

# Sicherheitstechnische Nachrüstung des Arlberg-Eisenbahntunnels

## Konzepte, Maßnahmen und Erfahrungen

1. **Bestand vor Umsetzung der sicherheitstechnischen Nachrüstung**
2. **Vorgangsweise zur Anpassung der Sicherheitsmaßnahmen**
3. **„Sichere Bereiche“ durch Querverbindungen zwischen Straßen- und Eisenbahntunnel**
4. **Bewältigung von Unfällen und Bränden im Straßen- oder Eisenbahn-Tunnel**
  - 4.1 Rettungskonzept
  - 4.2 Nutzung der Querverbindungen als „sicherere Bereiche“
  - 4.3 Festlegung der Zuständigkeiten bei einem Unfall oder Brand
5. **Sicherheitsmaßnahmen für den Eisenbahntunnel**
6. **Erfahrungen**

## Zusammenfassung

Der 10,6 km lange Arlberg-Eisenbahntunnel wurde 1884 in Betrieb genommen. Annähernd parallel zu diesem Eisenbahntunnel wurde rund 100 Jahre später der Arlberg-Straßentunnel errichtet. Dieser Bericht beschäftigt sich mit der Nachrüstung von Sicherheitsmaßnahmen für den Eisenbahntunnel. Dabei ist besonders die Herstellung von Querverbindungen im Abstand von maximal 1.700 m hervorzuheben, wobei die Querverbindungen als „sichere Bereiche“ für Notfälle im Straßen- als auch im Eisenbahntunnel dienen.

## Summary

The Arlberg railway tunnel is a 10.6 km long tunnel, which was taken into operation in 1884. Almost parallel to this railway tunnel, the Arlberg road tunnel was built approx. 100 years later. This paper deals with the upgrading of the safety measures in the railway tunnel. The most important measure consists in the construction of cross-passages at intervals of 1.700 m at maximum, serving as “safe areas” between road and rail tunnel.

## 1. Bestand vor Umsetzung der sicherheitstechnischen Nachrüstung

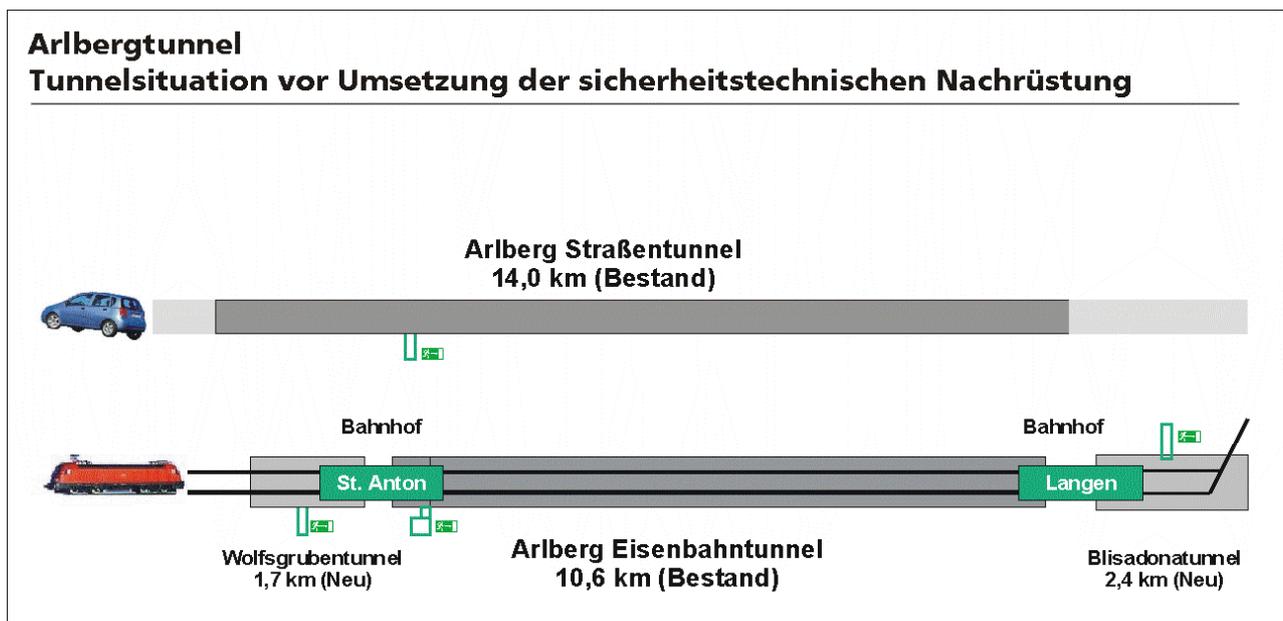
Die im Westen von Österreich gelegenen Tunnelbauwerke durch den Arlberg verbinden die Bundesländer Tirol und Vorarlberg auf der Eisenbahn und auf der Straße.

