



**Bericht**

**Tunnel Allach (A 99)**  
**Sicherheitsuntersuchung bei Berücksichtigung**  
**einer temporären Seitenstreifenfreigabe**

**Auftraggeber**  
Autobahndirektion Südbayern  
Seidlstraße 7-11  
80335 München

16. Juni 2020

**Kurztitel:** Sicherheitsuntersuchung Tunnel Allach mit temporärer Seitenstreifenfreigabe

**Auftraggeber:** Autobahndirektion Südbayern

**Vertrags-Nr.:** 2 0006 20 D 332

**Auftrags-Nr.:** 16065

**Erstellungsdatum:** 15. Mai 2020

**zuletzt gespeichert:** 16. Juni 2020

**Bearbeitung:**



BUNG Ingenieure AG  
Zweigniederlassung Stuttgart  
König-Karl-Straße 43  
D-70372 Stuttgart

Tel.: +49 711 / 490 667-00

[infostuttgart@bung-ag.de](mailto:infostuttgart@bung-ag.de)  
[www.bung-gruppe.de](http://www.bung-gruppe.de)

**Autoren**

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Baltzer  
Geschäftsführender Gesellschafter  
[baltzer.wolfgang@bung-ag.de](mailto:baltzer.wolfgang@bung-ag.de)  
[baltzer.wolfgang@bung-ag.de](mailto:baltzer.wolfgang@bung-ag.de)

Dr.-Ing. Georg Mayer  
Zweigniederlassungsleiter Stuttgart  
[mayer.georg@bung-ag.de](mailto:mayer.georg@bung-ag.de)

Dipl.-Ing. (FH) Sven Brennberger  
Projektleiter Infrastrukturmanagement  
[brennberger.sven@bung-ag.de](mailto:brennberger.sven@bung-ag.de)

**Inhaltsverzeichnis**

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>4</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Ausgangslage .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Aufgabenstellung .....</b>	<b>6</b>
<b>3 Ereignisse mit Auswirkungen auf die Tunnelsicherheit (spezifische Gefahrenanalyse) .....</b>	<b>6</b>
3.1 Typische Schadensszenarien .....	6
3.1.1 Szenario 1: Panne, Liegenbleiber, Ladungsverlust .....	7
3.1.2 Szenario 2: Verkehrsunfall / Kollision (ohne Brand) .....	8
3.1.3 Szenario 3: Brand (ohne Beteiligung von Gefahrgütern).....	10
3.1.4 Szenario 4: Ereignisse mit Beteiligung oder Freisetzung von Gefahrgütern .....	12
3.1.5 Zusammenfassung typischer Schadensszenarien.....	17
3.2 Parameter / besondere Charakteristik .....	19
3.2.1 Grobbeurteilung der Risiken .....	19
3.2.2 Überprüfung der einzelnen Parameter.....	19
<b>4 Optimierung Rettungskonzepte.....</b>	<b>24</b>
4.1 Analyse der Rettungszufahrten .....	24
4.2 Analyse der Umleitungsstrecken/Ausweichstrecken .....	24
4.3 Analyse der Zugriffswege im Rettungsfall .....	26
<b>5 Geplante Maßnahmen zur Risikokompensation .....</b>	<b>27</b>
<b>6 Ergebnisse der quantitativen Risikoanalyse .....</b>	<b>29</b>
<b>7 Zusammenfassung und Fazit.....</b>	<b>30</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lage des Tunnels im übergeordneten Straßennetz (Quelle: Openstreetmap).....	5
Abbildung 2:	Fahrstreifenmarkierungen Tunnel Allach FR Stuttgart (Quelle: ABDS) .....	20
Abbildung 3:	Fahrstreifenmarkierungen Tunnel Allach FR Salzburg (Quelle: ABDS) .....	20
Abbildung 4:	Verkehrsbelastungen im Bereich des Tunnel Allach (Autobahn und nachgeordnetes Netz) (Quelle: ABDS) .....	25

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Ereignismatrix (Quelle: BAST Heft B66).....	18
Tabelle 2:	Prüfung auf besondere Merkmale.....	23
Tabelle 3:	Schadenerwartungswerte (Quelle: Tunnel Allach (BAB A99) Quantitative Risikoanalyse unter Berücksichtigung einer temporären Seitenstreifenfreigabe, 12.05.20).....	29

## 1 Ausgangslage

Der Tunnel Allach ist Bestandteil des durch die A99 gebildeten Autobahnringes um München. Er befindet sich im nordwestlichen Abschnitt des Autobahnringes zwischen dem Autobahndreieck München-Allach und der Anschlussstelle München Ludwigsfeld. Die Lage des Tunnels im übergeordneten Straßennetz zeigt nachfolgende Abbildung 1.

Der Tunnel Allach ist als 2-röhriger Richtungsverkehrstunnel mit je drei Fahrstreifen und einem Seitenstreifen je Fahrtrichtung ausgebildet. Die Nordröhre besitzt eine Länge von 1.060 m, die Südröhre eine Länge von 1.030 m. Mit einem durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommen von mehr als 130.000 Fahrzeugen stoßen die dreistreifigen Querschnittsausbildungen in den Spitzenstunden an ihre Kapazitätsgrenzen.

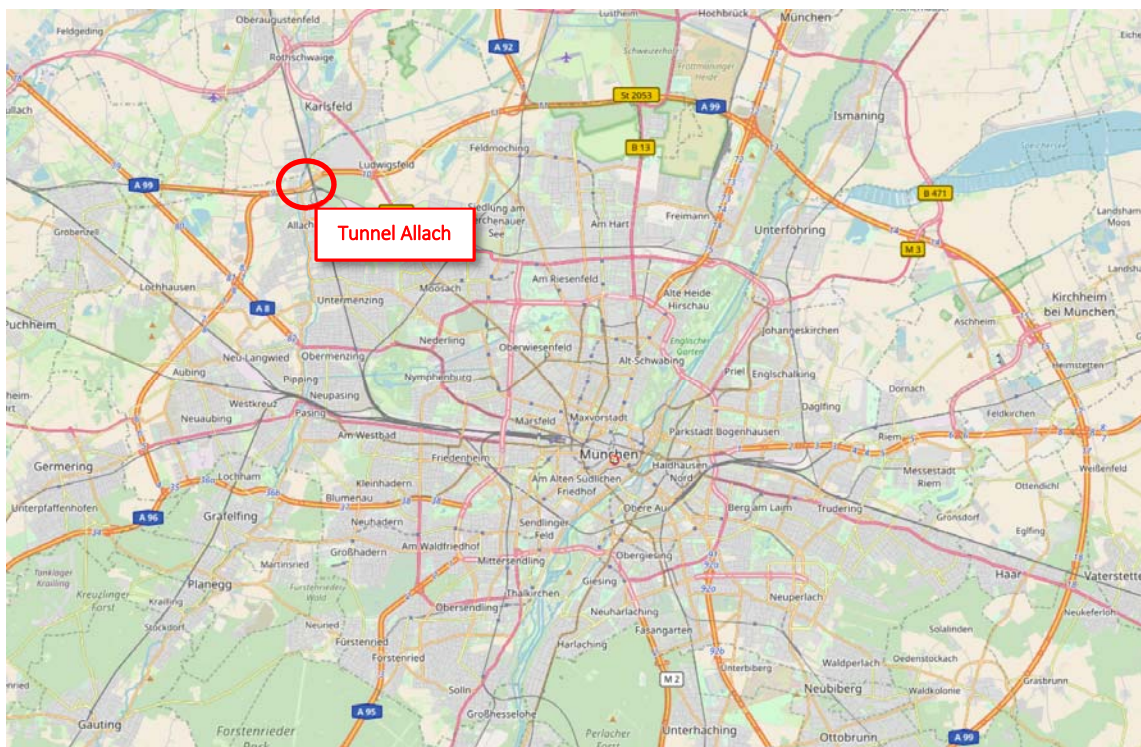


Abbildung 1: Lage des Tunnels im übergeordneten Straßennetz (Quelle: Openstreetmap)

Aktuelle Verkehrsuntersuchungen der Autobahndirektion Südbayern (ABDSB) zeigen, dass eine weitere Zunahme des Verkehrsaufkommens zu erwarten ist. Im Jahr 2019 war ein DTV von rund 132.100 Kfz/d im Tunnel Allach zu verzeichnen. Eine aktuelle Prognose des Verkehrs im Bereich des Tunnel Allachs lässt gemäß ABDSB für das Jahr 2035 eine Verkehrsbelastung von rund 153.100 Kfz/d unter Berücksichtigung einer TSF erwarten.<sup>1</sup> Damit die dann zu erwartenden hohen täglichen Verkehrsbelastungen abgewickelt werden können, ist insbesondere in den Spitzenzeiten die Nutzung eines weiteren Fahrstreifens erforderlich. Zu diesem Zweck kann der Seitenstreifen temporär zur Nutzung freigegeben werden. Die aktuellen Planungen gehen davon aus, dass zur Verbesserung des Verkehrsablaufs für die Nord- und für die Südröhre zukünftig Schaltdauern für eine temporäre Seitenstreifenfreigabe (TSF) von bis zu 3.725 h/a bzw.

<sup>1</sup> *brenner Bernard: A 99 Autobahnring München, Sanierung des Tunnels Allach und Temporäre Seitenstreifenfreigabe (TSF) AD München-Allach bis AD München-Feldmoching, Verkehrsuntersuchung, Bericht, Autobahndirektion Südbayern, Mai 2020*

3.440 h/a bei einer angenommenen Aktivierungsverkehrsstärke von 5.000 Pkw-E/h notwendig werden (Prognosehorizont 2035).

Zur Gewährleistung eines ausreichenden Sicherheitsniveaus und sicheren Tunnelbetriebs bei erweitertem TSF-Betrieb werden hierzu jedoch zusätzliche Maßnahmen erforderlich.

## 2 Aufgabenstellung

Im vorliegenden Bericht werden die erforderlichen bzw. geplanten Maßnahmen zur Gewährleistung eines sicheren Tunnelbetriebs begutachtet. Die vorhandenen Rettungskonzepte werden überprüft und für einen Betrieb mit TSF angepasst.

Zunächst sind typische Schadensszenarien zu bestimmen und die Auswirkungen sowohl bei Regelbetrieb als auch mit einer aktiven TSF darzustellen.

Wesentlich für die Wirksamkeit der Fremdrettung ist ein schnelles Eintreffen der Feuerwehr. Die möglichen Routen für die Rettungszufahrten zu den einzelnen Tunnelröhren im „Normalbetrieb“ werden im Hinblick auf die Erreichbarkeit bei Tunnelröhrensperrung in Verbindung mit einer geschalteten TSF in beiden Fahrtrichtungen bewertet. Mögliche Konfliktstellen werden hierbei identifiziert und aufgezeigt.

Basierend auf den Ergebnissen der Verkehrsprognose wird das umliegende Verkehrsnetz qualitativ hinsichtlich möglicher Ausweichstrecken betrachtet. Ziel ist es, die für den Verkehr möglichst lukrativen Umleitungsstrecken zu erkennen und eine eventuelle Beeinträchtigung der Zufahrtswege der Einsatzdienste zu identifizieren.

## 3 Ereignisse mit Auswirkungen auf die Tunnelsicherheit (spezifische Gefahrenanalyse)

Im nachfolgenden Kapitel wird eine spezifische Gefahrenanalyse durchgeführt. Grundlage hierfür bildet die Betrachtung von typischen Schadensszenarien, wie sie üblicherweise Bestandteil eines Gesamtsicherheitskonzeptes ist. Ziel der vorliegenden Gefahren- und Szenarienanalyse ist es herzuleiten, ob sich ein zusätzlicher Bedarf an sicherheitserhöhenden Maßnahmen ergibt oder die bisher getroffenen Maßnahmen ausreichend sind.

