

TRAM Westtangente

Projektteil UVR

München

05. Juli 2023

Projekt-Nr. 2019009

Bericht-Nr.

2019009-SCBE-075-BSK-Stufe 2

Auftrag der

SWM – Stadtwerke München GmbH

Emmy-Noether-Straße 2

80992 München

an die

STUVAtec

Studiengesellschaft für

Tunnel und Verkehrsanlagen mbH

Mathias-Brüggen-Straße 41

50827 Köln

Unterlage 9.1b
Brandschutzkonzept, Stufe 2

Änderungsdienst

| Index | Datum | Änderung | Verfasser |
|-------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 01 | 14.01.2022 | Erstellung BSK, Stufe 2 | STUVAtec GmbH |
| 02 | 10.02.2022 | Fortschreibung BSK aufgrund des Gespräches mit Dr. Jaspers am 08.02.2022 | STUVAtec GmbH |
| 03 | 22.02.2022 | Hinweise von Herrn Rehm vom 21.02.2022 | STUVAtec GmbH |
| 04 | 06.03.2022 bis 09.04.2022 | Sonstige Änderungen/Ergänzungen z. B. Notrufsprechstellen | STUVAtec GmbH |
| 05 | 17.07.2022 | MRA und NEA | STUVAtec GmbH |
| 06 | 07.08.2022 | Hinweise Dr. Jaspers | STUVAtec GmbH |
| 07 | 15.08.2022 und 22.08.2022 | Herr Pfütznier zur Stromversorgung | STUVAtec GmbH |
| 08 | 23.08.2022 | Hinweise von Herrn Pfütznier und Herrn Rees | STUVAtec GmbH |

| | | | |
|----|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 09 | 01.06.2023 | Anhang 19.13: Bemessungs- brandbewertung für E-Busse Anhang 19.14 Bemessungs- brand Avenio NEA, Rauch- schürze, FIZ | STUVatec GmbH |
| 10 | Vom 18.06. bis 04.07. 2023 | Anhang 19.12: Bemessungs- brandbewertung für E-Busse Anhang 19.13 Bemessungs- brand Avenio Hinweise von Herrn Pfützner, SWM und Herrn Rees, LHM | STUVatec GmbH |

1 Inhalt

| | | |
|-------|------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Inhalt..... | 4 |
| 1.1 | Begriffe..... | 10 |
| 1.2 | Abkürzungsverzeichnis..... | 10 |
| 2 | Zweck der Beauftragung/Vorbemerkungen..... | 11 |
| 3 | Beurteilungsgrundlagen..... | 13 |
| 3.1 | Angewandte gesetzliche Vorschriften, Richtlinien und Normen..... | 13 |
| 3.2 | Angewandte Richtlinien der Stadtwerke München..... | 16 |
| 3.3 | Orts- und Besprechungstermine..... | 16 |
| 3.4 | Verwendete Pläne und Unterlagen..... | 16 |
| 3.5 | Angewandte Berechnungsverfahren und Simulationen..... | 20 |
| 3.5.1 | Räumungsberechnung..... | 20 |
| 3.5.2 | Rauchausbreitungssimulation (Brandsimulation)..... | 21 |
| 4 | Sach- / Planstandsfeststellung..... | 21 |
| 4.1 | Grundstück..... | 21 |
| 4.1.1 | Angrenzende Gebäude / Gebäudeabstände auf dem Grundstück..... | 21 |
| 4.1.2 | Erschließung / Zugänglichkeit, Flächen für die Feuerwehr..... | 21 |
| 4.1.3 | Rettungswege auf dem Grundstück..... | 21 |
| 4.2 | Objektdateien..... | 21 |
| 4.3 | Objektbeschreibung..... | 22 |
| 4.4 | Nutzung..... | 23 |
| 4.4.1 | Nutzung der Gebäudeteile..... | 23 |
| 4.4.2 | Nutzung der Räume..... | 23 |
| 4.4.3 | Bahnsteige..... | 24 |
| 4.4.4 | Kreuzungsbauwerke..... | 24 |
| 5 | Brandgefahren, Schutzziele und Risikobewertung..... | 24 |

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1 | Vorgehensweise | 24 |
| 5.2 | Besondere Schutzziele | 25 |
| 5.3 | Risikobewertung..... | 26 |
| 5.3.1 | Allgemein..... | 26 |
| 5.3.2 | Zuständige Behörde..... | 27 |
| 5.4 | Brandszenarien | 27 |
| 6 | Einsatzwert der örtlich zuständigen Feuerwehr | 29 |
| 7 | Baulicher Brandschutz | 29 |
| 7.1 | Brand- und Brandbekämpfungsabschnitte | 29 |
| 7.2 | Rauchabschnitte | 29 |
| 7.3 | Räume mit erhöhter Brandgefahr | 29 |
| 7.4 | Tragende, aussteifende und raumabschließende Umfassungsbauteile..... | 30 |
| 7.4.1 | Außenwände..... | 30 |
| 7.4.2 | Dächer..... | 30 |
| 7.4.3 | Innenwände | 30 |
| 7.4.4 | Decken | 30 |
| 7.4.5 | Pfeiler, Stützen..... | 30 |
| 7.5 | Nichttragende, raumabschließende Umfassungsbauteile..... | 31 |
| 7.5.1 | Außenwände / Fassaden..... | 31 |
| 7.5.2 | Innenwände | 31 |
| 7.5.3 | Unterdecken | 31 |
| 7.5.4 | Doppelböden | 31 |
| 7.6 | Bauprodukte in / an raumabschließenden Bauteilen | 31 |
| 7.6.1 | Brandschutztüren | 31 |
| 7.6.2 | Rauchschutztüren..... | 31 |
| 7.6.3 | Bauaufsichtlich zugelassene Feststelleinrichtungen..... | 31 |
| 7.6.4 | Lichtkuppeln und Lichtbänder | 31 |

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------|----|
| 7.6.5 | Verglasungen | 32 |
| 7.6.6 | Verkleidungen für Wände und Decken, Bodenbeläge | 32 |
| 7.6.7 | Dämmstoffe | 32 |
| 7.6.8 | Dehnungsfugen..... | 32 |
| 7.6.9 | Schottungen | 33 |
| 8 | Rettungswegkonzept..... | 33 |
| 8.1 | Rettungswegführung und -bemessung..... | 33 |
| 8.2 | Personenstromanalyse..... | 33 |
| 8.2.1 | Einholung oder Ermittlung der Personenzahlen | 33 |
| 8.2.2 | Räumungsnachweis..... | 34 |
| 8.3 | Nachweis der Rauchfreihaltung | 36 |
| 8.3.1 | Bemessungsbrand für einen Trambrand..... | 36 |
| 8.3.2 | Bemessungsbrand für einen Busbrand..... | 36 |
| 8.3.3 | Allgemeine Nachweisführung | 37 |
| 8.3.4 | Nachweis der Rauchfreihaltung für die Selbstrettungsphase..... | 37 |
| 8.3.5 | Nachweis der Rauchfreihaltung in der Fremdrettungsphase | 38 |
| 8.4 | Anforderungen Rettungswege | 38 |
| 8.4.1 | Grundanforderungen | 38 |
| 8.4.2 | Anforderung an Ladenpassagen | 40 |
| 8.4.3 | Rettungswege für besondere Personengruppen..... | 40 |
| 8.4.4 | Flure / Vorräume / Schleusen..... | 40 |
| 8.4.5 | Treppenträume / Festtreppen..... | 40 |
| 8.4.6 | Sicherheitstreppenträume | 40 |
| 8.5 | Kennzeichnung der Rettungswege / Rettungswegleitsystem | 41 |
| 9 | Aufzugsanlagen und Fahrtreppen..... | 42 |
| 9.1 | Personenaufzüge | 42 |
| 9.2 | Feuerwehraufzüge | 42 |

| | | |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.3 | Lastenaufzüge | 42 |
| 9.4 | Fahrtreppen und Fahrsteige | 42 |
| 10 | Elektrische Leitungsanlagen und Anlagen sowie Rohrleitungsanlagen | 42 |
| 10.1 | Elektrische Leitungen | 42 |
| 10.1.1 | Einzelne und gebündelte Leitungen | 42 |
| 10.1.2 | Kabeltragkonstruktionen | 43 |
| 10.1.3 | Installationskanäle/-schächte | 43 |
| 10.1.4 | Kabelabschottungen | 44 |
| 10.1.5 | Blitzschutz | 44 |
| 10.1.6 | Oberleitungen | 44 |
| 10.2 | Elektrische Anlagen | 44 |
| 10.2.1 | Videoüberwachungsanlage | 44 |
| 10.2.2 | Strom- / Ersatzstromversorgung | 44 |
| 10.2.3 | Notbeleuchtung / Sicherheitsbeleuchtung | 45 |
| 10.3 | Rohrleitungsanlagen | 45 |
| 10.3.1 | Offene und geschlossene Rohrleitungsanlagen | 45 |
| 10.3.2 | Dämmung von Rohrleitungsanlagen | 45 |
| 10.3.3 | Schottung von Rohrleitungsanlagen | 45 |
| 11 | Lüftungsanlagen | 46 |
| 12 | Heizungsanlagen | 46 |
| 13 | Anlagentechnischer Brandschutz | 46 |
| 13.1 | Notruffeinrichtungen | 46 |
| 13.2 | Automatische Brandmeldeanlage | 47 |
| 13.3 | Anderweitige Gefahrenmeldeanlagen | 49 |
| 13.4 | Alarmierungsanlagen | 49 |
| 13.5 | Löschanlagen | 51 |
| 13.5.1 | Sprinkleranlage | 51 |

| | | |
|--------|--------------------------------------------------------------|----|
| 13.5.2 | Küchenlöschanlagen | 51 |
| 13.6 | Anlagen zur Rauchfreihaltung | 51 |
| 13.6.1 | Allgemeines | 51 |
| 13.6.2 | Natürliche Entrauchung | 51 |
| 13.6.3 | Maschinelle Entrauchung (MRA) | 51 |
| 13.6.4 | Druckbelüftung | 54 |
| 13.7 | Objektfunkanlage (BOS-Funk) | 54 |
| 14 | Maßnahmen beim Eindringen von brennbaren Flüssigkeiten | 55 |
| 15 | Maßnahmen zur Brandbekämpfung..... | 55 |
| 15.1 | Einrichtungen zur Selbsthilfe..... | 55 |
| 15.1.1 | Trag- und fahrbare Feuerlöscher | 55 |
| 15.1.2 | Wandhydranten an nassen Steigleitungen | 56 |
| 15.2 | Einrichtungen für die Feuerwehr | 56 |
| 15.2.1 | Wandhydranten an nassen Steigleitungen | 56 |
| 15.2.2 | Entnahmestellen an trockenen Steigleitungen..... | 56 |
| 15.2.3 | Löschwasserversorgung | 56 |
| 15.2.4 | Feuerwehr-Schlüsseldepot | 56 |
| 15.2.5 | Flächen für die Feuerwehr..... | 57 |
| 15.2.6 | Feuerwehrstützpunkt | 57 |
| 16 | Prüfungen technischer Anlagen und Einrichtungen | 58 |
| 17 | Organisatorischer Brandschutz..... | 58 |
| 17.1 | Verantwortlichkeiten und Aufgabenverteilung..... | 58 |
| 17.2 | Flucht- und Rettungspläne | 59 |
| 17.3 | Feuerwehrpläne nach DIN 14095 | 59 |
| 17.4 | Brandschutzordnung nach DIN 14096 | 59 |
| 17.5 | Notfallmanagement und Gefährdungsanalyse..... | 60 |
| 18 | Zusammenfassung..... | 60 |