Der Arlberg – Eisenbahntunnel (10,6 km) ist zweigleisig ausgebaut, besitzt einen Querschnitt von 41 m<sup>2</sup> und wurde im Jahre 1884 in Betrieb genommen. Als Ausrüstung standen vor der Umsetzung des Projektes zur sicherheitstechnischen Nachrüstung Zugfunk, Fernsprecher und Arbeitsbeleuchtung in einzelnen Nischen zur Verfügung. Notausgänge waren keine vorhanden.

Im Anschluss an den Arlberg-Eisenbahntunnel sind zwei in den Jahren 2001 und 2003 neu in Betrieb genommene Eisenbahntunnel vorhanden. Bei diesen Tunneln wurde der Abstand der Notausgänge zu „sicheren Bereichen“ mit max. 1,2 km ausgeführt. Die Ausrüstung dieser Tunnel entspricht dem derzeitigen Ausrüstungsstandard von Neubautunnel in Österreich.

Der Arlberg – Straßentunnel ist ein Gegenverkehrstunnel (14,0 km) und wurde im Jahr 1978 eröffnet. Der Tunnel ist mit einer Vollquerlüftung ausgerüstet, im Drittelpunkt befindet sich eine Betriebsausfahrt.

Abbildung 1: Arlbergtunnel – bestehende Tunnelsituation vor sicherheitstechnischer Nachrüstung



Zwischen Eisenbahntunnel und Straßentunnel beträgt der Abstand max. 400 m, die Höhendifferenz zwischen den beiden Tunneln ist max. 35 m.

## 2 Vorgangsweise zur Anpassung der Sicherheitsmaßnahmen

Bei der Nachrüstung der Tunnelsicherheitsanlagen des Arlberg-Eisenbahntunnels wurden einerseits Maßnahmen vorgesehen, die ausschließlich eine Verbesserung der Verhältnisse im Eisenbahntunnel bringen, andererseits wurden gemeinsam mit der Betreibergesellschaft des Straßentunnels Maßnahmen projektiert, die der Verbesserung der Fluchtwegesituation sowohl im Straßen- als auch im Eisenbahntunnel dienen.

Gleichzeitig mit der Anpassung des Sicherheitskonzeptes wurden Anpassungen am Lichtraumprofil, Sanierungsarbeiten am Tunnelausbau sowie Erneuerungsarbeiten an der Fahrbahn und an der SFE-Ausrüstung durchgeführt. Wie bei Eisenbahntunneln in Österreich üblich, wurde kein eigenes Brandschutzkonzept erstellt. Die Sicherheitsmaßnahmen im Zusammenhang mit dem Szenario „Brand“ werden im Tunnelsicherheitskonzept behandelt.

Die Meilensteine bei diesem Projekt stellten sich folgendermaßen dar:

- |  |             |
|--|-------------|
| • Machbarkeitsstudie für die Flucht- und Rettungswege  | 1999        |
| • Projektierung für Eisenbahnrechtliche Baugenehmigung | 2000 – 2003 |
| • Baubeginn  | 2004        |
| • Fertigstellung Querschläge zu Straßentunnel          | 2007        |
| • Gesamtfertigstellung                                 | 2010        |

Die Festlegung der neu zu errichtenden Sicherheitsmaßnahmen erfolgte dabei unter Bedachtnahme des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit. Dies bedeutet unter anderem, dass das bestehende Tunnelbauwerk nicht grundsätzlich verändert wird (z.B. Aufweitung des gesamten Querschnitts) und für die Bauherstellung eine längerfristige Betriebseinstellung nicht akzeptabel ist.