### 3.1 Typische Schadensszenarien

Die Bandbreite möglicher Unfall- und Ereignisabläufe sowie die hierzu korrespondierenden Schadensausmaße sind neben tunnelspezifischen Charakteristika, wie beispielsweise der baulichen Ausbildung, dem Vorhandensein und der Ausgestaltung von Sicherheitsmaßnahmen auch von situationsspezifischen Merkmalen, wie z.B. der Art der beteiligten Fahrzeuge oder dem Verhalten der Verkehrsteilnehmer abhängig. Zur Berücksichtigung der maßgeblichen Gefahren werden daher bei der Ermittlung der erforderlichen Ausstattung folgende Szenarien betrachtet:

- Panne, Liegenbleiber, Ladungsverlust
- Verkehrsunfall / Kollision ohne Brand
- Brand ohne Beteiligung von Gefahrgütern
- Ereignisse mit Beteiligung oder Freisetzung von Gefahrgütern

Im Folgenden werden szenariospezifisch die möglichen Ursachen und Auswirkungen sowie die Möglichkeiten für Tunnelnutzer, Einsatzdienste und den Tunnelbetrieb für den jeweiligen Ereignisfall beschrieben. Hierbei handelt es sich um beispielhafte Beschreibungen der typischen Schadensszenarien als Grundlage für die Ermittlung der baulichen, technischen und organisatorischen Maßnahmen.

### 3.1.1 Szenario 1: Panne, Liegenbleiber, Ladungsverlust

Im Regelfall führen Pannen, Liegenbleiber und verlorene Ladung zu keinen schweren Personen- oder Sachschäden. Bei diesem Ereignis steht vielmehr der Aspekt der Verkehrs- und Betriebsbehinderung und ggf. eine Betriebsunterbrechung im Vordergrund. Pannenszenarien aller Art im Tunnel sind somit aus dem Blickwinkel der Sicherheit vor allem als mögliche Ursache für Folgeereignisse wie beispielsweise Auffahrunfälle / Kollisionen, in deren Folge Nachfolgeereignisse wie z. B. Brände entstehen können, relevant.

#### Kurzbeschreibung

Bleibt ein Fahrzeug aufgrund einer Panne innerhalb des Tunnels stehen bzw. verliert es Ladung, kann es zu Beeinträchtigungen im Verkehrsfluss mit plötzlicher Staubildung kommen. Da der Tunnel über einen durchgehenden Seitenstreifen verfügt, kann ein Pannenfahrzeug ggf. auf diesem halten. Bleibt es dagegen auf einem der Fahrstreifen liegen bzw. bleibt verlorene Ladung auf einem der Fahrstreifen liegen, werden nachfolgende Verkehrsteilnehmer versuchen, rechts oder links der Pannenstelle unter der Gefahr von Auffahrkollisionen vorbei zu fahren. Aufgrund von Staubildung kann die Bergung des Pannenfahrzeugs bzw. der verlorenen Ladung erschwert sein.

#### Mögliche Ursachen

Motor- oder Bremsendefekt, Kraftstoffmangel, Reifendruckverlust unzureichende Ladungssicherung etc.

#### Mögliche Auswirkungen bzw. Gefährdungen

Gefährdung durch und für Personen, die ihr Fahrzeug verlassen

- Ausweichmanöver von nachfolgenden Verkehrsteilnehmern
- Staubildung bei erhöhtem Verkehrsaufkommen in der Richtungsfahrbahn
- rascher Anstieg der CO-Werte durch laufende Motoren der Fahrzeuge bei stockendem Verkehr oder Stau

#### Mögliche Folgeereignisse

- Auffahrkollisionen stromaufwärts des Pannenfahrzeugs bzw. der verlorenen Ladung
- Streif- oder Auffahrkollisionen infolge von Spurwechselvorgängen

#### Möglichkeiten / Einrichtungen zur Erkennung eines Ereignisses (Detektion)

- Videoüberwachung / -detektion
- Störfallerkennung (Erkennung von Verkehrsstörungen)
- Ereignismeldung durch Tunnelnutzer

#### Möglichkeiten zur Ereignismeldung

- Notrufkabinen in den Tunnelaußenwänden mit Anbindung an die Verkehrs- und Betriebszentrale (VBZ) Südbayern
- Notrufsprechstellen in den Portalbereichen mit Anbindung an die VBZ Südbayern
- Notruf 110 über Mobiltelefon an die Polizeieinsatzzentrale (PEZ)
- Notruf 112 über Mobiltelefon an die Integrierte Leitstelle (ILS)

#### Sicherungsmaßnahmen / Selbstrettung durch Tunnelnutzer

- Einschalten der Warnblinkanlage
- Sicherung der Unfallstelle nach StVO durch Aufstellen eines Warndreiecks
- auf Anweisung durch die Operatoren in der VBZ den Tunnel über die Fluchtwege (Notgehwege der Ereignisröhre) zu den Portalen hin verlassen

#### Technische Hilfeleistung / Fremdrettung durch Einsatzdienste

- Zufahrt über die Richtungsfahrbahn bis zum Ereignisort
- Absicherung der Gefahrenstelle
- Abtransport des Pannenfahrzeugs bzw. der verlorenen Ladung
- Freigabe entsprechend den Regelungen im Alarm- und Gefahrenabwehrplan (AGAP)

### Betriebliche Maßnahmen

- Entgegennahme von Notrufen über die Notrufeinrichtungen
- Aufzeichnung und Auswertung von Bildsequenzen aus der Videoüberwachung
- Durchsagen von Verhaltensanweisungen an die Tunnelnutzer über die Lautsprecheranlage
- Schaltung der Beleuchtungsanlage auf höchste Beleuchtungsstufe
- ggf. Lüftungssteuerung zur Reduzierung der CO-Werte (automatisch)
- Ruf eines Abschleppunternehmens
- ggf. Aufräumen und Säuberung des Ereignisorts durch den Betriebsdienst (z.B. bei verlorener Ladung)

### Verkehrstechnische Maßnahmen

Je nach Ausprägung der Störung wird das Einleiten folgender Maßnahmen erforderlich:

- Geschwindigkeitsreduzierung und Gefahrenwarnung
- sofern aktiv, Aufhebung der TSF
- Je nach Lage, Sperrung der vom Ereignis betroffenen Fahrstreifen sowie benachbarter Fahrstreifen
- ggf. Sperrung der vom Ereignis betroffenen Tunnelröhre
- ggf. Ausleitung des Verkehrs an den vorgelagerten Anschlussstellen durch Polizei / Betriebsdienst, ggf. unterstützt durch Schaltung von Anzeigen an der Verkehrsbeeinflussungsanlage

### 3.1.2 Szenario 2: Verkehrsunfall / Kollision (ohne Brand)

Je nach Unfallverlauf, Ausprägung und Art der Kollision sind unterschiedliche Situationen im resultierenden Schadensausmaß hinsichtlich Personen- und / oder Sachschäden zu erwarten. Dabei können Kollisionen infolge von Selbstunfällen (z.B. Kollisionen mit der Tunnelinfrastruktur, mit der Tunnelwand) oder solche mit anderen Fahrzeugen unterschieden werden. Auch diese Szenarien können eine auslösende Wirkung für Folgeereignisse, wie z.B. Auffahrunfälle mit Brandfolge, haben.

#### Kurzbeschreibung

Ein Fahrzeug kollidiert mit der Tunnelwand, verlorenen Ladungsteilen oder mit anderen Fahrzeugen z.B. durch nicht angepasste Geschwindigkeit oder Unaufmerksamkeit des Fahrers. Fahrzeuginsassen können durch die Wucht des Aufpralls verletzt und in ihre Fahrzeuge eingeklemmt sein. Einer oder mehrere Fahrstreifen werden durch den Unfall blockiert, wodurch der Verkehr erheblich behindert wird. Die nachfolgenden Verkehrsteilnehmer versuchen ggf., rechts oder links an der Unfallstelle vorbei zu fahren. Dies ist nur unter der Gefahr von Auffahrkollisionen möglich. Eine Bergung der Unfallfahrzeuge wird durch den entstehenden Stau erschwert.

#### Mögliche Ursachen

Überhöhte Geschwindigkeit, Bremsversagen, Übermüdung, Unachtsamkeit, Alkoholmissbrauch, Falschfahrer etc.

#### Mögliche Auswirkungen bzw. Gefährdungen

- Gefährdung durch und für Personen, die ihr Fahrzeug verlassen
- in Fahrzeugen eingeklemmte Personen, die sich nicht selbst befreien können
- Personen, die medizinische Hilfe / Versorgung benötigen
- Ausweichmanöver von nachfolgenden Verkehrsteilnehmern
- Staubildung bei erhöhtem Verkehrsaufkommen in der Richtungsfahrbahn
- rascher Anstieg der CO-Werte durch laufende Motoren der Fahrzeuge bei stockendem Verkehr oder Stau

#### Mögliche Folgeereignisse

- Auffahrkollisionen stromaufwärts vom Unfallort
- Streif- oder Auffahrkollisionen infolge von Spurwechselvorgängen



- Auslaufen von Treibstoff und nachfolgende Entzündung
- Ausbruch eines Fahrzeugbrandes
- Austreten von Gefahrgütern

#### **Möglichkeiten / Einrichtungen zur Erkennung eines Ereignisses (Detektion)**

- Videoüberwachung / -detektion
- Störfallerkennung (Erkennung von Verkehrsstörungen)
- Ereignismeldung durch Tunnelnutzer

#### **Möglichkeiten zur Ereignismeldung**

- Notrufkabinen in den Tunnelaußenwänden mit Anbindung an die Verkehrs- und Betriebszentrale (VBZ) Südbayern
- Notrufsprechstellen in den Portalbereichen mit Anbindung an die VBZ Südbayern
- Notruf 110 über Mobiltelefon an die Polizeieinsatzzentrale (PEZ)
- Notruf 112 über Mobiltelefon an die Integrierte Leitstelle (ILS)

#### **Sicherungsmaßnahmen / Selbstrettung durch Tunnelnutzer**

- Einschalten der Warnblinkanlage
- Sicherung der Unfallstelle nach StVO durch Aufstellen eines Warndreiecks
- Leistung von erster Hilfe
- auf Anweisung durch die Operatoren in der VBZ den Tunnel über die Fluchtwege (Notgehwege der Ereignisröhre) zu den Portalen hin bzw. über die Notausgänge verlassen

#### **Technische Hilfeleistung / Fremdrettung durch Einsatzdienste**

- Zufahrt über die Richtungsfahrbahn bis zur Unfallstelle / zum Ereignisort
- Absicherung der Unfallstelle
- Rettung und Bergung von Personen
- Auffangen auslaufender Flüssigkeiten
- Sicherstellung des Brandschutzes
- Abtransport der Unfallfahrzeuge
- Freigabe entsprechend den Regelungen im AGAP

#### **Betriebliche Maßnahmen**

- Entgegennahme von Notrufen über die Notrufeinrichtungen und Übermittlung von Verhaltensanweisungen an den Meldenden
- Aufzeichnung und Auswertung von Bildsequenzen aus der Videoüberwachung
- Durchsagen von Verhaltensanweisungen an Tunnelnutzer über die Lautsprecheranlage bzw. durch Einsprechen in den Verkehrsfunk
- Schaltung der Beleuchtungsanlage auf höchste Beleuchtungsstufe
- ggf. Lüftungssteuerung zur Reduzierung der CO-Werte (automatisch)
- Ruf eines Abschleppunternehmens
- Aufräumen und Säuberung des Ereignisorts durch den Betriebsdienst

#### **Verkehrstechnische Maßnahmen**

Je nach Ausprägung der Störung wird das Einleiten folgender Maßnahmen erforderlich:

- Geschwindigkeitsreduzierung und Gefahrenwarnung
- sofern aktiv, Aufhebung der TSF
- Sperrung der vom Ereignis betroffenen Fahrstreifen sowie ggf. benachbarter Fahrstreifen
- ggf. Sperrung von Fahrstreifen für eine Verbesserung der Zufahrt der Einsatzdienste
- ggf. Sperrung der vom Ereignis betroffenen Fahrtrichtung
- ggf. Vollsperrung der Tunnelröhre im Fall von Personenschäden

- ggf. Ausleitung des Verkehrs an den vorgelagerten Anschlussstellen durch die Polizei / den Betriebsdienst, ggf. unterstützt durch Schaltung von Anzeigen an der Verkehrsbeeinflussungsanlage

### 3.1.3 Szenario 3: Brand (ohne Beteiligung von Gefahrgütern)

Brände in Straßentunneln können aufgrund technischer Defekte am Fahrzeug, selbsttätig in Brand geratener Ladungen oder infolge von Kollisionen entstehen. Da im Verlauf eines Fahrzeugbrandes sehr schnell große Rauch- und Wärmemengen freigesetzt werden können, stellt deren Ausbreitung im Fahrraum eine besondere Gefährdung für die Tunnelnutzer dar. Zahlreiche Sicherheitsmaßnahmen zielen daher darauf ab, die Auswirkungen eines Brandereignisses auf die Tunnelnutzer und das Bauwerk zu minimieren. Hierzu ist ein schnelles, koordiniertes Handeln und Zusammenspiel aller Beteiligten zwingend erforderlich.