| | | |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 18.1 | Abweichungsanträge..... | 60 |
| 18.2 | Abweichungen von geltenden Vorschriften und Kompensationsmaßnahmen..... | 61 |
| 18.3 | Planungsvorgaben zur Ausführungsplanung | 61 |
| 18.4 | Unterschrift des Erstellers..... | 61 |
| 19 | Anhänge..... | 62 |
| 19.1 | Schnittstellenplan | 62 |
| 19.2 | Brandschutzpläne | 62 |
| 19.3 | Pläne der Brandabschnitte | 62 |
| 19.4 | Räumungssimulation mit ASERI..... | 62 |
| 19.5 | Räumungsberechnung für ein Tram-Szenario | 62 |
| 19.6 | Räumungsberechnung für verschiedene Szenarien mit Trams und Bussen..... | 62 |
| 19.7 | Entrauchungsgutachten von Kersken+Kirchner (Stand 01.02.2022) | 62 |
| 19.8 | Vorab-Einschätzung der Branddirektion München zum Verzicht auf den Nachweis einer raucharmen Schicht für die Fremdrettungsphase nach TRStrab Brandschutz..... | 62 |
| 19.9 | Bewertung verschiedener Bemessungsbrände für den Verrauchungsnachweis | 62 |
| 19.10 | Risikoanalyse des TÜV zum Mischverkehr Tram/Bus | 62 |
| 19.11 | Verzicht auf eine Notbremsüberbrückung der Tramfahrzeuge | 62 |
| 19.12 | Qualitative Bemessungsbrandbewertung für die E-Busse | 62 |
| 19.13 | Bemessungsbrandsimulation Avenio-TRAM..... | 62 |

1.1 Begriffe

Es gibt keine speziellen Begriffe, die erläutert werden müssen.

1.2 Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------|-------------------------------------------------------------|
| 2. SBSS | 2. S-Bahn-Stammstrecke |
| BMZ | Brandmelderzentrale |
| BOS | Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben |
| BSK | Brandschutzkonzept |
| CFD | Computational Fluid Dynamics (Numerische Strömungsmechanik) |
| DB | Deutsche Bahn |
| ELA | Elektroakustische Lautsprecheranlage |
| EÜ | Eisenbahnüberführung |
| FIZ | Feuerwehrinformationszentrum |
| ILS | Integrierte Leitstelle für Feuerwehr und Rettungsdienste |
| LED | Leuchtdiode |
| LHM | Landeshauptstadt München |
| MRA | Maschinelle Rauchabzugsanlage |
| MIV | Motorisierter Individualverkehr |
| MVG | Münchner Verkehrsgesellschaft |
| NEA | Notstromersatzanlage |
| OK | Oberkante |
| ÖPNV | Öffentlicher Personennahverkehr |
| oPva | oberirdische Personenverkehrsanlage |
| PBfG | Personenbeförderungsgesetz |
| PP | Polypropylen |
| SAA | Sprachalarmanlage |
| S-Bahn | Stadtschnellbahn |
| SIL | Safety Integrity Level |
| SWM | Stadtwerke München GmbH |
| TAB | Technischen Aufsichtsbehörde |
| UK | Unterkante |
| USV | Unterbrechungsfreie Stromversorgung |
| UVR | Umweltverbundröhre |

2 Zweck der Beauftragung/Vorbemerkungen

Die UVR ist im Rahmen der 2.SBSS nach dem AEG [R1] für die Verkehrsmittel des Umweltverbundes planfestgestellt und wird im Zuge der Baumaßnahme 2. SBSS ab 2019 errichtet.

Es ist in der UVR im betrieblichen Endzustand von einem Mischverkehr Tram / Bus ohne weiteren MIV auszugehen, da die Tram nur die Buslinien 51 und 151 ersetzen wird und die Busse der Linie 168 weiterhin durch die UVR fahren werden [1].

Es werden folgende BSK unterschieden:

(1) BSK, Stufe 1 [2]

Im BSK, Stufe 1 konnten für den Mischbetrieb Tram und Dieselbus mit einem natürlich wirkenden Rauchabzug insbesondere die Verrauchungsnachweise für die Fremdrettungsphase nach TRStrab Brandschutz [R2] nicht erfolgreich geführt werden [2]. Es waren daher ergänzende Rauchschutzmaßnahmen erforderlich, die im BSK, Stufe 2 vom 23.08.2022 [66] berücksichtigt wurden.

(2) BSK, Stufe 2 vom 23.08.2022

Im BSK, Stufe 2 vom 23.08.2022 [66] werden neue Entrauchungsmaßnahmen [3] berücksichtigt. Hierzu gehören eine maschinelle Entrauchung mit fester nichtbrennbarer Rauchschräge und die Erkenntnis, dass für die erfolgreiche Nachweisführung ein spezieller Tram-Bemessungsbrand erforderlich ist.

Mit einer maschinellen Entrauchung und einer festen nichtbrennbaren Rauchschräge können für einen Busbrand die gewählten Schutzziele in der Selbstrettungsphase einhalten werden [3]. Ferner kann die Verrauchungssituation in der Fremdrettungsphase für den Busbrand als akzeptabel eingestuft werden [66]. Gegenstand dieses BSK waren keine akkubetriebenen Fahrzeuge (Tram, Elektro-Bus).

(3) BSK, Stufe 2 vom 20.06.2023

In diesem hier vorliegenden BSK werden ergänzend Elektrobusse und ein speziell vom TÜV SÜD entwickelter Trambemessungsbrand [62] berücksichtigt und bewertet. Darüber hinaus werden eine maschinelle Entrauchung mit fester nichtbrennbarer Rauchschräge und weitere Brandschutzmaßnahmen des BSK, Stufe 2 vom 23.08.2022 [66] -soweit zutreffend- übernommen bzw. aktualisiert.

Das hier vorliegende BSK, Stufe 2 vom 20.06.2023 enthält die brandschutztechnischen Belange für den Trambetrieb sowie für den Dieselbus- und Elektrobusbetrieb. Dieses BSK, Stufe 2 wird auf der Grundlage der aktuellen Richtlinien für den Trambetrieb (PBefG [R3], TRStrab Brandschutz [R2], TRStrab Tunnel [R4], DIN 5647 [R5]) und der Ergebnisse der Risiko- und Gefährdungsanalyse [6] erstellt. Dabei waren insbesondere im Zusammenwirken mit der Risiko- und Gefährdungsanalyse die Umstände zu klären, unter denen auf Basis einer Ausnahmegenehmigung nach § 6 BOSTrab [R6] die UVR mit einem Straßenbahnfuhrpark befahren werden kann, der z. B. wegen einer fehlenden

TRAM Westtangente

Projektteil UVR München – Brandschutzkonzept, Stufe 2

Seite 12 von 62

Notbremsüberbrückung [1] [7] nicht alle Anforderungen der BOStrab [R6] an einen Betrieb in Tunneln erfüllt. Darüber hinaus wurde eine Risikoanalyse zum Mischverkehr Tram/Bus vom TÜV SÜD zur Bewertung des Unfallrisikos bei Fahrzeugkollisionen mit nachfolgendem Fahrzeugbrand in der UVR herangezogen (Anhang 19.10).

Da in der UVR nicht nur Busse, sondern auch Trams verkehren (Mischbetrieb), sind hinsichtlich der Brandschutzanforderungen nicht nur die BOStrab [R6] und ihre nachfolgenden technischen Regelwerke (z. B. [R2] [R4]), sondern auch die EABT [R7] zu berücksichtigen. Die EABT [R7] wurde hilfsweise herangezogen, da sie derzeit das aktuellste Regelwerk für Straßentunnel ist und für die besondere Situation in der UVR (Mischverkehr, Haltestellen) kein spezielles Regelwerk verfügbar ist.

Es sind die Schutzziele und Lastannahmen nach TRStrab Tunnel [R4] und DIN 5647 [R5] in Bezug auf die Betriebsdurchführung sowie die Selbst- und Fremddrettung einzuhalten. Insbesondere ist hierbei zu beachten, dass nach TRStrab Brandschutz [R2] eine spezielle Untersuchung erforderlich ist, wenn im Einzelfall außergewöhnliche Brandgefahren (z. B. gemeinsamer Fahrbetrieb Straßen-/Schienenverkehr in einer Tunnelröhre) vorliegen. Daher soll das BSK in Abstimmung mit der TAB auf Grundlage einer Risiko- und Gefährdungsanalyse für den Mischverkehr Tram / Bus erstellt werden [1].

Für den Trambetrieb ist zu berücksichtigen, dass die BOStrab [R6], §3 an Betriebsanlagen und Fahrzeuge die Forderung stellt, dass sie so gebaut werden müssen, dass die Entstehung und Ausbreitung von Bränden durch vorbeugende Maßnahmen erschwert werden und im Brandfall die Möglichkeit zur Selbst- oder Fremddrettung von Personen sowie zur Brandbekämpfung besteht. Ferner fordert die BOStrab [R6], §4, durch betriebliche Vorkehrungen dafür zu sorgen, dass Betriebsstörungen zügig beseitigt werden, bei Unfällen und gefährlichen Ereignissen unverzüglich Hilfe geleistet wird und insbesondere bei Brandereignissen die Möglichkeit zur Selbst- oder Fremddrettung von Personen besteht.

Für die unterirdischen Haltestellen in der UVR muss nach TRStrab Brandschutz [R2] und nach DIN 5647 [R5] ein BSK erstellt werden. Die TRStrab Brandschutz [R2] gibt die jeweils erforderlichen Inhalte eines BSK an, aber keine konkrete Gliederung. Daher wird die erforderliche Gliederung des BSK vom Auftraggeber vorgegeben und berücksichtigt.

Die EABT [R7] gelten für alle für den Kraftfahrzeugverkehr bestimmten Tunnel ab einer geschlossenen Länge von 80 m. Da die Länge der UVR ca. 198 m beträgt und auch Busse die UVR durchfahren, wird zusätzlich die EABT [R7] aus brandschutz- und sicherheitstechnischer Sicht berücksichtigt werden. Aufgrund der geringen Länge der UVR sind jedoch nur die Anforderungen der EABT [R7] an den Notgehweg, den Tunnelfunk und die Fluchtwegkennzeichnung zu beachten.

Für Straßentunnel werden nach den EABT [R7], Abschnitt 7.1.2 die Schutzziele bei einem Brand im Tunnel nur allgemein formuliert, wie z. B.:

- (1) Die Selbstrettung der Tunnelnutzer auf den Fluchtwegen in der Selbstrettungsphase und auf den Rettungswegen muss möglich sein und

(2) die Fremdrettung und Brandbekämpfung müssen unterstützt werden.

Hingegen enthält die TRStrab Brandschutz [R2] für den vorgesehenen Trambetrieb in der UVR wesentlich konkretere Angaben zu den Schutzziele (Kapitel 5.2) als die EABT [R7] für Straßentunnel. Daher werden die konkreteren Schutzziele nach TRStrab Brandschutz [R2] auch bei der Bewertung der Verrauchungsnachweise für den Busbetrieb berücksichtigt. Dies begründet sich damit, dass die UVR bei Inbetriebnahme des Straßenbahnverkehrs auch nach BOStrab [R6] zu beurteilen ist. Die konkreten Schutzziele nach TRStrab Brandschutz [R2] (Kapitel 5.2) berücksichtigen auch die Schutzziele nach EABT [R7] für Straßentunnel.