In Österreich wird der risikoorientierte Ansatz für die Auswahl der Sicherheitseinrichtungen bei Eisenbahntunneln nur für unternehmensinterne Prioritätenreihungen und Entscheidungsfindungen genutzt, da keine durch die Genehmigungsbehörde anerkannten Grenzwerte vorhanden sind.

Die Auswahl des Maßnahmenpaketes für den Arlberg-Eisenbahntunnel erfolgte daher neben einem risikoorientierten Ansatz besonders unter Einbeziehung von Richtlinien und aktuellen Erkenntnissen, sowie unter Bedachtnahme der speziellen Rahmenbedingungen des Arlbergtunnels. Die Vollständigkeit und Ausführung der Maßnahmen wurde anhand folgender Berichte und Richtlinien systematisch überprüft:

- Richtlinie „Bau und Betrieb von neuen Eisenbahntunneln bei Haupt- und Nebenbahnen“ des österreichischen Bundesfeuerwehrverbandes, Ausgabe 2000 [3]
- Bericht „Safety in Railway Tunnels“, Schlussbericht Februar 2002, im Auftrag der UIC
- Studie „Sicherheit in Eisenbahntunneln“, im Auftrag der ÖBB zur Beurteilung der möglichen Verbesserungen bei den österreichischen Eisenbahntunneln, 2001

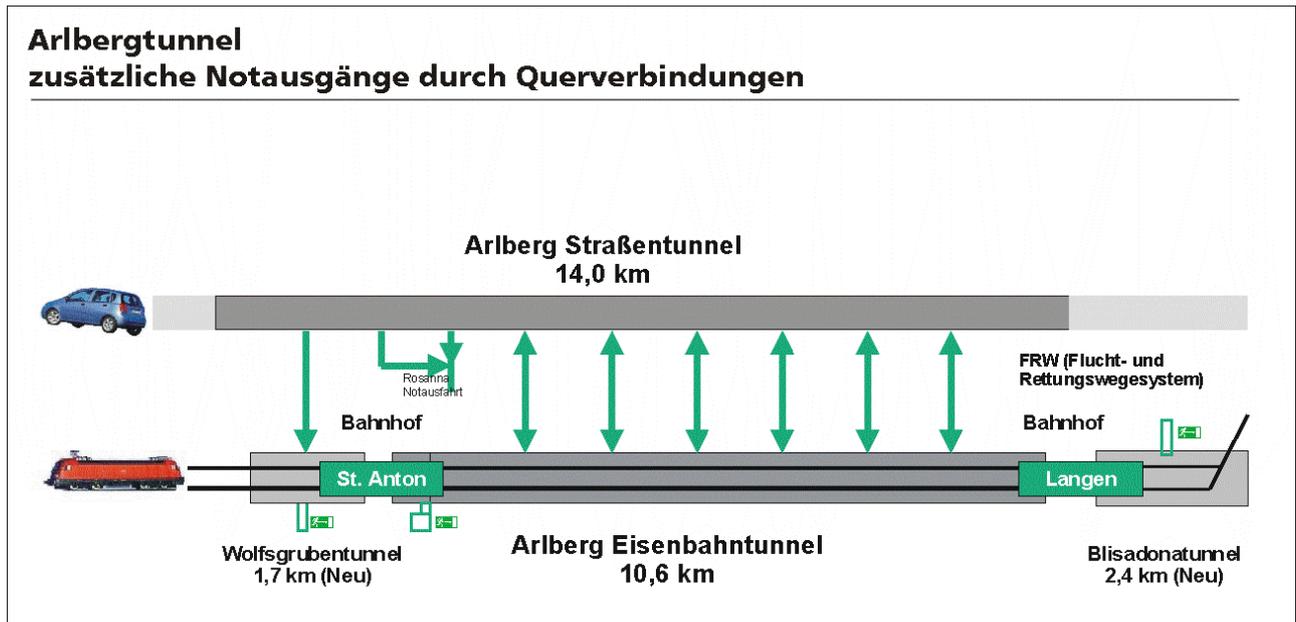
Eine weitere Vorgabe für die Anpassung der Tunnelausrüstung im Eisenbahntunnel stellte die Verordnung über Arbeitnehmerschutz bei Eisenbahnen [2] dar. Darin werden vom Gesetzgeber Anforderungen an die Wege, Rettungsnischen, Beleuchtung, Stromversorgung und Fernsprecheinrichtungen festgelegt.

