

# Bachelorarbeit

## Vergleich der Richtlinien für den Bau von Eisenbahntunnelanlagen in Österreich und Deutschland

Tobias Dittrich

e1616712@student.tuwien.ac.at

Matr.Nr. 01616712

Datum: 17. März 2021

### Kurzfassung

Diese Arbeit behandelt die Unterschiede in den Richtlinien für Eisenbahntunnelanlagen in Österreich und Deutschland. Um bei einem Unfall im Tunnel die Selbstrettung der Passagiere oder eine Rettung durch Einsatzkräfte zu ermöglichen, müssen Sicherheitseinrichtungen nach dem Stand der Technik vorgesehen werden. Diese speziellen Einbauten sind erforderlich, da aufgrund des beengten Platzes im Tunnel die Rettung erschwert wird und auch das Verlassen des Gleisbereiches sich wesentlich schwieriger gestaltet als auf der freien Strecke. Beginnend wird auf die allgemeinen Gefahren im Gleisbereich eingegangen. Anschließend werden Sicherheitsmaßnahmen vorgestellt, um Gefahren möglichst abzuwenden. Diese Vorkehrungen dienen nicht nur der Selbstrettung aus dem Gefahrenbereich, sondern auch den Einsatzorganisationen, um zum Unfallort zu gelangen. Auch wird dargelegt, welche Einsatzorganisationen zur Abwicklungen eines Schadensfalls benötigt werden und welche Aufgaben diese haben. Speziell wird auf die Aufgaben des ÖBB-Einsatzleiters und die der Feuerwehr eingegangen. Abschließend werden die österreichische und die deutsche Richtlinie gegenübergestellt und die Unterschiede hervorgehoben.

### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
1.1	Zielsetzung . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Allgemeine Gefahren im Gleisbereich</b>	<b>2</b>
2.1	Gefahren durch Bahnbetrieb . . . . .	3
2.2	Gefahren durch Elektrizität . . . . .	3
2.3	Gefahren im Gleisbereich . . . . .	4
2.4	Gefahr durch Entrollen . . . . .	4
2.5	Gefahren in und bei Triebfahrzeugen . . . . .	4
2.6	Gefahren in und in der Nähe von Reise-/ Güterwagons . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Spezielle Gefahren im Tunnelbereich</b>	<b>5</b>
3.1	Gefahr durch eingeschränkte Platzverhältnisse . . . . .	5
3.2	Gefahr durch Rauchentwicklung . . . . .	5

<b>4</b>	<b>TSI-SRT</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Allgemeine Sicherungseinrichtungen in Tunnel</b>	<b>6</b>
5.1	Fluchtmöglichkeiten/sichere Bereiche . . . . .	6
5.2	Vorkehrungen für ein auftretendes Brandgeschehen . . . . .	8
5.3	Stromversorgung . . . . .	9
5.4	Unebenheit im Gleisbereich . . . . .	10
5.5	Rettungsplatz . . . . .	10
5.6	Notruffernsprecher . . . . .	11
<b>6</b>	<b>Abwicklung eines Schadensereignisses durch die Einsatzkräfte</b>	<b>11</b>
6.1	ÖBB Notfallmanagement . . . . .	11
6.2	Rettung und Brandbekämpfung . . . . .	12
6.3	Versorgung der Passagiere . . . . .	13
<b>7</b>	<b>Vergleich der Richtlinien ÖBFV-RL-A-12 und EBA-RL-Tunnelbau</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>Fazit</b>	<b>21</b>

## 1 Einleitung

Die Eisenbahn gilt als eines der sichersten Fortbewegungsmittel. Laut einer Studie der Allianzpro-Schiene liegt die Todesrate bei der Eisenbahn im Vergleich zum Auto bei 1:75 und im Vergleich zum Reisebus bei 1:6 [1]. Dennoch kann es auch hier zu Störungen und Unfällen kommen. Deswegen müssen Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden um die Gefahren möglichst zu minimieren und ein sicheres Retten zu ermöglichen.

### 1.1 Zielsetzung

In dieser Bachelorarbeit sollen die Unterschiede der österreichischen Richtlinie des Bundesfeuerwehverbandes für Sicherheitsmaßnahmen in Eisenbahntunnelanlagen (ÖBFV-RL-A-12) [3] und der deutschen Richtlinie des Eisenbahn Bundesamt Deutschland für die Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und den Betrieb von Eisenbahntunneln (EBA-RL-Tunnelbau) [4] für bauliche Sicherungsmaßnahmen im Tunnelbau für Schienenfahrzeuge aufgezeigt werden. Dies, da die beiden Richtlinien noch höhere Sicherheitsanforderungen als die VERORDNUNG (EU) Nr. 1303/2014 DER KOMMISSION (TSI-SRT) wie im Kapitel 4 dargelegt, aufweisen. Bevor jedoch auf die Richtlinien eingegangen wird, werden die Gefahren im Gleisbereich dargelegt, welche dem Handbuch "Einsatz im ÖBB-Gleisbereich der ÖBB" [6] entnommen wurden. In der Folge wird auf, den Richtlinien [3],[4] entsprechende, Sicherheitsmaßnahmen eingegangen, die zur Hintanhaltung der dargelegten Gefahren dienen sollen. Diese baulichen Sicherheitsmaßnahmen werden nach den einzelnen, zuvor beschriebenen, Gefahren gegliedert. Auch die Aufgaben der Einsatzkräfte und welche Einsatzorganisationen benötigt werden, werden aufgezeigt.

## 2 Allgemeine Gefahren im Gleisbereich

Trotz des relativ sicheren Betriebs von Eisenbahnen, vgl. Kapitel 1, gibt es Gefahren auf der infrastrukturellen Seite. Dazu zählen lt. Handbuch der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) [6] der allgemeine Bahnbetrieb, die Elektrizität, der Gleisbereich, das Entrollen der Schienenfahrzeuge, die Nähe zu Triebfahrzeugen, Reise- und Güterwagons und speziell im

Tunnelbereich die Rauchentwicklung bei einem Brandgeschehen oder Gefahrenstoffe, wie etwa Öl oder Chemikalien in Güterwagons.

## 2.1 Gefahren durch Bahnbetrieb

An Hochleistungsstrecken in Österreich erreichen Züge eine Geschwindigkeit von 250 km/h, was der Zurücklegung einer Distanz von 70 m/s entspricht. Durch die hohe Geschwindigkeit und die geringe Reibung zwischen Schienen und Rädern kommt es zu einem wesentlich längeren Bremsweg als bei einem Personenkraftwagen. Ein Reisezug benötigt laut dem Handbuch der ÖBB [6] bei einer Fahrgeschwindigkeit von 230 km/h bei einer Betriebsbremsung einen Bremsweg von 2.500 m. Dem Zugführer ist es dadurch genommen, auf Sicht zu fahren. Aufgrunddessen muss der Fahrweg technisch gesichert werden. Eine in Österreich verbreitete Variante ist die Errichtung von Vor- und Hauptsignalen. Sollten sich Gegenstände am Gleiskörper befinden ist ein rechtzeitiges Anhalten nur bei geringen Geschwindigkeiten möglich. Auch ein Ausweichen ist aufgrund der Spurführung nicht gegeben. [6]

## 2.2 Gefahren durch Elektrizität

Der Strom für die Oberleitungen wird entweder von den öffentlichen Hochspannungsleitungen bezogen oder von eigenen Bahnkraftwerken, welche nur in das Bahnstromnetz speisen. Strom vom öffentlichen Hochspannungsnetz mit 380 kV und 50 Hz (3-Phasenstrom) muss, bevor er in das Bahnstromnetz eingespeist wird, durch ein Umformerwerk auf 110 kV Einphasen-Wechselstrom und 16,7 Hz umgewandelt werden. Über Unterwerke wird anschließend der Strom zu den Oberleitungen geleitet. Im Unterwerk wird die Spannung von 110 kV auf 15 kV gedrosselt, wobei die Frequenz, so wie auch in Deutschland, mit 16,7 Hz gleich bleibt. Dem Handbuch der ÖBB [6] ist zu entnehmen, dass in Österreich Oberleitungen grundsätzlich auf einer Höhe von 5m über Schienenoberkante (SOK) installiert werden. Obwohl die Spannung von 380 kV auf 15 kV transformiert wurde, kann diese in einem Bereich bis zu 3 m tödlich sein. Personen müssen daher einen zumindest 3 m großen Abstand von der Oberleitung und auch vom Rückleitungsseil, welches sich am oberen Ende des Masten befindet, vom Ausleger, welcher mit Isolatoren am Masten befestigt ist und vom Stromabnehmer der Elektrotriebfahrzeuge, welche ebenfalls unter Strom stehen, einhalten, wie Abbildung 1 zeigt. Ist dieser Sicherheitsabstand von 3 m nicht gewährleistet, so ist dieser Streckenabschnitt vor dem Betreten spannungsfrei zu schalten und zu erden.

