



## Merkblatt

### Leitfaden für die Intervention der Feuerwehren bei Brandereignissen in Straßentunnelanlagen

#### Inhaltsverzeichnis:

1. Allgemeines
2. Ereignisphasen
3. Ereignisszenarien
4. Organisation und Einsatz
5. Maßnahmen im Einsatzdienst
6. Angeführte Richtlinien und Normen
7. Literaturhinweise, Begriffsbestimmungen und Verzeichnisse

## **Erarbeitung:**

### **Österreichischer Bundesfeuerwehrverband**

#### **Referat 4**

#### **Sachgebiet 4.4 Verkehrsanlagen und -wege**

Copyright:

Österreichischer Bundesfeuerwehrverband

Siebenbrunnengasse 21/3

1050 W I E N

Telefon 01 / 545 82 30

FAX 01 / 545 82 30 - 13

e-mail: [office@bundesfeuerwehrverband.at](mailto:office@bundesfeuerwehrverband.at)

Internet: [www.bundesfeuerwehrverband.at](http://www.bundesfeuerwehrverband.at)

# INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeines.....	5
1.1	Allgemeine Hinweise .....	5
1.2	Geltungsbereich .....	5
1.3	Zweck .....	6
1.4	Ziele .....	6
1.5	Besondere Hinweise .....	6
2	Ereignisphasen .....	9
2.1	Gliederung .....	9
2.2	Charakteristiken .....	9
3	Ereignisszenarien.....	11
3.1	Übersicht.....	11
3.2	Allgemeine Hinweise .....	13
3.3	Beschreibungen der Szenarien .....	14
3.3.1	Brand von 1 – 3 Personenkraftwagen (PKW) .....	14
3.3.2	Brand von Kleinlastkraftwagen und Reisebussen.....	14
3.3.3	Brand von Lastkraftwagen (LKW).....	15
3.3.4	Brand von Wohnmobilen, und LKW mit Flüssiggasflaschen.....	15
3.3.5	Brand nach Freisetzung von Benzin aus Tankfahrzeug.....	16
3.3.6	Freisetzung von Benzin aus Tankfahrzeug ohne Brand .....	17
4	Organisation und Einsatz .....	18
4.1	Maßgebende Charakteristiken .....	18
4.2	Führungsorganisation.....	19
4.3	Atemschutz .....	20
5	Maßnahmen im Einsatzdienst .....	21
5.1	Übersicht über die Auswirkung eines Brandalarms .....	21
5.2	Alarmierung, Warnung, Sondereinsatz- und Spezialkräfte .....	21
5.2.1	Alarmierung der Feuerwehr.....	21
5.2.2	Warnung der Tunnelnutzer.....	22
5.2.3	Einsatzreserve, Sondereinsatzkräfte .....	22
5.2.4	Spezialkräfte, Fremdgerät .....	22
5.3	Betriebs- und sicherheitstechnische Infrastruktur .....	23
5.4	Tunnellüftung .....	23
5.4.1	Betriebsarten.....	23
5.4.2	Lüftung im Brandfall .....	24

5.4.2.1	Lüftungssysteme .....	24
5.5	Zufahrt der Einsatzkräfte .....	27
5.5.1	Feuerwehrezufahrt .....	27
5.5.2	Mittelstreifenüberfahrten – Portalüberfahrten im Vorportalbereich .....	27
5.6	Informationen und Kontrollen .....	27
5.6.1	Informationsbeschaffung mit Ausrücken der Einsatzkräfte .....	27
5.6.2	Zugangskontrolle.....	28
5.7	Einsatzabwicklung in Tunnelanlagen.....	28
5.7.1	Einröhrige Tunnelanlagen mit Gegenverkehr .....	28
5.7.2	Zweiröhrige Tunnelanlagen mit Richtungsverkehr.....	29
5.8	Hinweise zur Fremdrettung .....	32
5.9	Betreuung .....	32
5.10	Rettungsdienste .....	33
5.11	Sicherheitsbereiche.....	33
6	Angeführte Richtlinien und Normen.....	34
7	Literaturhinweise, Begriffsbestimmungen und Verzeichnisse .....	34
	Literaturhinweise.....	34
	Begriffsbestimmungen .....	34

# 1 Allgemeines

## 1.1 Allgemeine Hinweise

Die für die Feuerwehren maßgeblichen landesgesetzlichen Vorschriften bestimmen in der Regel auch, welche Rechte und Pflichten dem Leiter eines Feuerwehreinsatzes zukommen (Feuerwehrgesetze, Gefahren- und Feuerpolizeiverordnungen, etc.).

Dem folgend ist eine wesentliche Aufgabe der Einsatzleiter, mögliche Einsätze vorzubereiten. Einsatzvorbereitung heißt, sich ein besonderes Wissen anzueignen, das ihn in die Lage versetzt, mit Hilfe der ihm unterstellten Kräfte, die im Einsatzfall zum Schutz der Allgemeinheit oder des Einzelnen erforderlichen und der Feuerwehr obliegenden abwehrenden Maßnahmen treffen zu können.

Auf Grund der im Ereigniseinsatz zu berücksichtigenden „Einfachheit“, die auch in den Formulierungen dieses Merkblattes ihren Niederschlag findet, wurde auf die Genderung verzichtet. Jede männliche und weibliche Form versteht sich daher geschlechtsneutral.

## 1.2 Geltungsbereich

Dieses Merkblatt ist eine Planungshilfe für die Einsatzkräfte im Allgemeinen und der Feuerwehr im Besondern und beschreibt mögliche Abläufe bei Ereignissen in Straßentunnelanlagen mit dem Schwerpunkt auf Brandereignis und/oder Menschenrettung.

Das Merkblatt definiert Grundregeln für das Vorgehen der Feuerwehreinsatzkräfte bei der Bewältigung dieser Ereignisse. Auf der Grundlage kann eine umfassende Einsatzplanung erfolgen.

Im Zusammenhang mit Transporten von gefährlichen Gütern beschränken sich die Betrachtungen neben der Freisetzung von Betriebsmitteln (Benzin, Diesel, Motoröl, etc.) nur auf Tankfahrzeuge und den Transport von einzelnen Gasflaschen (z.B. Flüssiggasflasche in einem Wohnwagen).

Das Merkblatt berücksichtigt Straßentunnelanlagen, deren bauliche Gestaltung und Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen nach RVS-Richtlinien gestaltet wurden.

Ergänzende Angaben zur baulichen Gestaltung und ergänzende Informationen zum Fachbereich Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen für Straßentunnelanlagen finden sich in den RVS-Richtlinien (RVS 09.01.24 Bauliche Gestaltung - Bauliche Anlagen, RVS 09.02.22 Tunnelausrüstung - Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen, RVS 09.02.31 Tunnelausrüstung – Belüftung, Grundlagen, RVS 09.02.41 Beleuchtung, RVS 09.02.51 Tunnel, Tunnelausrüstung, Brandbekämpfungsanlagen, RVS 09.02.61 Funkeinrichtungen, etc.) und den Richtlinien und Merkblättern des ÖBFV (RL-A13, RL-GA 20, MB –E16, etc.).

Anlagenspezifische Informationen, Informationen zu technischen Besonderheiten, zu den an der Ereignisbewältigung beteiligten Organisationen, etc. sind in den vom Infrastrukturbetreiber für die jeweilige Tunnelanlage zu erstellenden Alarm- und Einsatzplan (RVS 09.04.11 Erhaltung und Betrieb) festgehalten.

Abhängig vom tatsächlichen Sicherheitsstandard der zu bearbeitenden Tunnelanlage und abhängig vom Ereignisszenario und der Einsatzentwicklung, kann es auch notwendig sein, von diesem Merkblatt abzuweichen, um das Vorgehen dem mangelnden Sicherheitsstandard oder einer besonderen Ereignislage anzupassen.

### **1.3 Zweck**

Der Zweck dieses Merkblattes ist das Bereitstellen von Informationen

- für die Alarm- und Einsatzplanung/Einsatzvorbereitung
- für die Ausbildung
- für die Beschaffung von tunnelspezifischen Ausrüstungen
- über Besonderheiten zu betriebs- und sicherheitstechnischen Ausrüstungen von Straßentunnelanlagen.

### **1.4 Ziele**

Die Ziele des Merkblattes sind den Vorgaben der für Straßentunnelanlagen bestehenden Sicherheitskonzepte - Personenschutz (Schutz für Nutzer, Betriebs- und Einsatzmannschaften), Sachwertschutz (Schutz für Bauwerk, betriebs- und sicherheitstechnische Einrichtungen, etc.) und Umweltschutz - gleichzusetzen. Um diese Ziele zu erreichen, sind bereits im Vorfeld für den möglichen Ereignisfall günstige Voraussetzungen für nachfolgende Punkte zu schaffen:

- die Flucht betroffener Personen (Unterstützung der Selbstrettung)
- den Einsatz der Einsatzkräfte (Fremdrettung und Löscheinsatz)
- die Sicherheit der Einsatzkräfte
- die Eingrenzung der Sachschäden
- den Schutz der Umwelt

### **1.5 Besondere Hinweise**

In der Einsatzvorbereitung für Straßentunnelanlagen ist, bedingt durch unterschiedlichstes Anlagenalter, durch unterschiedlichste Art der geografischen Lage, der Nutzung und der baulichen Gestaltung sowie bedingt durch z.T. uneinheitliche Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen, die feuerwehrfachliche Betrachtung jeder Anlage für sich erforderlich.

Diesen Umstand berücksichtigend sollen die Einsatzvorbereitung - insbesondere die äußere Erkundung - und die Ablaufplanung für Einsätze in Straßentunnelanlagen im Voraus detailliert erfolgen.

Unverzichtbar sind:

- die Erkundung der Objekt-/Anlagendetails inkl. der topografischen und projektspezifischen Besonderheiten gemeinsam mit dem Infrastrukturbetreiber;
- die Einsatzplanung zu Einsatzszenarien und die Erarbeitung von abgestuften Maßnahmenkatalogen nach Festlegung der Planungsgrößen, wie beispielsweise die Verfügbarkeit der Mannschaft entsprechend der Tageszeit, die Verfügbarkeit von Fahrzeugen und Geräten sowie die Verfügbarkeit der ergänzenden Ausrüstungen/Einrichtungen;
- die enge Abstimmung und die Zusammenarbeit mit dem Infrastrukturbetreiber, im Regelfall mit dem zuständigen Tunnelsicherheitsbeauftragten bzw. Tunnelmanager, mit der Tunnelüberwachungszentrale und mit den sonstigen für Tunnelbetrieb und -erhaltung zuständigen Personen.

Der für die Anlage zuständige Tunnelsicherheitsbeauftragte bzw. Tunnelmanager, der Tunneloperator und sonstige für den Tunnelbetrieb und die Erhaltung zuständige Personen kennen die ihnen zugeordneten Anlagen, die Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen, die Steuerungsmöglichkeiten, die aktuellen Anlagenzustände, etc.

Unterirdische Verkehrsanlagen bergen für die eingesetzten Kräfte im Einsatzfall ein erhöhtes Sicherheitsrisiko und erfordern besondere einsatztaktische Maßnahmen.

Die Schnelligkeit der Brandbekämpfung ist maßgeblich für die Minimierung des Schadens und trägt zur Erhöhung der Sicherheit für die Selbst- und Fremdrettungsphase bei.

Unfälle und Brände in Tunnelanlagen können sowohl für die Nutzer der Anlagen als auch für die Einsatzkräfte wesentlich massivere Aus- und Einwirkungen nach sich ziehen, als dies bei vergleichbaren Ereignissen auf freier Strecke zu erwarten ist.