Zum Zeitpunkt der Projektierung waren die TSI „Sicherheit in Eisenbahntunneln“ [1] und der UIC-Kodex 779-9 [4] noch nicht verfügbar.

## 3 „Sichere Bereiche“ durch Querverbindungen zwischen Straßen- und Eisenbahntunnel

Zur Verkürzung der Abstände der Notausgänge in „sichere Bereiche“ wurde eine Machbarkeitsstudie erstellt. Dabei wurde eine Erstellung von Querverbindungen zwischen Straßen- und Eisenbahntunnel im Abstand von max. 1.700 m empfohlen. Im Zuge der Projektarbeit für das behördliche Baugenehmigungsverfahren wurde die Verkürzung der Abstände der „sicheren Bereiche“ diskutiert und nochmals untersucht. Dabei wurde besonders aus Sicht der Bauherstellung und der zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel eine stufenweise Realisierung als notwendig erachtet. In Abstimmung mit den Vertretern der Feuerwehrorganisationen wurde festgelegt, dass als erster Stufe die Herstellung von Querverbindungen im Abstand von 1.700 m durchgeführt wird. In einer weiteren Stufe ist die Halbierung der Abstände auf max. 850 m vorgesehen.

Abbildung 2: Arlbergtunnel – Querverbindungen zwischen Straßen- und Eisenbahntunnel



Wegen der unterschiedlichen Höhenlagen der beiden Tunnel wurden geeignete Stollen mit einer maximalen Längsneigung von 10 % errichtet.

Abbildung 3: Systemskizze der Querverbindungen zwischen Straßen- und Eisenbahntunnel



Aufgrund der unterschiedlichen Betreiber in den beiden Tunnelröhren ist es möglich, dass bei einer Flucht in die Querverbindung der Ausgang in den zweiten Tunnel noch nicht freigegeben ist. Um für diesen Fall ausreichend Sammelfläche für flüchtende Personen zur Verfügung zu haben, wurden Sammelräume errichtet.

Abbildung 4: **Ausführung der Querverbindungen, die als Flucht- und Rettungsweg dienen**  
**Rampe (links) und Sammelraum (rechts)**



## 4 Bewältigung von Unfällen und Bränden im Straßen- oder Eisenbahn-Tunnel

Bei Unfällen im Tunnel (Brand, Kollision, ..) können sich folgende Fälle ergeben:

- Die Ereignisbewältigung des Unfalls beschränkt sich nur auf eine Tunnelröhre oder die Querverbindungen werden nur als kurzzeitige Aufenthaltsräume genutzt. Eine Selbstrettung mit Weitertransport über die zweite Röhre ist nicht notwendig.
- Die Größe des Unfalls erfordert eine Selbstrettung in die Querverbindungen und einen Weitertransport der Personen über die zweite Röhre. Beide Tunnelröhren sind betroffen.

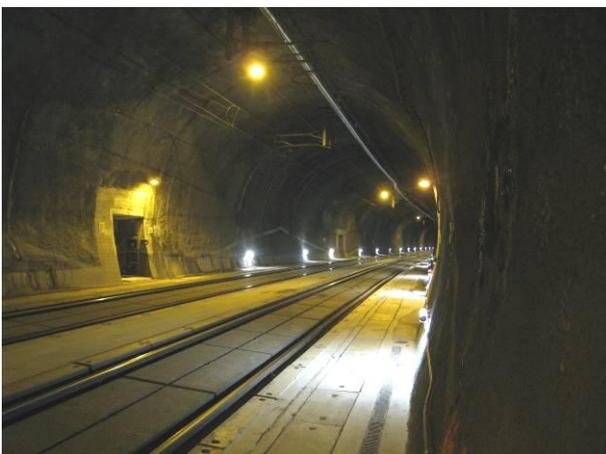
Hier werden nur jene Unfälle behandelt, bei denen Auswirkungen auf beide Tunnelröhren gegeben sind.

### 4.1 Rettungskonzept

Das Rettungskonzept in beiden Tunneln geht in der ersten Phase von einer Selbstrettung aus, bei der sich die Personen aus eigener Kraft aus dem Gefahrenbereich bringen. Als „sichere Bereiche“ werden dabei die Querverbindungen genutzt.