#### Kurzbeschreibung

Ein Fahrzeug gerät aufgrund eines technischen Defekts in Vollbrand. Die Fahrzeuge stromabwärts des Ereignisorts können ungehindert aus dem Tunnel ausfahren, der nachfolgende Verkehr staut sich. Das Videodetektionssystem mit automatischer Rauchererkennung, die Sichttrübungsmessung, die Verkehrserfassung und die Brandmeldeanlage detektieren das Ereignis. Dabei verursacht die Detektion durch den Liniensbrandmelder einen Brandalarm (mit bestimmtem Brandort). Auch ein Brandalarm über einen Druckknopfmelder löst einen Brandalarm aus. Die VBZ wird alarmiert. Die Videoüberwachung wird zugeschaltet. Falls bereits ein Brandalarm (mit bestimmtem Brandort) vorliegt, werden das Brandprogramm der Lüftung und die Brandbekämpfungsanlage aktiviert. Falls lediglich ein Brandvoralarm vorliegt, wird der Brand durch einen Operator in der VBZ geortet. Durch die Ortung und manuelle Eingabe durch den Operator wird der Brandvoralarm zum Brandalarm. Beim Brandalarm wird parallel automatisch die Brandfall-Lüftung aktiviert (oder die Betriebslüftung – wenn aktiv – ausgeschaltet) sowie die Brandbekämpfungsanlage.

Der Tunnel wird in beiden Fahrtrichtungen gesperrt, die Polizei sowie die Feuerwehr werden alarmiert. Einige Verkehrsteilnehmer in unmittelbarer Nähe des Unfalls erkennen die Situation und verlassen selbstständig den Tunnel über die Notausgänge in die Nachbarröhre. Alle Fahrzeuginsassen werden über Lautsprecher und Verkehrsdurchsagen zum Verlassen der Tunnelröhre über die Notausgänge bzw. Tunnelportale aufgefordert.

Nach Eintreffen der Feuerwehr wird der Brand vollständig gelöscht. Verletzte Personen werden gerettet. Wenn der Tunnel auf einer Seite des Ereignisses geräumt ist, kann auch manuell gesteuert durch die Feuerwehr eine Entrauchung nach dieser Seite hin erfolgen. Aufgrund der Wärmeeinwirkung können Schäden an der Tunnelniefahrbahn und der Tunnelinfrastruktur entstehen. Vor der Verkehrsfreigabe ist daher zu prüfen, ob im Bereich des Ereignisorts Sanierungsarbeiten durchzuführen sind.

#### Mögliche Ursachen

Grundsätzlich zu unterscheiden sind Brände infolge Kollision und Brände infolge Selbstzündung. Ursachen für Brände infolge Kollision sind Entzündung auslaufenden Treibstoffs, Entzündung von Ladung, Entzündung aufgrund hoher kinetischer Energieeinwirkung etc.. Ursachen für Brände infolge Selbstzündung sind technische Defekte im Motorraum, in Brand geratene Turbolader, überhitzte Bremsen, in Brand geratene Reifen, in Brand geratene Kühleinrichtungen entzündete Ladung etc..

#### Mögliche Auswirkungen bzw. Gefährdungen

- Starke Wärme- und Rauchgasentwicklung
- Schnelle Rauchgas- und Wärmeausbreitung
- Rascher Anstieg von Temperaturen und Rauchgaskonzentrationen
- Verminderte Sicht in Bereichen unter Raucheinfluss / mit Raucheinwirkung
- Staubildung in beiden Fahrtrichtungen
- Ausweich- und Wendemanöver von nachfolgenden Verkehrsteilnehmern
- Gefährdung durch und für Personen, die ihr Fahrzeug verlassen
- Fahrzeuginsassen, die ihr Fahrzeug (trotz Aufforderung) nicht verlassen
- in Fahrzeugen eingeklemmte Personen, die sich nicht selbst befreien können
- Personen, die medizinische Hilfe / Versorgung benötigen

- Massenanfall von Verletzten (Beteiligung von Reisebussen)
- Eingeschränkte Zugänglichkeit zum Ereignisort aufgrund von Stau und Rauchgaseinwirkung in der Ereignisröhre
- Gefahr durch herabfallende Einrichtungsgegenstände bzw. abplatzende Betonteile

#### **Mögliche Folgeereignisse**

- Auffahrkollisionen stromaufwärts vom Brandfallort
- Streif- oder Auffahrkollisionen infolge von Spurwechselvorgängen
- weitere Kollisionen durch Wendemanöver im Tunnel
- Übergreifen des Brandes auf andere Kfz (Feuerübersprung)
- Austreten von Gefahrgütern
- Schäden an der Tunnelinfrastruktur

#### **Möglichkeiten / Einrichtungen zur Erkennung eines Ereignisses (Detektion)**

- Videoüberwachung / -detektion
- Brandmeldeanlage (Linienbrandmelder, Handfeuermelder)
- Ereignismeldung durch die Tunnelnutzer
- Sichttrübungsmessung, CO-Messung
- Verkehrsdetektion

#### **Möglichkeiten zur Ereignismeldung durch Tunnelnutzer**

- Notrufkabinen in den Tunnelaußenwänden mit Anbindung an die Verkehrs- und Betriebszentrale (VBZ) Südbayern
- Notrufsprechstellen in den Portalbereichen mit Anbindung an die VBZ Südbayern
- Notruf 110 über Mobiltelefon an die Polizeieinsatzzentrale (PEZ)
- Notruf 112 über Mobiltelefon an die Integrierte Leitstelle (ILS)
- Meldung eines Brandalarms durch Betätigung des Handfeuermelders an die Tunnelbetriebszentrale (VBZ)
- Meldung eines Alarms durch Feuerlöscherentnahme an die Tunnelbetriebszentrale (VBZ)

#### **Sicherungsmaßnahmen / Selbstrettung durch Tunnelnutzer**

- Einschalten der Warnblinkanlage
- Sicherung der Ereignisstelle durch beteiligte Personen
- Leistung von „Erster Hilfe“ soweit möglich
- Aufnahme der Brandbekämpfung mittels Handfeuerlöscher falls möglich
- Verlassen der Ereignisröhre über die nächstgelegenen Notausgänge in die Nachbarröhre bzw. über die Portale
- gegenseitige Hilfeleistung bei der Flucht in sichere Bereiche
- Befolgung der von den Operatoren in der VBZ über Sprechstellen, Lautsprecher und Verkehrsfunk übermittelten Verhaltensanweisungen

#### **Technische Hilfeleistung / Fremdrettung durch Einsatzdienste**

- Zufahrt über beide Richtungsfahrbahnen bis zum Brandort / Ereignisort
- Absicherung der Unfallstelle / Ereignisstelle
- Löschen des Brandes / Brandbekämpfung
- Rettung und Bergung von Personen
- Transport von Verletzten in umliegende Krankenhäuser per Rettungswagen
- Auffangen auslaufender Flüssigkeiten
- Abtransport der Unfallfahrzeuge

#### **Betriebliche Maßnahmen**

- Entgegennahme von Notrufen über die Notrufeinrichtungen und Übermittlung von Verhaltensanweisungen an den Meldenden
- Aufzeichnung und Auswertung von Bildsequenzen aus der Videoüberwachung
- Evakuierung aller Tunnelnutzer einleiten
- Durchsagen von Verhaltensanweisungen an die Tunnelnutzer über die Lautsprecheranlage bzw. durch Einsprechen in den Verkehrsfunk
- Schaltung der Beleuchtungsanlage auf höchste Beleuchtungsstufe
- Aktivierung der Orientierungsbeleuchtung
- Aktivierung des Programms zur Lüftungssteuerung im Brandfall
- Aktivierung der Brandbekämpfungsanlage (BBA)
- Bereitstellung von Löschwasser. Die Druckerhöhungsanlage ist ständig in Betrieb und regelt sich bei Druckabfall selbsttätig nach.
- Auffangen von Löschwasser und Schadflüssigkeiten im Havariebecken
- Ruf eines Abschleppunternehmens
- Aufräumen und Säuberung des Ereignisorts durch den Betriebsdienst
- Prüfung und fachgerechte Entsorgung von Löschwasser und Schadflüssigkeiten aus dem Havariebecken
- Begutachtung der Brandschäden am Bauwerk oder an der Technik
- Freigabe entsprechend den Regelungen im AGAP

#### **Verkehrstechnische Maßnahmen**

Im Brandfall wird das unverzügliche Einleiten folgender Maßnahmen erforderlich:

- Geschwindigkeitsreduzierung und Gefahrenwarnung für den zufließenden Verkehr
- sofern aktiv, Aufhebung der TSF
- Sperrung beider Tunnelröhren
- Ausleitung des Verkehrs an den vorgelagerten Anschlussstellen durch die Polizei / den Betriebsdienst, ggf. unterstützt durch Schaltung von Anzeigen an der Verkehrsbeeinflussungsanlage

#### **3.1.4 Szenario 4: Ereignisse mit Beteiligung oder Freisetzung von Gefahrgütern**

Gefahrgutfreisetzungen in Straßentunneln sind äußerst seltene Ereignisse, die im Eintrittsfall jedoch sehr große Auswirkungen auf Tunnelnutzer und Bauwerk haben können. Die wichtigsten Vertreter der im bundesdeutschen Straßennetz transportierten Gefahrgüter sind explosiv wirkende Feststoffe der Gefahrgutklasse 1, leicht entzündliche oder humantoxisch wirkende druckverflüssigte Gase der Gefahrgutklasse 2 sowie leicht brennbare Flüssigkeiten der Gefahrgutklasse 3. Darüber hinaus erfolgt eine weitere Kategorisierung im Hinblick auf entzündbare feste Stoffe (Gefahrgutklasse 4), entzündend oxidierend wirkende Stoffe (Gefahrgutklasse 5), giftige Stoffe (Gefahrgutklasse 6), radioaktiv wirkende Stoffe (Gefahrgutklasse 7), ätzend wirkende Stoffe (Gefahrgutklasse 8) sowie verschieden gefährlich wirkende Stoffe (Gefahrgutklasse 9). Die Gefahrgutklasse 1 umfasst etwa 1 % des gesamten Gefahrguttransportes, die Klasse 2 rund 15 %. Die Klasse 3 ist mit einem Anteil von 68 % die anteilsmäßig größte Gefahrgutklasse. Die Güter der Gefahrgutklasse 1-3 umfassen somit 84 % aller Gefahrguttransporte. Die Freisetzung von Gefahrgütern kann entweder infolge eines technischen Defekts (Undichtigkeit) oder infolge einer Kollision aufgrund hoher kinetischer Energieeinwirkung mit Versagen der Transportbehälter erfolgen. Je nach Art der Gefahrgutfreisetzung sind unterschiedliche Wirkungsarten möglich. Gefährdungen der Tunnelnutzer und des Bauwerks können durch Raucheinwirkung, Wärmeeinwirkung, Druckwirkung, Trümmerwurf und humantoxische Wirkung entstehen.

Der Tunnel Allach ist derzeit für Gefahrguttransporte freigegeben und unterliegt der Kategorie „A“ nach dem Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Stra-

ße (ADR)<sup>2</sup>. Aufgrund der zukünftigen Verkehrsverhältnisse und zur Berücksichtigung der ausgeweiteten Zeiten mit aktiver TSF wird für die verkehrsbehördliche Anordnung eine erneute Überprüfung der Kategorisierung notwendig.

