate (Unfall + Brand) über die Tunnellänge in Richtung Portal S im Ist-Zustand



Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

N13 Tunnelgruppe Brusei

- Total 15 Notausgänge, die Abstände liegen zwischen 116 m und 149 m, im Durchschnitt 140 m





Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

N13 Tunnelgruppe Brusei

- Realisierte Notausgänge

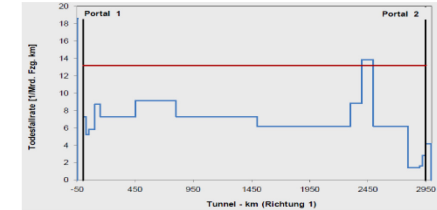




Umsetzung der Risikoanalyse für Tunnel

5. Schlussfolgerungen

- Mut zur Lösung → Risikoanalyse
- Ergebnisoffene Einstellung
- Risikoanalyse quantifiziert Defizite & kritische Punkte
- Tendenz: Mehr Fluchtwege, weniger Lüftung
- Dank RA: Geld richtig investiert & Leben gerettet !!!





**Besten Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**