Die Gesamtheit der im BSK genannten Brandschutzmaßnahmen soll dazu führen, dass Personen im Ereignisfall rechtzeitig fliehen können oder gerettet werden, wirksame Löscharbeiten möglich sind und eine Feuer- und Rauchausbreitung verhindert wird. Durch die Übereinstimmung der Anlage mit den in den nachfolgenden Abschnitten beschriebenen baulichen, anlagentechnischen und organisatorischen sowie abwehrenden Brandschutzmaßnahmen wird nachgewiesen, dass aus Sicht der Unterzeichner gegen die Nutzung der UVR durch Diesel- und Elektrobusse sowie Trams (Mischverkehr), Radfahrer und Fußgänger brandschutztechnisch keine Bedenken bestehen, da die Einhaltung der Schutzziele nach TRStrab Brandschutz [R2] nachgewiesen werden kann.

Bei einer Plan- bzw. Nutzungsänderung muss das BSK fortgeschrieben werden.

Im hier vorliegenden BSK, Stufe 2 vom 20.06.2023 wird die UVR zwischen den beiden Portalen betrachtet. Nicht hierzu gehört das Betriebsgebäude (siehe hierzu BSK [8]) und das Zugangsbauwerk Ost (siehe hierzu BSK [9]), über das die Bahnsteige der oPva Laim (S-Bahn) erreicht werden können.

Gegenstand dieses BSK, Stufe 2 vom 20.06.2023 sind der zusätzliche Einsatz von Elektrobussen in der UVR (Anhang 19.12) sowie der vom TÜV SÜD speziell entwickelte Bemessungsbrand für die Tram (ohne Akku) (Anhang 19.13), aber keine akkubetriebenen Tram-Fahrzeuge.

3 Beurteilungsgrundlagen

Da es sich bei der UVR um eine Anlage des öffentlichen Verkehrs handelt, fällt die UVR nicht in den Geltungsbereich der öffentlich-rechtlichen Vorschriften des Bauordnungsrechts (z. B. LBO Bayern [R8]). Entsprechende Vorschriften finden daher nur teilweise unmittelbar als anerkannte Regeln der Technik Anwendung bei der Beurteilung.

3.1 Angewandte gesetzliche Vorschriften, Richtlinien und Normen

[R1] Allgemeines Eisenbahngesetz; Stand: 29.11.2018

[R2] Technische Regeln für Straßenbahnen, Brandschutz in unterirdischen Betriebsanlagen nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen

- (BOStrab) - Technische Regeln Brandschutz - (TRStrab Brandschutz), Ausgabe 24. Juni 2014
- [R3] Personenbeförderungsgesetz (PBefG); Stand: August 2021
- [R4] Technische Regeln für Straßenbahnen, Tunnelbau (TRStrab Tunnel), Ausgabe Entwurf Juni 2015
- [R5] DIN 5647: Bahnanwendungen – Sicherheitsanforderungen an städtische Schienenbahnen – Bauwerke, März 2023
- [R6] Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung – BOStrab) vom 11. Dezember 1987 (BGBl. I S. 2648), zuletzt geändert am 1. Oktober 2019 (BGBl. I S. 1410); Herausgeber: Der Bundesminister für Verkehr
- [R7] Empfehlungen für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln mit einer Planungsgeschwindigkeit von 80 km/h oder 100 km/h (EABT-80/100), Ausgabe 2019
- [R8] Bayerische Bauordnung (BayBO) in der Fassung vom 14. August 2007, die zuletzt geändert wurde am 26. März 2019
- [R9] NFPA 130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems; Ausgabe 2020, National Fire Protection Association, Quincy, USA
- [R10] Bundesministerium für Verkehr: Richtlinien für den Bau von Tunneln nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab) (BOStrab-Tunnelbau-Richtlinien); Ausgabe April 1991; erschienen im Verkehrsblatt 45 (1991), Heft 10, Seiten 464 bis 469
- [R11] DIN 4102: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- [R12] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, ZTV-Ing, Teil 5: Tunnelbau, Abschnitt 2: Offene Bauweise, Stand 2018/01
- [R13] DIN 18095: Türen – Rauchschutztüren
- [R14] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie – MLAR), Fassung 10. Februar 2015, zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom 03.09.2020; Ausgabe 3 vom 30. April 2021
- [R15] ECE R118: Einheitliche technische Vorschriften über das Brennverhalten und/oder die Eigenschaft von beim Bau von Kraftfahrzeugen bestimmter Klassen verwendeten Materialien, Kraftstoff oder Schmiermittel abzuweisen, Stand 2020-02-21
- [R16] DIN EN ISO 7010: Grafische Symbole – Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen – registrierte Sicherheitszeichen, Stand Juli 2020

TRAM Westtangente

Projektteil UVR München – Brandschutzkonzept, Stufe 2

Seite 15 von 62

- [R17] Technische Regeln für Straßenbahnen – Elektrische Anlagen (TRStrab EA), Ausgabe Mai 2011
- [R18] DIN EN 62305: Blitzschutz
- [R19] DB-Richtlinie Modulgruppe 81305 „Beleuchtungsanlagen“; Deutsche Bahn AG, Januar 2012
- [R20] DIN EN 1838: Angewandte Lichttechnik – Notbeleuchtung, Oktober 2013
- [R21] Eisenbahn-Bundesamt (EBA): Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und Betrieb von Eisenbahntunneln; Bonn, Stand 01. Juli 2008
- [R22] DIN 14675: Brandmeldeanlagen, Stand April 2018
- [R23] DIN VDE 0833-4: Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall – Teil 4: Festlegungen für Anlagen zur Sprachalarmierung im Brandfall, Stand Oktober 2014
- [R24] DIN VDE 0833-2: Ausgabe 2017-10; Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall - Teil 2: Festlegungen für Brandmeldeanlagen; DIN VDE 0833-2 Berichtigung 1: Ausgabe 2019-10 und DIN VDE 0833-2/A1:2020-05 – Entwurf Änderung A1
- [R25] DIN EN 12101: Rauch- und Wärmefreihaltung, Teil 3: Bestimmungen für maschinelle Wärme- und Rauchabzugsgeräte, Dezember 2015
- [R26] VDMA-Einheitsblatt: Automatisierte Brandschutz- und Entrauchungssysteme – ABE, Entwurf August 2018
- [R27] Bauproduktenverordnung (EU-BauPVO) Nr. 305/2011
- [R28] ASR A2.2 Technische Regeln für Arbeitsstätten: Maßnahmen gegen Brände, Ausgabe Mai 2018
- [R29] Technische Anschlussbedingungen der Branddirektion München, April 2021
- [R30] Info Berufsfeuerwehr München: Kompendium Flächen für die Feuerwehr, München, Mai 2020
- [R31] DIN 14095: Feuerwehrpläne für bauliche Anlagen, Mai 2007
- [R32] DIN 14096: Brandschutzordnung – Regeln für das Erstellen und das Aushängen, Stand Mai 2014
- [R33] Verordnung über Prüfungen von sicherheitstechnischen Anlagen und Einrichtungen (Sicherheitsanlagen-Prüfverordnung – SPrüfV) vom 3. August 2001 (GVBl. S. 593)

3.2 Angewandte Richtlinien der Stadtwerke München

- [S1] Brandschutztechnisches Dachdokument für unterirdische Betriebsanlagen der Stadtwerke München GmbH, Stand 20.03.2017 rev. 4.0.1.

3.3 Orts- und Besprechungstermine

Am 07.03.2019 fand ein Auftaktgespräch zum Brandschutzkonzept statt [10]. Nachfolgend wurden mehrere Besprechungen durchgeführt [11] [12] [13] [14] [15]. Mithilfe von Telefonaten [16] und Videokonferenzen [17] [18] [19] wurden weitere Abstimmungen getroffen.

3.4 Verwendete Pläne und Unterlagen

- [1] Tram Westtangente: Leistungsbild BSK EÜ Wotanstraße TRAM; Quelle Stadtwerke München GmbH, Stand 14.12.2018
- [2] TRAM Westtangente, Projektteil UVR, München, Unterlage 9.1, Brandschutzkonzept, Stufe 1, Stand 09. März 2020, STUVAtec-Berichts-Nr. 2019009-SCBE-032
- [3] UVR CFD-Ergebnispräsentation Stand_210831 von Kersken & Kirchner; Stand 31.08.2021
- [4] TRAM Westtangente, Projektteil UVR München, Unterlage 9.1a, Brandschutzkonzept, Stufe 2, STUVAtec 2029009-SCBE-066-BSK-Stufe 2 vom 23. August 2022
- [5] Telefonat mit Herrn Pfützner, swm über den speziellen Bemessungsbrand für die Tram am 16.12.21
- [6] Gefährdungsidentifikation und Risikoanalyse für den Bus- und Tramverkehr in der Umweltverbundröhre (UVR) Laim, TÜV, 1. Entwurf Juni 2019
- [7] TRAM Westtangente, Projektteil UVR, München, Verzicht auf eine Notbremsüberbrückung der Tramfahrzeuge; Stand 14. Dezember 2021, STUVAtec-Berichts-Nr. 2019009-SCAP-057
- [8] Ganzheitliches Brandschutzkonzept für EÜ Wotanstraße (neu), sogenannte Umweltverbundröhre (UVR) in München; Kersken + Kirchner GmbH, München, Stand 30.10.2018
- [9] 2. SBSS München: Ganzheitliches Brandschutzkonzept für die oPva München Laim, STUVAtec, 2017109-HHBE-057, Stand 15.12.2021
- [10] Ergebnisprotokoll Nr. 489, Neubaustrecke Tram Westtangente, Auftaktgespräch Brandschutzkonzept vom 07.03.2019
- [11] Ergebnisprotokoll Nr. 498: Neubaustrecke Tram Westtangente, Sachstand Risikoanalyse/Gefährdungsbeurteilung/BSK (UVR), Gespräch am 23.05.2019

TRAM Westtangente

Projektteil UVR München – Brandschutzkonzept, Stufe 2

Seite 17 von 62

- [12] UVR im Zuge 2. S-Bahn-Stammstrecke, Abstimmung Brandschutzgutachten UVR – K+K und STUVAtec, Gespräch am 07.06.2019 in München im Baureferat
- [13] Rücker+Schindele, Protokoll 01: Besprechung SAA am 16.07.2019 in München beim Baureferat
- [14] Gespräch am 5. August 2019 bei den Stadtwerken München GmbH mit Herrn Pfützner, swm, Herrn Weber, swm und Herrn Dr. Heyn, TÜV-Süd über Risikoanalyse und mögliche Fahrzeugbrände
- [15] Gespräch mit der TAB und der swm in München am 25.09.2019 über Zwischenergebnisse der brandschutztechnischen Bearbeitung
- [16] Telefonat mit Herrn Rehm, Branddirektion München über die Stellungnahme der STUVAtec (2009009-SCAP-039) zum Brandsimulationsbericht von K + K am 7. Oktober 2019
- [17] Videokonferenz unter anderem mit Herrn Pfützner, swm, Herrn Ulbricht, LHM Baureferat und Herrn Müller K+K über Brandsimulationsergebnisse am 26.07.2021
- [18] Videokonferenz unter anderem mit Herrn Pfützner, swm, und Herrn Müller K+K über neue Brandsimulationsergebnisse am 30.08.2021
- [19] Videokonferenz unter anderem mit Herrn Pfützner, swm, Herrn Hornung, Herrn Müller K+K, Herrn Ulbricht, LHM Baureferat und Herrn Rehm, Branddirektion über neue Brandsimulationsergebnisse am 09.09.2021
- [20] TRAM Westtangente, Projektteil UVR, München: Räumungsberechnung für ein Tram-Szenario, STUVAtec 2019009-SCBE-033, Stand 09. März 2020
- [21] TRAM Westtangente München, Projektteil UVR: Ermittlung der Bemessungszeiten (Räumungszeiten) für verschiedene Szenarien mit Trams und Bussen, STUVAtec 2019009-SCBE-034a, Stand 09. März 2020
- [22] INTRAPLAN Consult GmbH, Tram Westtangente – UVR Laim, Abgleich Bemessungszahlen für Brandschutzkonzept, 10.12.2019
- [23] TRAM Westtangente München, Projektteil UVR: Räumungssimulation mit ASERI für den Bahnsteig West mit einem nachgefahrenen Straßenbahnfahrzeug; STUVAtec 2019009-RHAP-006, 09. März 2020
- [24] E-Mail von Herrn Pfützner, swm an die STUVAtec vom 27. Mai 2019 mit Angaben zur Kilometrierung der UVR
- [25] Pläne und Erläuterungsberichte
 - a) VE 10 Hauptbaumaßnahmen West oberirdisch EÜ Wotanstraße Umweltverbundröhre (UVR) mit Nord- und Südportal, Bau -km 101,3 +47, Stand Mai 2018
 - b) Teilentwurfsheft 11, Umweltverbundröhre (UVR), Lageplan, Straßenplanung, Stand 14.12.2018