### Kurzbeschreibung

Infolge einer Kollision mit der Tunnelwand oder mit anderen Fahrzeugen wird ein mit Gefahrgut beladener Lkw so stark beschädigt, dass Teile seiner Ladung im Tunnelraum freigesetzt bzw. umgesetzt werden.

Bei der Freisetzung brennbarer Flüssigkeiten bildet sich zunächst eine Lache auf der Fahrbahn. Ein Teil des Gefahrgutes gelangt über die Schlitzrinne in das Havariebecken. Bei Kontakt mit heißen Fahrzeugteilen oder durch Funkenflug während der Kollision kann es zur Zündung der freigesetzten Gefahrgutmenge und der restlichen Ladung kommen. Nach Zündung stehen sehr schnell die gesamte Lache und die Ladung in Flammen und es entstehen sehr große Energie- und Rauchfreisetzungen.

Im Fall einer Freisetzung von leicht brennbaren, druckverflüssigten Gasen entsteht zunächst eine kleine Lache im Bereich des Austrittsortes. Aufgrund des sehr hohen Dampfdrucks geht das ausgetretene Flüssiggas sehr schnell in die Gasphase über. Hierbei kann es zur Vereisung im Lachenbereich kommen. Das sich ausbreitende Gas entzündet sich sofort bei Kontakt mit heißen Fahrzeugteilen oder infolge von Funkenflug während der Kollision. Nach Zündung kann sich ein Freistrahbrand an der Austrittsöffnung bzw. ein Feuerball mit sehr hohen Temperaturen bilden. Nach länger andauernder Wärmeeinwirkung auf den Behälter kann es auch zu einer Explosion (Deflagration) mit großer Druckwirkung und Trümmerwurf kommen.

Werden druckverflüssigte, humantoxische Stoffe freigesetzt, bildet sich zunächst ebenfalls eine Lache im Bereich des Austrittsortes. Aufgrund des hohen Dampfdrucks gehen die freigesetzten Mengen sehr schnell in die Gasphase über. Charakteristisch für diese Gruppe ist ihr ausgeprägtes Schwergasverhalten aufgrund ihrer höheren Dichte als die Umgebungsluft. D.h. ihre Ausbreitung erfolgt vorrangig im unteren Querschnittsbereich.

Die Umsetzung fester Explosivstoffe erfordert die Einwirkung von hoher kinetischer Energie, wie beispielsweise bei Frontalkollisionen mit der Tunnelinfrastruktur bzw. mit anderen Lkw oder die Zufuhr großer Mengen an Wärme wie beispielsweise infolge eines vorausgehenden Fahrzeugbrandes. Nach Zündung kommt es zu einer Explosion (Detonation) mit äußerst großer Druckwirkung und Trümmerwurf.

Sind radioaktive Stoffe bei einer Freisetzung beteiligt, hängt die Strahlungsintensität maßgeblich von der Stärke des strahlenden Materials ab. Im Fall schwach radioaktiver Stoffe wird sich die Ausbreitung der Strahlung auf das Fahrzeug beschränken. Bei stärker strahlendem Material kann die Ausbreitung der Strahlung auch in den Tunnelraum hinein wirken.

Im Ereignisfall werden Fahrzeuge, die sich in Fahrtrichtung stromabwärts hinter dem Ereignisort befinden, im Normalfall ungehindert aus dem Tunnel ausfahren. Der auf den Ereignisort zufahrende Verkehr wird sich aufstauen.

Im Fall von Bränden erfolgt die Detektion des Ereignisses über die Rauchererkennung des Videodetektionssystems, die Sichttrübungsmessung, die Brandmeldeanlage und die Verkehrsdatenerfassung. Die Verkehrs- und Betriebszentrale Südbayern (VBZ) wird alarmiert und die Videoüberwachung wird zugeschaltet.

Das Erkennen weiterer Gefahrgutfreisetzungen ist auf die Meldung von Tunnelnutzern über Mobiltelefon und Notrufeinrichtungen sowie der Videoüberwachung angewiesen.

Nach Erkennen des jeweiligen Ereignisses werden beide Tunnelröhren umgehend gesperrt sowie die Polizei und die Feuerwehr alarmiert.

Dabei verursacht die Detektion eines Brandes durch den Linienbrandmelder oder einen Druckknopfmelder einen Brandalarm. Die VBZ wird alarmiert. Die Videoüberwachung wird zugeschaltet. Falls bereits ein Brandalarm (mit bestimmtem Brandort) vorliegt, wird das Brandprogramm aktiviert. Falls lediglich ein

---

<sup>2</sup> ADR steht für „Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße)“.

Brandvoralarm vorliegt, wird der Brand durch einen Operator in der VBZ geortet. Durch die Ortung und manuelle Eingabe durch den Operator wird der Brandvoralarm zum Brandalarm. Beim Brandalarm wird parallel automatisch die Brandfall-Lüftung aktiviert (oder die Betriebslüftung – wenn aktiv – ausgeschaltet) sowie die Brandbekämpfungsanlage.

Des Weiteren werden sämtliche Fahrzeuginsassen über Lautsprecher und Verkehrsdurchsagen zum Verlassen der Ereignisröhre über die Notausgänge aufgefordert. Die Feuerwehr beginnt unmittelbar nach ihrem Eintreffen mit der Gefahrenabwehr und rettet verletzte Personen.

Aufgrund von Wärme- und Druckeinwirkungen können Schäden an der Tunnelfahrbahn und der Tunnelinfrastruktur entstehen. Vor der Verkehrsfreigabe ist daher zu prüfen, ob im Bereich des Ereignisses Sanierungsarbeiten durchzuführen sind.

### **Mögliche Ursachen**

Eine Gefahrgutfreisetzung kann entweder infolge eines technischen Defekts wie beispielsweise Undichtigkeiten am Transportgefäß, an Ventilen, an Stützen etc. oder infolge einer Kollision mit Versagen der Transportgefäße aufgrund hoher kinetischer Energieeinwirkung erfolgen. Ursache für Kollisionen können überhöhte Geschwindigkeit, Versagen der Bremsen, Unachtsamkeit, Übermüdung, etc. sein.

### **Mögliche Auswirkungen bzw. Gefährdungen**

#### *Freisetzung brennbarer Flüssigkeiten:*

- Bildung von sehr großen Lachen
- Gefahr der Zündung infolge kinetischer Energieeinwirkung, Funkenflug, Berührung mit heißen Fahrzeugteilen
- Nach Zündung
  - Sehr starke Wärme- und Rauchgasentwicklung
  - Sehr schnelle Rauchgas- und Wärmeausbreitung
  - Sehr rascher Anstieg von Temperaturen und Rauchgaskonzentrationen
  - Verminderte Sicht in Bereichen unter Raucheinfluss / mit Raucheinwirkung
- Eingeschränkte Zugänglichkeit zum Ereignisort aufgrund von Stau und Rauchgaseinwirkung (in der Ereignisröhre)
- Gefahr durch herabfallende Einrichtungsgegenstände bzw. abplatzende Betonteile

#### *Freisetzung brennbarer, druckverflüssigter Gase:*

- Bildung von Lachen mit Vereisungsgefahr
- Rasche Bildung zündfähiger Atmosphären aufgrund hohen Dampfdrucks
- Hohe Zündneigung infolge kinetischer Energieeinwirkung, Funkenflug, Berührung mit heißen Fahrzeugteilen
- Nach Zündung:
  - Äußerst starke Wärmeentwicklung
  - Äußerst schnelle Wärmeausbreitung
  - Sehr rascher Anstieg von Temperaturen und Rauchgaskonzentrationen
  - Explosionsgefahr (Deflagration)
  - Rasche Brandausbreitung durch Entzünden der im Rückstau stehenden Fahrzeuge
- Eingeschränkte Zugänglichkeit zum Ereignisort aufgrund von Stau und Wärmeeinwirkung (in der Ereignisröhre)
- Gefahr durch herabfallende Einrichtungsgegenstände bzw. abplatzende Betonteile

*Freisetzung toxisch wirkender, druckverflüssigter Gase*

- Bildung von Lachen mit Vereisungsgefahr
- Rasche Verdampfung aufgrund hohen Dampfdrucks
- Schwergasverhalten<sup>3</sup> aufgrund höherer Dichte als Luft
- Höchste Konzentrationen im Fahrbahnbereich / unteren Querschnittsbereich
- Eingeschränkte Zugänglichkeit zum Ereignisort aufgrund von Stau und Schadgaseinwirkung (in der Ereignisröhre)

*Umsetzung von Explosivstoffen*

- Gefahr der Zündung infolge hoher kinetischer Energieeinwirkung oder hoher Wärmeeinwirkung
- Nach Zündung:
  - Äußerst starke Druckwirkung
  - Trümmerflug infolge Detonation

*Freisetzung radioaktiver Substanzen*

- Gefahr der Freisetzung infolge hoher kinetischer Energieeinwirkung oder hoher Wärmeeinwirkung
- Nach Freisetzung
  - o Strahlungswirkung im Fahrzeug
  - o Strahlungswirkung im Fahrzeug und Verkehrsraum

Unabhängig von der jeweiligen Gefahrgutfreisetzung sind folgende Gefährdungen zu erwarten

- Staubildung in beiden Fahrtrichtungen
- Ausweich- und Wendemanöver von nachfolgenden Verkehrsteilnehmern
- Gefährdung durch und für Personen, die ihr Fahrzeug verlassen
- Fahrzeuginsassen, die ihr Fahrzeug (trotz Aufforderung) nicht verlassen
- in Fahrzeugen eingeklemmte Personen, die sich nicht selbst befreien können
- Personen, die medizinische Hilfe / Versorgung benötigen
- Massenanfall von Verletzten (Beteiligung von Reisebussen)

**Mögliche Folgeereignisse**

- Auffahrkollisionen stromaufwärts vom Brandfall
- Streif- oder Auffahrkollisionen infolge von Spurwechselvorgängen
- weitere Kollisionen durch Wendemanöver im Tunnel
- Übergreifen eines Brandes auf andere Kfz (Feuerübersprung)
- Schäden an der Tunnelinfrastruktur

---

<sup>3</sup> Flüssiggas ist ca. 1,5 - 2,1-mal schwerer als Luft und verhält sich daher wie eine Flüssigkeit (Schwergasverhalten). Es sammelt sich und fließt in tiefer gelegenen Bereiche wie z. B. Schächte

**Möglichkeiten / Einrichtungen zur Erkennung eines Ereignisses (Detektion)**

- Videoüberwachung / -detektion
- Brandmeldeanlage (Linienbrandmelder, Handfeuermelder)
- Ereignismeldung durch Tunnelnutzer
- Sichttrübungsmessung (Brandvoralarm)
- Verkehrsdetektion

**Möglichkeiten zur Ereignismeldung durch Tunnelnutzer**

- Notrufkabinen in den Tunnelaußenwänden mit Anbindung an die Verkehrs- und Betriebszentrale (VBZ) Südbayern
- Notrufsprechstellen in den Portalbereichen mit Anbindung an die VBZ Südbayern
- Notruf 110 über Mobiltelefon an die Polizeieinsatzzentrale (PEZ)
- Notruf 112 über Mobiltelefon an die Integrierte Leitstelle (ILS)
- Meldung eines Brandalarms durch Betätigung des Handfeuermelders an die Tunnelbetriebszentrale (VBZ)
- Meldung eines Alarms durch Feuerlöscherentnahme an die Tunnelbetriebszentrale (VBZ)

**Sicherungsmaßnahmen / Selbstrettung durch Tunnelnutzer**

- Einschalten der Warnblinkanlage
- Sicherung der Ereignisstelle durch beteiligte Personen
- Leistung von „Erster Hilfe“ soweit möglich
- Aufnahme der Brandbekämpfung mittels Handfeuerlöscher falls möglich
- Verlassen der Ereignisröhre über die nächstgelegenen Notausgänge in die Nachbarröhre bzw. über die Portale
- gegenseitige Hilfeleistung bei der Flucht in sichere Bereiche
- Befolgung der von den Operatoren in der VBZ über Sprechstellen, Lautsprecher und Verkehrsfunk übermittelten Verhaltensanweisungen