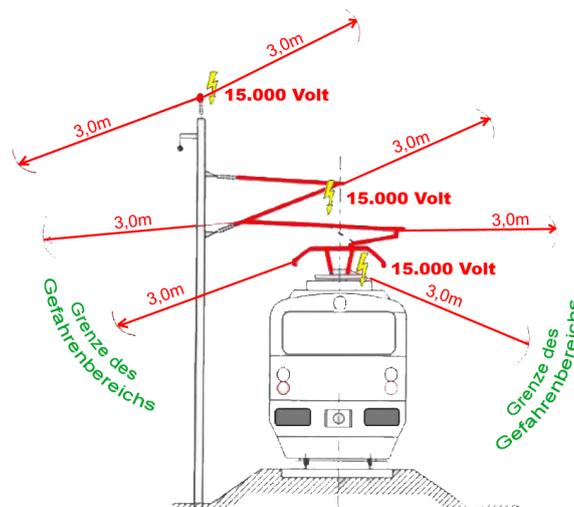
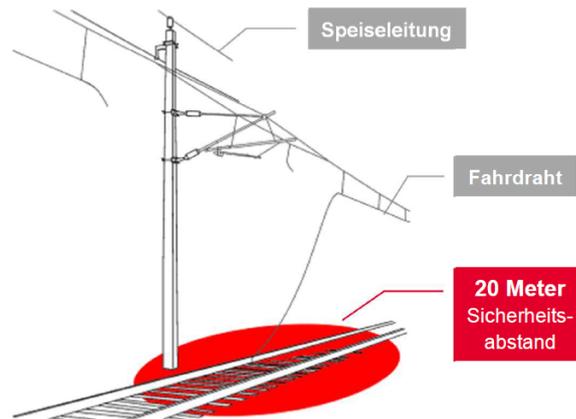


Abb. 1: Sicherheitsabstände zur Oberleitung [6]

Durch einen Unfall können Oberleitungen beschädigt bzw. zerstört werden. Daraus folgend können Leitungen den Boden berühren. Die durch die Berührung der Leitungen mit dem Boden auftretende Spannung wird Schrittspannung genannt und ist in einem kreisförmigen Umfeld, ausgehend vom Berührungspunkt der Leitung mit dem Boden von 20 m lebensgefährlich, siehe rot gefärbter Bodenbereich in Abbildung 2. Dieser Bereich darf bis zum Zeitpunkt der Spannungsfreischaltung und der Erdung nicht betreten werden. Die selben Abstands- und Verhaltensregeln sind einzuhalten, wenn die Oberleitung auf Bäumen, Zäunen oder auf den Dächern von Triebfahrzeugen aufliegt.



**Abb. 2:** Sicherheitsabstand bei beschädigter Oberleitung [6]

Zum Heizen, Kühlen oder für die Beleuchtung können stehende Triebfahrzeuge in Betriebsanlagen auch über Zugvorheizanlagen mit elektrischer Energie, mit bis zu 1.000 Volt, versorgt werden. Die Leitungen und die Kupplungsdosen dürfen bei eingeschalteter Anlage nicht berührt werden. [6][9]

### 2.3 Gefahren im Gleisbereich

Wegen der glatten Oberfläche der Schienen kann es aufgrund von Nässe oder von Schmiermitteln zu Rutschgefahr kommen. Auch ist die Gefahr des Stolperns auf dem unebenen Untergrund des Schotterbettes oder der Gleisschwellen, gegeben. Speziell im Bereich der Weichen ist auf die Quetschgefahr zwischen beweglichen Teilen, zu achten. [6]

### 2.4 Gefahr durch Entrollen

Nicht gesicherte Schienenfahrzeuge können ins Rollen gelangen und somit eine erhebliche Gefahr für alle Einsatzkräfte und Passagiere darstellen. Um dies zu verhindern, müssen die Schienenfahrzeuge dementsprechend gesichert werden. Das kann lt. ÖBB Handbuch [6] durch Hemmschuhe oder die eingebaute Handbremse realisiert werden. Hemmschuhe sind im Bahnhof vorrätig und zusätzlich auch in jedem Triebfahrzeug vorhanden. Bei Wagons ohne Handbremse ist nur die Variante mit Hemmschuhen zulässig. [6]

### 2.5 Gefahren in und bei Triebfahrzeugen

Wie schon im Kapitel 2.2 ausgeführt, geht eine große Gefahr vom Stromabnehmer sowie von den Dachleitungen des Triebfahrzeuges aus, da diese Teile unter Spannung stehen können. Bis zu 3.000 V können auch vom Kondensator und der Batterie ausgehen. Die Gefahr, eines schadhafte Kondensators kann auch bei Dieselfahrzeugen auftreten. Um die Wagons mit elektrischer Energie

zu versorgen, werden sie mit elektrischen Leitungen an die Triebfahrzeuge angeschlossen, welche bei einem Unfall beschädigt werden können. Zusätzlich zum Strom kann auch von Flüssigkeiten wie Batteriesäure, heißer Kühlflüssigkeit oder Kraftstoffen eine potentielle Gefahr ausgehen. Um die Druckluftbremsen der Wagons zu steuern, müssen diese mit einer 10 bar Druckluftleitung mit dem Triebfahrzeug verbunden werden. Aufgrund des großen Drucks in den Druckluftleitungen kann eine Beschädigung dazu führen, dass diese reißen und unkontrolliert an ihren Enden umhergeschleudert werden. [6]

## **2.6 Gefahren in und in der Nähe von Reise-/ Güterwagons**

In den Wagons können Spannungen bis zu 1.000 V herrschen. Jedoch sind diese spannungsfrei, sobald der Stromabnehmer gesenkt oder bei einem Dieseltriebfahrzeug der Motor abgestellt ist. Auch von den eingebauten Batterien mit 110 V Gleichspannung geht bei einem Schadensereignis eine Kurzschlussgefahr aus. Nicht nur bei Triebfahrzeugen sind die Flüssigkeiten zu beachten. Ebenso darf das Kühlmittel für die Klimaanlage in Reisewagons und für die Kühlanlage in Güterwagons nicht außer Acht gelassen werden. Bei Güterzügen geht eine große Gefahr von Gefahrgut, wie beispielsweise brennbaren Flüssigkeiten, in den Wagons aus. Bei Personenwagons kann es auch beim Verlassen des Wagons, aufgrund des hohen Niveauunterschiedes zwischen umgebendem Gelände und Ausstiegsstufen/ -plattform, zu Verletzungen kommen. [6]

## **3 Spezielle Gefahren im Tunnelbereich**

### **3.1 Gefahr durch eingeschränkte Platzverhältnisse**

In einem Tunnel ist der Platz sehr eingeschränkt, wodurch ein schnelles seitliches entkommen erschwert wird. Nur über Fluchtwegtüren wird es den Passagiere ermöglicht, einen "sicheren Bereich" erreichen. Auch für die Einsatzkräfte stellen die beschränkten Raumverhältnisse im Tunnel eine Hürde dar, da sie nicht von allen Seiten zum verunfallten Zug vordringen können. Die Einsatzkräfte können nur über die Tunnelportale, Querverbindungen oder Rettungsstollen zum Zug gelangen.

### **3.2 Gefahr durch Rauchentwicklung**

Abgesehen von den im Tunnel eingeschränkten Platzverhältnissen kann ein wesentliches Problem durch Rauchentwicklung entstehen, da dieser nicht nach oben entweichen kann. Der Rauch muss bei den Tunnelportalen oder eingebauten Abluftöffnungen entweichen. Dadurch staut sich der Rauch an der Oberseite des Tunnels und behindert die Sicht. Statistisch gesehen versterben mehr Menschen an den Folgen der Rauchgase als an der direkten Feuereinwirkung [8]. Deshalb ist eine effiziente Rauchentlüftung im Tunnel erforderlich um ein sicheres Flüchten in einen "sicheren Bereich" zu ermöglichen. Nicht nur durch ein Brandgeschehen kann giftiger Rauch entstehen, sondern auch durch Verbrennungsmotoren wie etwa die eines Dieseltriebfahrzeuges oder Geräte der Feuerwehr. [6]

## **4 TSI-SRT**

Mit der "VERORDNUNG (EU) Nr. 1303/2014 DER KOMMISSION vom 18. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität bezüglich der Sicherheit in Eisenbahntunnel im Eisenbahnsystem der Europäischen Union" (TSI-SRT) wurden einheitliche tunnelspezifische Maßnahmen für die Mitgliedstaaten festgelegt. TSI-SRT steht für: Technical Specification for

Interoperability-Safety Railway Tunnel (Technische Spezifikationen für die Interoperabilität-Sicherheit in Eisenbahntunnel). Durch die in der Verordnung festgelegten Vorgaben soll ein einheitliches Sicherheitsniveau gewährleistet und spezifische Tunnelrisiken reduziert werden. [5]

Die österreichische Richtlinie des Bundesfeuerwehrverbandes ÖBFV-RL-A-12 sieht noch weiterreichende, strengere Maßstäbe und Standards für die Sicherheit in Eisenbahntunnel vor. So sieht beispielsweise die TSI-SRT nur alle 1.000 m, die österreichische Richtlinie [3] alle 250 m Notausgänge vor. Die Fluchtwege müssen laut der TSI-SRT eine Mindestbreite von 0,80 m, in der ÖBFV-RL-A-12 eine von 1,20 m aufweisen. Es soll daher in der Folge auf die Bestimmungen in der ÖBFV-RL-A-12 [3] eingegangen und mit der EBA-RL-Tunnelbau [4], die ebenfalls höhere Standards, als in der TSI-SRT vorgesehen sind, aufweist, verglichen werden. [3] [5]

## 5 Allgemeine Sicherungseinrichtungen in Tunnel

In diesem Kapitel werden die Begriffsbestimmungen der ÖBFV-RL-A-12 [3] behandelt und jene Begriffen, die in der EBA-RL-Tunnelbau [4] anders bezeichnet werden, durch eine Fußnote gekennzeichnet. Alle nachfolgend angeführten Daten/Werte sind der ÖBFV-RL-A-12 [3] entnommen. Auf Grund der erschwerten Erreichbarkeit einer Unfallstelle im Tunnel sind vor allem Maßnahmen zur Gefahrenabwehr, zur Selbstrettung und für Hilfeleistungen durch Einsatzkräfte zu treffen.