TRAM Westtangente

Projektteil UVR München – Brandschutzkonzept, Stufe 2

Seite 18 von 62

- c) Teilentwurfsheft 011 Erweiterung Eisenbahnüberführung Wotanstraße, Überbauung Lichthof und Neubau Umweltverbundröhre (UVR), Bau-km 101,3+21, Erläuterungsbericht, 08.01.2016
- [26] 2. S-Bahn-Stammstrecke München, Planfeststellungsabschnitt 1, Erläuterungsbericht, 18.05.2010
- [27] 2. S-Bahn-Stammstrecke München, 4. Planänderung zum Planfeststellungsbeschluss PFA 1 (Umweltverbundröhre, Verlängerung der Bushaltestellen sowie Verbreiterung der westlichen Bushaltestelle Richtung Laimer Platz), Erläuterungsbericht, Planfeststellungsabschnitt 1, Stand 28.02.2019
- [28] E-Mail von Herrn Pfützner, swm vom 23.12.2021 mit Angaben zur zusätzlichen Treppe der oPva Laim mit zugehörigen Plänen (Anlage-01_Treppe Ost_1-60_m_Draufsicht_Längsschnitte_Stand-2021-12-01; Anlage-02_Treppe Ost_1-60_m_Querschnitte_Stand-2021-12-01
- [29] STUVAtec: Bemessungsbrände für S-Bahnen und den Gemischten Reisezugverkehr; Anwenderhandbuch; 21. Juni 2010
- [30] E-Mail von Herrn A. Saenger, Lahmeyer München: Maßnahmen bei brennbaren Flüssigkeiten, 05.12.2019
- [31] E-Mail von Herrn Pfützner, swm an die STUVAtec vom 27. Mai 2019 mit Angaben zum durchgängigen 5-teiligen Tramtyp TZ5
- [32] E-Mail von Herrn Pfützner, swm an die STUVAtec vom 14.01.2020: Avenio 5-Teiler
- [33] E-Mail von Herrn Böttcher, intraplan vom 14. Januar 2020 an die swm: Wartende Personen für nachrückendes Fahrzeug
- [34] E-Mail von Herrn Pfützner, swm an die STUVAtec vom 4. Februar 2020: Wartende Personen für nachrückendes Fahrzeug
- [35] Kersken und Kirchner: Umweltverbundröhre, München-Laim, Brandsimulationsbericht, Untersuchung zur Rauchableitung aus dem Tunnelluftraum, Vorgang: 1850-006-G-0028-MI vom 07.10.2019
- [36] Kersken und Kirchner: Umweltverbundröhre, München-Laim, Präsentation zur Rauchableitung: Varianten bezüglich Lage der Brandquelle beim Szenario Bus vom 03.02.2020
- [37] E-Mail von Herrn Pfützner, swm vom 13.12.2021, 18:06 h über die Brandleistung des Busses als geeignete Bemessungsgrundlage
- [38] E-Mail von Herrn Pfützner, swm vom 13.12.2021, 20:47 h zur Einstufung des Busbrandes als maßgebenden Bemessungsbrand
- [39] Herr Rehm, Branddirektion München, Umweltverbundröhre: Verzicht auf den Nachweis einer raucharmen Schicht für die Fremdrettungsphase nach TRStrab Brandschutz, 04.09.2019

TRAM Westtangente

Projektteil UVR München – Brandschutzkonzept, Stufe 2

Seite 19 von 62

- [40] Tram Westtangente, Projektteil UVR München, Argumente für den Verzicht auf den Verrauchungsnachweis in der Fremdrettungsphase, STUVAtec Doku: 2019009-SCBE-035, 09. März 2020
- [41] Mail von Herrn Rehm, Branddirektion München vom 05.09.2019 zur Rettungswegkennzeichnung
- [42] Erläuterungen zu elektroakustischen Lautsprecheranlagen (ELA), STUVAtec Doku: 2019009-SCAP-018 vom 19.07.2019
- [43] UVR München, Sprachalarmanlage nach DIN VDE 0833-4, Empfehlungen für die Umsetzung der Anforderungen, STUVAtec Doku: 2019009-SCAP-010, 04.07.2019
- [44] Hornung M., Brüniger & Co. Engineering GmbH: Umweltverbundröhre (UVR), Entwurfsbericht für die Planung einer maschinellen Entrauchungsanlage; Stand 17.01.2022
- [45] Jaspers R.: Aktenvermerk zu einer Teamsbesprechung TWT Brandschutz UVR, Abstimmung Entwurf BSK Stufe 2 am 08.02.2022
- [46] Nicht verbindliche Notizen von Herrn Rehm, Branddirektion zum Entwurf des BSK, Stufe 2 (Doku: 2019009-SCBE-039-BSK-Stufe 2), Stand 14. Januar 2022 mit Anhängen
- [47] E-Mail von Herrn Pfützner, swm vom 28.02.2022 und 04.03.2022 über Notrufsprechstellen an den Portalen
- [48] Umweltverbundröhre (UVR) Video-Konferenz am 17.03.2022 zu den Notrufsprechstellen an den Portalen; Vermerk der STUVAtec
- [49] E-Mail von Herrn Pfützner, SWM mit generellen Anmerkungen zum BSK-Entwurf vom 01.06.2023
- [50] Herr Rees Baureferat der LHM: Protokoll der Besprechung über „Brandfrüherkennung und weitere Themen“ am 03.05.2022
- [51] Zugangsbauwerk Ost: Brandschutztechnische Trennung der UVR vom Verkaufsladen; STUVAtec Doku: 2019009-SCAP-068 vom 30.05.2022
- [52] Kaiser N.: 220520 AW: TWT - ZBW Ost Ladenfront; Bestätigung: Abtrennung UVR zu Verkaufsladen entspricht E DIN 5746
- [53] Brüniger & Co. Engineering GmbH: Plan -Maschinelle Entrauchungsanlage, Absaugung und BMA, Vorabzug vom 28.04.2022
- [54] Telefonat mit Herrn Rees, LHM über die Anordnung der Brandmelder an der Tunneldecke
- [55] E-Mail von Herrn Pfützner, SWM zur Gefährdungsanalyse vom 31.05.2023

- [56] E-Mail von Herrn Pfützner, SWM insbesondere mit Angaben zur MRA und NEA vom 15. Juli 2022
- [57] E-Mail von Herrn Hornung, Brüniger & Co. Engineering GmbH zu aktualisierten Angaben des Entrauchungskanals vom 13. Juli 2022
- [58] E-Mail von Herrn Schober-Roeglin, LHM zur Beleuchtung vom 20.07.2022
- [59] E-Mail von Herrn Pfützner, SWM zum Einsatz von längeren und breiteren Tramfahrzeugen vom 31.05.2023
- [60] E-Mail von Herrn Pfützner, SWM zur Verwendung einer NEA und keiner 2-seitigen Einspeisung vom 31.05.2023
- [61] Trettin, C.; Jost M: Umweltverbundröhre München-Laim, Qualitative Bemessungsbrandbewertung für die E-Busse basierend auf der festgelegten Dieselbus Brandleistungskurve der Stadwerke München GmbH; TÜV SÜD Rail GmbH: SM98471G, Version 4.0 vom 28.02.2023
- [62] Trettin, C.; Jost M: Kurzbericht Bemessungsbrandsimulation Avenio-TRAM, TÜV SÜD Rail GmbH: SM100576T vom 24.03.2023
- [63] Stellungnahme der Regierung von Oberbayern, Sachgebiet 31.2 (TAB) zur Tram Westtangente, Tektur A vom 20.09.2022, Planfeststellungsabschnitt 1, Geschäftszeichen 3568.31.2_02-1-13-28, vom 15.12.2022.
- [64] E-Mail der STUVAtec an die SWM zur Ausbildung der Rauchschrzen vom 17.03.2023
- [65] Umweltverbundröhre München; Besprechungsprotokoll Nr. 25: Abstimmung BMA vom 27.02.2023, GBI Gesellschaft Beratender Ingenieure mbH
- [66] TRAM Westtangente, Projektteil UVR München, Unterlage 9.1a, Brandschutzkonzept, Stufe 2, STUVAtec 2029009-SCBE-066-BSK-Stufe 2 vom 23. August 2022
- [67] E-Mail von Herrn Rees, LHM zur Aktualisierung des BSK Entwurfs vom 18.06.2023 inklusive Hinweise zu den Anhänge vom 27.06.2023
- [68] E-Mail von Herrn Müller A., K+K an Herrn Pfützner, SWM zur Ausbildung der Rauchschrze vom 27.06.2023

3.5 Angewandte Berechnungsverfahren und Simulationen

3.5.1 Räumungsberechnung

Räumungsberechnungen liegen exemplarisch für ein Szenario mit Trams [20] sowie für verschiedene Szenarien mit Trams und Buszügen vor [21]. Die Räumungsberechnungen

werden nach NFPA 130 [R9] unter Berücksichtigung der Vorgaben der TRStrab Brandschutz [R2] (z. B. Vorlaufzeit) und prognostizierter wartender Personen [22] durchgeführt.

Darüber hinaus wird im Szenario mit einem nachgefahrenen Straßenbahnfahrzeug die Räumungszeit mithilfe des computergestützten Simulationsprogramms ASERI für die Bereiche mit hoher Personendichte (Bahnsteig West und Notgehweg bis zum nördlichen Ende des nachgefahrenen Fahrzeugs) ermittelt. Ferner wird die Ausstiegszeit aus dem Straßenbahnfahrzeug mit ASERI bestimmt [23].

3.5.2 Rauchausbreitungssimulation (Brandsimulation)

Brandsimulationen werden mithilfe eines CFD-Programms durchgeführt [3].

4 Sach- / Planstandfeststellung

4.1 Grundstück

4.1.1 Angrenzende Gebäude / Gebäudeabstände auf dem Grundstück

Die UVR grenzt an das Zugangsbauwerks Ost mit einem Verkaufsladen der DB AG sowie an Treppenanlagen, die zu den darüber liegenden Bahnsteigen der S-Bahn (oPva Laim) führen. Ferner kann für Betriebspersonal und Einsatzkräfte die UVR über das Verbindungsbauwerk vom Tunnel Wotanstraße erreicht werden (Anhang 19.1).