So ist etwa bei einem Brandereignis und/oder einer entsprechenden Verrauchung mit einer großen Zahl Betroffener zu rechnen. Beengter Raum kann eine hohe Schadensdynamik nach sich ziehen, eine insgesamt unklare Schadenslage verursachen und die Entwicklungsmöglichkeiten der Einsatzkräfte erheblich einschränken.

Zusätzliche Gefahren:

- mögliche große Betroffenenanzahl (auch Gehunfähige, Panik, etc.);
- gesteigerte Auswirkungen durch gefährliche Stoffe, Schadstoffe, etc.;
- eingeschränkte Kommunikations- und Erkundungsmöglichkeiten;
- mögliche hohe Schadensdynamik wie beispielsweise hohe Temperaturen, Sichttrübung, ätzende und toxische Gasbestandteile, aggressive und korrosive Gaskomponenten, ventilationsbeschleunigter Abbrand, etc.;

- lange Angriffs-, Rettungs- und Rückzugswege;
- eingeschränkter Entwicklungs- und Einsatzraum (Umkehrmöglichkeiten, Fahrzeugrückstau, etc.).

Insgesamt sind dies Faktoren, die eine Vielzahl an Einsatzkräften allein für Entwicklungsmaßnahmen binden und die Einleitung der eigentlichen Notfallmaßnahmen in der Tunnelanlage verzögern können.

## 2 Ereignisphasen

### 2.1 Gliederung

Für Straßentunnelanlagen kann der Ablauf nach Ereigniseintritt sowie nach Detektion und Alarmierung/Warnung in drei Hauptphasen gegliedert werden:

- Selbstrettung
- Fremdrettung
- Löscheinsatz

Diese Hauptphasen und die zeitliche Abfolge sind in der folgenden Grafik dargestellt.

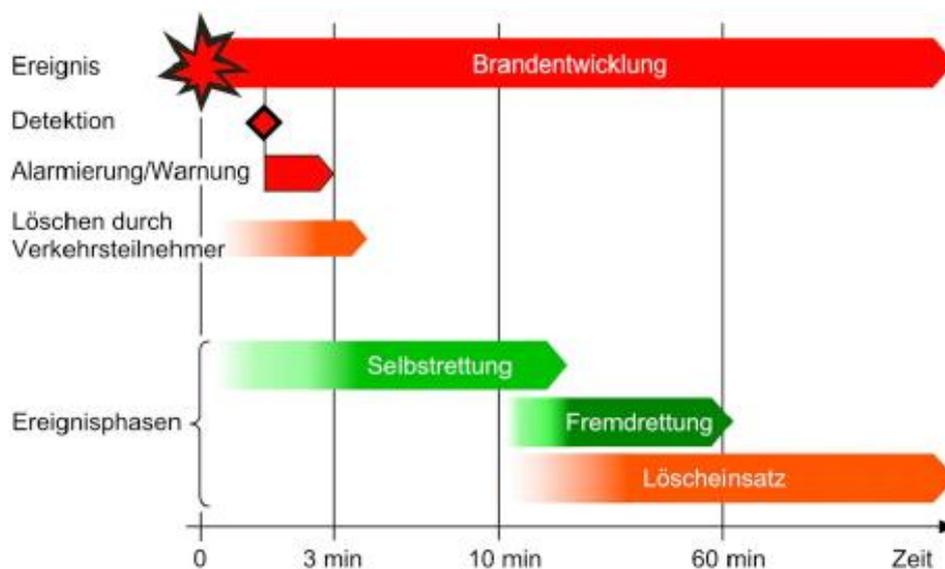


Bild 1: Ereignisphasen [1]

### 2.2 Charakteristiken

Die Selbstrettung ist im Regelfall die zentrale Basis für Sicherheitskonzepte von Straßentunnelanlagen. Der Selbstrettung zuzurechnen ist auch die gegenseitige Hilfestellung der Nutzer.

Sie beginnt mit der Wahrnehmung des Ereignisses bzw. der Warnung, mit der die Verkehrsteilnehmer aufgefordert werden, die Fahrzeuge zu verlassen, zu flüchten und sich damit in Sicherheit zu bringen. Die Möglichkeiten zur Selbstrettung stehen in direktem Zusammenhang mit den Fluchtweglängen in der betreffenden Anlage und können durch Verrauchung zudem erheblich eingeschränkt werden. Gelingt es etwa nicht, entstehende Brandgase wirkungsvoll abzuführen (absaugen, ablüften, etc.), verkürzt sich die Phase der Selbstrettung auf wenige Minuten.

Die Fremdrettung ist im Regelfall Aufgabe der Einsatzkräfte. Im Vordergrund stehen das Absuchen des Tunnelfahrtraums und die Rettung der Tunnelnutzer, denen die Selbstrettung nicht möglich war. Abhängig von den Anfahrtszeiten der Einsatzkräfte (Entfernung zum Portal, Verkehrsaufkommen, etc.), von der Länge und Lage der Tunnelanlage, vom Ereignisort und den sonstigen Ereignisbegleitumständen, beginnt diese Phase frühestens etwa 10 Minuten nach der Alarmierung.

Der Löscheinsatz schafft die Voraussetzungen für ein gesichertes/sicheres Vorgehen der Einsatzkräfte und für die Fremdrettung. Darüber hinaus schränkt der rasch eingeleitete Löscheinsatz die Ereignisausbreitung ein und mindert Schäden an Anlagen und Bauwerk.

### 3 Ereignisszenarien

#### 3.1 Übersicht

Im Folgenden werden ausgewählte Ereignisszenarien gelistet, deren wesentliche Charakteristiken beschrieben und die Möglichkeiten für den Einsatz der Feuerwehren abgeschätzt.

Für die Listung wurden die Ereignisse mit der höchsten Eintrittswahrscheinlichkeit ausgewählt (Die Abkürzung „AdF“ im Bild 5 steht für Angehörige der Feuerwehr).

<b>1</b>	<p><b>Brand von 1 - 3 Personenwagen</b></p> 
Charakteristiken	<ul style="list-style-type: none"> <li>- beschränkte Brandleistung</li> <li>- geringe Maximaltemperaturen</li> <li>- mässige Verrauchung des gesamten Tunnelquerschnitts (ohne Rauchgasschichtung)</li> </ul>
Feuerwehreinsatz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- durch Verrauchung erschwert, jedoch möglich</li> </ul>

Bild 2: Szenario 1 "Brand von 1 – 3 Personenkraftwagen" [1]

<b>2</b>	<p><b>Brand von Kleinlastkraftwagen und Reisebussen</b></p> 
Charakteristiken	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vergleichsweise grosse Brandleistung und starke Rauchentwicklung (abhängig von der Ladung)</li> </ul>
Feuerwehreinsatz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- durch Rauchentwicklung stark behindert</li> <li>- erschwerte Fremdrettung bei doppelstöckigen Reisebussen wegen beengten Verhältnissen</li> </ul>

Bild 3: Szenario 2 "Brand von Kleinlastkraftwagen und Reisebussen" [1]

<b>3</b>	<b>Brand von Lastkraftwagen (LKW)</b> 
Charakteristiken	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Brandentwicklung stark vom Fahrzeugaufbau und der Ladung abhängig</li> <li>– unter Umständen beträchtliche Brandleistung und Branddauer bis mehrere Stunden</li> </ul>
Feuerwehreinsatz	<ul style="list-style-type: none"> <li>– abhängig von Verhältnissen im Einzelfall</li> <li>– allgemein durch die Raumentwicklung stark behindert</li> </ul>

Bild 4: Szenario 3 "Brand von Lastkraftwagen" [1]

<b>4</b>	<b>Brand von Wohnmobilen und LKW mit Flüssiggasflaschen</b> 
Charakteristiken	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Brandverlauf wie Szenarium 3 und 4</li> <li>– Explosionen beim Bersten der Gasflaschen</li> </ul>
Feuerwehreinsatz	<ul style="list-style-type: none"> <li>– grosse Gefährdung durch Trümmer und Feuerball beim Bersten der Gasflaschen</li> </ul>

Bild 5: Szenario 4 "Brand von Wohnmobilen und LKW mit Flüssiggasflaschen" [1]

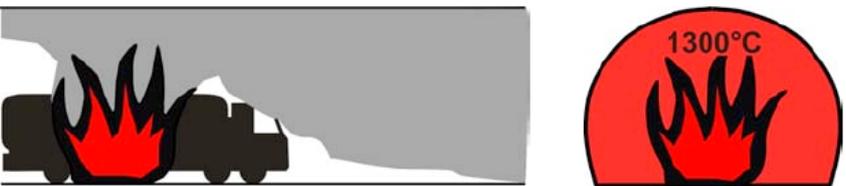
<b>5</b>	<b>Brand nach Freisetzung von Benzin aus Tankfahrzeug</b> 
Charakteristiken	<ul style="list-style-type: none"> <li>– schnelle Brandentwicklung mit sehr grosser u.a. von der Benzinalachengrösse und der Luftzufuhr abhängiger Brandleistung</li> <li>– starke Raumentwicklung, jedoch allgemein kurze Branddauer.</li> </ul>
Feuerwehreinsatz	<ul style="list-style-type: none"> <li>– während dem Brand nur mit grossem Risiko für die AdF möglich</li> <li>– nach dem Brand Gefährdung durch Verpuffungen</li> </ul>

Bild 6: Szenario 5 "Brand nach Freisetzung von Benzin aus Tankfahrzeug" [1]

<b>6</b>	<b>Freisetzung von Benzin aus Tankfahrzeug ohne Brand</b> <hr/> 
Charakteristiken	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Freisetzung des Transporttankinhalts innerhalb von 10 Minuten</li> <li>- Bildung einer Benzinlache mit 50 - 300 m<sup>2</sup> Fläche</li> <li>- Abfluss von Benzin in das Entwässerungssystem</li> <li>- grosse Wahrscheinlichkeit einer Entzündung</li> </ul>
Feuerwehreinsatz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- schwierig wegen der sehr grossen Brand- und Explosionsgefahr</li> <li>- auf Grund der hohen Wahrscheinlichkeit einer Entzündung mit grossem Risiko verbunden</li> </ul>

Bild 7: Szenario 6 "Freisetzung von Benzin aus Tankfahrzeug ohne Brand" [1]

### 3.2 Allgemeine Hinweise

Die folgenden Hinweise gelten für alle beschriebenen Szenarien:

- Selbstrettung ist für unverletzte und nicht mobilitätseingeschränkte Personen praktisch in allen Szenarien möglich und die Aussichten auf den Fluchterfolg - rechtzeitiges Reagieren/Flüchten vorausgesetzt - hoch.
- Für Verletzte und/oder in der Flucht behinderte Personen hängt der Fluchterfolg wesentlich von der Fremdhilfe (Fluchtunterstützung durch Dritte) ab.
- Hohe Längsströmungsgeschwindigkeiten haben eine rasche Rauchausbreitung in Tunnellängsrichtung und Verrauchung des gesamten Querschnittes zur Folge. Holt die Rauchfront fliehende Tunnelnutzer ein, vermindert dies die Chancen auf eine erfolgreiche Selbstrettung erheblich.
- Geringe Luftströmungsgeschwindigkeiten haben den Nachteil, dass sich eine Rückströmung von Rauchgasen einstellt (backlayering).
- Stauen sich Fahrzeuge im Tunnel vor dem Ereignis - bei Gegenverkehrstunnelanlagen in beiden Fahrtrichtungen, bei städtischen Tunnelanlagen mit verkehrsbedingtem Rückstau auch nach dem Ereignis - kann dies die Fremdrettung und den Löscheinsatz erheblich erschweren.