**Technische Hilfeleistung / Fremdrettung durch Einsatzdienste**

- Zufahrt über beide Richtungsfahrbahnen bis zum Brandort / Ereignisort
- Absicherung der Unfallstelle / Ereignisstelle
- Löschen eines Brandes / Brandbekämpfung
- Rettung und Bergung von Personen
- Transport von Verletzten in umliegende Krankenhäuser per Rettungswagen
- Auffangen auslaufender Flüssigkeiten
- Abtransport der Unfallfahrzeuge

**Betriebliche Maßnahmen**

- Entgegennahme von Notrufen aus Notrufeinrichtungen und Übermittlung von Verhaltensanweisungen an den Meldenden
- Aufzeichnung und Auswertung von Bildsequenzen aus Videoüberwachung
- Evakuierung aller Tunnelnutzer einleiten
- Durchsagen von Verhaltensanweisungen an Tunnelnutzer über Lautsprecheranlage bzw. durch Einsprechen in den Verkehrsfunk
- Schaltung der Beleuchtungsanlage auf höchste Beleuchtungsstufe
- Aktivierung der Orientierungsbeleuchtung
- Aktivierung des Programms zur Lüftungssteuerung im Brandfall
- Aktivierung der Brandbekämpfungsanlage
- Auffangen von Löschwasser und Schadflüssigkeiten im Havariebecken
- Ruf eines Abschleppunternehmens



- Aufräumen und Säuberung des Ereignisorts durch Betriebsdienst
- Begutachtung von Schäden am Bauwerk oder an der Technik
- Prüfung und fachgerechte Entsorgung von Löschwasser und Schadflüssigkeiten aus dem Havariebecken
- Freigabe entsprechend den Vorgaben im AGAP

### **Verkehrstechnische Maßnahmen**

Im Ereignisfall wird das unverzügliche Einleiten folgender Maßnahmen erforderlich:

- Geschwindigkeitsreduzierung und Gefahrenwarnung für den zufließenden Verkehr
- sofern aktiv, Aufhebung der TSF
- Sperrung beider Tunnelröhren
- Ausleitung des Verkehrs an den vorgelagerten Anschlussstellen durch Polizei / Betriebsdienst, ggf. unterstützt durch Schaltung von Anzeigen an der Verkehrsbeeinflussungsanlage

### **3.1.5 Zusammenfassung typischer Schadensszenarien**

In nachfolgender Tabelle 3 sind die typischen Schadensszenarien in ihrer unterschiedlichen Ausprägung zur Verdeutlichung der Bandbreite der möglichen Ereignisszenarien zusammenfassend dargestellt.

Nr.	Szenariotyp	Involvierte Fahrzeuge bzw. Substanzen	Schweregrad 1	Schweregrad 2	Schweregrad 3	Schweregrad 4
1.	Panne	Pkw Lkw Reisebus	Panne auf Seitenstreifen	Panne auf Seitenstreifen (z.B. eines Lkw) mit Einschränkung des rechten Fahrstreifens	Panne auf einem Fahrstreifen (auch Seitenstreifen bei Nutzung TSF)	Panne, bei der mehrere Fahrstreifen tangiert sind.
2.	Kollision (ohne Brand)	Pkw Lkw Reisebus Massenkollision	leichte Kollision mit Tunnelwand  Leichte Auffahrkollision	Auffahrkollision  Schwere Auffahrkollision	Streif- und Frontalkollision **, schwere Auffahrkollision oder Kollision mit Tunnelwand  Frontalkollisionen **, Auffahrkollisionen und Kollisionen mit Tunnelwand	Schwere Frontalkollision **  Schwere Frontalkollisionen **, Auffahrkollisionen und Kollisionen mit Tunnelwand
3.	Brand (ohne Gefahrgüter gem. ADR)	Pkw Panne / Kollision Lkw Panne / Kollision Reisebus Panne / Kollision Massenkollision (Pkw, Lkw, Reisebus)	Motorenbrände bzw. kleine und einfach kontrollierbare Brände	Fahrzeugbrände bzw. mittlere und eher schwer kontrollierbare Brände	Große und schwer kontrollierbare Brände z.B. nach Kollisionen, große Behinderung durch Rauchentwicklung	Unkontrollierbare Brände, die sich auf zahlreiche andere Fahrzeuge übertragen. Rauch mit giftigem Gas vermischt.
4.	Ereignisse mit Beteiligung oder Freisetzung von Gefahrgütern gemäß ADR	Feste Stoffe (Explosivstoffe) Leichtentzündliche Flüssigkeit (Benzin) Brennbares Gas (Propan) Humantoxisches Gas (Chlor) Ökotoxische Flüssigkeit Radioaktive Substanz	Brand der Verpackung  Kleines Leck bei Durchfahrt  Kollision ohne Strahlungsfreisetzung	Abbrand  Lache ohne Zündung Leck ohne Zündung Mittleres Leck Leichte Strahlungsfreisetzung im Fahrzeug	Brand / Deflagration Lache mit Zündung, große Lache im Portalbereich Freistrahlsbrand Größeres Leck Mittlere Strahlungsfreisetzung im und um Fahrzeug	Explosion Bersten des Tankes, Großbrand BLEVE *** Großes Leck, sofortiger Ladungsverlust Schwere Strahlungsfreisetzung im Fahrraum

\*

\*\*

\*\*\*

ADR - European Agreement concerning the international carriage for dangerous goods by road

z.B. infolge von Falschfahrer

BLEVE (boiling liquid expanding vapor explosion): Gasexplosion einer expandierenden siedenden Flüssigkeit

Tabelle 1: Ereignismatrix (Quelle: BASt Heft B66)

## 3.2 Parameter / besondere Charakteristik

### 3.2.1 Grobbeurteilung der Risiken

In der RABT 2006 sind im Abschnitt 0.4 verschiedene wesentliche Parameter aufgeführt, die die Sicherheit für die Nutzer beeinflussen können. Je nach Kombination und Ausbildung dieser Faktoren (z.B. Tunnellänge, Staubbildung, Stärke des Lkw-Verkehrs) kann dies ein besonderes Charakteristikum sein, durch das das Risiko für den Nutzer gegenüber einem „normalen Tunnel“ (Tunnel ohne besondere Charakteristika) erhöht ist. In diesem Fall müssen eventuell über die Richtlinien hinausgehende zusätzliche Maßnahmen, baulich oder organisatorisch, getroffen werden, um die risikoerhöhenden Faktoren zu kompensieren. Die Feststellung, ob die Charakteristika des Tunnels zu einer vertieften Überprüfung der Tunnelsicherheit führen, wird anhand des „Leitfadens für Sicherheitsbewertungen von Straßentunneln gemäß RABT 2006“ durchgeführt. In diesem Verfahren werden vereinfacht Risikokenngrößen für das Szenario Kollision und das Szenario Brand ermittelt und mit definierten Grenzwerten verglichen. Für den Tunnel Allach wurde eine Risikokenngröße von 1,61 für das Szenario Kollision und eine Risikokenngröße von 0,36 für das Szenario Brand ermittelt. Damit werden die Grenzwerte überschritten, so dass der Tunnel gemäß dem Leitfaden eine besondere Charakteristik aufweist, die eine quantitative Risikoanalyse erforderlich macht. Die Auswirkung auf die Sicherheit wurde im Rahmen einer quantitativen Risikoanalyse<sup>4</sup> überprüft und liegt der weiteren Beurteilung zugrunde.

### 3.2.2 Überprüfung der einzelnen Parameter

In nachfolgender Tabelle 2 sind alle Parameter aufgelistet, die hinsichtlich einer Überprüfung des Tunnels auf besondere Charakteristik gem. RABT bzw. EABT-80/100 Abschnitt 3.2 bzw. der EU Direktive 2004/54/EC relevant sind.

Die Überprüfung der einzelnen Parameter ergibt, dass der Tunnel Allach folgende besondere Merkmale aufweist.

- Anzahl Fahrstreifen
- Fahrstreifenbreite
- Verkehrsaufkommen je Tunnelröhre
- Hoher Lkw-Anteil
- Zugriffszeit für Einsatzkräfte der FW

Zur Steigerung der Kapazität im Tunnel Allach ist es notwendig, in Zeiten von hohen Verkehrsbelastungen den Verkehr auf 4 Fahrstreifen durch den Tunnel zu führen um die Leistungsfähigkeit in diesem Abschnitt des Münchner Autobahnringes aufrecht zu erhalten. Da die Tunnelgeometrie selbst nicht geändert (vergrößert) werden kann und damit die Fahrbahnbreite unverändert bleibt, muss hierzu der bisherige Standstreifen zur Mitnutzung freigegeben werden. Diese temporäre Standstreifenfreigabe bedingt, dass die Fahrstreifenbreiten angepasst werden müssen. Nachfolgende Abbildung 2 bzw. Abbildung 3 zeigen die bisherigen Aufteilungen (schwarz) sowie die zukünftigen nach Modernisierung/Sanierung des Tunnels (rot).

---

<sup>4</sup> Baltzer, Mayer: Tunnel Allach (BAB A99), Quantitative Risikoanalyse unter Berücksichtigung einer temporären Seitenstreifenfreigabe, Autobahndirektion Südbayern, Mai 2020

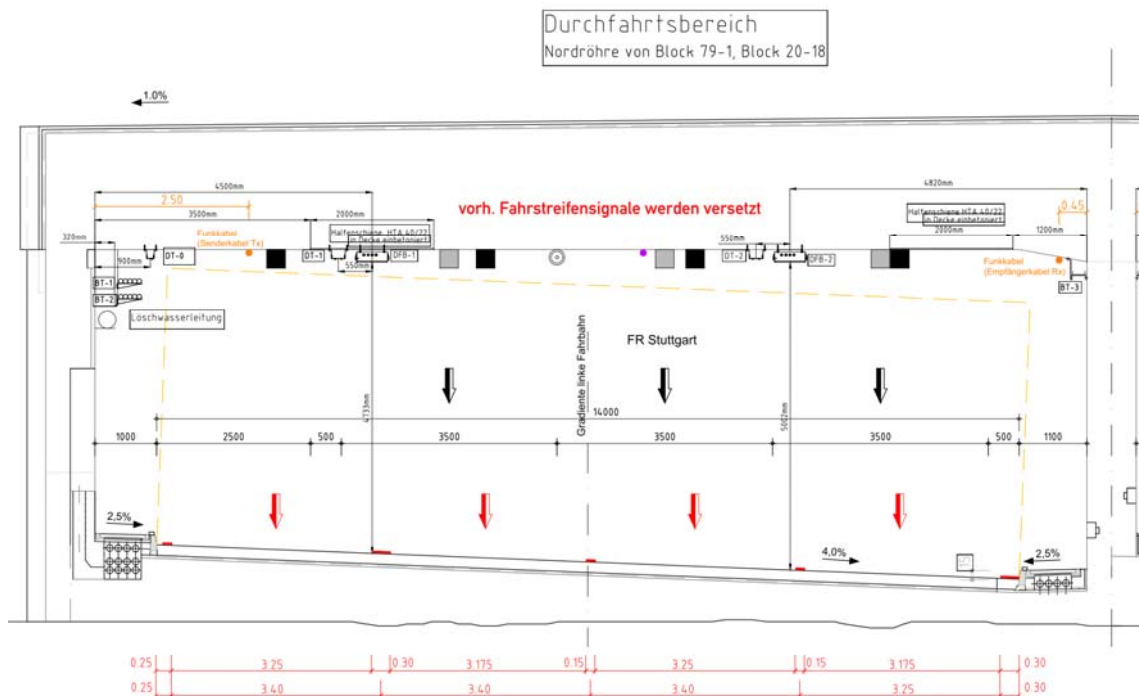


Abbildung 2: Fahrstreifenmarkierungen Tunnel Allach FR Stuttgart (Quelle: ABDS)