4.1.2 Erschließung / Zugänglichkeit, Flächen für die Feuerwehr

Zufahrtsmöglichkeiten für die Feuerwehr in die UVR bestehen über die öffentlichen Straßen von beiden Portalen.

4.1.3 Rettungswege auf dem Grundstück

Die Rettungswege in der UVR führen ausschließlich über die Portale ins Freie. Der Treppenaufgang im Zugangsbauwerk Ost, über den die Bahnsteige der oPva Laim (S-Bahn) erreicht werden können, wird nicht als Rettungsweg ausgewiesen.

4.2 Objektdaten

Die UVR verläuft in Nord-Süd-Richtung und unterquert die Gleise der DB AG nahezu rechtwinklig. Das Süd-Portal liegt bei km 6+844 und das Nordportal bei km 7+042 [24]. Die UVR dient als Unterführung für Trams, Diesel- und Elektrobusse, Fußgänger und Radfahrer. Sie besitzt eine ÖPNV-Haltestelle im Westen und im Osten. Über einen Treppenaufgang (Zugangsbauwerk Ost) kann von der UVR die oberirdische oPva Laim (S-Bahn) erreicht werden.

4.3 Objektbeschreibung

Die UVR ist ca. 198 m lang [25]. Die UVR wird in offener Bauweise erstellt. Im Bereich der Bahngleise werden hierbei Hilfsbrücken für die Dauer der Baumaßnahme eingesetzt [26], [27].

Die UVR verfügt nur im Osten über einen Fuß- und Radweg, die beide über die gesamte Länge der UVR verlaufen. Der Radweg bzw. der Fußweg ist ca. 2,5 m bzw. ca. 3,5 m breit [25]. Der Fußweg ist tunnelwandseitig und westlich davon ein Zweirichtungsradweg angeordnet. Neben dem Radweg befindet sich westlich je ein Fahrstreifen für die Fahrtrichtung Nord und Süd, die von Trams und Bussen genutzt werden. Zwischen Radweg und Fahrbahn ist laut aktueller Planung kein Geländer mehr angeordnet.

In der UVR befindet sich in Längsrichtung versetzt eine Haltestelle im Westen und im Osten. Die beiden Haltestellen sind über das Zugangsbauwerk Ost von der oPva Laim (S-Bahn) und über den östlich gelegenen Gehweg vom Süd- und Nordportal erreichbar. Zur Haltestelle West gelangen Personen vom Gehweg über einen Übergang im Bereich des Zugangsbauwerks Ost. An die Haltestelle West schließt sich in Richtung Norden bzw. Richtung Süden ein Notgehweg mit einer Breite von ca. 1,20 m bzw. etwa 1,00 m bis zum Nordportal bzw. Südportal an [25].

Die UVR besitzt eine lichte Höhe von $LH \geq 4,90$ m (Regelmaß) bzw. von $LH \geq 4,65$ m (an den Zwangspunkten im Bereich des Südportals und am Übergang zum Abschnitt Nord) [26]. Die horizontale Entfernung zwischen den Tunnelportalen beträgt ca. 198 m.

Da die Tunneldecke über die gesamte Länge der UVR nahezu horizontal angeordnet wird und die Gradienten der Fahrbahn mit ca. 3% fällt, ergibt sich im Bereich der Haltestellen eine lichte Höhe des Tunnelbauwerks von bis zu ca. 6,60 m [8].

Die Tunneldecke folgt dem Höhenversatz an der GOK (km 6+930) im Bereich der Gleisanlagen der DB AG. Es entsteht hierdurch auch an der Tunneldecke ein Versatz im Bereich zwischen Gleisanlage „Laim hoch“ zu „Laim tief“ von ca. 1,80 m, so dass die lichte Höhe von 6,60 m auf ca. 4,80 m reduziert wird [25]. Im weiteren Verlauf der UVR nach Norden wird eine lichte Höhe von ca. 5,0 m bis zum nördlichen Tunnelportal beibehalten [25].

In einer Entfernung von ca. 65 m vom Südportal führt von der UVR im Osten eine etwa 7,2 m breite Rampe zu einem Zwischenpodest (Zugangsbauwerk Ost), das auf beiden Seiten über jeweils eine ca. 3,6 m breite notwendige (feste) Treppe (insgesamt 2 Treppen) zu den oberirdischen Bahnsteigen der oPva Laim (S-Bahn) führt [9]. Im Rahmen des laufenden Planfeststellungsverfahrens zur Tram Westtangente wird die oPva Laim (S-Bahn) durch eine weitere notwendige Festtreppe zum Bahnsteig B (stadteinwärts) ergänzt. Diese feste Treppe soll eine lichte Breite von 1,60 m zwischen den Handläufen besitzen [28].

Für den Rauchabzug im Brandfall ist eine MRA geplant (Kapitel 13.6).

Für tägliche (maschinell unterstützte) Belüftung und den maschinellen Rauchabzug stehen im Bereich der Haltestellen innerhalb der UVR insgesamt zwei vertikale Schächte

zur Verfügung. Jeweils einer dieser Schächte ist auf einem der beiden Bahnsteige der oPva Laim angeordnet. Die Schächte reichen bis über die Bahnsteigüberdachung. Die Schächte sind etwa 55 m (km 6+899) bzw. 75 m (km 6+918) vom Südportal (km 6+844) entfernt [25] [24].

Ferner befindet sich im Bereich des Höhenversatzes (km 6+930) in der Tunneldecke zwischen Gleisanlage „Laim hoch“ zu „Laim tief“ senkrecht zur Längsrichtung der UVR nahezu über die gesamte Tunnelbreite eine zusätzliche Öffnung zur Belüftung [25].

4.4 Nutzung

4.4.1 Nutzung der Gebäudeteile

In der UVR sollen regelmäßig Trams sowie Diesel- und Elektrobusse verkehren. Hierfür ist eine zweistreifige Unterführung mit insgesamt ca. 6,50 m Fahrbahnbreite im Streckenbereich und ca. 6,35 m Fahrbahnbreite im Haltestellenbereich geplant [25]. Der etwa 120 m lange Haltestellenbereich (inklusive Übergang) ist durch einen Fahrbahnübergang (Achse etwa km 6+909 [24]) in die ca. 48 m lange Haltestelle Ost (Bahnsteigmitte in Längsrichtung etwa bei km 6+875 [24]) für die von Süden einfahrenden bzw. ca. 58 m lange Haltestelle West (Bahnsteigmitte in Längsrichtung etwa bei km 6+948 [24]) für die von Norden kommenden Verkehrsmittel geteilt. Im Zuge der Tektur wird als Vorhaltemaßnahme für längere Fahrzeuge die Nutzlänge der Haltestelle Ost auf 56 m verlängert [56].

Die Breite der Haltestelle West beträgt ca. 6,17 m und die Breite der Haltestelle Ost ca. 3,25 m [27].

Östlich neben der Fahrbahn für den Tram- und Busbetrieb ist mit einer Breite von etwa 2,50 m ein zweistreifiger Radweg und östlich von diesem Radweg ein Gehweg mit etwa 3,50 m Breite vorgesehen [26].

Nachrichtlich: In Höhe des Fahrbahnübergangs befindet sich das Zugangsbauwerk Ost, das nicht zum Bauwerk der UVR gehört. Dieses Zugangsbauwerk Ost führt zu den oberirdischen Bahnsteigen der oPva Laim (S-Bahn). Der Zugang von der UVR zu den Treppenaufgängen und die Treppenaufgänge des Zugangsbauwerks Ost werden nicht mit Brandmeldern überwacht, jedoch der Verkaufsladen am Fuße des Treppenaufgangs [9].

4.4.2 Nutzung der Räume

Neben Anlagen und Verkehrsbauten für den öffentlichen Personennahverkehr ist im Bereich des östlichen Zugangs der UVR auch ein Verkaufsladen geplant.

Nachrichtlich: Dieser Verkaufsladen wird durch Wände F 90 und Türen T 30 RS sowie mit einer Brandschutzverglasung in F 30 (Schaufenster) von der UVR brandschutztechnisch getrennt. Diese brandschutztechnische Trennung ist abweichend von DIN 5647, Abschnitt 6.3.2.6 [R5] ausreichend, da kompensierende Maßnahmen nachgewiesen

werden konnten, wie z. B. kleine Verkaufsfläche, eigener Entrauchungsschacht, geringe thermische Belastung bei einem Fahrzeugbrand durch großen Abstand zwischen Fahrzeug und Laden sowie zwei unabhängige Ausgänge [51] [52]. Der Verkaufsladen wird mit Brandmeldern separat überwacht. Weitere brandschutztechnische Belange hierzu sind in [9] enthalten.

4.4.3 Bahnsteige

4.4.3.1 Bahnsteige außerhalb geschlossener Hallen und Bauwerke

Die brandschutztechnischen Belange und die Entfluchtung der oberirdischen Bahnsteige der oPva Laim (S-Bahn) sind in [9] enthalten und werden hier nicht behandelt.

4.4.3.2 Bahnsteige innerhalb geschlossener Hallen und Bauwerke

In der UVR befindet sich in Längsrichtung versetzt auf der West- und Ostseite jeweils eine Haltestelle, die von Straßenbahnen sowie auch von Diesel- und Elektrobussen angefahren wird. Die Abmessungen der Haltestelle Ost bzw. West betragen etwa Länge x Breite ca. 48 m x 3,25 m bzw. 58 m x 6,17 m. Im Zuge der Tektur wird als Vorhaltemaßnahme für längere Fahrzeuge die Nutzlänge der Haltestelle Ost auf 56 m verlängert [56].

4.4.4 Kreuzungsbauwerke

Die UVR unterquert in nordsüdlicher Richtung die oberirdischen Gleise der DB AG. Über Personenaufzüge und einen Treppenaufgang (Zugangsbauwerk Ost) können von der UVR die Bahnsteige der oPva Laim (S-Bahn) erreicht werden.

5 Brandgefahren, Schutzziele und Risikobewertung

5.1 Vorgehensweise

Für eine Bewertung und das Erfordernis bestimmter Brandschutzmaßnahmen in der UVR müssen zunächst die maßgebenden Brandgefahren beschrieben und die einzuhaltenden Schutzziele definiert werden. Danach muss eingeschätzt werden, mit welchen Risiken bzw. Folgen im Falle eines Brandes zu rechnen ist. Ferner muss untersucht werden, welche baulichen, anlagentechnischen, abwehrenden und organisatorischen Maßnahmen erforderlich sind, um ein Brandrisiko entsprechend den festgelegten Schutzziele zu minimieren.

Mit dem vorliegenden BSK, Stufe 2 wird für die UVR nachgewiesen, dass sowohl bei einem Diesel- und Elektrobussbrand als auch bei einem Trambrand ausreichende Entrauchungs- und Räumungsmöglichkeiten vorhanden sind, um in der UVR eine Personengefährdung durch Brandgase hinreichend auszuschließen.

Für die Bestimmung der Räumungszeiten ist das Tram-Fahrzeug mit der größeren Beförderungskapazität maßgebend. Hierfür werden exemplarisch bei einem Tram-Brand und bei einer Kollision einer Tram mit einem Bus die Räumungszeiten (Kapitel 8.2.2) ermittelt. Für die Bestimmung der Verrauchungszeiten (Kapitel 8.3) bei einem Trambrand müssen auch die Brandsimulationsergebnisse für den „Bus-Brand“ herangezogen werden, da nachgewiesen werden konnte, dass die Brandverlaufskurve für den Diesel-Busbrand [35] ungünstiger verläuft als die Brandverlaufskurve für den speziell vom TÜV SÜD ermittelten Tram-Brand [62] (Anhang 19.13).