### **3.3 Beschreibungen der Szenarien**

#### **3.3.1 Brand von 1 – 3 Personenkraftwagen (PKW)**

Bei Personenkraftwagen ist der Brandverlauf im Regelfall durch eine rasante Brandentwicklung, insgesamt aber eine eingeschränkte Brandleistung (je beteiligtem PKW 3 bis 10 MW, für Vans bis 15 MW), eingeschränkte Rauchgasmengen (je beteiligtem PKW bis zu 10 m<sup>3</sup>/s) und durch ein verhältnismäßig flaches Temperaturprofil gekennzeichnet. Im Tunnelquerschnitt ist die Kühlung der Brandgase nur unwesentlich behindert. An der Tunneldecke über dem Ereignis steigen die Temperaturen kaum über 200°C.

Alternativantriebsarten sind entsprechend dem geltenden Informationsblatt E-20 des ÖBFV zu behandeln, wobei auf die besonderen Bedingungen im Tunnel zu achten ist.

Die beschriebenen Verhältnisse schränken die Möglichkeiten zur Selbstrettung kaum ein. Jedoch werden diese durch frühzeitiges Auflösen einer Rauchschiebung (niedrige Rauchgastemperaturen) und in der Folge durch Verrauchung des gesamten Tunnelquerschnittes beeinträchtigt.

Der Einsatz der Feuerwehr ist zumeist ohne wesentliche Einschränkung möglich.

#### **3.3.2 Brand von Kleinlastkraftwagen und Reisebussen**

Bei Kleinlastkraftwagen sind der Brandverlauf, die Brandleistung (in der Größenordnung um 10 MW) die entstehenden Rauchgasmengen (ca. 40 m<sup>3</sup>/s) und die möglichen Maximaltemperaturen im Wesentlichen von der transportierten Ladung abhängig.

Bei Reisebussen resultieren aus dem hohen Kunststoffanteil der Ein- und Ausbauten vergleichsweise hohe Brandleistungen (in der Größenordnung 15 bis 30 MW) und eine massive - bezogen auf die Mengen und die Toxizität – Rauchgasentwicklung (50 bis 70 m<sup>3</sup>/s). Im Tunnelquerschnitt ist die Kühlung der Brandgase nur noch eingeschränkt wirksam. Die Maximaltemperaturen an der Tunneldecke erreichen bis zu 800°C.

Für Kleinlastkraftwagen gilt, dass die Selbstrettungsmöglichkeiten in der Entstehungsphase - ähnlich den „Verhältnissen PKW“ - kaum eingeschränkt sind. Mit fortschreitender Brandentwicklung kann diese Einschränkung jedoch ein hohes Ausmaß erreichen.

Der Einsatz der Feuerwehr ist zumeist ohne wesentliche Einschränkung möglich.

Für Reisebusse gilt naturgemäß, dass die Anzahl der unmittelbar Betroffenen im Regelfall hoch und die Fluchtfähigkeit stark von Altersstruktur (Kinder, Pensionisten) der Insassen abhängig ist.

Zumeist wird jedoch davon ausgegangen, dass in der Flucht beeinträchtigte Personen durch Dritte Fluchtunterstützung erhalten. Typisch für Brandabläufe im Zusammenhang mit Reisebussen ist, dass die Zeitspanne nur geringfügig eingeschränkter Fluchtverhältnisse im Verhältnis kürzer ist. Durch oft verspätetes Reagieren wird dieser Effekt verstärkt. Auf die zusätzlich erschwerte Selbstrettung aus vollbesetzten doppelstöckigen Bussen – dies gilt im Besonderen für Personen im Oberdeck - sei hier nur ergänzend verwiesen.

Die direkte Intervention der Feuerwehr ist zumeist möglich, jedoch hat die Fremdrettung für im Reisebus verbliebene Personen allgemein nur in sehr beschränktem Ausmaß Aussichten auf Erfolg.

### **3.3.3 Brand von Lastkraftwagen (LKW)**

Wie bei Kleinlastkraftwagen sind der Brandverlauf bei Lastkraftwagen, die Brandleistung (in der Größenordnung 30 bis 120 MW), die entstehenden Rauchgasmengen (50 bis 100 m<sup>3</sup>/s) und die möglichen Maximaltemperaturen wesentlich von der transportierten Ladung abhängig. Darüber hinaus haben die Lage des Brandherdes sowie die Größe und die Bauart des betroffenen LKW in erheblichem Maße Auswirkung auf die Geschwindigkeit der Brandentwicklung. Bei LKW mit Planaufbau läuft etwa die Brandausbreitung naturgemäß schneller, als bei LKW mit festen Aufbauten (Container, Kühltransportaufbauten etc.) ab. Im Tunnelquerschnitt ist die Kühlung der Brandgase kaum mehr wirksam. Die Maximaltemperaturen an der Tunneldecke erreichen über dem brennenden LKW bis zu 1.000°C.

Resultiert der Brand aus einem Unfall, ist mit der Freisetzung von Betriebsmitteln (Benzin, Diesel, Motoröl, etc.) zu rechnen. Das Fassungsvermögen der Betriebsmitteltanks beginnt bei 300 Litern. Im Regelfall ist von 900 bis 1.500 Litern Diesel auszugehen. Die Wahrscheinlichkeit der Entzündung von Diesel ist aber geringer, der Austritt und die Verqualmung von Motoröl hingegen deutlich wahrscheinlicher.

Der Abfluss von Betriebsmitteln in das Entwässerungssystem der Tunnelanlage bewirkt im Regelfall keine Umweltschäden (Gewässerschutzanlagen).

Für die direkte Intervention der Feuerwehr im Brandfall ist primär der Zeitpunkt des Eingriffes in die Brandentwicklung und nur sekundär die Rauchbildung maßgebend. Bei Brandversuchen wurden etwa auf der abströmenden Seite noch im Abstand von 100 Metern bis zu 400°C gemessen (abströmseitig im Abstand von 50 Metern bis zu 560°C).

### **3.3.4 Brand von Wohnmobilen, und LKW mit Flüssiggasflaschen**

Bei Druckgasbehältern (Flüssiggasflaschen und -behältern), die in Wohnwagen und Wohnmobilen mitgeführt oder auf Lastkraftwagen transportiert werden, reichen die Sicherheitsventile bei direkter Flammeneinwirkung zur Druckentlastung nicht aus. Die Brandhitze führt rasch - bei relativ leeren Behältern bereits nach ca. 10 Minuten – zum Behälterzerknall. Dabei entzündet sich das freigesetzte Gas schlagartig („Bleve“) und verbrennt in einem Feuerball. Zu nahe befindliche Personen sind dabei vor allem durch die Druckwelle und den Trümmerwurf stark gefährdet.

Die Gefahr für die Feuerwehr in den Ereignisphasen „Fremdrettung“ und „Löscheinsatz“ ist daher groß. Die Einsatzmaßnahmen decken sich jedoch mit den Maßnahmen, die auch für den vergleichbaren Einsatz im Freien erforderlich sind (gesteigerte Druckwirkung, verminderte Trümmerwurfweiten).

### 3.3.5 Brand nach Freisetzung von Benzin aus Tankfahrzeug

Das Ladevolumen gängiger Tankfahrzeuge (zumeist Tanksattelkraftfahrzeuge bzw. Kraftwagenzüge) beträgt im Regelfall 25.000 Liter im Maximalfall bis zu 35.000 Liter. Die Transporttanks können in mehrere Kammern unterteilt sein, sind dünnwandig und für mechanische Beschädigungen anfällig. Unfälle führen daher oft zu großen Leckagen. Es ist mit großen Freisetzungsraten und auch mit Auslaufzeiten unter 10 Minuten zu rechnen.

Für die sich bildende Lache ist, ein funktionierendes Tunnelentwässerungssystem vorausgesetzt, von einer Ausdehnung zwischen 50 und 300 m<sup>2</sup> auszugehen. Die Lachengröße ist abhängig von:

- Tunnel-Entwässerungssystem
- Längs- und Quergefälle der Fahrbahn
- von der Freisetzungsrate

Da Benzine (Ottokraftstoffe) einen Flammpunkt von unter -25°C aufweisen, entwickeln sich bei normalen Umgebungstemperaturen über der Lache und eventuell im Entwässerungssystem rasch Benzindampfmengen, die - mit ausreichender Luftmenge vermischt - immer hohe Brand- und Explosionsgefahr bedeuten (entzündbar bei Volumengehalt im Dampf-/Luftgemisch zwischen 0,6 % und 8 %, Zündtemperatur zwischen 220° und 280°C). Erfolgt die Zündung, läuft die Brandentwicklung sehr schnell ab. Die entstehenden Rauchgasmengen beim Brand über einer Benzinlache sind extrem hoch (in Größenordnungen um 300 m<sup>3</sup>/s).

Bei Versuchen wurde, infolge der durch den Querschnitt (ausgehend von zweispuriger Tunnelröhre mit ca. 50 m<sup>2</sup> Querschnitt) eingeschränkten Sauerstoffzufuhr, pulsierender Abbrand beobachtet. Die Dauer des Brandes mit hoher Brandleistung (100 MW und mehr) ist jedoch vergleichsweise kurz und beträgt 5 bis 15 Minuten.

Obwohl die Branddauer vergleichsweise kurz ist, können sich Restmengen von Benzin, in Schächten oder im Entwässerungssystem vorhandene Benzindämpfe noch nach vielen Stunden entzünden und zu Verpuffungen führen. Personen können auch dadurch in größeren Distanzen zum eigentlichen Ereignisort akut gefährdet sein.

Für den Feuerwehreinsatz gilt, dass das Einfahren in den Tunnel in der Regel in Richtung der Luftlängsströmung erfolgt. Dabei sind unter anderem folgende Gefahren zu berücksichtigen

- Explosionsfähige Atmosphäre erfordert eine Messung der Gaskonzentration.
- Im Hinblick auf mögliche Explosionen oder Verpuffungen wird im Bereich vor den Tunnelportalen die Festlegung einer ausreichenden Sicherheitszone empfohlen.
- Die Tragsicherheit der Tunnelstruktur, im Speziellen von Wandverkleidungen und Zwischendecken sowie von mechanischen Installationen ist gefährdet.

### **3.3.6 Freisetzung von Benzin aus Tankfahrzeug ohne Brand**

Bei einem Unfall mit einem Tankfahrzeug, bei dem sich das freigesetzte Benzin nicht entzündet, besteht in allen Phasen eine sehr große Brand- und Explosionsgefahr. Eine Intervention ist in Anbetracht der extremen latenten Gefährdung der Feuerwehr äußerst schwierig.