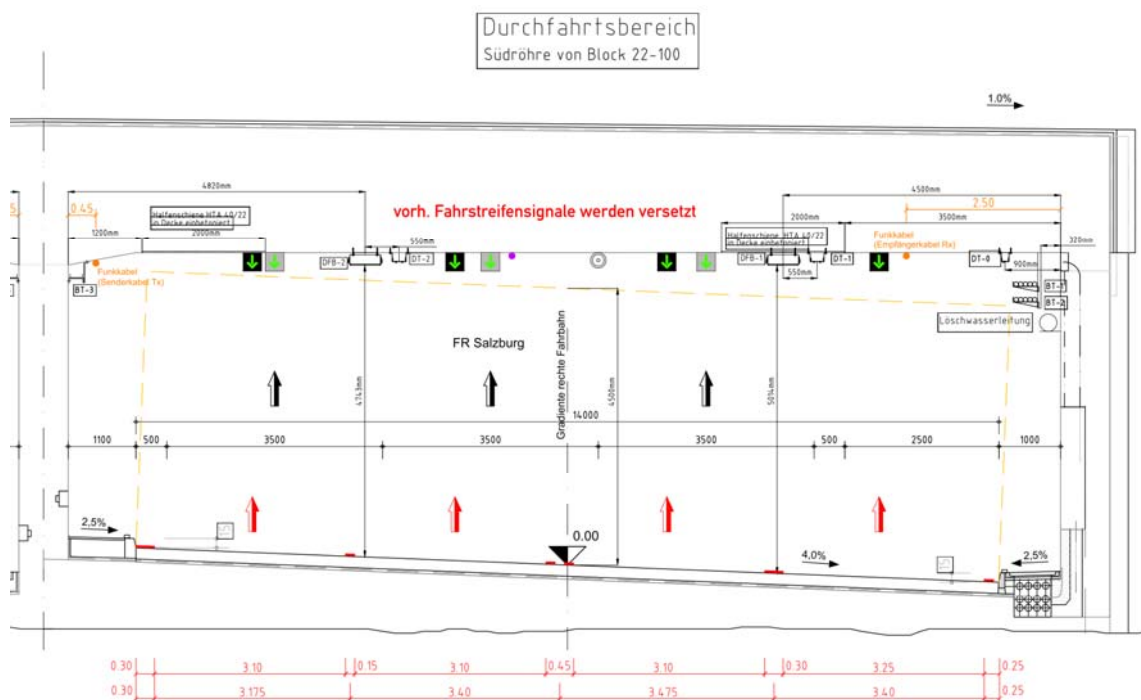


Abbildung 3: Fahrstreifenmarkierungen Tunnel Allach FR Salzburg (Quelle: ABDS)

Um den zusätzlichen Fahrstreifen nutzen zu können, sind bei einer Fahrbahnbreite von 14 m reduzierte Fahrstreifenbreiten notwendig. Die linken Fahrstreifen sind nach Umsetzen der Fahrbahnmarkierungen infolge der reduzierten Breite dann nur noch von Pkw nutzbar. Durch das allgemeine Nutzungsverbot des linken Fahrstreifens durch Lkw bei mehr als zweistreifigen Richtungsfahrbahnen ist gewährleistet, dass diese nur von Pkw genutzt werden dürfen.

Das hohe Verkehrsaufkommen, das maßgeblich für die Notwendigkeit der TSF verantwortlich ist, liegt deutlich über den durchschnittlichen Werten von Tunneln, so dass dies ein besonderes Merkmal darstellt. Auch die prozentualen Anteile der Lkw am Gesamtverkehr liegen mit Nutzung der TSF (Prognoseplanfall 2035) und ohne Nutzung der TSF (Prognosenullfall 2035) über dem Grenzwert von 15 %.

Ohne Nutzung der TSF (Prognosenullfall 2035) bestünde mit dem zukünftig erwarteten Verkehrsaufkommen die Gefahr täglicher oder saisonaler Staubildung. Bei diesem Kriterium liegt also eine Verbesserung der Verhältnisse vor.

Die Zugriffszeit, definiert als Zeit zwischen Alarmierung und Eintreffen am Einsatzort (Tunnelportal) wird durch die TSF nicht negativ beeinflusst, liegen aber über den Vorgaben (z. B. gemäß Bayerischem Feuerwehrgesetz).

Parameter		Wert	Überprüfung	Besonderes Merkmal ohne TSF	Besonderes Merkmal mit TSF
Tunnellänge		Nordröhre: 1.060 m Südröhre: 1.030 m	Mittlere Länge von Fernstraßentunnel in Deutschland beträgt ca. 977 m (Stand 2014)	Nein	Nein
Anzahl der Tunnelröhren		2	Regelausführung nach RABT für RV-Tunnel	Nein	Nein
Anzahl der Fahrstreifen		3 Fahrstreifen und Seitenstreifen, teilweise zur Befahrung genutzt	Kein Regelquerschnitt nach RABT	Ja	Ja
Fahrstreifenbreite		Ohne TSF: 3,5 m Mit TSF: 3,175 m bis 3,475 m	Regelbreite nach RABT Keine Regelbreite nach RABT	Nein	Ja
Querschnittsgeometrie		Rechteckquerschnitt	Typische Bauform bei offener Bauweise	Nein	Nein
Unterirdische Zu- und Abfahrten		Keine, in FR Salzburg am AD München Allach Zusammenführung und Einzug einer Fahrspur kurz vor dem Tunnel	Keine besondere Gefährdung	Nein	Nein
Trassierung	Längsneigung	s = max. 2,5 %	$s \leq 3\%$ (nach RABT)	Nein	Nein
	Querneigung	q = 2,5-4,0 %	$q \geq 2,5\%$ (nach RABT)	Nein	Nein
	Mindestradius	FR Nord: $R_{\min} = 3.500$ m FR Süd: $R_{\min} = 3.500$ m	$R_{\min} \geq 900$ m	Nein	Nein
	Kuppenhalbmesser	$H_K \geq 40.000$ m	$H_K \geq 13.000$ m	Nein	Nein
	Wannenhalbmesser	$H_W \geq 5.000$ m	$H_W \geq 4.400$ m	Nein	Nein
	Haltesichtweite	$S_h \geq 110$ m	$S_h \geq 110$ m	Nein	Nein
	Portalausrichtung	Nord - Süd	Länge Adaptionsstrecke Erkennbarkeit von Verkehrszeichen	Nein	Nein
Bauart		Offene Bauweise	Typische Bauweise bei geringen Überdeckungen	Nein	Nein
Richtungsverkehr oder Gegenverkehr		Richtungsverkehrsbetrieb	Regellösung nach RABT	Nein	Nein
Verkehrsaufkommen je Tunnelröhre (DTV <sub>w</sub> )		FR Nord (Prognosenußfall 2035): ca. 71.609 Kfz/d FR Süd (Prognosenußfall 2035): ca. 73.220 Kfz/d FR Nord (Prognoseplanfall 2035): ca. 75.502 Kfz/d FR Süd (Prognoseplanfall 2035): ca. 77.607 Kfz/d	Im Vergleich zu anderen Tunneln in Deutschland sehr hohes Verkehrsaufkommen	Ja	JA (Steigerung durch TSF)

Parameter	Wert	Überprüfung	Besonderes Merkmal ohne TSF	Besonderes Merkmal mit TSF
Gefahr täglicher oder saisonaler Staubbildung (Verkehrsqualität)	Verkehrsstärke(MSV <sup>5</sup> ):  FR Nord (Prognosenullfall 2035): q = ca. 5.323 Kfz/h FR Süd (Prognosenullfall 2035): q = ca. 5.555 Kfz/h  FR Nord (Prognoseplanfall 2035): q = ca. 5.613 Kfz/h FR Süd (Prognoseplanfall 2035): q = ca. 5.888 Kfz/h	Kapazitäten <sup>6</sup> n für Betrieb mit TSF:  Ca. 6.600 Kfz/h (Mittel beider Fahrtrichtungen)  Für 3-streifigen Betrieb: 5..400 Kfz/h (Mittel beider Fahrtrichtungen)	Ja (Überlastung ohne TSF)	Nein (Verbesserung durch TSF)
Zugriffszeit der Einsatzdienste	Einsatzzeit ≤ 13 min	AGBF ≤ 9 min für Wohnungsbrände, Hilfsfrist ≤ 10 min	Ja	Ja
Anteil des Lkw-Verkehrs	Prognosenullfall 2035: Gesamt: 20,2 % FR Nord: 20,7 % FR Süd: 19,8 %  Prognoseplanfall 2035: Gesamt: 18,9 % FR Nord: 19,1 % FR Süd: 18,6 %	≤ 15 % nach RICHTLINIE 2004/54/EG	Ja	Ja
Vorkommen / Art / Anteil des Gefahrgutverkehrs	0,5 % des Gesamtverkehrsaufkommens	Grundwert 6 % des SV-Anteils	Nein	Nein
Merkmale der Zufahrtsstraßen	Keine Auffälligkeiten	-	Nein	Nein
Geschwindigkeitsbezogene Aspekte	v <sub>zul</sub> = 80 km/h bei Nutzung TSF: v <sub>zul</sub> = 60 km/h	v <sub>zul</sub> = 80 km/h	Nein	Ja (Geschwindigkeitsreduktion bei Schaltung TSF)
Geografische und meteorologische Verhältnisse	München <u>Durchschnittliche Werte</u> Niederschlag: 811 mm Regentage: 126 d/a Sonnenstunden: 4,6 h/d	-	Nein	Nein
Sonstige Merkmale	-	-		
Anmerkung: Angaben zum Verkehr sind aus der Verkehrsuntersuchung von brenner Bernard entnommen, vgl. Fußnote 6				

Tabelle 2: Prüfung auf besondere Merkmale

<sup>5</sup> Maßgebende Stündliche Verkehrsstärke (MSV)

<sup>6</sup> brenner Bernard: A 99 Autobahnring München, Sanierung des Tunnels Allach und Temporäre Seitenstreifenfreigabe (TSF) AD München-Allach bis AD München-Feldmoching, Verkehrsuntersuchung, Bericht, Autobahndirektion Südbayern, 27.05.20

## 4 Optimierung Rettungskonzepte

### 4.1 Analyse der Rettungszufahrten

Gemäß den Angaben im Alarm- und Gefahrenabwehrplan und der vorliegenden Planung bestehen folgende Anfahrtsmöglichkeiten zum Tunnel Allach:

#### **Nordröhre gesperrt**

- Anfahrt zum Westportal und über die Südröhre:
  - Autobahn A8 FR Stuttgart bis zum AK München-West, weiter über A 99 zur Südröhre
  - über Silberstraße und Betriebszufahrt mit Faltschiebetor zur südlichen Fahrbahn der A 99
- Anfahrt zum Ostportal und über die Nordröhre: über Dachauer Straße, an der AS München-Ludwigsfeld die Autobahneinfahrt in Richtung Stuttgart nehmen
- Anfahrt zum Ostportal: über die Otto-Warburg-Straßen und die Betriebszufahrt mit Faltschiebetor auf die A99 vor dem Ostportal
- Der Zugang zum Tunnel ist auch über Betriebsgebäude (Notausstieg Nordröhre) möglich

#### **Südröhre gesperrt**

- Anfahrt zum Ostportal und über Nordröhre: über Dachauer Straße, an der AS München-Ludwigsfeld die Autobahneinfahrt in Richtung Stuttgart nehmen
- Anfahrt zum Westportal und über die Südröhre:
  - Autobahn A8 FR Stuttgart bis zum AK München-West, weiter über A 99 zur Südröhre
  - über Silberstraße und Betriebszufahrt mit Faltschiebetor zur südlichen Fahrbahn der A 99
- Der Notausstieg der Südröhre befindet sich gegenüber des Betriebsgebäudes.

Der Seitenstreifen erleichtert im Normalbetrieb das Bilden einer Rettungsgasse, die den Einsatzdiensten eine schnelle Zufahrt zum Ereignisort ermöglicht. Bei Freigabe des Seitenstreifens und Rückstau infolge eines Ereignisses oder hohem Verkehrsaufkommen führen die reduzierten Fahrstreifenbreiten dazu, dass die Erreichbarkeit des Einsatzortes für die Rettungskräfte erschwert sein kann. Konfliktpotential ist daher vor allem bei aktiver TSF durch die eingeschränkten Zufahrtsmöglichkeiten in die betroffene Tunnelröhre vorhanden.