Da im Eisenbahntunnel zwischen Reisezugwagen und Tunnelwand nur ca. 60 cm Freiraum vorhanden sind, wurden auch die Flächen zwischen den Schienen begehbar ausgeführt.

Abbildung 5: **auf Schienenniveau ist der gesamte Querschnitt begehbar**



In der zweiten Phase erfolgt ein Fremdrettungseinsatz durch Zusammenwirken von Feuerwehr, Rettung und Betriebspersonal. Ziel der Fremdrettung ist es, jene Personen zu finden, die den Gefahrenbereich nicht durch Selbstrettung verlassen konnten.

Der Einsatz erfolgt in erster Linie von den Portalen über den für Straßenfahrzeuge (gummibereifte Einsatzfahrzeuge) befahrbaren Oberbau. In weiterer Folge ist auch ein Einsatz über den Straßentunnel vorgesehen.

Abbildung 6: **Einfahrt der Feuerwehr in den Tunnel auf einem für Straßenfahrzeuge befahrbaren Oberbau**



#### 4.2 Nutzung der Querverbindungen als „sicherere Bereiche“

Der Zugang zu den Querverbindungen ist sowohl vom Eisenbahntunnel als auch vom Straßentunnel jederzeit möglich. Der Zutritt erfolgt durch Türen mit einer Gesamtbreite von 2 m, wobei die Türen in Fluchrichtung (von Tunnel zur Querverbindung) öffnen. Der Zugang zu den Querverbindungen ist als Schleuse mit zwei Türebenen ausgeführt.

Beim Betreten der Querverbindungen werden automatisch das Licht und eine Überdruckentlüftung in Betrieb gesetzt. Eine Meldung wird an die zuständige Betriebszentrale weitergegeben und die Videoanlage wird aktiviert.

Um die Gefährdung durch Verkehr im zweiten Tunnel zu verhindern, sind die Türen von der Querverbindung kommend in Richtung der nicht betroffenen Röhre versperrt. Diese Maßnahme wurde gewählt, da durch die unterschiedlichen Verkehrssysteme und Tunnelbetreiber die Abläufe zur Verkehrseinstellung evtl. länger dauern können und eine Abstimmung zwischen den Tunnelbetreibern erforderlich ist. Das Versperren des Ausgangs in die zweite Röhre ist aufgrund der großen Ausdehnung der Querverbindungen (Sammelflächen) möglich. Die Querverbindungen sind mit Kommunikationseinrichtungen und Informationstafeln ausgerüstet (siehe Abbildung 7).

Das Öffnen der Türen erfolgt durch die Einsatzkräfte, mit deren Unterstützung die wartenden Personen ins Freie befördert werden. Um das flexible Handeln im Notfall zu ermöglichen (z.B. selbstständiges Verlassen des Tunnels bei portalnahen Querverbindungen), können die Schleusentüren von den zuständigen Stellen über einen ferngesteuerten Öffnungsmechanismus geöffnet werden.

Abbildung 7: **Ausrüstung der Querverbindungen Fernsprecheinrichtungen (links) und Orientierungstafel (rechts)**



### 4.3 Festlegung der Zuständigkeiten bei einem Unfall oder Brand

Die Überwachung der beiden Tunnel erfolgt von der jeweils zuständigen Betriebszentrale des Eisenbahnunternehmens oder des Straßentunnelbetreibers. Die zuständigen Stellen befinden sich bei beiden Tunneln im Bereich des Ostportals, die Entfernung beträgt etwa 4 km.

Für den Bereich der Querverbindungen wurden die Zuständigkeiten folgendermaßen geregelt:

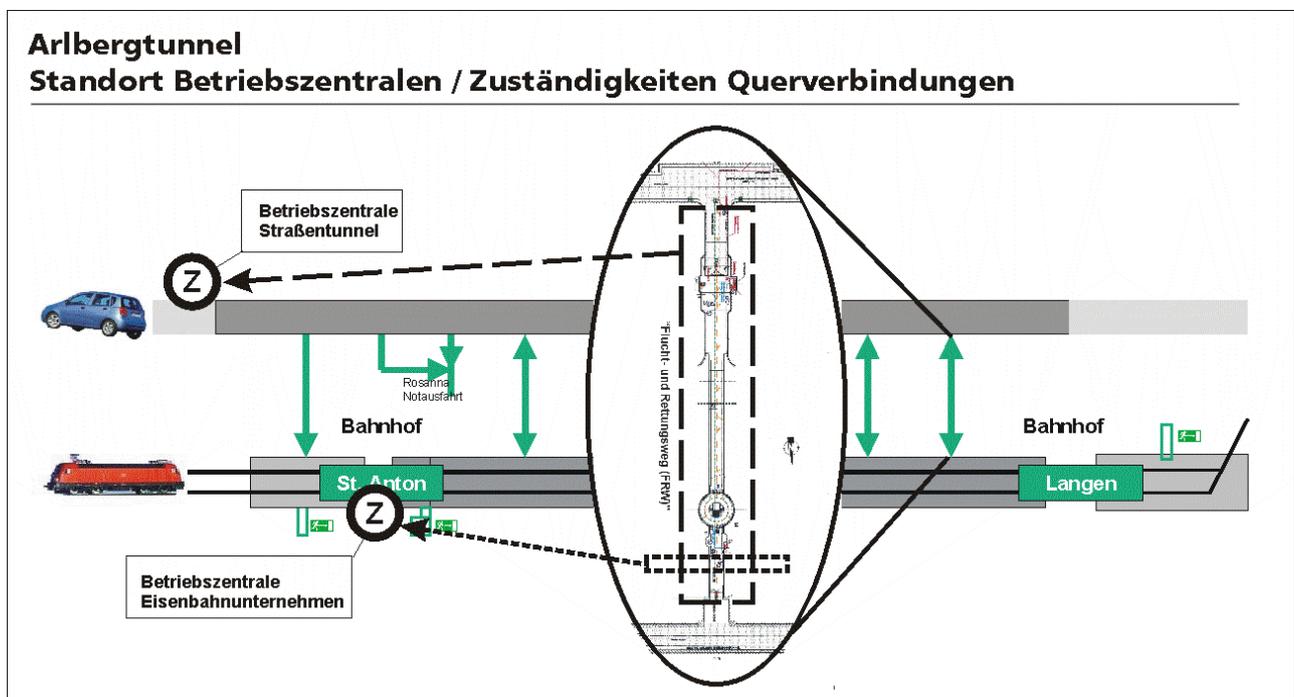
#### Betriebszentrale Straßentunnel:

- Überwachung der Türkontakte der Notausgangstüren, der Beleuchtung und der Notruftelefone
- Überwachung der Querverbindungen mittels Videoanlage
- händische Steuerung der Lüftungsanlage (bei Bedarf)
- Information und Übermitteln von Anweisungen an die Personen in den Querverbindungen mittels Lautsprecheranlage
- Überwachung und Freigabe der versperrten Türe beim Straßentunnel

#### Betriebszentrale Eisenbahnunternehmen:

- Überwachung und Freigabe der versperrten Türe beim Eisenbahntunnel

Abbildung 8: **Überwachungszentralen mit Zuständigkeiten Querverbindung**



Durch die sehr einfache Regelung der Sperrung der Türen bei den Zugängen zu den Querverbindungen ist es möglich die Überwachung der Querverbindung nur bei einer Betriebszentrale anzuordnen.

Zwischen den beiden Betriebszentralen ist eine direkte Telefonleitung eingerichtet, damit bei einem Unfall eine unverzügliche Meldung bzw. Abstimmung von Maßnahmen möglich ist.

Abbildung 9: Überwachungszentralen Straßentunnel / Videoübertragung aus Querverbindungen