## 4 Organisation und Einsatz

### 4.1 Maßgebende Charakteristiken

Die Organisation und der Einsatz der Einsatzkräfte weisen generell die nachfolgenden maßgebenden Charakteristiken auf:

- Bei einröhrigen Tunnelanlagen (Gegenverkehrstunnels) erfolgt die Intervention der Feuerwehren im Regelfall von beiden Portalen aus.
- Bei zwei- oder mehrröhrigen Tunnelanlagen (Richtungsverkehrstunnels) erfolgt die Zufahrt der Feuerwehr über die nicht betroffene Tunnelröhre und die Einsatzabwicklung (Intervention) erfolgt primär über die Querverbindungen.
- Die Intervention der Feuerwehr in den Phasen Löscheinsatz und Fremddrettung erfolgt im Regelfall von der benachbarten, nicht betroffenen Tunnelröhre über die am nächsten zum Ereignisort gelegenen Querverbindungen und mit der Luftlängsströmung
- Für „Standardereignisse“ ist das Zusammenspiel zwischen Feuerwehr, Polizei und Rettungsdiensten zumeist viel geübte und daher eingespielte Praxis. Wichtig erscheint in diesem Zusammenhang auch die Einbindung der Erhaltungsdienste sowie der Überwachungszentralen des Infrastrukturbetreibers. Die Kommunikation der Einsatzdienste ist im Alarm- und Einsatzplan festzulegen.
- Im Ablauf der Phase der Selbstrettung ist die Überwachungszentrale - soweit vorhanden - der betroffenen Tunnelanlage für die Warnung der Tunnelnutzer zuständig. Mit dem Eintreffen der Feuerwehr übernimmt diese im Regelfall die Führung des Rettungs- und Löscheinsatzes (technische Einsatzleitung). Die Gesamteinsatzleitung (integrierte Einsatzleitung) ist im Alarm- und Einsatzplan bzw. auf Basis der jeweiligen landesgesetzlichen Bestimmungen geregelt.
- Die Selbstrettung verläuft in der Regel ohne Einflussnahme der Einsatzkräfte.
- Im Regelfall sind für mechanische Tunnellüftungen automatische „Brandprogramme“ programmiert, die automatisch oder manuell aktiviert werden und in deren Ablauf in der Phase der Selbstrettung – in der Regel - nicht eingegriffen wird. Hat die Feuerwehr die Führung des Rettungs- und Löscheinsatzes übernommen, sind händische Eingriffe in den Ablauf des Automatikbetriebes durch geschulte Mitarbeiter in der Überwachungszentrale ausschließlich nach Absprache mit der bzw. nach Aufforderung durch die Feuerwehr und einer darauf abzielenden Beurteilung der Lage und der Auswirkungen des Eingriffes zulässig.
- In der Phase der Fremddrettung können Betreuungs- und Transportaufgaben durch die Feuerwehren notwendig werden.

Die für die Anlage spezifischen Informationen zu den baulichen Gegebenheiten und zu den Betriebs- und Sicherheitstechnischen Einrichtungen sowie zur Organisation sind in den Alarm- und Einsatzplänen enthalten.

## 4.2 Führungsorganisation

Die Organisation des Führungsstabs ist anlagenspezifisch in die Alarm- und Einsatzplanung einzuarbeiten. Das Bild 8 zeigt das Beispiel eines Organigramms für einen Stab.

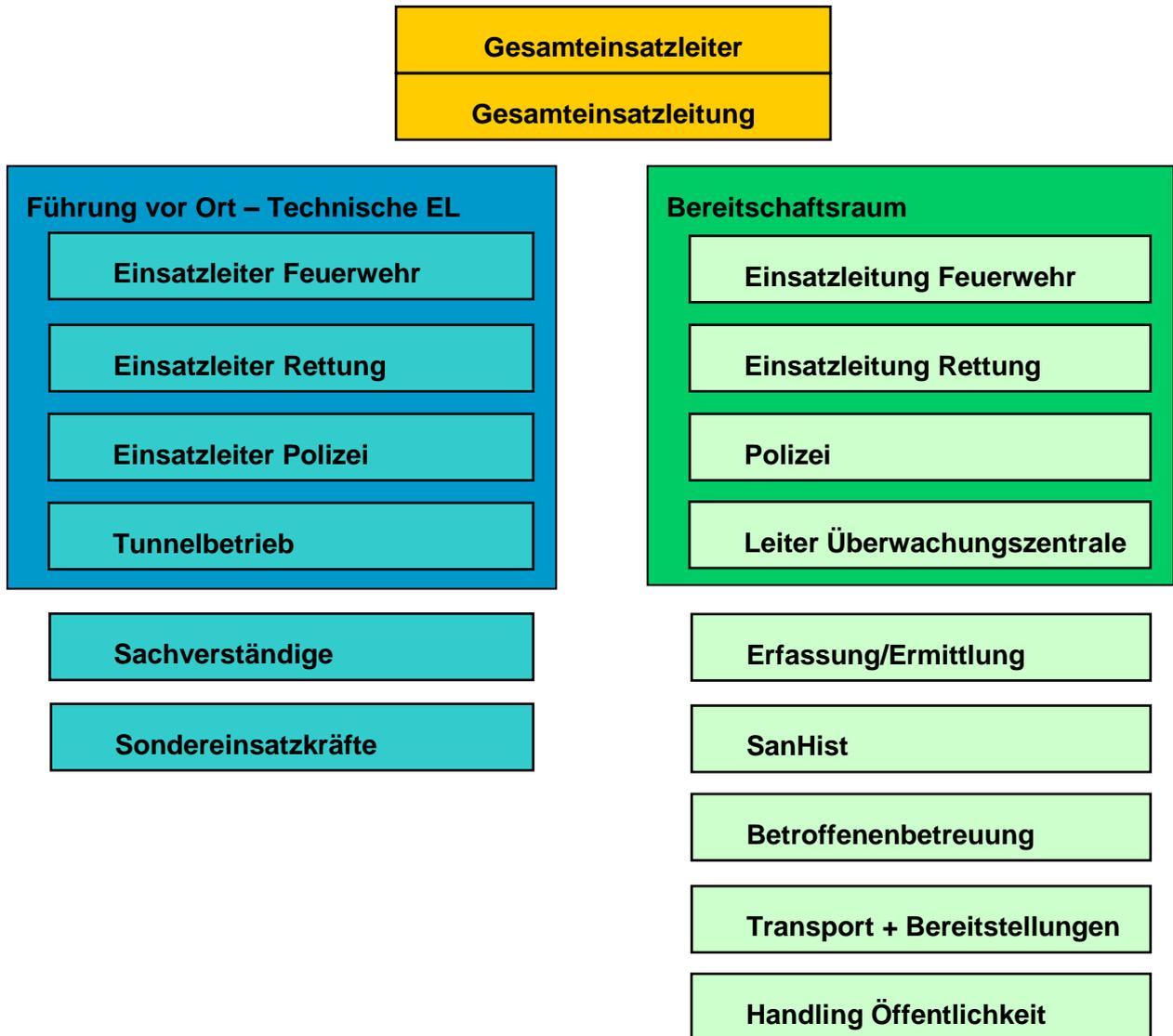


Bild 8: Mögliche Stabgliederung bei einem Ereignis in einer Tunnelanlage sowie bei der Gefährdung von Personen durch Brandgase außerhalb des Tunnels. [1]

Die Führungsorganisation wird wesentlich auch durch länderspezifische Bestimmungen (Landesfeuerwehrgesetz, Katastrophenhilfegesetz, etc. geregelt und ist in der Alarm- und Einsatzplanung entsprechend zu berücksichtigen.

### 4.3 Atemschutz

Typisch für den Brandfall-Einsatz der Feuerwehrmannschaften in Tunnelanlagen sind außerordentliche physische (hohes Gewicht der Mannausrüstung, erschwerte Atembedingungen bei Nutzung von umluftunabhängigen Atemschutzgeräten) und psychische Belastung der eingesetzten Mannschaften (eingeschränkte Sicht bis „Null-Sicht“, beeinträchtigte Orientierung, Annäherung an die Einsatzstelle im Schrittempo in Unkenntnis des aktuellen Einsatzgeschehens und in Unkenntnis der Reaktion Betroffener, etc.).

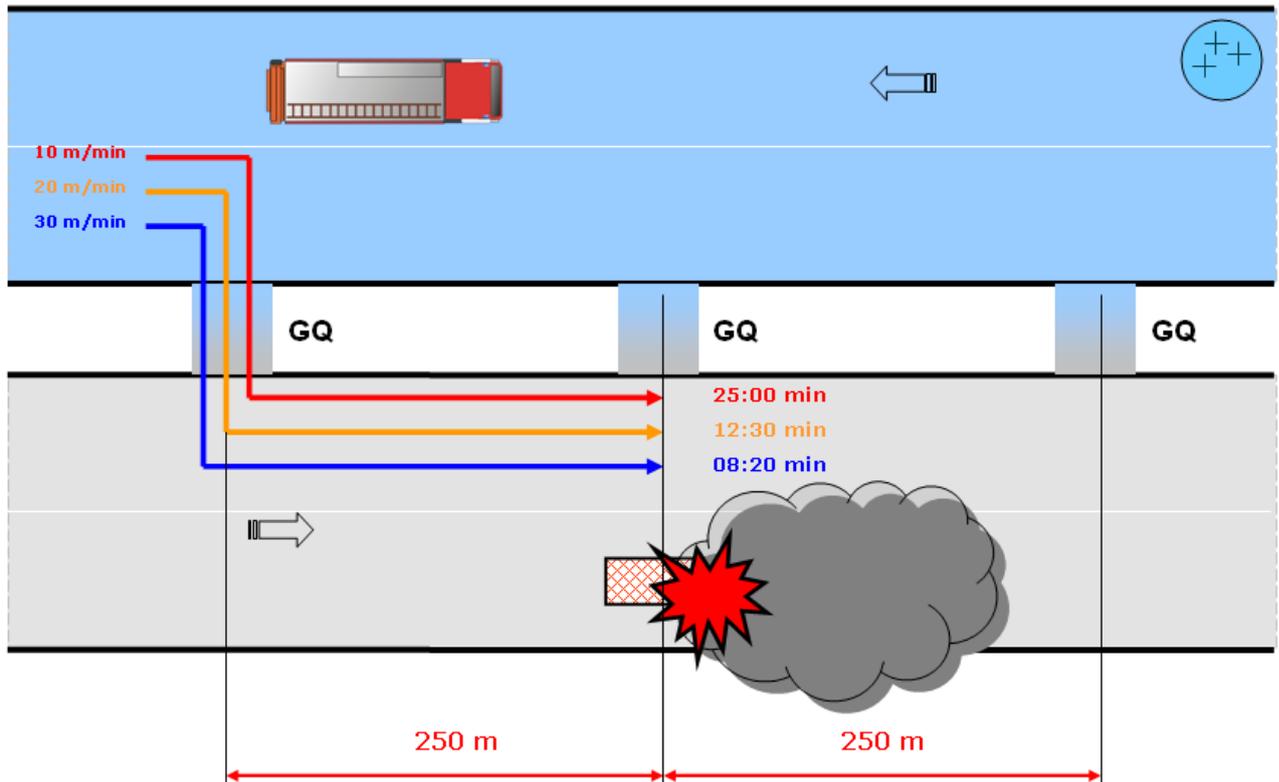


Bild 9: Angaben zu Reichweiten unter Atemschutz

Auf das Merkblatt ÖBFV-MB E-22 „Ermittlung der maximalen Rettungsweglängen für Atemschutzträger in unterirdischen Verkehrsanlagen“ wird verwiesen.

## 5 Maßnahmen im Einsatzdienst

### 5.1 Übersicht über die Auswirkung eines Brandalarms

Eine Übersicht über die durch einen Brandalarm ausgelösten Reaktionen in einem entsprechend den Richtlinien ausgestatteten Tunnel findet sich in der Tabelle 1. Es handelt sich um eine beispielhafte Übersicht mit den Wirkungen auf die verschiedenen Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen. *Nähere Hinweise über die Steuerungen siehe Alarm- und Einsatzplan.*

Sicherheitseinrichtung	Direktmeldung an Überwachungszentrale <sup>1)</sup>	Benutzung der NRN, NRSt, FLN <sup>2)</sup>	Detektion <sup>3)</sup>
Tunnelvideo	Feststellung des Ereignisortes durch Operator	automatische Bereichsaufschaltung	
Tunnellüftung	Operator aktiviert manuell zugeordnetes Brandprogramm	automatische Aktivierung Brandprogramm	
Verkehrsleitsysteme	im Brandprogramm enthaltenes Verkehrsprogramm wird automatisch aktiviert und löst Tunnelsperre aus		
Beleuchtung	Aufschaltung auf max. Beleuchtung für Einfahrt und Durchfahrt		
Rundfunkeinsprache	Warnung der Tunnelnutzer durch Direkteinsprache oder Aktivierung vorbereiteter Textbausteine		
akustische Warnung/ Information	Warnung/Information der Tunnelnutzer durch Direkteinsprache oder Aktivierung vorbereiteter Textschablonen		

1) Brandalarm über Notruftelefon (NRN od. NRSt) und/oder über Mobiltelefon,..