Bei der Ermittlung der Räumungs- und Verrauchungszeiten werden die baulichen und anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen wie z. B. Entrauchungsmaßnahmen sowie die für die Räumung der Haltestelle vorgesehenen Fluchtwege berücksichtigt. Die Bewertung der Haltestelle erfolgt schutzzielorientiert. Nach BOStrab [R6] gelten die Schutzziele als erfüllt, wenn die baulichen Anlagen und Einrichtungen so angeordnet, errichtet, geändert und instandgehalten werden, dass der Entstehung und Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie die wirksame Löscharbeit möglich sind.

In der UVR verkehren Fußgänger, Radfahrer, Trams sowie Diesel- und Elektrobusse. Die UVR wird aufgrund des Trambetriebs insbesondere nach den Regelwerken der BOStrab [R6] und wegen des Busverkehrs auch nach den EABT [R7] brand- und sicherheitstechnisch beurteilt.

Zur Einhaltung der Schutzziele werden die in Kapitel 3.1 genannten gesetzlichen Vorschriften, Richtlinien und Normen herangezogen. Mögliche Abweichungen von den allgemein anerkannten Regeln der Technik werden in Kapitel 18.2 aufgelistet.

Neben der Brandgefahr durch einen Fahrzeugbrand in der UVR, muss auch ein Unfall außerhalb der UVR betrachtet werden, der zu einer Gefährdung in der UVR führen kann. Über der UVR sind an der Geländeoberfläche Gleise der DB angeordnet. Deshalb kann auch eine mögliche Brandgefährdung nicht ausgeschlossen werden, wenn aus einem Kesselwagen brennbare Flüssigkeiten austreten, sich entzünden und brennend in die UVR eingetragen werden.

5.2 Besondere Schutzziele

Die Unversehrtheit von Personen ist das oberste Ziel [S1]. Daher wird mit dem vorliegenden BSK, Stufe 2 das Schutzziel verfolgt, dass sich im Brandfall im Rahmen der Selbstrettungsphase Personen (z. B. Fahrgäste, Fußgänger und Radfahrer) ausreichend schnell selbst aus der UVR retten können.

Nach den EABT [R7], Abschnitt 7.1.2 gibt es folgende wichtige Vorgaben für die Schutzziele bei einem Brand im Tunnel:

- (1) Rauch- und Wärmewirkungen auf den Fluchtwegen im Tunnelfahrraum und auf den Rettungswegen müssen gering sein,

- (2) die Selbstrettung der Tunnelnutzer auf den gegebenen Fluchtwegen in der Selbstrettungsphase und auf den Rettungswegen muss möglich sein und
- (3) die Fremdrettung und Brandbekämpfung müssen unterstützt werden.

Die Selbstrettungsphase ist nach EABT [R7], Abschnitt 3.1 der Zeitraum zwischen dem Eintritt eines Schadenereignisses und dem Eintreffen der Einsatzdienste. Die Fremdrettungsphase beginnt mit dem Eintreffen der Einsatzdienste.

Spezielle Vorgaben wie z. B. für die erforderliche Dicke der raucharmen Schicht sind in den EABT [R7] nicht enthalten.

Die TRStrab Brandschutz [R2] enthält wesentlich konkretere Angaben zu den Schutzziele. Für die Dauer der Selbstrettungsphase muss nach TRStrab Brandschutz [R2] die raucharme Schicht über dem Fußboden mindestens i. M. 2,5 m dick sein. In dieser raucharmen Schicht muss die Mindestsichtweite 10 m betragen.

Darüber hinaus muss nach TRStrab Brandschutz [R2] in der Fremdrettungsphase, die sich an die Selbstrettungsphase anschließt und etwa bis zur 30. Minute nach Brandbeginn andauert, eine raucharme Schichtdicke von mindestens 1,5 m über dem Fußboden vorhanden sein. In dieser raucharmen Schicht muss die Sichtweite mindestens 10 m betragen, damit die Feuerwehr die Situation erkunden, hilfsbedürftige Personen retten und einen wirksamen Löschangriff vortragen kann.

Eine spezielle Betrachtung ist nach TRStrab Brandschutz [R2], Abschnitt 5.2.2 erforderlich, wenn im Einzelfall außergewöhnliche Brandgefahren (z. B. gemeinsamer Fahrbetrieb Straßen-/Schienenverkehr in einer Tunnelröhre) vorliegen. Auch die TRStrab Tunnel [R4] fordert bei einer gemeinsamen Nutzung mit anderen Verkehrsmitteln zusätzliche Betrachtungen. Ähnliche Forderungen erheben die EABT [R7], wenn außer dem Kfz-Verkehr auch weitere Verkehrsarten (z. B. Rad- und Fußverkehr) den Tunnel nutzen. Dann sind nämlich nach EABT [R7], Abschnitt 1.2 daraus resultierende Anforderungen zusätzlich zu berücksichtigen. Diese Forderungen sind bei der UVR mit Straßenbahn-, Bus-, Rad- und Fußgängerverkehr besonders zu beachten.

Der Personenschutz (Selbstrettung und Fremdrettung) hat oberste Priorität. Als weitere Schutzziele gelten der Sachschutz, der Umweltschutz und der Imageschutz.

5.3 Risikobewertung

5.3.1 Allgemein

Das Brandrisiko und damit einhergehende mögliche Personen- und Sachschäden müssen geringgehalten werden. Hierzu sind vorbeugende, abwehrende und organisatorische Brandschutzmaßnahmen erforderlich.

Das individuelle Risiko von Personen in der UVR ist nur dann akzeptabel, wenn eine reelle Rettungsmöglichkeit besteht. Die entsprechenden Nachweise (z. B. Räumungs- und

Verrauchungszeit) werden mit dem vorliegenden BSK, Stufe 2 für den Trambetrieb sowie den Diesel- und Elektrobusbetrieb erbracht.

Bei einem Fahrzeugbrand stellt die Rauchausbreitung in der UVR einen wesentlichen Risikofaktor in Verbindung mit der relativ großen und planmäßigen Personenansammlung an den beiden Haltestellen in der UVR dar.

Die Technische Aufsichtsbehörde legte fest, dass eine Gefährdungsidentifikation und Risikoanalyse für den Bus- und Tramverkehr in der UVR durchgeführt wird. Diese Studie [6] ergab, dass keine außergewöhnlichen Gefährdungen vorliegen. Die identifizierten Gefährdungen sind mit den im BSK genannten Brandschutzmaßnahmen beherrschbar.

5.3.2 Zuständige Behörde

Für den Brandschutz ist die Branddirektion München und für den Trambetrieb ist die Technische Aufsichtsbehörde (TAB) für U- und Straßenbahnen bei der Regierung von Oberbayern (Sachgebiet 31.2) verantwortlich.

5.4 Brandszenarien

Die zugrunde zu legenden Brandszenarien müssen nicht jedes denkbare oder geschehene Brandereignis berücksichtigen [R2]. Ebenfalls müssen Anschlags-/ Terrorszenarien nicht behandelt werden. Hierzu zählen beispielsweise Brandanschläge unter Einsatz von brennbaren Flüssigkeiten [R2] und auch das Abbrennen von bengalischen Feuern sowie die Mitnahme von Brandbeschleunigern in den Fahrzeugen [S1].

Es wird allgemein in sicherheitstechnischen Überlegungen davon ausgegangen, dass die Gleichzeitigkeit von zwei unabhängigen Ereignissen nicht betrachtet werden muss, da dies unverhältnismäßig ist. Solche Ereignisse werden als Unglücksfall eingestuft und dem Restrisiko zugeordnet.

In der EABT [R7], Abschnitt 1.3 wird daher für die Auslegung der baulichen und technischen Sicherheitsausstattung von einem Einzelereignis ausgegangen. Die Gleichzeitigkeit mehrerer Schadensereignisse und/oder technischer Störungen wird nicht betrachtet. Ein Restrisiko kann auch bei einem noch so großen Aufwand in der technischen Ausstattung und in der Überwachung nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden und ist deshalb zu akzeptieren [R7].

Vor diesem Hintergrund wird für die UVR davon ausgegangen, dass in der UVR jeweils nur ein einziges Fahrzeug (Tram oder Bus) brennt, und dass auch ein Brandübersprung auf ein anderes Fahrzeug nicht betrachtet werden muss. Dies begründet sich wie folgt:

- (1) Planmäßig halten die Fahrzeuge an der Haltestelle West (südliches Ende: Bau-km 6+919) und an der Haltestelle Ost (nördliches Ende: Bau-km 6+899) nicht direkt nebeneinander, sondern um ca. 20 m in Längsrichtung versetzt. Ein Brandübersprung ist in diesem Fall aufgrund der großen Entfernung der beiden Fahrzeuge zueinander auszuschließen

- (2) Nach TRStrab Brandschutz [R2] beträgt die Brandentstehungsphase 7 Minuten. In dieser Zeit kann davon ausgegangen werden, dass die Fahrzeugfenster aufgrund der Temperaturentwicklung thermisch nicht zerstört und die Flammen daher nicht aus dem Fahrzeug ausschlagen werden [29]. Ein Brandübersprung muss daher in den ersten 7 Minuten nach Brandbeginn nicht betrachtet werden.

Für die Brandmeldung durch den Fahrzeugführer und für die Aktivierung von sicherheitsrelevanten Maßnahmen (z. B. Sperrung der Tunneleinfahrten) ist in den Räumungsberechnungen folgender Zeitablauf zugrunde gelegt worden [20]:

- Brandalarmierung durch den Fahrzeugführer: 0,5 min nach Brandbeginn
- Aktivierung der Sicherheitsmaßnahmen (z. B. Sperrung, Durchsage SAA):
1 Minute nach Brandbeginn

Zuzüglich einer Reaktionszeit nach TRStrab Brandschutz [R2] von 2 Minuten ergibt sich damit eine Vorlaufzeit von 3 Minuten.

Wenn kurz vor der Sperrung der UVR ein Straßenbahnfahrzeug noch in die UVR einfahren sollte, so verbleiben für dieses auf dem Gegengleis befindliche Fahrzeug noch 6 Minuten für eine ungefährdete Vorbeifahrt am brennenden Fahrzeug. Selbst bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von nur etwa 10 km/h hat jedoch die nicht brennende Straßenbahn auf dem Gegengleis die gesamte UVR bereits in ca. 1,2 Minuten durchfahren. Dies bedeutet, dass ein Brandübersprung bei der beschriebenen Vorbeifahrt ausgeschlossen werden kann.

- (3) Wenn ein nicht brennendes nachfahrendes Fahrzeug sich einer Haltestelle nähert, an der bereits ein brennendes Fahrzeug steht, so muss der Fahrzeugführer des nachfahrenden Fahrzeuges einen Mindestabstand von ca. 5 m einhalten, damit ein Brandübersprung ausgeschlossen werden kann. Die Einhaltung dieses Mindestabstandes wird durch betriebliche Anweisungen sichergestellt.

Aus den oben genannten Gründen kann die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Brandübersprungs als äußerst selten eingestuft werden. Ein solches Ereignis kann daher als Unglücksfall eingestuft und dem Restrisiko zugeordnet werden. Deshalb wird ein Brandübersprung im BSK der UVR nicht betrachtet.

Ebenfalls wird beispielsweise auch das Szenario mit einem Brandereignis bei einer Kollision im Bereich der Haltestelle West und einem nachrückenden Straßenbahnfahrzeug sowie mit einem vollständig blockierten Fluchtweg nach Süden [21] einem Unglücksfall zugeordnet.