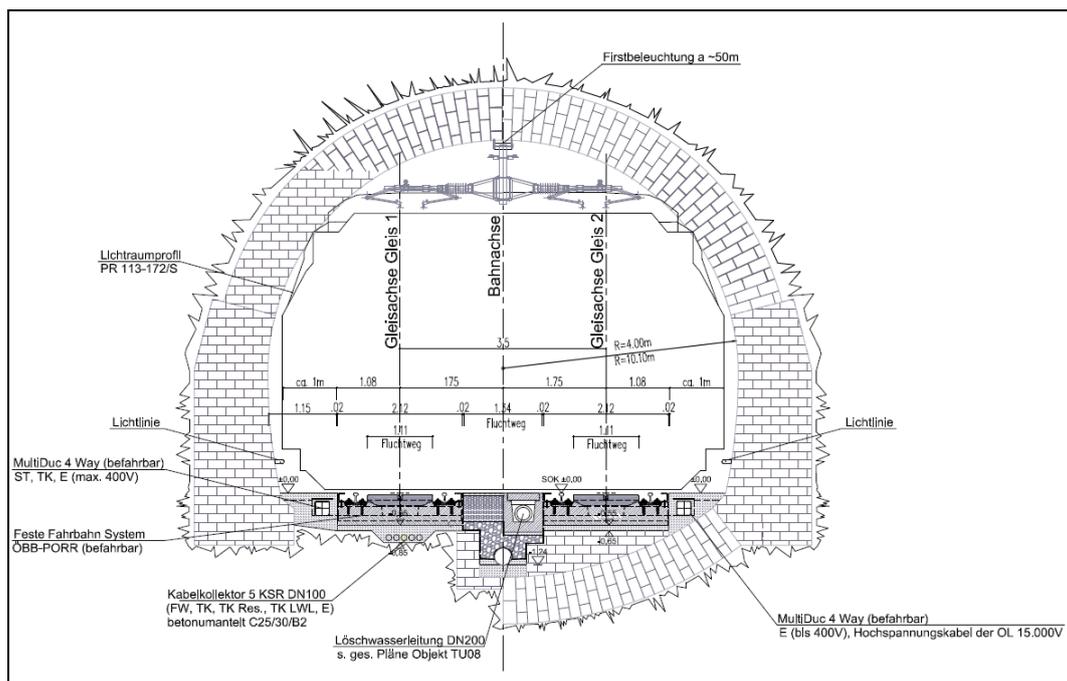


## 5 Sicherheitsmaßnahmen für den Eisenbahntunnel

Neben den mit der Betreibergesellschaft des Straßentunnels gemeinsam errichteten Querverbindungen (Flucht- und Rettungswege) wurden im Eisenbahntunnel folgende baulichen und ausrüstungstechnischen Sicherheitsmaßnahmen umgesetzt:

- Fluchtwege im Tunnel (zwischen Schienen begehbar ausgeführt)
- Orientierungsbeleuchtung (Firstleuchten und tiefliegende Lichtlinie)
- Fluchtwegkennzeichnung und Beschilderung
- Notruftelefone
- Feuerwehrfunk
- Brandgeschützte Ausführung von Versorgungsleitungen / redundante Systeme
- Löschwasserversorgung (mittig liegende Leitung mit seitlichen Entnahmestellen alle 100 m)
- Stromanschlussmöglichkeiten (beidseitig, alle 100 m)
- Erdung der Oberleitung mit Tunnelsicherheitssignalisierung für Feuerwehr
- Einfahrtsmöglichkeit in den Tunnel (für Straßenfahrzeuge befahrbarer Oberbau, Wendemöglichkeit / Wendenischen alle max. 850 m)
- Rettungsplätze und Räumlichkeiten für Einsatzleitung

Abbildung 10: Tunnelquerschnitt mit Lage der Orientierungsbeleuchtung und Löschwasserleitung