2) z.B. Feuerlöscherkontakte, Türkontakt FLN,..

3) Detektion mit Linienbrandmeldern, über Videobildauswertung, akustische Auswertesysteme, RAS, ..

Tabelle 1: Beispiel Übersicht über die Wirkungen eines Brandalarms

### 5.2 Alarmierung, Warnung, Sondereinsatz- und Spezialkräfte

#### 5.2.1 Alarmierung der Feuerwehr

Die Alarmierung geht bei Anrufen aus Notrufrischen oder -kabinen an die Überwachungszentrale des Tunnelbetreibers oder bei Anrufen mittels Mobiltelefon an die Notrufnummern 112 u. 133 / 122 / 144 direkt an die Leitstellen der jeweiligen Einsatzorganisationen.

*Im Hinblick auf die vielfach kurze Dauer der Phasen der Selbst- und Fremddrettung kommt der unmittelbar dem Notruf folgenden Alarmierung der Feuerwehr und der Verständigung der Überwachungszentrale vorrangige Bedeutung zu. Das durch Sofortalarmierung ohne Verifizierung erhöhte Risiko einer möglichen Fehlalarmierung der Feuerwehr muss deshalb akzeptiert werden.*

*Tunnelanlagen mit mechanischer Lüftung sowie mit hohen Verkehrsfrequenzen sind allgemein mit automatischen Branddetektionsanlagen ausgerüstet. Alarme von Branddetektionsanlagen laufen in der zugeordneten Überwachungszentrale auf. Der Operator alarmiert die Feuerwehr direkt oder indirekt über die zugeordnete Leitstelle/Alarmzentrale/Warnzentrale der Feuerwehr.*

### **5.2.2 Warnung der Tunnelnutzer**

Bei einem Brandereignis in Tunnelanlagen haben die Nutzer, die die Möglichkeiten zur Selbstrettung ergreifen, die höchsten Chancen auf Rettung. Es muss daher das Ziel sein, die vom Ereignis betroffenen Tunnelnutzer zu veranlassen, ihre Fahrzeuge möglichst frühzeitig zu verlassen und sich rasch zu den Notausgängen zu begeben. Dazu werden die folgenden Einrichtungen und Maßnahmen verwendet:

- Auffällige optische Warnsignale entlang der erhöhten Seitenstreifen sowie bei Notausgängen und Informationsanlagen
- Verkehrsfunkensprachen
- Akustische Warnungen

Tatsächliche Ereignisabläufe in Tunnelanlagen zeigen jedoch, dass optische Warnsignale oft nicht beachtet werden und akustische Warnungen - falls sie verstanden werden - kaum Beachtung finden. Häufig erfolgt die Flucht durch Umkehr des Fahrzeuges und Ausfahrt gegen die Fahrtrichtung. Dadurch ergibt sich ein zusätzliches Gefährdungspotential für die anrückenden Einsatzkräfte.

### **5.2.3 Einsatzreserve, Sondereinsatzkräfte**

Weitere Alarmierungen und die Bereitstellung von Einsatzreserven sowie Kräften für die rechtzeitige Ablöse bei länger dauernden Einsätzen erfolgen durch den Feuerwehreinsatzleiter und/oder entsprechend den im Alarm- und Einsatzplan festgelegten Abläufen.

Feuerwehr-Sondereinsatzkräfte werden durch den Feuerwehreinsatzleiter angefordert.

### **5.2.4 Spezialkräfte, Fremdgerät**

Die Anforderung von feuerwehrfremden Spezialkräften, Assistenzleistungen des Bundesheeres, von Fremdgerät, Fremdfirmen, etc. erfolgt durch den Gesamteinsatzleiter und/oder entsprechend der Ausrückeordnung und den im Alarm- und Einsatzplan festgelegten Abläufen. Vor allem mit den Rettungsdiensten (z.B. RK) ist für den Brandfall die Einfahrt in den Tunnel abzustimmen.

### 5.3 Betriebs- und sicherheitstechnische Infrastruktur

Angaben zur sicherheitstechnischen Infrastruktur finden sich in der ÖBFV RL A-13. Diese sind die wichtigsten Elemente des Personenschutzes in Tunneln.

### 5.4 Tunnellüftung

#### 5.4.1 Betriebsarten

Automatisierte Brandprogramme einer mechanischen Tunnellüftung haben im Brandfall das Ziel, die Fluchtmöglichkeiten durch Minderung der Verrauchung im Fahrraum (Halbquer- und Querlüftungen) oder durch Abdrängen der Rauchgase aus dem Flucht- bzw. Rückstauraum (Längslüftungen) im Tunnel möglichst lange zu erhalten.

Damit wird vorrangig die Selbstrettung unterstützt, aber auch die Fremdrettung erleichtert.

Unter besonderen Umständen (Betriebszuständen) - kann es günstig sein, den automatischen Brandfallbetrieb durch manuell gesteuerten Lüftungsbetrieb zu ersetzen.

Das Bild 10 zeigt die zeitliche Staffelung des Lüftungsbetriebs in Abhängigkeit der Ereignisphasen.

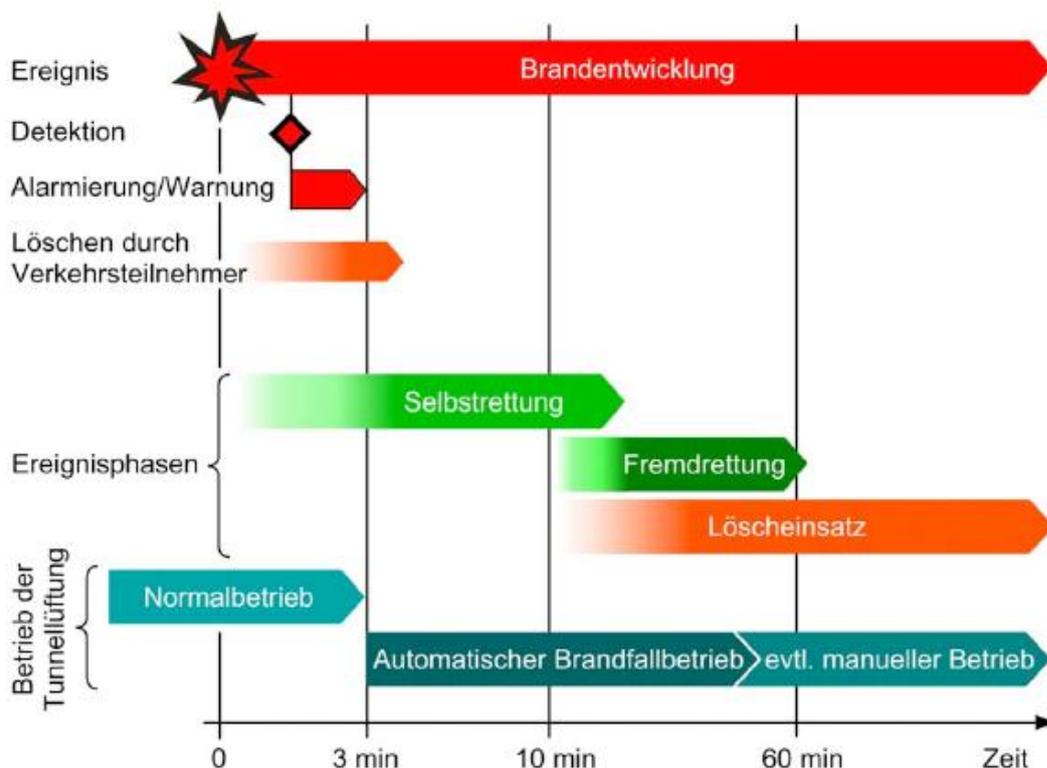


Bild 10: Betriebsarten der Tunnellüftung während den verschiedenen Ereignisphasen [1]

## 5.4.2 Lüftung im Brandfall

Moderne Tunnellüftungen sind im Brandfall in der Regel dafür ausgelegt, mindestens eine der beiden nachfolgend angegebenen Anforderungen zu erfüllen:

- Brandgase werden möglichst nahe dem Ereignis aus dem Fahrraum abgesaugt (Halbquer- und Querlüftungen) und dadurch wird die Selbstrettung in möglichst rauchgasarmer Atmosphäre sichergestellt. Dies erleichtert auch den Feuerwehreinsatz in den Phasen Fremdrettung und Löscheinsatz. Ist die Lüftungsanlage für eine effiziente Absaugung der Brandgase in Ereignisnähe ausgelegt, beträgt die Absaugleistung zumindest  $120 \text{ m}^3/\text{s}$  (bezogen auf die der Seehöhe entsprechende Dichte gemäß ISO Standardatmosphäre) und besteht die Möglichkeit, die maximale Abluftleistung auf eine Abschnittslänge von 150 m an jedem Ort im Tunnel zu konzentrieren.
- Brandgase werden durch mechanische Lüftung in Fahrtrichtung verdrängt (Längslüftungen), so dass der Staubereich und der Fluchtweg gegen die Fahrtrichtung für die Selbstrettung grundsätzlich rauchfrei bleiben. Zur sicheren Verdrängung der Brandgase ist eine Luftströmungsgeschwindigkeit in Tunnellängsrichtung von zumindest  $2 \text{ m/s}$  (ca.  $7 \text{ km/h}$ ) notwendig.

### 5.4.2.1 Lüftungssysteme

Folgende Hauptarten von Lüftungssystemen sind hinsichtlich ihrer Wirkungsweise und ihrer Einsatzmöglichkeiten zu unterscheiden.

- **Längslüftung**

Bei einer Längslüftung wird eine Längsströmung der Luft im Tunnelraum natürlich oder durch Ventilatoren erzeugt. Folgende Anforderungen müssen dabei eingehalten werden:

- Die maximale Längsgeschwindigkeit im freien Tunnelquerschnitt gemäß Punkt 5.4.2
- Die Ventilatoren sind so auszulegen, dass sie reversibel und in der Lage sind, im Brandfall unter den in Punkt 5.4.2 angegebenen Randbedingungen eine Strömungsgeschwindigkeit von  $2 \text{ m/s}$  oder einen Luftvolumenstrom von  $120 \text{ m}^3/\text{s}$  (bezogen auf die der mittleren Seehöhe entsprechende Dichte gemäß ISO Standardatmosphäre) zu erreichen. Der kritischere der beiden Werte ist für die Lüftungsauslegung maßgebend.
- Um die Betriebssicherheit bei Brandeinwirkung zu erhöhen und Verwirbelungen zu minimieren, sind die Ventilatoren über die Tunnellänge zu verteilen. Die Strahlventilatoren sind in unterschiedlichen Brandmeldeabschnitten (mindestens zwei Brandmeldeabschnitte) anzuordnen.