Mögliche Brandszenarien in der UVR sind Fahrzeugbrände, die durch einen technischen Defekt, durch einen Brand im Fahrgastraum oder durch eine Kollision von zwei Fahrzeugen entstehen. Der Brandort kann im Portalbereich, im Streckentunnel oder im Haltestellenbereich liegen. Es wurden verschiedenen Szenarien eingehender untersucht (Tabelle 1) [21].

Es wird davon ausgegangen, dass weitere Fahrzeuge, die nicht mehr rechtzeitig an der Einfahrt in die UVR gehindert werden können und deshalb bereits in die UVR eingefahren sind, auf Veranlassung der Leitstelle entweder, wenn dies betrieblich möglich ist, aus der UVR ins Freie fahren oder aber schnellstmöglich nach Alarmierung gestoppt werden. Die Insassen der stehenden Fahrzeuge steigen dann auf Anordnung des Fahrzeugführers aus dem Fahrzeug und ergreifen umgehend die Flucht ins Freie.

6 Einsatzwert der örtlich zuständigen Feuerwehr

Die UVR liegt im Zuständigkeitsbereich der Berufsfeuerwehr der LH München. Von dieser wird zugesichert, dass in 85% aller Fälle, innerhalb von 10 Minuten nach Alarmierung, mindestens ein Löschzug an einem der beiden Tunnelportale eintrifft.

7 Baulicher Brandschutz

7.1 Brand- und Brandbekämpfungsabschnitte

Die UVR wird vom bestehenden Tunnel Wotanstraße (Laimer Unterführung) brandabschnittsmäßig abgetrennt.

Wände, Türstürze und Decken des Verbindungsbauwerks zwischen dem Tunnel Wotanstraße und der UVR werden feuerbeständig (F 90-A) sein. Die zugehörigen Verbindungstüren werden in T90 RS ausgeführt (Anhang 19.2).

7.2 Rauchabschnitte

Zur Behinderung der Rauchausbreitung von der UVR in die Zugangsrampe (Zugangsbauwerk Ost) zum oberirdischen Bahnsteig der oPva Laim (S-Bahn) sowie bei geöffneter Verbindungstür in den benachbarten Tunnel Wotanstraße wird jeweils zwischen Öffnungsoberkante und der Tunneldecke ein feuerbeständiger Sturz mit einer Höhe von ca. 2,50 m als Rauchschürze genutzt. Ebenso verbleibt zwischen der Öffnung zum Bahnsteigaufgang (Zugangsbauwerk Ost) und der Tunneldecke ein ca. 2,40 m hoher, feuerbeständiger Sturz. Durch die genannten Maßnahmen wird eine frühzeitige Rauchausbreitung in angrenzende Bereiche der UVR verhindert [8].

7.3 Räume mit erhöhter Brandgefahr

In der betrachteten UVR nicht existent.

7.4 Tragende, aussteifende und raumabschließende Umfassungsbauteile

7.4.1 Außenwände

Die tragenden Außenwände der UVR werden in offener Bauweise unter zu Hilfenahme von Hilfsbrücken erstellt [26],[27]. Diese Außenwände sind erdüberdeckt und müssen gemäß BOStrab-Tunnelbaurichtlinien [R10] und TRStrab Tunnel [R4] aus nicht brennbarem Material bestehen sowie mindestens feuerbeständig nach DIN 4102 [R11] ausgeführt werden (F 90-A). Diese Anforderungen werden durch die Planung erfüllt [25]

Die konstruktiven Maßnahmen sind nach ZTV-ING [R12], Abschnitt 10.3.2 darauf abzustellen, dass die tragende Bewehrung im Brandfall nicht über 300 °C erwärmt wird. Dies wird in der Regel durch Einhaltung einer ausreichenden Betondeckung und Herstellung der Tunnelwände und -decke aus PP-Faserbeton sichergestellt.

Es ist zu prüfen, ob nach ZTV-ING [R12], Abschnitt 10.3.3 die Voraussetzungen gegeben sind, um einen vereinfachten Nachweis für den Lastfall Brand zu führen. In diesem Fall ist unter anderem ein bauteildickenabhängiger linearer Temperaturgradient in Wand und Decke bei voller Steifigkeit des Betonquerschnitts in Zustand I anzusetzen.

7.4.2 Dächer

In der betrachteten UVR nicht existent.

7.4.3 Innenwände

Tragende Innenwände besitzt die UVR nicht.

7.4.4 Decken

Die Stahlbetondecken und die Stahlverbundkonstruktion der Gleisbrücken werden über die gesamte Spannweite mindestens feuerbeständig (F 90-A) ausgeführt.

Wegen der Bedeutung der Gleisanlagen wird eine feuerbeständige Bekleidung der Topfgleitlager bzw. Teflongleitlager mit Brandschutzplatten (z. B. Promat) empfohlen [8].

Auch für Decken des Tunnelbauwerks wird die ZTV-ING [R12] beachtet (Kapitel 7.4.1).

7.4.5 Pfeiler, Stützen

Nicht relevant, da die Tunneldecke der UVR zwischen den Tunnelwänden frei gespannt wird.

7.5 Nichttragende, raumabschließende Umfassungsbauteile

7.5.1 Außenwände / Fassaden

Die Außenwände der UVR (außer an den Portalen) sind erdberührt und aus Stahlbeton. Die Portale sind ebenfalls aus Stahlbeton. Eine eventuelle Verkleidung der Portale wird nicht brennbar ausgeführt [8].

7.5.2 Innenwände

In der UVR nicht vorhanden.

7.5.3 Unterdecken

In der UVR nicht vorhanden.

7.5.4 Doppelböden

Doppelböden sind in der UVR nicht vorhanden.

7.6 Bauprodukte in / an raumabschließenden Bauteilen

7.6.1 Brandschutztüren

Die vorgesehenen Revisionsöffnungen in den verglasten Entrauchungsschächten auf den Mittelbahnsteigen der oPva Laim (S-Bahn) werden mit bauaufsichtlich zugelassenen Schachtabschlüssen mit vierseitiger Falz in der Feuerwiderstandsklasse der Wand (K30 gemäß DIN 4102 [R11]) verschlossen.

Die rauchdichte und feuerbeständige Brandschutztüre (T90 RS) des Verbindungsganges zwischen dem bestehenden Tunnel Wotanstraße und der UVR wird DIN 4102 [R11] und DIN 18095 [R13] entsprechen.

7.6.2 Rauchschutztüren

Siehe Kapitel 7.6.1.

7.6.3 Bauaufsichtlich zugelassene Feststelleinrichtungen

Bauaufsichtlich zugelassene Feststelleinrichtungen sind nicht vorhanden.

7.6.4 Lichtkuppeln und Lichtbänder

Es sind für den Normalfall (kein Brand) Lüftungsöffnungen vorgesehen, die im Brandfall zum Teil auch für den Rauchabzug genutzt werden.

7.6.5 Verglasungen

Die Lüftungs- bzw. Rauchabzugsschächte werden auf den Mittelbahnsteigen der oPva Laim (S-Bahn) verglast und erhalten eine Zugangsmöglichkeit (Kapitel 7.6.1). Diese Schächte bestehen aus Stahlprofilen mit einer G30-Verglasung, um eine Flammenbeaufschlagung der Bahnsteigüberdachung zu vermeiden [8].

Die Glaskonstruktion wird der jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassung entsprechen.

7.6.6 Verkleidungen für Wände und Decken, Bodenbeläge

Nach BOStrab-Tunnelbaurichtlinien sind für Decken- und Wandbekleidungen ausschließlich nicht brennbare Materialien zulässig [R10]. Nichtbrennbare Bauteile müssen der Baustoffklasse A nach DIN 4102 [R11] entsprechen.

Wand- und Deckenverkleidungen einschließlich deren Unterkonstruktionen werden so ausgebildet, dass im Brandfall nur ein örtlich begrenztes Versagen in Brandortnähe zu erwarten ist. Die Befestigungsmittel zum Rohbau werden mindestens feuerhemmend sein [R5].

In der UVR soll eine Wandverkleidung über der Sockelzone aus Stahlbeton angeordnet werden [49]. Diese Wandverkleidung ist aus verschiedenen farbig gestalteten Blech-Elementen vorgesehen, die dem Verlauf der Fahrbahn-Gradienten folgen [26].

7.6.7 Dämmstoffe

Dämmstoffe sind in der UVR nicht vorhanden.

7.6.8 Dehnungsfugen

Die Fugenbänder in den Außenwänden der UVR werden brandschutztechnisch von innen so geschützt werden, dass sie mindestens einer 90-minütigen Temperaturbelastung nach DIN 4102 [R11] widerstehen.

Bei Ausbildung der Decken- und Wandfugen als Raumfugen werden nach ZTV-ING [R12], Abschnitt 10.3.2 Fugeneinlagen aus nichtbrennbaren Baustoffen der Baustoffklasse A nach DIN 4102 [R11] verwendet.

Die Blockfugen der UVR werden gegen nichtdrückendes Wasser abgedichtet. Deshalb besitzen diese Fugen auch eine ausreichende Dichtigkeit gegen das Eindringen von Leichtflüssigkeiten, die z. B. aus Kesselwagen der DB auslaufen und nicht brennen. Wenn sich jedoch die auslaufende Flüssigkeit entzündet, wird es bei entsprechender Branddauer und der damit verbundenen Hitzeentwicklung zu entsprechenden Undichtigkeiten der Fugenbänder kommen [30]. Geeignete Maßnahmen werden bei einem solchen Unglücksfall ergriffen, um eine Gefährdung von Personen in der UVR durch das Eindringen von brennender Flüssigkeit zu verhindern (Kapitel 14).

7.6.9 Schottungen

Kabelschotts und Rohrleitungsschotts werden der Feuerwiderstandsklasse des zu querenden Bauteils entsprechen [R14]. Für die Schottungen werden bauaufsichtlich zugelassene Systeme verwendet und von qualifizierten Personen zulassungskonform eingebaut sowie mit zugehörigen Schildern gekennzeichnet.

8 Rettungswegkonzept

8.1 Rettungswegführung und -bemessung

Die UVR verfügt über die gesamte Länge im Osten über einen Fuß- und Radweg. Der ca. 3,5 m breite Fußweg ist tunnelwandseitig im Osten der UVR angeordnet. An die Haltestelle West schließt sich in Richtung Süden bzw. Richtung Norden ein Notgehweg mit einer Breite von ca. 1,0 m bzw. ca. 1,2 m bis zum Südportal bzw. Nordportal an [25]. Der genannte Fußweg im Osten und die Notgehwege im Westen dienen im Ereignisfall als Fluchtweg zu den beiden Portalen.

Der Ausgang zu den Bahnsteigen der S-Bahn (Zugangsbauwerk Ost) und der Verbindungsgang zwischen der UVR und dem bestehenden Tunnel Wotanstraße werden nicht als Fluchtweg ausgewiesen.

8.2 Personenstromanalyse

8.2.1 Einholung oder Ermittlung der Personenzahlen

Die Anzahl der Insassen des größten, in der UVR verkehrenden Busses (Buszug) beträgt ca. 133 Personen (Sitz- und Stehplätze). Das 5-teilige durchgängige Straßenbahnfahrzeug vom Tramtyp TZ5 kann jedoch ca. 271 Personen (Sitz- und Stehplätze) befördern [31] [32]. Damit ist das 5-teilige Straßenbahnfahrzeug vom Tramtyp TZ5 aufgrund der größeren Personenzahl derzeit maßgeblich, da längere und insbesondere breitere Tramfahrzeuge auf absehbare Zeit im Netz der SWM nicht eingesetzt werden [59].