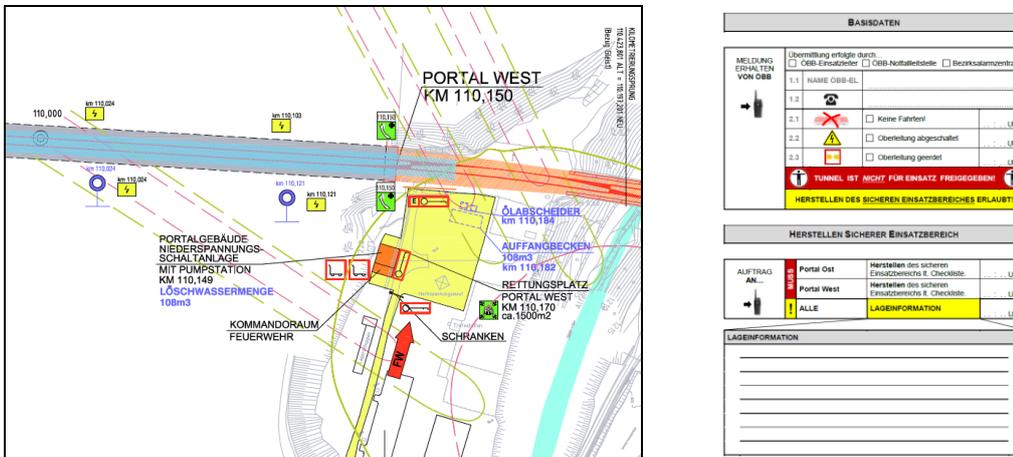


Für den Betrieb des Arlberg-Eisenbahntunnels wurde eine Tunnelsicherheitsdokumentation erstellt. Die Tunnelsicherheitsdokumentation dient als zusammenfassendes Dokument zur Sicherheit des Tunnels, in

dem das Bauwerk und die Sicherheitseinrichtungen aus dem Blickwinkel der Sicherheit beschrieben werden. Ferner werden spezifische betriebliche und organisatorische Maßnahmen angeführt, die über die allgemeinen Festlegungen im Vorschriftenwesen der ÖBB hinausgehen.

Für die Einsatzorganisationen (Feuerwehr, Rettung, Polizei) wurden Einsatzunterlagen erstellt, die in Form von Checklisten und Planunterlagen zur Verfügung stehen.

Abbildung 11: Einsatzunterlagen für die Feuerwehr (Beispiel)



## 6 Erfahrungen

Zur Verbesserung der Fluchtwegsituation können auch unkonventionelle Maßnahmen, wie Querverbindungen zwischen Straßentunnel und Eisenbahntunnel, eine gute, finanzierbare und zielführende Lösung darstellen.

Bei Fluchtwegen, die zwei unterschiedliche Verkehrsträger mit unterschiedlichen Betriebszentralen verbinden, ist besonderes Augenmerk auf die mögliche Gefährdung der Flüchtenden durch Verkehr im zweiten Tunnel zu richten, da nicht alle betrieblichen und organisatorischen Maßnahmen zentral von einer Stelle überwacht und gesteuert werden können.

Im Rahmen der Erneuerung der Anlagen im Eisenbahntunnel konnten viele Sicherheitsmaßnahmen nachgerüstet werden. Durch die beengten Platzverhältnisse in dem 125 Jahre alten Eisenbahntunnel mussten bei der Planung und Umsetzung zahlreiche innovative Lösungen gefunden werden.

Die bisher durchgeführten Notfallübungen haben gezeigt, dass die mit den Querverbindungen neu errichteten Flucht- und Rettungswege gute Verhältnisse für den Notfall bieten. Die vorhandene Komplexität durch die beiden unterschiedlichen Betreiber der Tunnelanlagen stellen für Leitstelle, Einsatzleitung und Einsatzorganisationen eine große Herausforderung dar. Die Vorgabe von einfachen Abläufen für die Ereignisbewältigung ist daher besonders wichtig.

## LITERATURANGABEN / QUELLENVERZEICHNIS:

- [1] ENTSCHEIDUNG DER KOMMISSION 2008/163/EG  
vom 20. Dezember 2007  
über die technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich „Sicherheit in Eisenbahntunneln“ im konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystem und im transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystem  
Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 64/1 vom 7.3.2008
- [2] Eisenbahn-ArbeitnehmerInnenschutzverordnung – EisbAV in der gültigen Fassung
- [3] Richtlinie „Bau und Betrieb von neuen Eisenbahntunneln bei Haupt- und Nebenbahnen; Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes“, Österreichischer Bundesfeuerwehrverband, 1. Ausgabe 2000 (Umsetzung in Abstimmung mit den derzeitigen Strategien bei Neubautunneln bzw. in Abstimmung mit der Feuerwehr)
- [4] UIC-Kodex 779-9E „Sicherheit in Eisenbahntunneln“, August 2003

### KONTAKT ZUM AUTOR:

Titel Vorname NAME: Dipl.-Ing. Christof NEUMANN  
Funktion: Projektleiter Risiko und Sicherheit, Niederlassungsleiter-Stellvertreter  
Firma: ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH  
Postanschrift: Harrachstraße 26, 4020 Linz  
Telefon: +43 (0) 512 2412-4211  
Telefax: +43 (0) 512 2412-4263  
E-Mail: christof.neumann@if.com  
Website: www.ilf.com