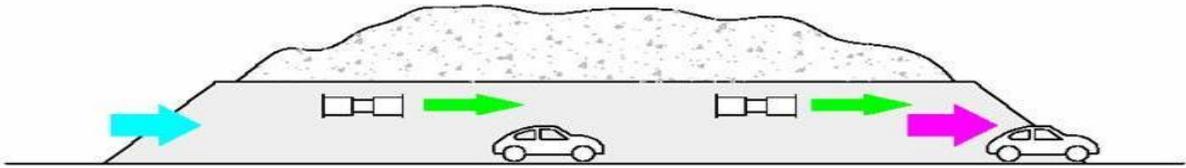


Bild 11 Längslüftung [2]

- **Halbquerlüftung**

Bei einer Halbquerlüftung wird Zuluft über die Tunnelportale eingebracht, die Abluft wird aus dem Verkehrsraum über die gesamte Tunnellänge abgesaugt und strömt über Kanäle ins Freie. Es ist eine Ablufthalbquerlüftung oder eine Ablufthalbquerlüftung in Kombination mit Längs- oder Querlüftung zulässig. Folgende Anforderungen müssen dabei eingehalten werden:

- Die maximale Längsgeschwindigkeit gemäß Punkt 5.4.2.
- Das Lüftungssystem muss für den Brandfall an jeder beliebigen Stelle des Abluftkanals in einem Abschnitt von 150 m mindestens  $120 \text{ m}^3/\text{s}$  der Luft im Verkehrsraum absaugen (bezogen auf die der Seehöhe entsprechende Dichte gemäß ISO Standardatmosphäre).
- Im Bereich der Brandstelle sind die Absaugöffnungen voll zu öffnen. Alle anderen Absaugöffnungen sind zu schließen.
- Der Abstand zwischen den Absaugöffnungen darf im Regelfall nicht mehr als 110 m betragen.

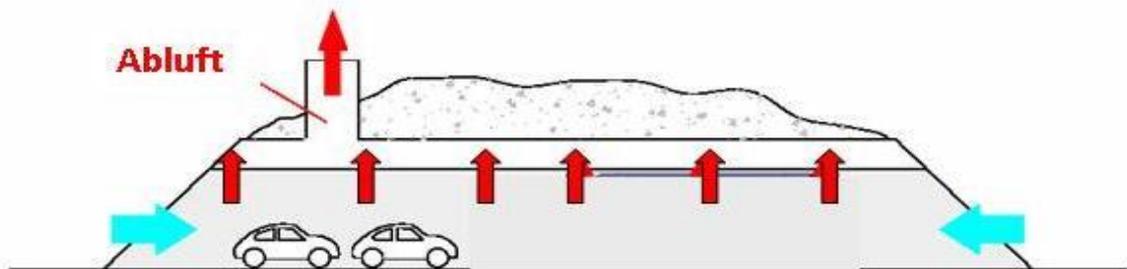


Bild 12 Halbquerlüftung [2]

- **Querlüftung**

Bei einer Querlüftung werden Zuluft und Abluft über die Tunnellänge verteilt eingebracht bzw. abgesaugt. Folgende Anforderungen müssen dabei eingehalten werden:

- Die maximale Längsgeschwindigkeit gemäß Punkt 5.4.2.
- Das Lüftungssystem muss in der Lage sein, im Brandfall in einem Abschnitt von 150 m Länge an jeder beliebigen Stelle eines Abluftkanals mindestens  $120 \text{ m}^3/\text{s}$  der Luft im Verkehrsraum abzusaugen (bezogen auf die der Seehöhe entsprechende Dichte gemäß ISO Standardatmosphäre).

- Für die Luftzufuhr aus dem Zuluftkanal sind einstellbare Zuluftauslässe vorzusehen. Für die Abluftabsaugung aus dem Fahrraum sind steuerbare Abluftklappen vorzusehen. Die Zuluftauslässe und Abluftklappen müssen so eingestellt werden, dass für das auslegungsrelevante Szenario eine gleichmäßige Luftverteilung im Tunnel erreicht wird.
- Die Absaugöffnungen über der Brandstelle sind voll zu öffnen, alle anderen Absaugöffnungen sind zu schließen.
- Der Abstand der Absaugöffnungen darf im Regelfall nicht mehr als 110 m, jener der Zuluftöffnungen nicht mehr als 55 m betragen.

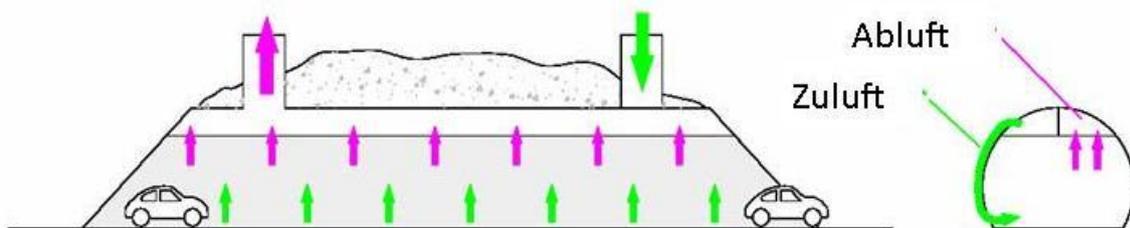


Bild 13 Querlüftung [2]

In Tunnelanlagen mit Richtungsverkehr ist für den Normalbetrieb von einer Luftlängsströmung in Fahrtrichtung auszugehen. Diese „Regelverhältnisse“ sind für die Selbstrettung im Ereignisfall günstig. Entstehende Brandgase werden - von Ereignisanfang an - in Strömungs- und damit in Fahrtrichtung aus dem Ereignisbereich und weg vom Stau- und Fluchtweg abdrängt. Fahrzeuge in Fahrtrichtung nach dem Ereignisort fahren im Regelfall ungehindert aus der Tunnelanlage aus.

In Tunnelanlagen mit Gegenverkehr ist für den Normalbetrieb ebenfalls von einer vorherrschenden Luftlängsströmung auszugehen. Die Richtung der Längsströmung wird durch die maßgebende Verkehrsrichtung, die Längsneigung des Tunnels und die Druckunterschiede zwischen den Portalen bestimmt. Durch Einsatz der mechanischen Lüftung kann diese Längsströmung unterstützt oder gebremst werden. Bei geringen Geschwindigkeiten kann alleine der ereignisbedingte Verkehrsstillstand den Wechsel der Strömungsrichtung bewirken.

Ein Umkehren der Luftströmungsrichtung mit Hilfe der Lüftungsanlage ist speziell in der Phase der Selbstrettung problematisch. Die Trägheit der Luftsäule im Tunnel kann die dafür erforderliche Zeitspanne zudem deutlich erhöhen. Es besteht die Gefahr, eine allenfalls vorhandene Rauchschichtung zu zerstören, und den gesamten Tunnelquerschnitt zu verrauchen.

Die Umkehrung der Luftströmungsrichtung mit Hilfe der Lüftungsanlage und mit Hochleistungslüftern kann in der Phase Löscheinsatz aus feuerwehrtaktischen Gründen erforderlich sein. Solche Einflussnahmen auf die Strömungsrichtung sollten jedoch nur gemäß festgelegter Einsatzplanung (z.B. durch die Einsatzleitung und in Abstimmung mit dem Tunnelbetreiber) durchgeführt werden. Grundsätzlich sind mobile Tunnellüfter nur als Unterstützung zu einer bestehenden Tunnellüftung einzusetzen.

## **5.5 Zufahrt der Einsatzkräfte**

### **5.5.1 Feuerwehrzufahrt**

Feuerwehrzufahrten sind im Rahmen der Alarm- und Einsatzplanung in Bezug auf die folgenden Anforderungen zu überprüfen:

- Straßenbautechnischer Ausbaustandard (TRVB F134)
- Zufahrtssicherungen, die rasch geöffnet werden können
- Winterdienst mit hoher Priorität.

Die maßgebenden Informationen zur Zufahrt sind unter besonderer Berücksichtigung der möglichen Behinderungen in die Alarm- und Einsatzpläne aufzunehmen.

### **5.5.2 Mittelstreifenüberfahrten – Portalüberfahrten im Vorportalbereich**

Vor den Portalen von Tunnelanlagen im hochrangigen Straßennetz bestehen vielfach befahrbare Verbindungen in Form von Mittelstreifenüberfahrten. Diese sind jedoch häufig durch Schutzeinrichtungen gesichert. Im Rahmen der Alarm- und Einsatzplanung sind die Mittelstreifenüberfahrten in Bezug auf die folgenden Anforderungen zu überprüfen:

- Möglichkeit einer raschen Öffnung, Verschiebung oder Absenkung der Schutzeinrichtungen
- Wendemöglichkeit für einen Wechsel der Fahrtrichtung gem. den Vorgaben der TRVB F134

Die maßgebenden Informationen zu Überfahrten sind unter besonderer Berücksichtigung der möglichen Behinderungen (z.B. Steigungen, Fahrbahnbreite, Kurvenradien, ...) in die Alarm- und Einsatzplanung aufzunehmen.

## **5.6 Informationen und Kontrollen**

### **5.6.1 Informationsbeschaffung mit Ausrücken der Einsatzkräfte**

Vor der Einfahrt in die Tunnelanlage sind soweit möglich folgende Informationen im Wege der Überwachungszentrale (ÜZ) zu beschaffen:

- Lage des Ereignisortes in der Tunnelanlage
- Anzahl, Kategorie, Ladung brennender Fahrzeuge
- mögliche Zufahrten, freie Fahrstreifen, Parallelröhren, (ev. Zufahrtsbehinderungen)
- Rückstaubereich mit Dichte und Zusammensetzung (Kategorie, Ladungen, Rettungsgasse,..)
- Verhalten von Tunnelnutzern (Fahrzeuge wenden, Personen verbleiben im Fahrzeug, ...)

- Stand der Ereignisentwicklung (Brandentwicklung, Bauwerksschäden, ...)
- Lage und Ausbreitung der verrauchten Zonen
- aktuelle Luftlängsströmungsrichtung und Luftlängsgeschwindigkeit

### 5.6.2 Zugangskontrolle

Vor den Tunnelportalen, vor den Ausgängen von Fluchtwegen oder an anderen in der Einsatzplanung festzulegenden Örtlichkeiten sind Kontrollstellen mit den folgenden Aufgaben einzurichten:

- Verhindern des Einfahrens/Betretens von Personen in die Tunnelanlage, die nicht den Einsatzkräften angehören
- Registrieren von ein- und ausfahrenden/ein- und herausgehenden Einsatzkräften der Feuerwehr
- Übernahme, Weiterleitung zur Registrierung/Betreuung flüchtender Tunnelnutzer

## 5.7 Einsatzabwicklung in Tunnelanlagen

### 5.7.1 Einröhrige Tunnelanlagen mit Gegenverkehr

Bei einem Ereignis in Tunneln mit Gegenverkehr staut sich der Verkehr beidseitig der Unfallstelle und die Selbstrettung findet grundsätzlich vom Brandort weg in Richtung zu beiden Portalen bzw. zu Notausgängen statt.



Bild 14: Phase Selbstrettung im einröhrigen Tunnel mit Gegenverkehr [1]

Die Ausbreitung der Brandgase im Tunnel ist von der Luftströmung abhängig. Ist die Längsströmung im Fahrraum vergleichsweise schwach, breitet sich der Rauch beidseitig des Brandes aus. Bei einer starken Strömung findet die Rauchausbreitung vor allem in Strömungsrichtung statt. Die Geschwindigkeit der Rauchfront kann dabei 3 m/s (ca. 10 km/h) oder mehr betragen. Fliehende Tunnelnutzer können durch den Rauch eingeholt werden. Bei höheren Luftlängsgeschwindigkeiten (> 3,0 m/s) verläuft die Rauchausbreitung grundsätzlich ohne Schichtung. Der gesamte Tunnelquerschnitt ist deshalb verraucht und die Gefährdung der Tunnelnutzer erheblich. Auf die Längsneigung der Tunnelanlage und der dadurch möglichen Umkehr der natürlichen Strömungsrichtung ist im Einsatzfall bei der Einfahrt zu achten.