Daher muss über die Verkehrsbeeinflussungsanlage die Freigabe des Seitenstreifens aufgehoben werden, sobald sich im Tunnel eine Panne, ein Unfall oder gar ein Brand ereignet.

Bei Sperrung der nicht betroffenen Röhre (ereignisabhängig) werden Fahrzeuge die Tunnelröhre räumen bevor Einsatzkräfte am Tunnelportal angelangt sind. Sie steht dann den Einsatzkräften zur Verfügung. Der Angriff über die nicht betroffene Röhre ist bei Brandereignissen eine übliche Taktik, die bislang auch im Tunnel Allach angewendet wird. Überfahrten im Tunnel bestehen nicht, so dass Einsatzkräfte zu Fuß den Einsatzort erreichen müssen. Durch den kurzen Notausgangsabstand ist das aber deutlich erleichtert im Vergleich zu Tunneln, die nur den Mindestvorgaben der RABT entsprechen (300 m Notausgangsabstand). Durch den Angriff über die nicht betroffene Röhre hat die TSF nur eine untergeordnete Auswirkung.

### 4.2 Analyse der Umleitungsstrecken/Ausweichstrecken

Nachfolgende Abbildung 4 zeigt die Verkehrsströme durch den Tunnel Allach sowie die stark frequentierten Routen im nachgeordneten Netz für das Jahr 2024. Naturgemäß sind die größten Verkehrsströme auf der Autobahn zu beobachten, weil hier durch den Straßenquerschnitt eine große Kapazität vorhanden ist und auf der Autobahnstrecke auch übergeordnete Fahrziele erreicht werden können.



Die Feuerwehr in der Landeshauptstadt München setzt sich aus Berufsfeuerwehr und Freiwilligen Feuerwehr (FFW) zusammen. Zusätzlich sind auch Werkfeuerwehren in München angesiedelt. Die nächstgelegenen Feuerwehren in einem Radius von etwa 5 km um den Tunnel Allach sind:

- Berufsfeuerwehr München, Feuerwehrwache Pasing
- FFW Abteilung Ludwigsfeld-Fasanerie
- FFW Abteilung Allach
- FFW Langwied-Lochhausen
- FFW Moosach
- zusätzlich: Werkfeuerwehr MTU/MAN

Im Ereignisfall erfolgt üblicherweise ein Ausrücken der Berufsfeuerwehr mit zwei Löschzügen, die zu je einem der Tunnelportale fahren.

Ausgehend von der Feuerwache Pasing führt auch die kürzeste Route an den Tunnel Allach über die Autobahn A99 (Auffahrt über AK München-West) (Nordröhre ca. 12 km Anfahrt, Südröhre ca. 8 km).

Im Ereignisfall kann sich die Feuerwehr über die Verwendung von Sondersignalen (blaues Blinklicht bzw. Einsatzhorn) Vorrang verschaffen. Die hierzu notwendige Berechtigung ist über StVO § 38 Abs. 1 geregelt. Sie dürfen zur Rettung von Menschenleben und Abwendung von schweren gesundheitlichen Schäden genutzt werden. Dennoch muss auch der vorhandene Verkehr berücksichtigt werden, so dass an Knotenpunkten ein Vorankommen erschwert sein kann. Ziel ist es, aber eine Route zu nutzen, die sie möglichst schnell an den Tunnel führt. Vorrangig ist davon auszugehen, dass dies durch die Anfahrt über die Autobahn erreicht werden kann. Je nach Verkehrslage sind auch andere Anfahrtswege möglich, die aber keine schnellere Anfahrt ermöglichen.

Statistische Auswertungen der Feuerwehr zeigen, dass die reine Fahrzeit zum Tunnel (nächstgelegenes Portal) in den Jahren 2010 bis 2019 mindestens 13 min betrug. Dies liegt über den Vorgaben für Hilfsfristen, die in Bayern mit 10 min angegeben sind. Unter Berücksichtigung der Gesprächs-, Dispositions- sowie Ausrückezeit sowie der notwendigen Orientierung vor Ort muss davon ausgegangen werden, dass wirk-same Löschmaßnahmen erst 20-25 min nach der Alarmierung eingeleitet werden können.



Abbildung 4: Verkehrsbelastungen im Bereich des Tunnel Allach (Autobahn und nachgeordnetes Netz) (Quelle: ABDS)

### 4.3 Analyse der Zugriffswege im Rettungsfall

Einsätze von Einsatzkräften im Tunnel teilen sich auf in Technische Hilfeleistungen und Brandbekämpfung. Auswertungen der Einsatzkonzepte z.B. der Hamburger Berufsfeuerwehr zeigen, dass dort Einsätze zu über 99% technischen Hilfeleistungen zugeordnet sind und zu deutlich unter einem Prozent Brandereignissen. Es wird angenommen, dass diese Verteilungen grundsätzlich auch für den Tunnel Allach herangezogen werden können. Technische Hilfeleistungen, z. B. das Bergen von eingeklemmten Personen in Fahrzeugen stehen damit im Vordergrund.

Brandereignisse stellen aufgrund der damit verbunden großen Gefahren für alle Tunnelnutzer ein wesentliches Risiko dar.

Im Ereignisfall erfolgt bei Brandalarmierung in der Regel ein Ausrücken je eines Löschzuges zu den Tunnelportalen über die Autobahn. Die Anfahrtswege bis zu den Tunnelportalen werden durch die Nutzung der TSF nicht eingeschränkt. Ziel der TSF ist ja vorrangig den Verkehrsablauf im Tunnel und den angrenzenden Bereichen zu verbessern und damit Stauzeiten zu verringern. Eine Anfahrt über die Autobahn als weiterhin schnellste Route ist daher auch mit Nutzung der TSF gegeben.

Bedingt durch den langen Anfahrtsweg mit reinen Fahrzeiten von durchschnittlich 13 min kann je nach Ereignis im Tunnel die Aufhebung der TSF bereits in diesem Zeitfenster erfolgt sein und der Seitenstreifen steht zur Einfahrt zur Verfügung. Die tatsächlichen verkehrlichen Verhältnisse im Tunnel werden durch Videokameras lückenlos überwacht. Hier ist eine Abstimmung zwischen Einsatzleitung der Feuerwehr und der VBZ sinnvoll, um sich über die aktuellen Verhältnisse zu informieren.

Je nach Größe des Ereignisses werden durch die Einsatzleitung noch weitere Einsatzkräfte hinzugezogen, deren Eintreffen dann allerdings noch deutlich später erfolgt.

Vor Ort kann der Rettungseinsatz durch den fehlenden Seitenstreifen eingeschränkt sein. Die dann begrenzten Verhältnisse im Tunnel können dazu führen, dass eine direkte Einfahrt zum Ereignisort nicht möglich ist. Weitestgehend entspricht der Tunnel Allach mit aktiver TSF damit typischen Tunneln ohne Seitenstreifen, für welche die gleichen in Kapitel 3.1 Schadensszenarien auftreten können und bewältigt werden müssen. Auch im Aufgabengebiet der Feuerwehr München sind solche Tunnel vertreten. Beispielsweise ist der Richard-Strauß-Tunnel auf dem Mittleren Ring ohne Seitenstreifen in Betrieb.

Ein Angriff über die nicht betroffene Röhre ist aber in jedem Fall gegeben. Für diese Röhre wird im Rahmen eines Brandereignisses nicht nur die TSF aufgehoben, sondern sie wird automatisch gesperrt, weil sie für Personen aus der Brandröhre als Rettungsweg dient. Da die Alarmierung und Aufforderung der Personen zur Flucht zeitlich mit der Alarmierung der Feuerwehr geschieht, kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass die nicht betroffene Tunnelröhre sich bis zu deren Eintreffen leert. Parallel kann über die Ereignisröhre ein weiterer Angriff vorgenommen werden. Hier ist allerdings durch den Rückstau der Fahrzeuge am Brandherd davon auszugehen, dass eine freie Einfahrt nicht möglich ist und keine Rettungsgasse bis an den Ereignisort zur Verfügung steht. Sofern die TSF zum Ereigniszeitpunkt nicht aktiviert war, ist ggf. ein Vordringen über den Seitenstreifen möglich.

## 5 Geplante Maßnahmen zur Risikokompensation

Die Nutzung einer 4. Fahrspur unter Aufgabe des Seitenstreifens führt teilweise zu Verschlechterungen beim Sicherheitsniveau, die über verschiedene Maßnahmen kompensiert werden müssen. Nachfolgend sind wesentliche Bausteine, die zur Aufrechterhaltung des geforderten Sicherheitsniveaus bzw. Verbesserung des Sicherheitsniveaus im Tunnel Allach beitragen, dargestellt.

### Geschwindigkeitsbeschränkungen

Während des Regelbetriebs liegt die zulässige Höchstgeschwindigkeit im Tunnel bei 80 km/h. Bei Nutzung der TSF wird sie auf 60 km/h reduziert. Durch die Geschwindigkeitsreduktion wird eine Reduktion der Unfallrate erwartet, was direkt das Kollisions- und Brandrisiko senkt. Mit einer reduzierten Geschwindigkeit besteht eine höhere Wahrscheinlichkeit, z.B. verlorener Ladung noch rechtzeitig ausweichen zu können. Die kinetische Aufprallenergie nimmt ebenfalls ab, was die Schwere von Unfällen reduziert.

### Beleuchtungsanpassung

Mit der Nutzung von bis zu 4 Fahrstreifen im Tunnel wird es notwendig, die Beleuchtung im Tunnel anzupassen, dass auch im Bereich der TSF ausreichende Lichtverhältnisse vorherrschen. Hierzu ist die Installation einer zusätzlichen 3. Leuchtenreihe vorgesehen. Mit diesen Maßnahmen werden die Anforderungen der Regelwerke umgesetzt. Zur weiteren Sicherheitserhöhung wird der Tunnel insgesamt mit einer höheren Leuchtdichte ausgestattet (erhöhtes Niveau einer Pannenbucht).

Als weiteres Element zur Verbesserung der Beleuchtungsverhältnisse wird die Tunnelwand entsprechend den Vorgaben in den EABT auf einer Höhe von 3 m aufgehellert.

### Verkehrstechnische Anpassungen

Gemäß den RABT ist der Tunnel mit einer erweiterten Ausstattung zu betreiben. Auch die Signalisation zur Seitenstreifenfreigabe erfordert u.a. Dauerlichtzeichen. Wegen der Nutzung des Seitenstreifens als zusätzlichen Fahrstreifen werden die bisherigen Fahrstreifenbreiten angepasst und die Dauerlichtzeichen über den jeweiligen Fahrstreifen angeordnet. Um die Erkennbarkeit zusätzlicher Wechselverkehrszeichen bei Nutzung aller Fahrstreifen im Tunnel zu gewährleisten, werden sie überkopf angeordnet. Aufgrund der geringen lichten Höhe des Querschnitts ist dies nur in den Lüfternischen möglich. Jeweils 2 Querschnitte sind hierzu in den Tunnelröhren vorgesehen.

### Brandbekämpfungsanlage

Aufgrund der weiten Anfahrtswege sind für die Feuerwehr lange Anfahrtszeiten zu verzeichnen. Auswertungen der Feuerwehr zeigen, dass alleine die Anfahrt zum nächstgelegenen Tunnelportal über 13 min dauert. Bis die Fremdrettung im Tunnel Allach wirksam erfolgen kann, vergeht daher relativ viel Zeit. Wirksame Löschmaßnahmen sind somit erst nach 20-25 min zu erwarten.

Damit können sich Brandereignisse schon sehr weit bis hin zu einem Vollbrand entwickelt haben. Neben der Gefährdung von Tunnelnutzern gefährden Brandereignisse auch die Tunnelkonstruktion mit seinen Einbauten. Notwendige Sperrungen zur Sanierung von Fahrbahn, Tunnelwände und -decke sowie der betriebstechnischen Ausstattung können einen langen Zeitraum umfassen. Mit der Nutzung einer Brandbekämpfungsanlage, die frühzeitig (zeitgleich mit der Brandventilation) aktiviert wird, werden die Zeit bis zum Löschangriff der Feuerwehr überbrückt und die Auswirkungen von Bränden auf den Tunnel stark minimiert. Dadurch reduzieren sich die Ausfallzeiten und die Verfügbarkeit des Tunnels wird gesteigert.