Die in der ÖBFV-RL-A-12 vorgesehenen Sicherungsmaßnahmen gelten für Tunnel von 250 m bis 20.000 m. Bei einer Tunnellänge von über 20.000 m sind zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen einzurichten. Diese resultieren aus der Annahme in der ÖBFV-RL-A-12, dass ein Zug unter Vollbrand noch für ca. 15 min mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 80 km/h fahren kann, wodurch bei einer Tunnellänge von bis zu 20.000 m noch das Ende des Tunnels erreicht werden kann. Bei einem Tunnelneubau sind Abweichungen von der ÖBFV-RL-A-12 nur insofern erlaubt, sofern das selbe Sicherheitsniveau auf andere Art erreicht werden kann oder wenn eine vorzusehende Maßnahme unverhältnismäßig wäre, das Schutzziel aber trotzdem eingehalten werden kann. Bei Angleichung vorhandener Tunnelbauwerke an den Stand dieser Richtlinie ist zu prüfen, inwieweit eine Annäherung an die Anforderungen dieser Richtlinie möglich bzw. geboten ist. Dann, wenn etwa durch betriebsorganisatorische Maßnahmen kostengünstigere aber dennoch gleichwertige Sicherheitslösungen gefunden werden können. [3]

Die Planung der Tunnelbauwerke soll den Regeln der Technik entsprechen und die eingesetzten Materialien sollen standsicher und aus nicht brennbaren Stoffen bestehen. Die Stromversorgung der elektrischen Sicherheitseinrichtungen muss auch im Brandfall für mindestens 90 Minuten aufrecht erhalten bleiben. Selbst wenn durch einen Schadensfall einzelne Systeme ausfallen, darf durch deren Ausfall das Gesamtsystem nicht beeinträchtigt werden. [3]

### 5.1 Fluchtmöglichkeiten/sichere Bereiche

Um das rasche Verlassen des Gefahrenbereichs zu ermöglichen, müssen in nachfolgend dargelegten, vorgegebenen Abständen, Fluchtmöglichkeiten geschaffen werden. Personen befinden sich, sobald sie einen der folgenden fünf angeführten "sicheren Bereiche" erreichen, außerhalb des Gefahrenbereichs.

- |  |  |
|--|--|
| 1. Stiegenhäuser <sup>1</sup> mit Schleusen: | Das sind vertikale Bauwerke um aus einer Tunnelröhre ins Freie zu gelangen. Bei einer Höhe bis zu 30 m ist ein Bergungsschacht mit Aufhängevorrichtung einzuplanen und elektrisches Hebezeug bereitzuhalten. Überschreitet die Stiegenhaushöhe 30 m, sind Aufzugsanlagen einzubauen um schweres Gerät, Verletzte oder mobilitätseingeschränkte Personen zu transportieren. Damit die Stiegenhäuser in einer Notsituation gleichzeitig in beide Richtungen genützt werden können, müssen die Fluchttreppen eine Mindestbreite von 1,20 m aufweisen, um für den Begegnungsverkehr geeignet zu sein. [3]  |
| 2. Rettungsstollen mit Schleusen:            | Rettungsstollen sind horizontale oder leicht geneigte Tunnel, die ins Freie oder in einen anderen "sicheren Bereich" führen. Die Rettungsstollen sind entweder nur als begehbare Stollen ausgeführt, oder, um eine bessere Rettung der Zugpassagiere zu ermöglichen, so dimensioniert, dass sie auch von Straßen- oder Schienenfahrzeugen befahren werden können. Die Längsneigung eines Rettungsstollens soll 10% nicht überschreiten. Das Lichtraumprofil muss mindestens einen Querschnitt von 2,25 m x 2,25 m aufweisen. Sollte der Rettungsstollen in Kombination mit einem Stiegenhaus <sup>1</sup> ausgeführt werden, so darf dieser maximal eine Länge von 150 m aufweisen. Ist ein Rettungsstollen länger als 150 m, muss er durch Straßen- oder Schienenfahrzeuge befahrbar sein. Für Straßenfahrzeuge ist ein Mindestlichtraumprofil von 3,50 m x 4,00 m und zusätzlich ein Fluchtweg mit 1,20 m Mindestbreite, der sich maximal 0,50 m mit der Fahrbahn überlappen darf, erforderlich. Bei einem Rettungsstollen, deren Zufahrt zur Unfallstelle auch gleichzeitig deren Ausfahrt ist, muss eine Umkehrmöglichkeit für die Einsatzfahrzeuge vorgesehen werden. Weiters müssen alle 250 m Ausweichmöglichkeiten im Ausmaß von mindestens 20 m Länge und 2,50 m Breite geschaffen werden. Die Querschnittsprofilübergänge sollen nicht abrupt sondern fließend erfolgen. Bei Rettungsstollen mit Schienenfahrzeugen muss der Stollenquerschnitt entsprechend der Dimensionierung der Schienenfahrzeuge festgelegt werden. Dazu werden keine Mindestmaße angegeben, lediglich die 1,20 m Breite für den Fluchtweg, der die Fahrbahn bis maximal 0,50 m überlappen darf. [3] |
| 3. Tunnelportal:                             | Ein- und Ausfahrt des Fahrtunnels  |
| 4. Querschläge:                              | Darunter wird ein waagrechter Tunnel zwischen zwei Fahrtunnel verstanden, siehe Abbildung 3. [3]   |

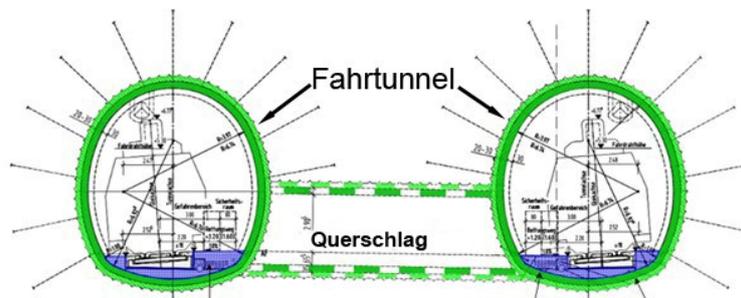


Abb. 3: Querschlag zwischen den Tunnelröhren [7]

<sup>1</sup>Dieser Begriff wird in der EBA-RL-Tunnelbau [4] als Rettungsschacht bezeichnet

5. Fahrtunnel: Bei einem zweiröhrigen Tunnelausbau gilt die zweite parallel laufende Tunnelröhre ebenfalls als "sicherer Bereich". [3]
- Schleusen: Um Stiegenhäuser oder Rettungsstollen zu "sicheren Bereiche" zu machen, muss zu deren Trennung vom Fahrtunnel immer eine Schleuse eingebaut werden. Schleusen sind abgeschlossene Abschnitte zwischen zwei Tunnelröhren oder der Tunnelröhre mit den Stiegenhäusern und den Rettungsstollen. Schleusen müssen mindestens eine Länge von 12 m aufweisen. Um das Eindringen von Rauch in "sichere Bereiche" zu verhindern, müssen die Schleusen so belüftet werden, dass stets ein Überdruck aufgebaut wird, auch wenn beide Seiten der Schleuse geöffnet sind. Um keine Einengung zu verursachen, müssen die Notausgänge der Gehwegbreite entsprechen. Die mindestens 1,00 m lichten breiten und 2,00 m lichten hohen Türflügel an den Enden der Schleusen müssen sich in Fluchtrichtung öffnen lassen und sind brandbeständig T90 auszuführen. T90 bedeutet, dass die Türe dem Feuer mindestens 90 Minuten stand halten muss und sich in dieser Zeit noch öffnen lassen kann. Den Schleusen angeschlossen ist ein 25 m<sup>2</sup> großer Stauraum vorzusehen. Sofern der Austritt ins Freie auch für mobilitätseingeschränkte Personen, nach den Schleusen, ohne besondere Schwierigkeiten möglich ist, kann vom Einbau eines Stauraumes abgesehen werden. [3]