In den Phasen Löscheinsatz und Fremdrettung fährt die Feuerwehr grundsätzlich beide Tunnelportale an. Wegen flüchtender Tunnelnutzer, welche ihre Fahrzeuge im Tunnel gewendet haben, ist beim Einfahren große Vorsicht geboten.



Bild 15: Phase Fremdrettung und Löscheinsatz im einröhrigen Tunnel mit Gegenverkehr [1]

Der Löscheinsatz wird - soweit feuerwehrtaktisch sinnvoll – grundsätzlich von beiden Seiten durchgeführt. Bei einseitigem Abtrieb der Brandgase übernehmen die Feuerwehreinsatzkräfte auf der weniger verrauchten Seite primär die Brandbekämpfung, während die im Rauch vorrückenden Einsatzkräfte hauptsächlich mit der Fremdrettung beschäftigt sind.

*Weitere von beiden Seiten vorrückende Feuerwehrkräfte suchen den Tunnelraum und die Fahrzeuge ab und übernehmen die Fremdrettung. Wird der Rauch verstärkt und/oder ausschließlich auf eine Seite abgetrieben, haben das Absuchen und die Fremdrettung auf der stärker verrauchten Seite Priorität.*

### 5.7.2 Zweiröhrige Tunnelanlagen mit Richtungsverkehr

In Tunnelanlagen mit Richtungsverkehr stauen sich die Fahrzeuge nach einem Ereignis grundsätzlich in Fahrtrichtung vor dem Ereignisort. Die Selbstrettung der Verkehrsteilnehmer findet gegen die Fahrtrichtung zu den nächstgelegenen Notausgängen oder dem Einfahrtsportal statt.

Da die Notausgänge über Querverbindungen häufig in die benachbarte Tunnelröhre führen, muss diese für den Verkehr gesperrt werden.

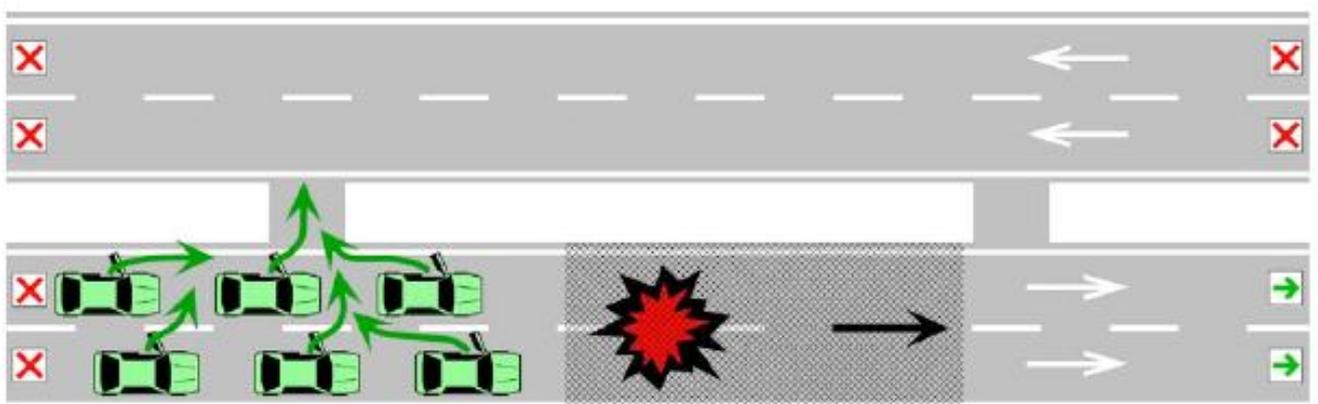


Bild 16a: Phase Selbstrettung im Tunnel mit Richtungsverkehr [1]

In Tunnelanlagen mit Richtungsverkehr herrscht allgemein Luftlängsströmung in Fahrtrichtung vor. Zumindest kurz nach dem Ereignis findet deshalb auch die Brandgasausbreitung in dieser Richtung statt und die Gefährdung für die in der Gegenrichtung Flüchtenden ist beschränkt. Falls diese Längsströmungsrichtung jedoch nicht durch Strahlventilatoren erhalten wird, oder die Brandgase über Abluftklappen (Jalousieklappen) abgesaugt werden, kann die Längsströmung nach wenigen Minuten zum Stillstand kommen oder sich auch umkehren. Ein Abströmen der Brandgase in Fluchtrichtung entgegen der Fahrtrichtung ist nicht auszuschließen.

Befinden sich stauende Fahrzeuge zu beiden Seiten des Ereignisortes - beispielsweise nach einem Auffahrunfall auf eine in den Tunnel rückstauende Kolonne - muss die Selbstrettung in beiden Richtungen erfolgen. Die im Stau vor dem Ereignisort blockierten Verkehrsteilnehmer sind dabei besonders gefährdet. Das Ereignis passiert hinter ihnen und wird unter Umständen nicht sofort wahrgenommen. Zudem können die Brandgase den Staubereich sehr rasch einholen bzw. überlaufen.

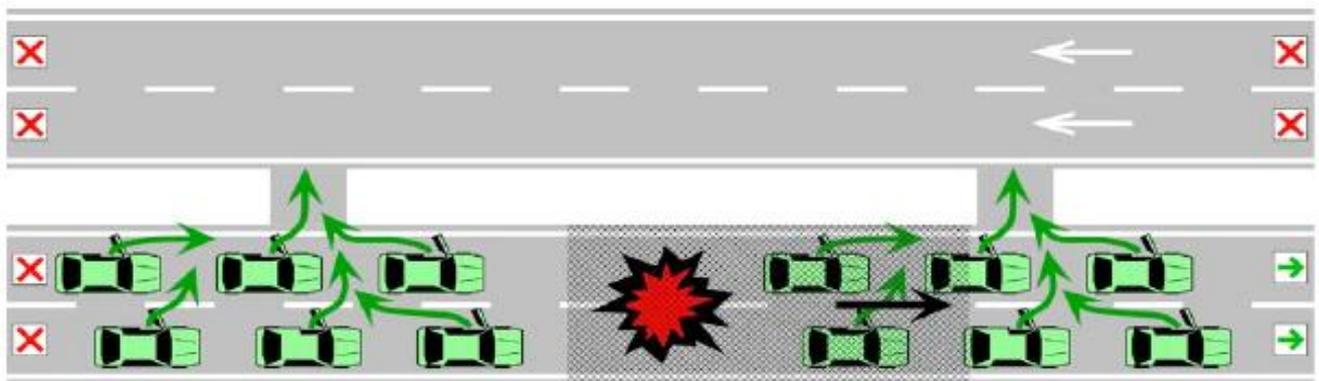


Bild 16b: Phase Selbstrettung im Tunnel mit Richtungsverkehr bei einem Stau [1]

Die Intervention der Feuerwehr in den Phasen Löscheinsatz und Fremdrettung erfolgt im Regelfall von der benachbarten, nicht betroffenen Tunnelröhre über die am nächsten zum Ereignisort gelegenen Querverbindungen und mit der Luftlängsströmung. Um dies sicherzustellen, wird die benachbarte Tunnelröhre mit Hilfe der Anlagen zur Verkehrsbeeinflussung unverzüglich gesperrt, leer gefahren und mit der Belüftungsanlage unter Überdruck gestellt.

Ein Vorgehen der Feuerwehren entgegen der Luftlängsströmung und damit in der verrauchten Zone bildet die Ausnahme und erfolgt nur bei erforderlicher Fremdrettung oder im Falle der Unzugänglichkeit des Ereignisortes von der rauchfreien Seite.

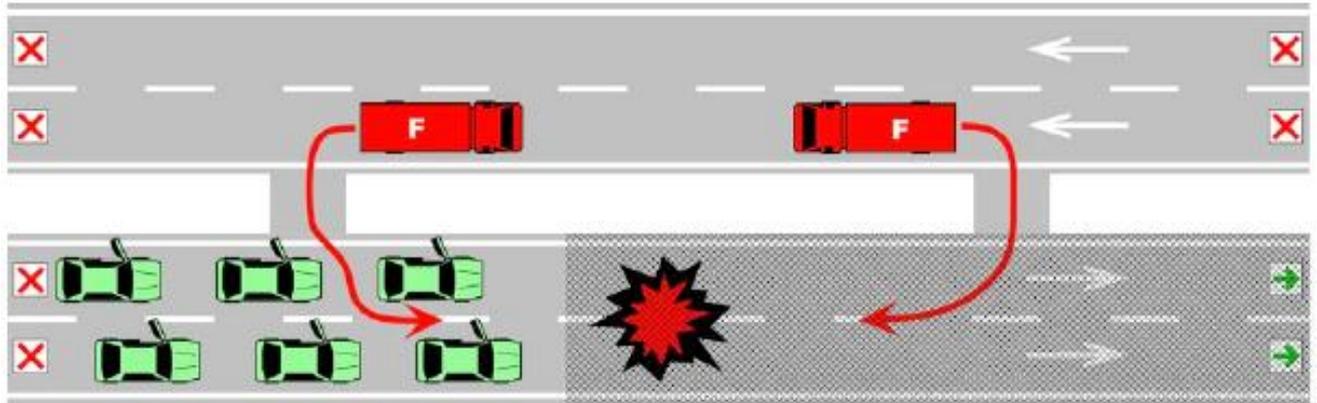


Bild 17a: Durchgeführte Intervention in einem Tunnel mit Richtungsverkehr in den Phasen Löscheinsatz und Fremdrettung, vorrangig von der rauchfreien Seite [1]

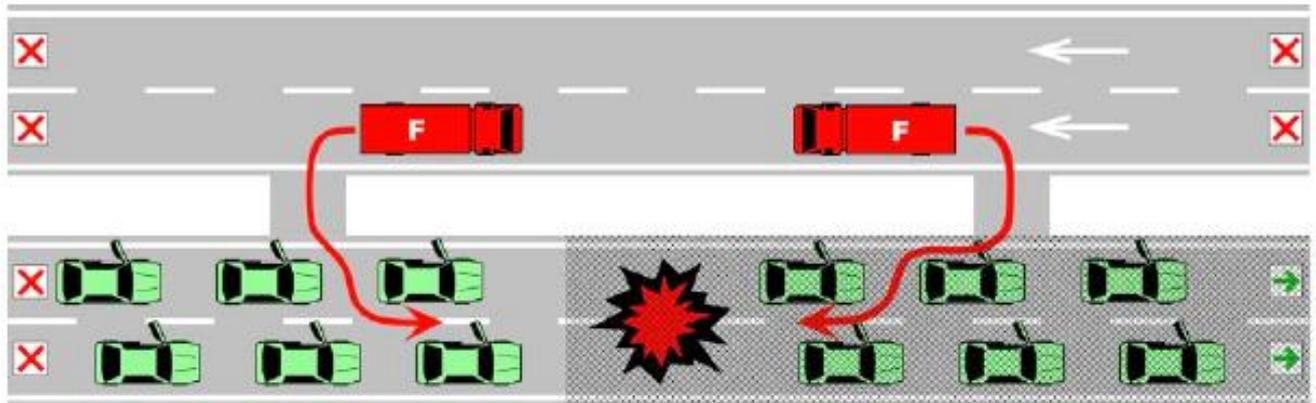


Bild 17b: Durchgeführte Intervention bei einem Stau in einem Tunnel mit Richtungsverkehr in den Phasen Löscheinsatz und Fremdrettung [1]

Bei geringem Verkehrsaufkommen oder Ereignissen bei welchen die Tunnelbenutzer die Fahröhre Freigefahren haben (z. B.: Ereignis in einer Nische, ...) kann auch ein Einsatz mit Richtungsverkehr in der betroffenen Röhre zielführend sein. Jene Feuerwehr in der betroffenen Röhre fährt mit ihren Einsatzfahrzeugen bis zur Einsatzstelle oder dem Stauende vor. Das Vorrücken wird dabei möglicherweise erschwert durch flüchtende Tunnelnutzer und auch umkehrende und gegen die Fahrtrichtung fahrende Fahrzeuge. Auch ein Vorgehen gegen die Luftlängsströmung ist nicht grundsätzlich auszuschließen, wird aber zudem durch minimale Sichtverhältnisse und Wärme/Hitze behindert.