Im Gegensatz zur Brandventilation bieten stationäre Brandbekämpfungseinrichtungen die Möglichkeit, direkt Einfluss auf die Ursache der Gefährdung, den Brand selbst, zu nehmen. Stellvertretend für verschiedene Systeme wurde im Rahmen der Risikoanalyse eine Hochdruckwassernebelanlage untersucht.

Wesentliche sicherheitserhöhende Eigenschaften sind dabei:

- Sofortige Kühlung durch den Einsatz von fein verteiltem Wasser, was zu einer Temperaturreduktion führt
- Bindung von Rauchgaspartikeln, die sich nicht mehr im Tunnelraum ausbreiten können
- Reduktion der Energiefreisetzung und damit auch der freigesetzten Rauchgasmenge

Die reduzierte Temperatureinwirkung führt zu Vorteilen während der Selbstrettungsphase, aber auch für die Fremdrettungskräfte, die schneller zum Brandherd gelangen können. Dies kann zumindest teilweise die langen Anfahrtszeiten kompensieren.

Zusätzlich wird durch die Kühlung der Tunnelschale, besonders der Tunneldecke eine Begrenzung von Schäden an der Bauwerksstruktur und der technischen Ausstattung erreicht. Zudem kann die Brandausbreitung inklusive Feuerüberschlag auf weitere Fahrzeuge im Einflussbereich des Brandes verhindert werden, was gerade in Tunneln mit hohem Lkw-Aufkommen ansonsten eine zusätzliche Gefährdung bedeuten kann.

#### **Tunnelventilation**

Durch die TSF wird eine Modifikation der Lüftungsanlage notwendig. Entsprechend des hierzu erstellten Lüftungsgutachtens werden die bisherigen Strahlventilatoren gegen leistungsstärkere ausgetauscht und eine zusätzliche Lüftergruppe installiert. Je Röhre sind dann 20 Strahlventilatoren vorhanden, die in 5 Gruppen mit 4 jeweils Ventilatoren in den vorhandenen Tunnelvouten angeordnet werden. Zusätzlich wird eine Brandbeständigkeit bis 400 °C vorgesehen, um die Anforderungen der RABT bzw. EABT-80/100 zu erfüllen.

#### **Videodetektion (= "verkürzte" Detektion)**

Zur Branderkennung ist der Tunnel mit linienhaften Brandmeldern an der Decke ausgestattet. Die RABT / EABT fordern eine Branderkennung innerhalb von 60 sec. Moderne Videodetektionssysteme sind in der Lage, Brände deutlich schneller zu erkennen; in der Regel in weniger als 30 Sekunden. Dieser Wert von 30 Sekunden ist auch in der Risikoanalyse zur Nutzung einer TSF für die Detektion von Brandereignissen angesetzt. Die Videodetektion wird auch mit einer Störfallerkennung ausgestattet, so dass liegengebliebene Fahrzeuge oder verlorene Ladung automatisch erkannt werden können.

#### **Löschwasserentnahmestellen**

Die Löschwasserentnahmestellen im Tunnel befinden sich in den Feuerlöschnischen an der äußeren Tunnelwand. Die Zugänglichkeit zu den Entnahmestellen ist während der Seitenstreifenfreigabe bei aufgestautem Verkehr auf dem Seitenstreifen eingeschränkt, da nur wenig Freiraum zwischen Tunnelwand und auf dem Seitenstreifen stehenden Lkw zum Öffnen der Nischentüre besteht. Sie haben derzeit einen Abstand von 60 m bis 180 m, werden aber im Zuge der Sanierung auf einen Abstand von durchgängig 60 m verdichtet.

## 6 Ergebnisse der quantitativen Risikoanalyse

Die im obigen Abschnitt beschriebenen zusätzlichen Maßnahmen, dort insbesondere die Verkürzung der Detektionszeit auf 30 Sekunden in Kombination mit dem vorhandenen kurzen Notausgangsabstand von 60 m führen zu deutlichen Sicherheitsgewinnen hinsichtlich der Auswirkungen von Brandereignissen. Sie sind geeignet, die Risikosteigerungen während der aktiven TSF infolge von Unfällen mit und ohne Brände zu kompensieren.

TSF Tunnel Allach	Schadenerwartungswerte [Getötete/Jahr]			
	Unfall	Brand infolge Un- falls	Brand infolge Defekts	Gesamt
Referenzfall Tunnel Allach (ohne TSF) *	0,1509	0,0127	0,0282	0.1918
Nullfall Tunnel Allach mit TSF (60s Detektionszeit) **	0,1681	0,0161	0,0338	0.2180
Planfall 1 Tunnel Allach mit TSF (verkürzte Detektion) ***	0,1681	0,0005	0,0011	0.1698
Planfall 2 Tunnel Allach mit TSF (verkürzte Detektion und ABBA) ****	0,1681	0,0005	0,0011	0.1698

\* Bestandstunnel

\*\* Tunnel nach RABT/EABT

\*\*\* Bestandstunnel nach RABT/EABT nachgerüstet, jedoch mit verkürzter Detektionszeit

\*\*\*\* Bestandstunnel nach RABT/EABT nachgerüstet, jedoch mit verkürzter Detektionszeit und ABBA

Tabelle 3: Schadenerwartungswerte (Quelle: Tunnel Allach (BAB A99) Quantitative Risikoanalyse unter Berücksichtigung einer temporären Seitenstreifenfreigabe, 12.05.20)

Der Gesamtschadenerwartungswert liegt im Planfall 1 und 2 bei 0,1698 Toten pro Jahr ( $\approx 1$  Toter alle 6 Jahre) und liegt damit unter den Werten des Bestandstunnels und eines gemäß RABT/EABT ausgestatteten Tunnels mit TSF.

Hinsichtlich der Brandbekämpfungsanlage sind keine signifikanten weiteren Sicherheitsgewinne für die Personenrisiken in der Selbstrettungsphase festzustellen. Dies liegt maßgeblich am bereits vorhandenen Sicherheitsniveau durch die verkürzte Detektionszeit (Planfall 1). Das bedeutet aber nicht, dass die Installation einer Brandbekämpfungsanlage keine sinnvolle Maßnahme für den Tunnel darstellt. Bedingt durch die Lage des Tunnels muss auch mit einem auf die Verkehrslage abgestellten Rettungskonzept davon ausgegangen werden, dass Rettungskräfte erst spät wirksam in die Brandbekämpfung und damit auch in die Fremdrettung von Personen eingreifen können.

Die durchgeführten Simulationen zeigen, dass die Brandbekämpfungsanlage wirkungsvoll die Energiefreisetzung und damit die Rauchgas- und Temperaturentwicklung im Tunnel beeinflussen kann. Damit ist zum einen zu erwarten, dass wertvolle Zeit bis zum Eintreffen der Feuerwehr gewonnen und zum anderen Feuerüberschläge von Fahrzeug zu Fahrzeug und damit hohe Energiefreisetzungen weitgehend vermieden werden. Großräumige Beschädigungen an der Fahrbahn, an der Tunnelkonstruktion, hier vor allem an der Tunneldecke, und an den vorhandenen Ausstattungselementen können vermieden werden. Sperrzeiten infolge erforderlicher Sanierungsmaßnahmen lassen sich deutlich reduzieren.

Der Autobahnring um München ist hochfrequentiert und selbst kurze Sperrungen führen zu großen Belastungen im nachgeordneten Netz. Damit einher gehen Reisezeitverluste. Mit einer Brandbekämpfungsanlage kann die Verfügbarkeit des Tunnels Allach auch nach Brandereignissen erhöht und damit auch die Einschränkungen für das nachgeordnete Netz reduziert werden.

Im Gesamten unterschreitet das Tunnelrisiko unter Berücksichtigung der sicherheitserhöhenden Maßnahmen und der Ausstattung gemäß Planfall 1 bzw. 2 den Referenzwert um 11 %. **Der Tunnel kann dadurch in der geplanten zukünftigen Form sicher betrieben werden.**

## 7 Zusammenfassung und Fazit

Aufgrund der gegebenen geometrischen Bedingungen im Tunnel Allach ist eine Bewältigung des derzeitigen und zukünftigen Verkehrsaufkommens nur mit einer temporären Seitenstreifenfreigabe möglich.

Im Normalbetrieb ohne aktive TSF erfüllt der Seitenstreifen mehrere sicherheits erhöhende Funktionen. Zum einen besteht die Möglichkeit, dass Fahrzeuge bei Problemen auf den Seitenstreifen geleitet werden können, so dass die Auswirkungen durch liegengebliebene Fahrzeuge minimiert sind. Zudem können Ereignisdienste über den Seitenstreifen frei und schnell an den Ereignisort gelangen. Das gilt auch dann, wenn sich die Gefährdung auf den befahrenen Fahrstreifen befindet.

Derzeit wird davon ausgegangen, dass für die FR Salzburg zukünftig in bis zu 40 % und in FR Lindau/Stuttgart in bis zu 43 % im Jahr eine TSF erforderlich wird. Das bedeutet, dass das bisherige Rettungskonzept mit der Nutzung des vorhandenen Seitenstreifens nur noch eingeschränkt genutzt werden kann.

Für die Nutzung der TSF sind zahlreiche sicherheits erhöhende Maßnahmen zur Risikokompensation vorgesehen. Sie umfassen sowohl präventive Maßnahmen wie z.B. reduzierte Geschwindigkeiten aber auch reaktive Maßnahmen wie z.B. eine Videodetektion mit Störfall und Branderkennung und eine Brandbekämpfungsanlage. **Die getroffenen Maßnahmen führen dazu, dass der Tunnel sicher entsprechend der Anforderungen der gültigen Regelwerke (RABT / EABT) betrieben werden kann.**

Um im Ereignisfall die mit der TSF verbunden Risiken zu minimieren, sollte eine aktive TSF umgehend durch die VBZ zurückgenommen werden, damit möglichst schnell wieder die Verhältnisse des Regelbetriebs erreicht werden. Dann steht ein Seitenstreifen wieder zur Verfügung und kann von Einsatzkräften genutzt werden. In den Fällen mit (noch) aktiver Seitenstreifenfreigabe müssen angepasste Angriffstrategien verfolgt werden. Abhängig vom Ereignistyp werden unterschiedliche Strategien notwendig. Die vorhandenen Rettungskonzepte der Münchener Feuerwehr für Tunnel mit und ohne Seitenstreifen sind grundsätzlich geeignet, um auch im Tunnel Allach die typischen Schadensszenarien zu bewältigen. Durch den kurzen Notausgangsabstand von 60 m bestehen gegenüber Regelabstand von 300 m eher günstige Verhältnisse. Sinnvoll ist hierbei ein Angriff über die nicht betroffene Röhre, was dem üblichen Vorgehen in vergleichbaren Tunneln entspricht.

Problematisch für den Tunnel Allach sind unabhängig von einer aktiven TSF allerdings auch die langen Anfahrtszeiten für die Feuerwehr. Üblicherweise erfolgt die Anfahrt über die Autobahn, was in aller Regel den schnellsten Anfahrtsweg bedeutet. Auswertungen der Feuerwehr zeigen jedoch, dass die durchschnittliche Anfahrtsdauer zum nächstgelegenen Tunnelportal über 13 min benötigt. Dies führt dazu, dass wirksame Löschmaßnahmen erst 20-25 min nach Alarmierung eingeleitet werden können. Für Brander Ereignisse stellt dies eine besondere Gefährdung dar, weil sich in dieser Zeit ein Vollbrand entwickeln kann, der abhängig von der Energie- und Rauchgasfreisetzung ein großes Gefahrenpotential für Tunnelnutzer und das Bauwerk selbst bedeuten kann. Die damit verbundenen Risiken werden durch den Einbau einer automatischen Brandbekämpfungsanlage, deren Funktion mit der Detektion eines Brandes verknüpft ist, minimiert.