Die maximale Wegstrecke zu einem "sicheren Bereich" sollte, ausgehend von jeder Stelle der Tunnelröhre, nicht mehr als 125 m sein. Wird eine absolute Entfernung von über 250 m zwischen den "sicheren Bereichen" geplant, muss dazu eine eigene Risikobewertung erstellt werden, welche nachweist, dass keine erhöhte Gefährdung aller Beteiligten vorliegt. Zum Erreichen eines "sicheren Bereiches" ist parallel zu jedem Gleis ein mindestens 1,20 m breiter und 2,25 m hoher Fluchtweg vorzusehen, welcher hindernisfrei und ausreichend beleuchtet zu gestalten ist. Aus baulichen Gründen können Einengungen auch in Fluchtwegen erforderlich sein, deren Ausmaße mit einer Tiefe von 0,25 m und einer Länge von 2,0 m beschränkt sind. Um das Auffinden des nächstgelegenen "sicheren Bereiches" zu erleichtern, müssen Richtungspfeile zum jeweils nächstgelegenen Notausgang zeigen. Die Richtungspfeile müssen bei eingeschalteter Orientierungsbeleuchtung<sup>2</sup> deutlich erkennbar sein und dürfen einen Abstand von maximal 25 m nicht überschreiten. Keinesfalls dürfen gegenläufige Markierungen angebracht werden. Auch Pfeile in anderer Farbe oder Form sind nicht zulässig. Entlang der Fluchtwege müssen an der Tunnelwand Rettungszeichen, welche den Abstand in beide Richtungen zum nächstgelegenen "sicheren Bereich" angeben, angebracht werden. Der maximale Abstand zwischen den Rettungszeichen darf 50 m nicht übersteigen. Um Notausgänge schon aus weiter Ferne zu erkennen, werden diese durch hinterleuchtete Rettungszeichen markiert. Diese optische Aufhellung erfolgt etwa durch einen gelben Anstrich und weißem oder gelben Licht. Diese Lichtquellen müssen mit einem eigenen Stromkreis ausgerüstet sein. [3]

## 5.2 Vorkehrungen für ein auftretendes Brandgeschehen

Damit im Brandfall jederzeit ausreichend Wasser zur Verfügung steht, muss eine Wassermenge von mindestens 108 m<sup>3</sup> bereit gehalten werden. Das Löschwasser wird durch stationär verlegte Rohrleitungen oder durch temporär verlegte Schläuche der Feuerwehr ins Rohrsystem des Tunnels gespeist. Die Einspeisungspunkte für die Löschwasserversorgung befinden sich bei den Tunnelportalen oder gegebenenfalls bei den Notausgängen. Die Rohrleitungen müssen für eine Förderleistung von 1.200 l/min ausgelegt werden. Die Hydranten sollen alle 125 m angebracht werden. Unter 500 m Tunnellänge werden im Tunnel Trockenleitungen, die nur im Bedarfsfall gefüllt werden, verlegt und an den Tunnelportalen Löschwasserentnahmestellen errichtet. Über

<sup>2</sup>Dieser Begriff wird in der EBA-RL-Tunnelbau [4] als Notbeleuchtung bezeichnet

500 m Tunnellänge kann die Einspeisung auf zwei Arten erfolgen, entweder über eine ständig gefüllte Nassleitung oder über eine, nur im Bedarfsfall, gefüllte Trockenleitung. [3]

Die Rauchentwicklung stellt eine konkrete Gefahr, vgl. Kapitel 3, dar. Um diese zu minimieren muss der Rauch aus dem Tunnel abgeführt werden können. Dies geschieht am einfachsten durch einen natürlichen Luftstrom, welcher sich bei ausreichender Längsneigung einstellt, siehe nachfolgende Abbildung 4. [3]

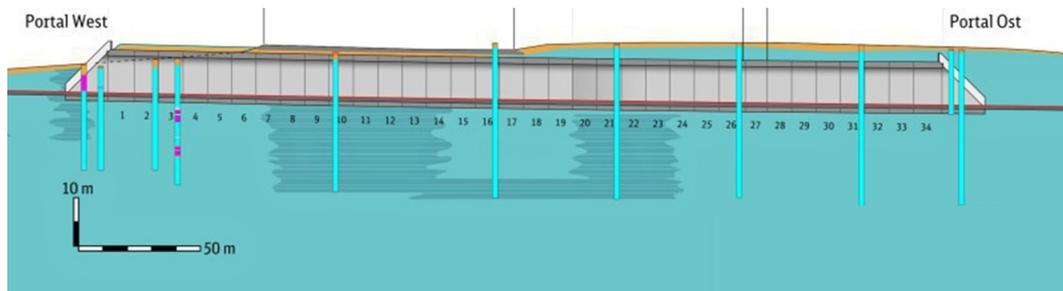


Abb. 4: Tunnellängsschnitt im Gefälle [10]

Bei Kuppen- oder Wannen kommt es zu keinem ausreichenden natürlichen Luftstrom. Speziell im Bereich von Kuppen staut sich der Rauch an der Tunneloberseite, welcher durch eine Abluftöffnung abgeführt werden muss. Sollte sich in der Bauphase herausstellen, dass keine ausreichende natürliche Belüftung stattfindet, muss diese durch eine mechanische unterstützt werden. Wie umfangreich, in Anzahl, Platzierung und Dimensionierung, die Unterstützung durch die mechanische Belüftung zu erfolgen hat, muss durch das Eisenbahninfrastrukturunternehmen nachgewiesen werden. [3]

Zur Unterstützung, damit bei schlechten Sichtverhältnissen, etwa bei starker Rauchentwicklung, ein Erreichen des "sicheren Bereiches" möglich ist, sind taktile Leiteinrichtungen wie Handläufe anzubringen. Weiters muss der Fluchtweg ausreichend beleuchtet sein. Dazu ist sowohl im Fahrtunnel als auch in den Notausgängen eine Orientierungsbeleuchtung mit speziell gesichertem Stromnetz oder mit redundanter Stromversorgung einzubauen. Für eine ausreichende Beleuchtung ist eine Beleuchtungsstärke von mindestens 1,0 lx notwendig. Die Kabel der Sicherheitsbeleuchtung müssen vor mechanischen Einwirkungen geschützt werden, wodurch ein Verlegen in einem geschützten Trog notwendig ist. Das Einschalten der Orientierungsbeleuchtung muss sowohl im Tunnel als auch von einer übergeordneten Stelle, zum Beispiel einem Stellwerk, möglich sein. Im Tunnel sind die Schalter in einem Maximalabstand von 100 m anzubringen. Diese dürfen nur das Einschalten ermöglichen und müssen in der Dunkelheit erkennbar sein. [3]

### 5.3 Stromversorgung

Um Schienenfahrzeuge mit Strom zu versorgen, sind die Oberleitungen auch im Tunnel zu installieren. Diese Oberleitungen stellen im Falle eines Unfallgeschehens eine Gefahr dar, vgl. Kapitel 2. Zur Reduzierung dieser Gefahr für die Einsatzkräfte, müssen die Oberleitungen im Fahrtunnel, in Voreinschnitten und gegebenenfalls bei Portalzufahrten spannungsfrei geschaltet und geerdet werden können. Voreinschnitt bezeichnet jene Baugrube, welche eine vertikale Baugrubenwand im Berg als Startpunkt für den bergmännischen Vortrieb erstellt. Um dies zu gewährleisten müssen an einsatztaktischen Stellen Schalteinrichtungen mit Gegensperre positioniert werden. Überdies müssen Erdungsvorrichtungen (Erdungsstangen) an allen Eingängen und Portalen vorrätig gehalten werden. Zur Kontrolle der Erdung ist eine Anzeige an den Tunnelportalen und an den Zugängen vorzusehen. Die Erdung darf nur von dazu ermächtigten Personen des Eisenbahninfrastrukturunternehmens durchgeführt werden.

Zur Gewährleistung der Energieversorgung der elektrischen Geräte der Einsatzorganisationen, müssen diese mit Strom versorgt werden können. Dazu sind im Tunnel alle 100 m Stromanschlüsse anzubringen. Bei zweigleisigen Tunnelröhren werden die Stromanschlüsse an beiden Seiten und in eingleisigen Tunnelröhren an der Seite des Fluchtweges angebracht. Da die Stromleitungen auch bei einem Unfall nicht beschädigt werden dürfen, müssen diese in einem Trog verlegt werden. [3]

#### 5.4 Unebenheit im Gleisbereich

Um, wie in Kapitel 2 erwähnt, die Gefahr des Stolperns auf dem unebenen Untergrund des Schotterbettes oder den Gleisschwellen zu minimieren, wird die Oberfläche neben und zwischen den Schienen durch bauliche Einlagen erhöht. Dies erfolgt durch die Einlage von Platten wie diese bei Eisenbahnkreuzungen verwendet werden, siehe Abbildung 5. Dadurch wird ein einheitliches Niveau im Tunnel erreicht. Durch die Erhöhung der Fahrbahn können auch Standardfahrzeuge der Feuerwehr den Tunnel befahren, wodurch ein schnelleres Vorrücken möglich ist und nicht auf ein Spezialfahrzeug gewartet werden muss. [3]