Die in der betroffenen Tunnelröhre vorrückenden Feuerwehrkräfte übernehmen deshalb vor allem die Aufgabe der Fremdrettung einschließlich dem Absuchen des Tunnelfahrtraums und der Notrufnischen können aber ebenso sofort die Aufgabe der Brandbekämpfung übernehmen. Aufgrund des Rückstaus kann es sein, dass eine Löschleitung vom Einsatzfahrzeug oder dem Wandhydranten vorgetragen werden muss, jedoch erfolgt der Löscheinsatz immer im Schutz des Luftstromes in Angriffsrichtung. Ein Vorteil ist zusätzlich, dass diese Einsatzkräfte einen Überblick über die Schadensstelle vor dem Ereignis haben und die Selbstrettung der Tunnelbenutzer unterstützen sowie weitere Einsatzkräfte genau einweisen können.

### **5.8 Hinweise zur Fremdrettung**

Aufgrund der besonderen Rahmenparameter in unterirdischen Verkehrsanlagen und unter Berücksichtigung der GAMS-Regel kommt der möglichst rasch eingeleiteten Brandbekämpfung eine entscheidende und primäre Rolle zu, um eine allenfalls begleitende oder nachfolgende Fremdrettung unter gesicherten Verhältnissen durchführen zu können.

Für die Durchführung der Fremdrettungsmaßnahmen einschließlich des Absuchens des Tunnelfahrtraums nach Tunnelnutzern gelten die folgenden Hinweise:

- Fremdrettung ist - gestützt auf die verfügbare Atemschutzausrüstung - grundsätzlich Aufgabe der Feuerwehr;
- Verrauchte Zonen dürfen grundsätzlich nur durch Atemschutztrupps begangen werden. Die Ausrüstung mit einer Wärmebildkamera wird empfohlen;
- Die Verwendung spezieller Einsatzmittel (LUF, ...) ist einsatzbezogen zu prüfen;
- Feuerwehrfahrzeuge können im Notfall auch für Rettungstransporte aus der Tunnelanlage eingesetzt werden.
- Beim Brand eines Reisebusses oder bei Bussen, die sich nahe beim Brandort befinden, ist grundsätzlich mit einer großen Anzahl von flüchtenden Personen zu rechnen. Auf mobilitätseingeschränkte Personen wird im Besonderen hingewiesen.

### **5.9 Betreuung**

Für die aus der Tunnelanlage flüchtenden und/oder geretteten Tunnelnutzer sowie für die Angehörigen, etc. muss eine entsprechende Betreuung organisiert werden. Dazu werden durch die Einsatzleitung situationsbezogenen Betreuungsstellen vor den Tunnelportalen, vor den Ausgängen von Fluchtwegen oder an anderen in der Einsatzplanung festzulegenden Örtlichkeiten (Witterungsschutz) eingerichtet.

Zur Betreuung gehören auch die Registrierung der Betroffenen, die Angehörigeninformation, die Angehörigenbetreuung und -unterbringung sowie erforderliche Transporte in dem Zusammenhang.

Bei Großereignissen können umfangreiche Maßnahmen zur Registrierung Betroffener notwendig werden. Im Vordergrund steht dabei die Registrierung Unverletzter, die Registrierung verletzter und vermisster Tunnelnutzer.

Die Betreuungsstellen nehmen in der Regel folgende Aufgaben wahr:

- Registrierung der Betroffenen, Betroffeneninformation und -betreuung
- Vermisstenmeldestelle
- Angehörigeninformation, Angehörigenbetreuung und -unterbringung
- Organisation erforderlicher Personentransporte

Die eindeutige Zuordnung der im Zusammenhang mit der Betreuung erforderlichen Aufgaben ist in der Alarm- und Einsatzplanung zu regeln.

### **5.10 Rettungsdienste**

Die der Tunnelanlage zugeordneten Rettungsorganisationen entsenden eigene Einsatzkräfte, Notärzte, Kriseninterventionsteams etc. und alarmieren im Bedarfsfall weitere eigene Kräfte sowie weitere Sonderkräfte (Ärzte, Flugeinsatzkräfte, etc.) entsprechend den organisationseigenen Alarmplänen.

In den durch die Einsatzleitung situationsbezogen festgelegten Bereichen vor den Tunnelportalen, vor den Ausgängen von Fluchtwegen oder an anderen in der Einsatzplanung festzulegenden Örtlichkeiten werden Rettungs-, Sanitätshilfs- und gegebenenfalls auch Bergemaßnahmen vorbereitet und durchgeführt.

### **5.11 Sicherheitsbereiche**

Zur Sicherstellung eines möglichst reibungslosen Einsatzablaufes werden durch die Gesamteinsatzleitung (durch den/die behördlichen Einsatzleiter) situationsbezogen Sicherheitsbereiche (Zutrittsverbote, Flugverbote, etc.) vor den Tunnelportalen, vor den Ausgängen von Fluchtwegen oder in anderen in der Einsatzplanung zu berücksichtigenden Bereichen festgelegt und durch die Kräfte der Polizei (und eventuell der Feuerwehren) abgesperrt und gesichert.

Erfordert die Einsatzsituation eine Verlagerung von Einsatzbereichen und/oder eine Ausweitung der Sicherheitsbereiche ist das Freihalten bzw. Freimachen von dafür erforderlichen Flächen rechtzeitig im Wege der Gesamteinsatzleitung zu organisieren.

## 6 Angeführte Richtlinien und Normen

- ÖBFV INFOBLATT E-20 „Alternative Antriebe, Alternative Treibstoffe in Fahrzeugen und Gebäuden“, 1. Ausgabe, Oktober 2010, Version V01.0/1010
- ÖBFV RL A-13 „Sicherheitsmaßnahmen in Straßentunnelanlagen“, 2. Ausgabe, April 2012
- ÖBFV RL GA-20 "Ausrüstung für Feuerwehreinsätze in Straßentunneln", 3. Ausgabe, 2012
- ÖBFV-MB E-16 „Feuerwehreinsatzübungen in Straßentunneln“, 1. Ausgabe, 2005
- TRVB F 134 "Flächen für die Feuerwehr auf Grundstücken", Ausgabe 1987
- ÖBFV MB E-22 „Ermittlung der maximalen Rettungsweglängen für Atemschutzträger in unterirdischen Verkehrsanlagen", 1. Ausgabe, August 2012

## 7 Literaturhinweise, Begriffsbestimmungen und Verzeichnisse

### Literaturhinweise

Je nach körperlicher Anstrengung werden in der nachstehenden Fachliteratur folgende Atemluftverbräuche (Atemminutenvolumina) angegeben:

- Walter Hamilton: Handbuch für den Feuerwehrmann. Richard Boorberg Verlag, Stuttgart 2012, 21. Auflage, , S.138

### Begriffsbestimmungen

RVS- Richtlinien: Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen, der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene - Verkehr (FSV)

BLEVE: boiling liquide expanding vapour explosion, Gasexplosion einer expandierenden siedenden Flüssigkeit. (kann bei unterfeuerten geschlossenen Tankbehältern entstehen)

Brandmeldeabschnitt im Tunnelbau: Ergibt sich nach den Vorgaben des Brandprogrammes der automatischen Branderkennungsanlage gemäß RVS 09.02.22 „Betrieb und Sicherheit“ und beschreibt jene Überwachungslänge (maximal 1000m gemäß dieser RVS), welche ausfallen darf. Diese Länge ist als Brandmeldeabschnitt im Tunnel zu sehen.

Fremdhilfe: Unterstützung bei der Flucht durch Dritte, ebenso betroffene Personen. Damit ist nicht die gezielte Rettung durch Einsatzkräfte, die Fremdrettung, gemeint.

LUF: Lösch- Unterstützungsfahrzeug für die Erzeugung eines „vernebelten Wasserstrahles“ für den Einsatz unter schwierigen Bedingungen, wie z.B. bei Untertageanlagen.

## Literaturverzeichnis

- [1] Feuerwehr Koordination Schweiz FKS, Christoffelgasse 7, 3011 Bern, „Technische Wegleitung für die Intervention bei Bränden in Strassentunneln“  
Autoren: Bürkel Baumann Schuler, Ingenieure + Planer AG, Gertrudstrasse 17, 8400 Winterthur
- [2] TU Graz, Inffeldgasse 21/A, 8010 Graz, Bilder aus Powerpoint-Präsentation,  
Autor: Ao. Univ.Prof. DI Dr.techn. Peter-Johann Sturm

## Abbildungsverzeichnis

Bild 1:	Ereignisphasen [1]	9
Bild 2:	Szenario 1 "Brand von 1 – 3 Personenkraftwagen" [1]	11
Bild 3:	Szenario 2 "Brand von Kleinlastkraftwagen und Reisebussen" [1]	11
Bild 4:	Szenario 3 "Brand von Lastkraftwagen" [1]	12
Bild 5:	Szenario 4 "Brand von Wohnmobilen und LKW mit Flüssiggasflaschen" [1]	12
Bild 6:	Szenario 5 "Brand nach Freisetzung von Benzin aus Tankfahrzeug" [1]	12
Bild 7:	Szenario 6 "Freisetzung von Benzin aus Tankfahrzeug ohne Brand" [1]	13
Bild 8:	Mögliche Stabsgliederung bei einem Ereignis in einer Tunnelanlage sowie bei der Gefährdung von Personen durch Brandgase außerhalb des Tunnels. [1]	19
Bild 9:	Angaben zu Reichweiten unter Atemschutz	20
Bild 10:	Betriebsarten der Tunnellüftung während den verschiedenen Ereignisphasen [1]	23
Bild 11	Längslüftung [2]	25
Bild 12	Halbquerlüftung [2]	25
Bild 13	Querlüftung [2]	26
Bild 14:	Phase Selbstrettung im einröhrigen Tunnel mit Gegenverkehr [1]	28
Bild 15:	Phase Fremdrettung und Löscheinsatz im einröhrigen Tunnel mit Gegenverkehr [1]	29
Bild 16a:	Phase Selbstrettung im Tunnel mit Richtungsverkehr [1]	29
Bild 16b:	Phase Selbstrettung im Tunnel mit Richtungsverkehr bei einem Stau [1]	30
Bild 17a:	Durchgeführte Intervention in einem Tunnel mit Richtungsverkehr in den Phasen Löscheinsatz und Fremdrettung, vorrangig von der rauchfreien Seite [1]	31
Bild 17b:	Durchgeführte Intervention bei einem Stau in einem Tunnel mit Richtungsverkehr in den Phasen Löscheinsatz und Fremdrettung [1]	31

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beispiel Übersicht über die Wirkungen eines Brandalarms	18
------------	---	----