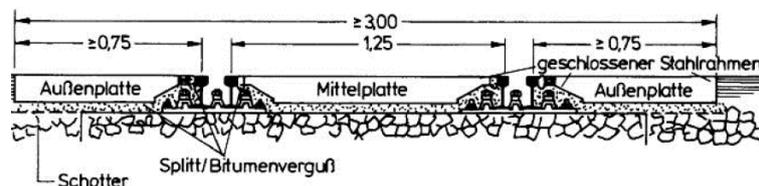


Abb. 5: Schematische Darstellung der Einlageplatten [9]

#### 5.5 Rettungsplatz

Um den für Einsatzorganisationen nötigen Raum zu schaffen, müssen Rettungsplätze errichtet werden, an denen ausreichend Platz für Fahrzeuge und Material vorhanden ist. Für jeden dieser Plätze muss eine Zufahrt mit Straßenfahrzeugen gewährleistet sein. Auch Hubschrauber sollen auf diesen Plätzen landen können. Ist dies nicht möglich, muss ein Landeplatz in der Nähe geschaffen werden. Rettungsplätze müssen an jedem Tunnelportal angeordnet werden und dürfen eine Fläche von 1.500 m<sup>2</sup> nicht unterschreiten. Rettungsplätze können auch an jedem Notausgang und Tunnelportal angeordnet werden, wobei die Gesamtfläche der einzelnen Rettungsplätze die Mindestfläche von 1.500 m<sup>2</sup> nicht unterschreiten darf. Um ein besseres Arbeiten an den Tunnelportalen zu ermöglichen, sollen die Rettungsplätze das selbe Höhenniveau wie die Schienenoberkanten aufweisen. Zufahrten zu den Rettungsplätzen sind nicht öffentlichen Straßen, welche Verbindungen zu öffentlichen Straßen herstellen. Zu- und Abfahrten sollten in getrennter Bauweise als Einbahnen gestaltet werden. Ist dies aufgrund mangelnder Platzverhältnisse nicht möglich, muss ein Begegnungsverkehr von Kraftfahrzeugen mit einer Breite von 2,50 m möglich sein. Zusätzlich müssen Ausweichstellen geplant werden, wobei ein Sichtkontakt zwischen diesen möglich sein muss. Erfolgt die Zu- und Abfahrt über nur eine Straße, so ist am Rettungsplatz ein entsprechend großer Wendepunkt vorzusehen, siehe Abbildung 6. [3]

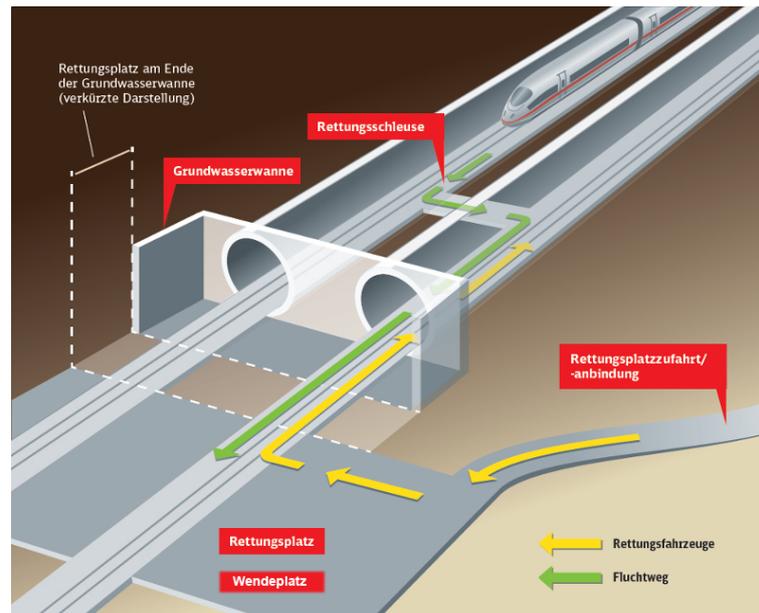


Abb. 6: Rettungsplatz und Zufahrt vor einem Tunnelportal [2]

## 5.6 Notruffersprecher

Zur Kontaktaufnahme mit den verkehrsüberwachenden Stellen sind Notruffersprecher in "sicheren Bereichen" jeweils in der Nähe des Notausganges, an jedem Tunnelportal oder an den Rettungsplätzen und im Fahrtunnel zwischen den Notausgängen anzubringen. Notruffersprecher sollen so positioniert werden, dass die Zugpassagiere auf ihrem Fluchtweg direkt an diesen vorbeikommen. Es ist jedoch sicherzustellen, dass es durch das Anbringen der Notruffersprecher nicht zu einer Einengung des Fluchtweges kommt. Die Notruffersprecher im Bereich der Notausgänge im "sicheren Bereich" dienen auch den Einsatzkräften zur Kontaktaufnahme mit der verkehrsüberwachenden Stelle. Zur Herstellung einer Verbindung muss entweder der Hörer abgenommen, oder eine Notruftaste gedrückt werden. Um die genaue Position zu eruieren ist für die betriebsführende Stelle eine automatische Standorterkennung vorzusehen. Damit es zu keinen Ausfällen durch mechanische Einwirkungen kommt, sind die Leitungen zur verkehrsüberwachenden Stelle in einem Trog zu verlegen. Für die Verständigung der Einsatzkräfte untereinander muss gewährleistet sein, dass alle gängigen Funksysteme uneingeschränkt verfügbar sind. [3]

## 6 Abwicklung eines Schadensereignisses durch die Einsatzkräfte

### 6.1 ÖBB Notfallmanagement

Das ÖBB Notfallmanagement ist in zwei Stufen gegliedert. In eine übergeordnete Notfallkoordination, die ÖBB-Notfalleitstelle und in eine örtliche Notfallkoordination, dem ÖBB-Einsatzleiter. In Österreich sind fünf ÖBB-Notfalleitstellen eingerichtet, welche sich in Wien, Linz, Salzburg, Villach und Innsbruck befinden. Aufgabe der ÖBB-Notfalleitstelle ist es, Schutzmaßnahmen zu veranlassen, um einen sicheren Einsatzbereich herzustellen. Dazu gehören, das sofortige Anhalten aller Züge, die Alarmierung der benötigten Einsatzkräfte und des ÖBB-Einsatzleiters, der für die Abwicklung vor Ort verantwortlich ist. Vor Betreten des Gleisbereichs muss eine "Einsatzfreigabe" oder zumindest eine "eingeschränkte Einsatzfreigabe" erteilt werden. Bei einer "eingeschränkten Einsatzfreigabe" ist der Zugverkehr eingestellt, jedoch ist die Oberleitung noch nicht spannungsfrei und geerdet, weshalb beim Betreten der Gleisanlage die in Kapitel 2

beschriebenen Sicherheitsabstände eingehalten werden müssen. Bei Strecken mit Oberleitung kann durch die ÖBB-Notfalleitestelle nur eine "eingeschränkte Einsatzfreigabe" erfolgen. Nur der ÖBB-Einsatzleiter kann für eine "Einsatzfreigabe" durch Spannungsfreischaltung und Erdung sorgen. Die ÖBB-Notfalleitestelle darf eine "Einsatzfreigabe" nur bei Strecken ohne Oberleitung und bei entsprechend dafür ausgestatteten Tunnelbauwerken erteilen, da hier von der ÖBB Notfalleitestelle sichergestellt werden kann, dass der Abschnitt stromlos ist. Bei Gefahr in Verzug darf ausnahmsweise der Gleiskörper, bei ausreichendem Eigenschutz betreten werden. [6]

## 6.2 Rettung und Brandbekämpfung

Nach erfolgter "Einsatzfreigabe" sind primär Personen aus dem Tunnel zu bringen und Feuer zu löschen. Die ÖBB hat eigene Spezialfahrzeuge oder Transportmittel für Einsatzfahrzeuge. Spezielle Hilfs- und Rettungszüge sind an strategischen Punkten über ganz Österreich verteilt, um so schnell wie möglich an jeden Einsatzort zu gelangen. Dabei gibt es zwei Varianten von Rettungszügen, wie in Abbildung 7 ersichtlich ist. Für die Personenrettung wird vor allem die Variante "Tunnelshuttle" eingesetzt, mit welchem die Einsatzkräfte zum Einsatzort gelangen und bis zu 100 Personen gleichzeitig ins Freie gebracht werden können. Zur Brandbekämpfung kommt die Variante "Container" zum Einsatz. Auch bei dieser Variante können Passagiere in Sicherheit gebracht werden. [6]



**Abb. 7:** Rettungszug [6]

Wenn kein Hilfszug oder Spezialfahrzeug vor Ort ist, können Passagiere die nicht mehr selbstständig aus dem Tunnel gelangen, mit Rollpaletten, siehe Abbildung 8.a, aus dem Tunnel gefahren werden. Sofern im Notfallkonzept Rollpaletten vorgesehen sind, befinden sich diese beim jeweiligen Tunnelportal, welche auch schweres Gerät in den Tunnel befördern können. Um den Niveauunterschied auf der freien Strecke zwischen Boden und Ausstiegsstufen/-plattform, wie in Kapitel 2 erwähnt, gefahrlos zu überwinden werden Evakuierungsstege, siehe Abbildung 8.b, eingesetzt. Damit wird es den Passagieren erleichtert den Zug zu verlassen. [6]



a) Rollpalette



b) Evakuierungssteg

**Abb. 8:** Bergemittel

Für die Brandbekämpfung werden in Österreich vorrangig das Zweivegefahrzeug (ZW RLF-T) und das Löschunterstützungsfahrzeug (LUF) eingesetzt, siehe Abbildung 9. Beim Zweivegefahrzeug handelt es sich um ein normales Rüstlöschfahrzeug (RLF) mit Zusatzausstattungen für den Tunnel, welcher sowohl auf Straßen als auch auf Schienen fahren kann. Durch eine Rückfahrkamera wird ein rasches Verlassen des Tunnels, ohne, dass das Fahrzeug gewendet werden muss, ermöglicht. Mit der eingebauten Wärmebildkamera ist ein Befahren des Tunnels auch bei dichtem Rauch möglich. Das Löschunterstützungsfahrzeug, bestehend aus einem Raupenfahrwerk und einer Turbine, wird bei starker Raumentwicklung und bei sehr hohen Temperaturen eingesetzt. Es wird auch in Verbindung mit dem Rettungszug Variante "Container", wie in Abbildung 7 dargestellt, eingesetzt. [6]



Zweivegefahrzeug  
(ZW RLF-T)



Löschunterstützungsfahrzeug  
(LUF 60)

**Abb. 9:** Löschfahrzeuge [6]

### 6.3 Versorgung der Passagiere

Nach der Rettung der Passagiere, werden diese durch den Rettungsdienst am Rettungsplatz betreut und nach Dringlichkeit versorgt. Bei hohem Patientenaufkommen kann durch den Rettungsdienst ein Triageverfahren, welches eine Auswahl der Reihung der zu versorgenden Patienten nach Notwendigkeit vorsieht, angewendet werden. Der Abtransport in die umliegenden Krankenhäuser erfolgt anschließend durch Rettungswagen über die Zu- und Abfahrten vom Rettungsplatz oder durch Notarztchubschrauber.

## 7 Vergleich der Richtlinien ÖBFV-RL-A-12 und EBA-RL-Tunnelbau

Geltungsbereich: Die EBA-RL-Tunnelbau gilt für Tunnel ab einer Länge von 500 m, und nicht wie in der ÖBFV-RL-A-12 bereits ab 250 m. Tunnel über 1.000 m bis 20.000 m werden in der EBA-RL-Tunnelbau als "lange Tunnel" und über 20.000 m als "sehr lange Tunnel" bezeichnet. Wie jedoch die Tunnel mit einer Länge zwischen 500 m und 1.000 m bezeichnet werden, ist nicht ersichtlich. Die EBA-RL-Tunnelbau ist nur für Eisenbahntunnel anzuwenden und nicht für Stadtschnellbahnen. [4]

**Tab. 1:** Tabellarische Auflistung der Unterschiede: Geltungsbereich

ÖBFV-RL-A-12	EBA-RL-Tunnelbau
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geltungsbereich von 250 m bis 20.000 m Tunnellänge. Über 20.000 m sind zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen einzurichten</li> <li>• Keine Längenbezeichnungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geltungsbereich ab 500 m Tunnellänge</li> <li>• Längenbezeichnungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>– über 1.000 m bis 20.000 m als "lange Tunnel"</li> <li>– über 20.000 m als "sehr lange Tunnel"</li> </ul> </li> <li>• Anwendung nur für Eisenbahntunnel, nicht für Stadtschnellbahnen</li> </ul>

## Sichere Bereiche:

In der EBA-RL-Tunnelbau werden nur vier Bereiche, im Gegensatz zur ÖBFV-RL-A-12 mit fünf Bereichen, gelistet. Die Unterschiede sind, dass die Stiegenhäuser als Rettungsschächte bezeichnet werden und, dass ein möglicher parallel verlaufender Fahrtunnel nicht explizit als "sicherer Bereich" deklariert wird. Der maximale Abstand der Notausgänge zu den "sicheren Bereichen" ist in der EBA-RL-Tunnelbau mit 500 m doppelt so groß wie in der ÖBFV-RL-A-12. Die Breite und die Höhe der Fluchtwege sind in beiden Richtlinien gleich, nur die zulässige Einengung variiert mit 0,30 m in der EBA-RL-Tunnelbau zu 0,25 m in der ÖBFV-RL-A-12. Zusätzlich zu den Vorgaben in der ÖBFV-RL-A-12 finden sich in der EBA-RL-Tunnelbau noch Angaben zur Lage des Fluchtweges und zur Nachspannvorrichtung der Oberleitung. Der Fluchtweg muss entsprechend der EBA-RL-Tunnelbau, im Tunnel mit Querschlägen, zum parallel verlaufenden Fahrtunnel, an der Seite der Querschläge liegen. In der ÖBFV-RL-A-12 ist dies nicht explizit geregelt. Auch muss bei Nachspannvorrichtungen und Abspanngewichten gewährleistet werden, dass diese bei einem Drahtbruch keine Personen gefährden. Laut der EBA-RL-Tunnelbau sind die Notausgänge mit einem blauen hinterleuchteten Rettungszeichen zu markieren. [3],[4]

**Tab. 2:** Tabellarische Auflistung der Unterschiede: sichere Bereiche

ÖBFV-RL-A-12	EBA-RL-Tunnelbau
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstand der Notausgänge: 250m</li> <li>• 5 sichere Bereiche                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Notstiegenhäuser mit Schleusen</li> <li>– Rettungstollen mit Schleusen</li> <li>– Tunnelportal</li> <li>– Verbindungsbauwerke</li> <li>– anderer Fahrtunnel</li> </ul> </li> <li>• Maximale Einengung bei Fluchtwegen: 0,25 m</li> <li>• Lage des Fluchtweges: Neben dem Gleis auf nicht definierter Seite</li> <li>• Keine Angabe über Vorkehrungen im Falle eines Fahrdrachbruches</li> <li>• Notausgangbeleuchtung: weißes oder gelbes Licht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstand der Notausgänge: 500m</li> <li>• 4 sichere Bereiche                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Rettungsschächte</li> <li>– Rettungstollen</li> <li>– Tunnelportal</li> <li>– Verbindungsbauwerke</li> </ul> </li> <li>• Maximale Einengung bei Fluchtwegen: 0,30 m</li> <li>• Lage des Fluchtweges: Neben dem Gleis auf der Seite der Querschläge</li> <li>• Bei Fahrdrachbruch dürfen keine Personen verletzt werden</li> <li>• Notausgangbeleuchtung: blaues Licht</li> </ul>

Grundsätze der baulichen Gestaltung:

In beiden Richtlinien wird auf die Eigenschaft der Baumaterialien und auf die Dauer der Stromzufuhr für die Sicherheitsmaßnahmen eingegangen. So wird in der EBA-RL-Tunnelbau noch detaillierter festgelegt, dass bei einem uneingeschränktem Mischbetrieb von Reise- und Güterzügen und einer zweigleisigen Strecke, die Tunnelröhre nicht auch zweigleisig sondern als zwei eingleisige Fahrtunnel geplant werden müssen. Weiters wird auf die Längsneigung eingegangen. Die Vorteile einer Längsneigung sind die Kaminwirkung zur Belüftung und, dass ein Zug auch ohne Stromversorgung aus dem Tunnel rollen kann. Ebenso wird explizit erwähnt, dass eine Wannens- oder Kuppenbildung zu vermeiden ist. Zusätzlich ist in der EBA-RL-Tunnelbau erforderlich, dass die Fahrtunnel mit Straßenfahrzeugen befahrbar sein müssen, sollte eine Rettung über den parallel verlaufenden Tunnel vorgesehen sein. [3],[4]

**Tab. 3:** Tabellarische Auflistung der Unterschiede: Grundsätze der baulichen Gestaltung

ÖBFV-RL-A-12	EBA-RL-Tunnelbau
<ul style="list-style-type: none"> <li>• zweigleisige Tunnelröhre: Mischbetrieb nicht explizit verboten</li> <li>• Längsneigung: Keine Angabe</li> <li>• Befahrbarkeit durch Straßenfahrzeuge: Keine Angabe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zweigleisige Tunnelröhre: Mischbetrieb verboten. Bau von zwei eingleisigen Tunnelröhren</li> <li>• Längsneigung: Fahrtunnel soll einseitig gerichtete Längsneigung aufweisen. Keine Kuppen und Wannensbildung</li> <li>• Befahrbarkeit durch Straßenfahrzeuge: Wenn Rettung über parallele Tunnelröhre erfolgen soll, ist dies erforderlich</li> </ul>

Stiegenhäuser:

In der EBA-RL-Tunnelbau werden Stiegenhäuser als Rettungsschächte bezeichnet. Rettungsschächte dürfen eine Höhe von maximal 60 m aufweisen, in der ÖBFV-RL-A-12 fehlen maximale Höhenangaben zu den Stiegenhäusern. Eine präzisere Angabe wird in der EBA-RL-Tunnelbau hinsichtlich der Abmessungen des Liftes getroffen, dieser ist mit mindestens 1,10 m mal 2,10 m vorgegeben. Dafür wird in der ÖBFV-RL-A-12 die Mindestbreite der Treppe vorgegeben. In der EBA-RL-Tunnelbau wird lediglich vorgegeben, dass eine Krankentrage für die Breite der Treppe herangezogen werden muss. [3],[4]

**Tab. 4:** Tabellarische Auflistung der Unterschiede: Stiegenhäuser

ÖBFV-RL-A-12	EBA-RL-Tunnelbau
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stiegenhäuser</li> <li>• Keine maximale Höhenangabe</li> <li>• Liftabmessung: nicht explizit angegeben</li> <li>• Mindestbreite der Treppe: 1,20 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rettungsschacht</li> <li>• Maximale Höhe: 60 m</li> <li>• Liftabmessung: 1,10 m x 1,20 m</li> <li>• Mindestbreite der Treppe: Breite einer Krankentrage</li> </ul>

**Rettingsstollen:** Beim Lichtraumprofil unterscheiden sich die beiden Richtlinien nicht. Nicht so bei der Länge, ab dem ein Rettungstollen für den Fahrzeugverkehr geeignet sein muss. Laut ÖBFV-RL-A-12 muss ein Fahrzeugverkehr ab einer Länge von 150 m, in der EBA-RL-Tunnelbau ab einer Länge von 300 m möglich sein. In der EBA-RL-Tunnelbau finden sich keine Angaben über Abmessungen des Lichtraumprofils, für das Befahren von Straßen- oder Schienenfahrzeugen. Auch wie der daneben gelegene Fluchtweg auszusehen hat wird in der EBA-RL-Tunnelbau nicht erwähnt. [3],[4]

**Tab. 5:** Tabellarische Auflistung der Unterschiede: Rettungstollen

ÖBFV-RL-A-12	EBA-RL-Tunnelbau
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Befahrbar für Fahrzeugverkehr: ab 150 m</li> <li>• Mindestlichtraumprofil für Straßenfahrzeuge: 3,50 m x 3,50 m</li> <li>• Mindestens 1,20 m breiter Fluchtweg neben der Fahrbahn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Befahrbar für Fahrzeugverkehr: ab 300 m</li> <li>• Mindestlichtraumprofil für Straßenfahrzeuge: nicht angegeben</li> <li>• Keine Angabe zur Fluchtwegbreite und Anordnung</li> </ul>

**Schleusen:** Nach der EBA-RL-Tunnelbau dürfen Rettungstollen, sofern nicht länger als 50 m auch ohne Schleuse geplant werden. Ansonsten unterscheiden sich die beiden Richtlinien nicht. [3],[4]

**Tab. 6:** Tabellarische Auflistung der Unterschiede: Schleusen

ÖBFV-RL-A-12	EBA-RL-Tunnelbau
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anordnung einer Schleuse: bei jedem Rettungstollen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anordnung einer Schleuse: bei Rettungstollen über 50 m Länge</li> </ul>

**Orientierungsbeleuchtung:** Wie in Kapitel 5 schon erwähnt wird dieser Begriff in der EBA-RL-Tunnelbau Notbeleuchtung genannt. Damit trotz Ausfall der Speiseleitung die Orientierungsbeleuchtung/Notbeleuchtung noch funktioniert und den im Tunnel befindlichen Personen den nächstgelegenen Notausgang zeigt, schreibt die EBA-RL-Tunnelbau vor, dass die geforderte Mindestbeleuchtungsstärke für mindestens drei Stunden aufrecht erhalten werden muss. Die ÖBFV-RL-A-12 gibt 90 Minuten vor. Dafür findet sich in der EBA-RL-Tunnelbau keine Bestimmung über die Beleuchtungsstärke. Der Abstand der Einschaltpunkte für die Tunnelbeleuchtung liegt laut EBA-RL-Tunnelbau bei 125 m, laut ÖBFV-RL-A-12 bei 100 m.

In der EBA-RL-Tunnelbau ist explizit angegeben, dass der erste Einschalt- punkt zum Tunnelportal einen Mindestabstand von 250 m aufweisen muss. Dies ergibt zwar einen größeren Weg der zurückgelegt werden muss, um die Tunnelbeleuchtung einzuschalten, dadurch kann jedoch mit größerer Wahrscheinlichkeit verhindert werden kann, dass Betriebs- fremde den Tunnel betreten und die Tunnelbeleuchtung einschalten. In der ÖBFV-RL-A-12 gibt es dazu keine Angaben. [3],[4]

**Tab. 7:** Tabellarische Auflistung der Unterschiede: Orientierungsbeleuch- tung

ÖBFV-RL-A-12	EBA-RL-Tunnelbau
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluchtwegbeleuchtung</li> <li>• Mindestbeleuchtungsstärke: 1,0 lx</li> <li>• Beleuchtungsdauer: mindes- tens 90 Minuten</li> <li>• Abstand der Einschaltpunkte im Tunnel: 100 m</li> <li>• Erster Einschaltpunkt nach Tunnelportal: keine Angabe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Notbeleuchtung</li> <li>• Mindestbeleuchtungsstärke: keine Angabe</li> <li>• Beleuchtungsdauer: mindes- tens 180 Minuten</li> <li>• Abstand der Einschaltpunkte im Tunnel: 125 m</li> <li>• Erster Einschaltpunkt nach Tunnelportal: min. 250 m</li> </ul>

Rettungsplätze:

In der ÖBFV-RL-A-12 ist ein Rettungsplatz zwingend an jedem Tun- nelportal vorzusehen. In der EBA-RL-Tunnelbau wird darüber hinaus gefordert, dass sich auch bei allen Notausgängen Rettungsplätze befinden müssen. Die Mindestfläche beträgt in beiden Ländern 1.500 m<sup>2</sup> und darf auf die verschiedenen Rettungsplätze, für die weder in der ÖBFV-RL- A-12 noch in der EBA-RL-Tunnelbau Mindestgrößen vorgesehen sind, aufgeteilt werden. [3],[4]

**Tab. 8:** Tabellarische Auflistung der Unterschiede: Rettungsplätze

ÖBFV-RL-A-12	EBA-RL-Tunnelbau
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erforderliche Positionierung: bei allen Tunnelportalen</li> <li>• Mindestfläche: 1.500 m<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erforderliche Positionierung: bei allen Tunnelportalen und Notausgängen</li> <li>• Mindestfläche: 1.500 m<sup>2</sup></li> </ul>

Oberleitung:

Nach ÖBFV-RL-A-12 gilt, dass der komplette Tunnel geerdet und stromlos geschaltet werden können muss. In der EBA-RL-Tunnelbau wird ferner gefordert, dass ab einer Fahrtunnellänge von über 5 km, die zu erdenden Abschnitte, in 5 km lange Streckenabschnitte unterteilt werden können. Anders als in der ÖBFV-RL-A-12 sieht die EBA-RL-Tunnelbau auch eine fernbetätigte Erdungsschaltung vor. Diese darf jedoch nur in Notsituationen betätigt werden, bei sonstigen Arbeiten ist die Erdung, so wie laut ÖBFV-RL-A-12, mittels Erdungsstangen durchzuführen. [3],[4]

**Tab. 9:** Tabellarische Auflistung der Unterschiede: Oberleitung

ÖBFV-RL-A-12	EBA-RL-Tunnelbau
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromabschaltung und Erdung: kompletter Tunnel</li> <li>• Keine Fernbetätigte Erdungsschaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromabschaltung und Erdung: in 5 km Abschnitte</li> <li>• Fernbetätigte Erdungsschaltung in Notsituationen</li> </ul>

Energieversorgung:

In der EBA-RL-Tunnelbau wird nicht unterschieden ob es sich um eine eingleisige oder zweigleisige Tunnelröhre handelt. Es müssen anders als in der ÖBFV-RL-A-12 die Anschlüsse für die elektrische Energie an beiden Seiten angebracht werden. Dies um zu gewährleisten, dass wenn eine Seite durch ein Entgleisen des Zuges verdeckt ist, auf der anderen Seite die Stromentnahme möglich ist. Auch die Abstände sind mit 125 m um 25 m länger als nach ÖBFV-RL-A-12. Die Positionierung muss laut EBA-RL-Tunnelbau neben den Schaltern der Notbeleuchtung erfolgen. [3],[4]

**Tab. 10:** Tabellarische Auflistung der Unterschiede: Energieversorgung

ÖBFV-RL-A-12	EBA-RL-Tunnelbau
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anbringung: bei eingleisigen Tunneln an der Seite des Fluchtweges, bei zweigleisigen an beiden Seiten</li> <li>• Abstände: 100 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anbringung: bei ein- und zweigleisigen Tunneln an beiden Seiten neben den Einschalt-punkten der Notbeleuchtung</li> <li>• Abstände: 125 m</li> </ul>

Löschwasserversorgung:

In der EBA-RL-Tunnelbau muss Löschwasser vorgehalten werden, welches maximal 300 m vom Tunnelportal entfernt ist. In der ÖBFV-RL-A-12 finden sich zur Entfernung keine Angaben. In der ÖBFV-RL-A-12 wird angegeben, dass der Löschwasservorrat mindestens 108 m<sup>3</sup> betragen muss. Nach der EBA-RL-Tunnelbau muss dieser ausreichend groß sein. Ein weiterer Unterschied ist, dass laut EBA-RL-Tunnelbau keine Nassleitungen sondern nur Trockenleitungen verbaut werden dürfen. Um die dadurch entstehende Befüllungszeit zu überbrücken, soll in den Verbindungsbauwerken Löschwasser vorgehalten werden. Auch wird in der EBA-RL-Tunnelbau nicht beschrieben wie die Löschwasserleitungen positioniert werden müssen. Die Abstände der Wandhydranten dürfen analog der Stromversorgung 125 m nicht überschreiten. Eine Leitung muss laut der EBA-RL-Tunnelbau 800 l/min fördern können und nicht wie in der ÖBFV-RL-A-12 1200 l/min. Bei zwei parallel verlaufenden Tunnelröhren erfolgt die Befüllung der Trockenleitung nach EBA-RL-Tunnelbau durch jene, zum Schadenfall parallel verlaufende Tunnelröhre. Über Verbindungswerke wird das Wasser zur Einsatzstelle geleitet. Die Löschwasserleitung des betroffenen Tunnels wird also nicht direkt gespeist. Dadurch wird vorgebeugt, falls die Wasserleitung in der Nähe des Ereignisses beschädigt und somit die Wasserversorgung unterbrochen ist. [3],[4]

**Tab. 11:** Tabellarische Auflistung der Unterschiede: Löschwasserversorgung

ÖBFV-RL-A-12	EBA-RL-Tunnelbau
<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine Abstandsangabe</li> <li>• Löschwasservorrat: min. 108 m<sup>3</sup></li> <li>• Einspeisung: Trocken-, oder Nassleitungen</li> <li>• Fördermenge: 1.200 l/min</li> <li>• Keine Angabe zur Befüllung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstand: max. 300 m</li> <li>• Löschwasservorrat: ausreichend groß</li> <li>• Einspeisung: ausschließlich Trockenleitungen</li> <li>• Fördermenge: 800 l/min</li> <li>• Im Schadenfall Befüllung der Trockenleitung durch den Schadenfall parallel verlaufende Tunnelröhre</li> </ul>

Notruffernsprecher: In der EBA-RL-Tunnelbau werden drei Punkte, welche der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen sind, aufgezählt, wo diese angeordnet werden müssen. Eine Vorgabe, dass Notruffernsprecher in "sicheren Bereichen" sein müssen, findet sich in der EBA-RL-Tunnelbau nicht. Dafür ist laut EBA-RL-Tunnelbau bei einem zweigleisigen Tunnel an beiden Seiten eine Fernsprechanlage anzubringen, dies ist in der ÖBFV-RL-A-12 nicht explizit angeführt. Um eine Kontaktaufnahme zur verkehrsüberwachenden Stelle herzustellen muss nach ÖBFV-RL-A-12 und EBA-RL-Tunnelbau ein Notruftaster gedrückt werden. Darüber hinaus kann laut ÖBFV-RL-A-12 mit dem Abheben des Hörers eine Verbindung aufgebaut werden. Der Standort wird in beiden Ländern automatisch übermittelt. Durch dieses einfache System können auch nicht auf dieses Gerät eingeschulte Personen einen Notruf absetzen. [3],[4]

**Tab. 12:** Tabellarische Auflistung der Unterschiede: Notruffernsprecher

ÖBFV-RL-A-12	EBA-RL-Tunnelbau
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbindungsaufbau: durch Notruftaste und abheben des Hörers</li> <li>• zweigleisige Fahrtunnel: keine explizite Angabe über die Lage</li> <li>• Anordnung:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>– Tunnelportale</li> <li>– Rettungsplätze</li> <li>– im Tunnel zwischen den Notausgängen</li> <li>– "sichere Bereiche" in der Nähe des Notausgangs</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbindungsaufbau: durch Notruftaste</li> <li>• zweigleisige Fahrtunnel: an beiden Seiten</li> <li>• Anordnung:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>– Tunnelportale</li> <li>– Rettungsplätze</li> <li>– im Tunnel zwischen den Notausgängen</li> </ul> </li> </ul>

## 8 Fazit

Trotz geringer Unfallrate verglichen mit anderen Verkehrseinrichtungen, können Unfälle auch im Eisenbahnverkehr nicht ausgeschlossen werden. Zur Reduzierung von speziell in Tunnel gelegener Gefahren, wie die beschränkten Platzverhältnisse oder der im Brandfall nicht vorliegenden Möglichkeit der Rauchentweichung nach oben, sind in Richtlinien Sicherheitsbestimmungen vorgesehen. Mit der TSI-SRT [5] wurden dazu europaweite Standards festgelegt. Sowohl die österreichische Richtlinie ÖBFV-RL-A-12 [3], als auch die deutsche Richtlinie EBA-RL-Tunnelbau [4], sehen darüberhinausgehende Standards vor, die wiederum in den einzelnen Unterpunkten verschieden stark reglementiert sind. So wird, stellvertretend für die in den Richtlinien jeweils vorgegebenen Sicherheitsmaßnahmen, der Maximalabstand der zwischen den Notausgängen liegen darf, nach der TSI-SRT mit 1.000 m, nach der EBA-RL-Tunnelbau mit 500 m und nach der ÖBFV-RL-A-12 mit 250 m vorgegeben. Der markanteste Unterschied zwischen den beiden

Richtlinien wird darin gesehen, dass in der EBA-RL-Tunnelbau, die Eingleisigkeit der Tunnelröhre bei uneingeschränktem Mischbetrieb von Reise- und Güterzügen, vorgesehen ist.

Beide Richtlinien sehen höhere oder zumindest gleiche Standards als die TSI-SRT vor. Zur genauen Ermittlung, durch welcher der in den beiden Richtlinien vorgesehenen Sicherheitsmaßnahmen, sich die Risiken in Bahntunnel am meisten minimieren lassen, müsste eine Risikobewertung vorgenommen werden.

## Literatur

- [1] Allianz-pro-Schiene. <https://www.allianz-pro-schiene.de/presse/pressemitteilungen/verkehrs-traegervergleich-sicherheit-bahn-bus-auto/text>. März 2020.
- [2] Deutsche Bahn. <https://www.karlsruhe-basel.de/sicherheits-und-rettungskonzept-tunnel-offenburg.html>. Nov. 2020.
- [3] Österreichischer Bundesfeuerwehrverband. *Sicherheitsmaßnahmen in Eisenbahntunnelanlagen*. Österreichischer Bundesfeuerwehrverband, Juni 2015.
- [4] Eisenbahn Bundesamt Deutschland. *Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und den Betrieb von Eisenbahntunneln*. Eisenbahn Bundesamt Deutschland, Juli 2018.
- [5] EU Kommission. *TSI SRT VO (EU) 1303/2014-Technical Specification for Interoperability-Safety in Railwaytunnels*. Nov. 2014.
- [6] Polomini Michael. *Einsatz im ÖBB Gleisbereich*. Version 1a. ÖBB INFRA, Sep. 2019.
- [7] Bahnmagistrale Nürnberg–Erfurt–Leipzig/Halle–Berlin. [https://www.vde8.de/Das-Bauverfahren-des-Bibratunnel---\\_site.site..ls\\_dir.\\_siteid.313\\_function.set\\_\\_lang\\_lang.de\\_li-kecms.html](https://www.vde8.de/Das-Bauverfahren-des-Bibratunnel---_site.site..ls_dir._siteid.313_function.set__lang_lang.de_li-kecms.html). Nov. 2020.
- [8] Brandverhütungsstelle Oberösterreich. [https://www.bvs-ooe.at/assets/uploads/2017/12/PK\\_Rauchabschluss2017-03-16-mit-WSG\\_Presstext.pdf](https://www.bvs-ooe.at/assets/uploads/2017/12/PK_Rauchabschluss2017-03-16-mit-WSG_Presstext.pdf). Juli 2020.
- [9] Norbert Ostermann. *VO Eisenbahnwesen LVA- Nr.: 230.033*. Institut für Verkehrswissenschaften, Forschungsbereich für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen, SS2019.
- [10] Tunnel-online.info. [https://www.tunnel-online.info/de/artikel/tunnelbahnprojekt\\_Stuttgart\\_Ulm\\_Der\\_Tunnel\\_unter\\_der\\_Autobahn\\_A8\\_auf\\_der\\_Schw\\_3051673.html](https://www.tunnel-online.info/de/artikel/tunnelbahnprojekt_Stuttgart_Ulm_Der_Tunnel_unter_der_Autobahn_A8_auf_der_Schw_3051673.html). Nov. 2020.

## Abbildungsverzeichnis

1	Sicherheitsabstände zur Oberleitung [6] . . . . .	3
2	Sicherheitsabstand bei beschädigter Oberleitung [6] . . . . .	4
3	Querschlag zwischen den Tunnelröhren [7] . . . . .	7
4	Tunnellängsschnitt im Gefälle [10] . . . . .	9
5	Schematische Darstellung der Einlageplatten [9] . . . . .	10
6	Rettungsplatz und Zufahrt vor einem Tunnelportal [2] . . . . .	11
7	Rettungszug [6] . . . . .	12
8	Bergemittel [6] . . . . .	12
9	Löschfahrzeuge [6] . . . . .	13