Die Anzahl der wartenden Personen auf dem Westbahnsteig ist abhängig von der Anzahl der betrachteten Fahrzeuge:

- (1) Nach Prognosedaten werden bei einem einzigen Fahrzeug 183 Personen berücksichtigt [22].
- (2) Wenn ein weiteres Fahrzeug TZ5 nachgefahren ist, empfiehlt INTRAPLAN für das nachrückende Fahrzeug eine deutlich geringere Anzahl an wartenden Personen, also nicht weitere 183 Personen anzusetzen [33]. In Absprache mit dem Auftraggeber werden dennoch auch für das nachrückende Fahrzeug 183 Personen in Ansatz gebracht, da dies auf der sehr sicheren Seite liegt [34].

In den Räumungsberechnungen [21] sind beim Tramszenario mit 1 Fahrzeug TZ5 insgesamt $271 + 183 = 454$ Personen und mit 2 Fahrzeugen TZ5 $2 \times (271 + 183) = 908$ Personen berücksichtigt. Das Tramszenario mit 2 Fahrzeugen TZ5 (908 Personen) liegt im Vergleich zum Busszenario auf der sicheren Seite, da beim Busszenario an der Haltestelle West nur ein Buszug (133 Personen) und eine Trambahn (271 Personen) sowie 2×183 wartende Personen und damit insgesamt nur $133 + 366 + 271 = 770$ Personen berücksichtigt werden müssten.

8.2.2 Räumungsnachweis

Es wurden exemplarisch Bemessungszeiten (Räumungszeiten) für verschiedene Szenarien für den reinen Trambetrieb (Szenarien Nr. 4 und Nr. 5) und auch für den Mischbetrieb Tram /Busse (Szenarien Nr. 1 und Nr. 2) ermittelt (Tabelle 1) [21]. Auch das nicht-relevante Szenario „Fahrzeugbrand in Portalnähe“, bei dem das Fahrzeug noch rechtzeitig ins Freie gefahren werden kann, wird vollständigshalber aufgeführt [21].

In allen untersuchten Szenarien wurde stets die höchste Personenbeförderungskapazität der betrachteten Fahrzeuge und aufgrund einer aktuellen Prognose für die an der Haltestelle wartenden Personen berücksichtigt, eine höhere Personenzahl als nach TRStrab Brandschutz [R2] erforderlich (Kapitel 8.2.1). Es wurden Szenarien mit Kollisionen von Bus und Tram (Szenarien Nr. 1 und Nr. 2) und ein Szenario mit einem nachfolgenden Fahrzeug detailliert untersucht (Tabelle 1) [21]. Darüber hinaus ist für das Tram-Szenario Nr. 5 zusätzlich eine ausführliche separate Räumungsberechnung durchgeführt worden [20]. Ferner ist zusätzlich die Situation „Ausstieg aus dem Straßenbahnfahrzeug“ unter Berücksichtigung der Ausstiegsbehinderung durch bereits auf dem Notgehweg befindlichen Personen mit Hilfe des Software Programms ASERI detailliert betrachtet worden [23] (Anhang 19.4).

Durch die gewählten Szenarien, die hohe Personenzahl, die verwendeten langen Fluchtwege und die Einbeziehung von Alarmierungs- und Reaktionszeiten (Vorlaufzeit von 3 Minuten) liegen die ermittelten Bemessungszeiten (Räumungszeiten) auf der sicheren Seite. Darüber hinaus wurde auch eine Wirkungszeit der Rauchschutzmaßnahmen nach TRStrab Brandschutz [R2] von 1 Minute berücksichtigt.

Die nach NFPA 130 [R9] und teilweise auch mithilfe des Simulationsprogramms ASERI [23] ermittelten Bemessungszeiten (Vorlaufzeit plus Selbstrettungszeit) variieren zwischen 7 Minuten und 8 Minuten nach Brandbeginn. Damit beträgt inklusive Wirkungszeit die erforderliche Zeitspanne für die Einhaltung der Grenzwerte maximal 9 Minuten (Tabelle 1) [21]. In den Brandsimulationen wurde daher nach TRStrab Brandschutz [R2] für die Selbstrettungsphase die Wirksamkeit der Rauchschutzmaßnahmen mindestens bis zur 9. Minute nach Brandbeginn nachgewiesen (Kapitel 8.3) (Anhang 19.5 und 19.6).

| Nr. | Szenarien | Bemessungszeit (Räumungszeit) [min] | Bemessungszeit plus Wirkungszeit der Rauchschutzmaßnahmen [min] |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1 | Kollision im nördlichen Streckenabschnitt | 8 | 9 |
| 2 | Kollision an der Haltestelle West ohne nachrückende Fahrzeuge | 7 | 8 |
| 3 | Fahrzeugbrand in Portalnähe | Nicht relevant, da Fahrzeug ins Freie gefahren wird (siehe [21]) | |
| 4 | Fahrzeugbrand im nördlichen Streckenabschnitt der UVR | 8 | 9 |
| 5 | Brand eines Fahrzeuges im Haltestellenbereich mit nachfolgendem Fahrzeug | 8 | 9 |

Tabelle 1: Übersicht verschiedener Szenarien mit einem Brandereignis und zugehörigen Bemessungs- und Wirkungszeiten (Bild 1) [21]

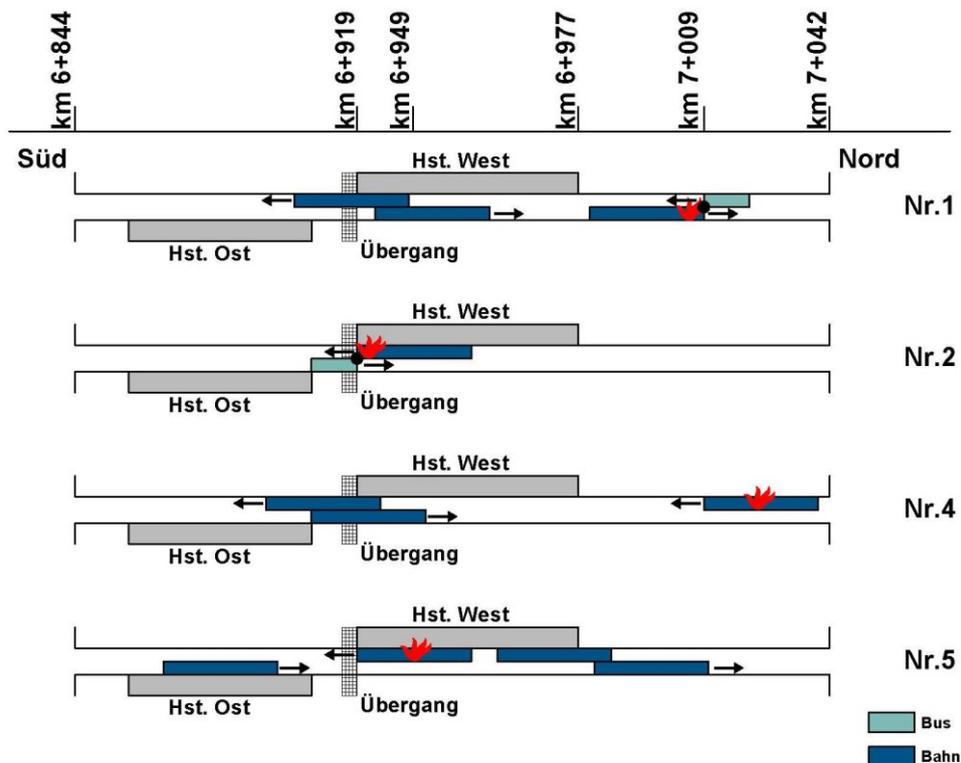


Bild 1: Untersuchte Szenarien (Nr.1 und Nr. 2 sowie Nr. 4 und Nr. 5)

8.3 Nachweis der Rauchfreihaltung

8.3.1 Bemessungsbrand für einen Trambrand

Die anfänglichen Brandsimulationen für den Trambrand [35] [36] [3] wurden auf der Grundlage des Bemessungsbrandes nach TRStrab Brandschutz durchgeführt ([3]: Folie 12). Die in der TRStrab Brandschutz [R2] angegebenen bzw. entsprechend der dort hinterlegten Regeln extrapolierten Brandverlaufskurven liegen auf der sicheren Seite, da es sich um einhüllende Kurven handelt, die hinsichtlich des Brandverhaltens ein größeres Spektrum von verschiedenen Fahrzeugen abdecken.

Der Verrauchungsnachweis für die Fremdrettungsphase für den Trambrand auf der Grundlage des Bemessungsbrandes nach TRStrab Brandschutz [R2] konnte nicht erfolgreich geführt werden [66]. Für den Trambrand wurde daher ein spezieller Bemessungsbrand vom TÜV SÜD entwickelt [62] (Anhang 19.13). Dieser Bemessungsbrand zeigte im Vergleich zum Bemessungsbrand des Busses [35] (Kapitel 8.3.2) einen sehr viel günstigeren Verlauf der Wärmefreisetzungsrate. Für die Brandsimulation (Entrauchung) ist damit nicht der Bemessungsbrand für die Tram, sondern der Bemessungsbrand für den Bus [35] maßgebend. Ein gesonderter Verrauchungsnachweis für die Fremdrettungsphase auf Basis des speziell vom TÜV SÜD entwickelten Bemessungsbrandes für die Tram (Anhang 19.13) ist daher nicht mehr erforderlich.

8.3.2 Bemessungsbrand für einen Busbrand

Für die UVR würde ein spezieller Bemessungsbrand für den Bus nach Auffassung der Gutachter vom TÜV SÜD und Kersken+Kirchner sowie der Branddirektion München keine signifikant anderen Beurteilungsgrundlagen ergeben als der bisher zugrunde gelegte Bemessungsbrand für den Bus [5] [37]. Diese Aussage gilt für Busse, die die Materialanforderungen der UN ECE R118 [R15] erfüllen. Es ist davon auszugehen, dass bis 2025 nur noch solche Busse im Fuhrpark der SMW einschließlich ihrer Kooperationspartner vorhanden sein werden, die diese Anforderungen erfüllen [37]. Die für die Brandsimulationen gewählten Wärmefreisetzungsrate können somit als brandschutztechnisch repräsentativ für die Busse, die in der UVR verkehren werden, eingestuft werden. Daher bildet der bereits in den Brandsimulationen verwendete Bemessungsbrand für den Busbrand weiterhin eine geeignete Beurteilungsgrundlage für den Verrauchungsnachweis der aktuell für den Einsatz geplanten Busse [37]. Dies bedeutet, dass die Verrauchungsnachweise für die Selbst- und Fremdrettungsphase mit dem derzeit vorliegenden bereits mit der Branddirektion München abgestimmten Bemessungsbrand für den Bus geführt werden können und müssen [38].

Die Wärmefreisetzungsrate des Busbrandes erreicht schon 10 Minuten nach Brandbeginn 10 MW bzw. bereits 18 Minuten nach Brandbeginn das Maximum von 30 MW [3]. Aufgrund der vergleichsweise hohen Wärmefreisetzungsrate in den ersten Minuten nach Brandbeginn, zeigten die durchgeführten Brandsimulationen, dass für einen erfolgreichen Verrauchungsnachweis beim Busbrand in der Selbstrettungsphase zusätzlich besondere Maßnahmen erforderlich sind. Es gelang mithilfe einer MRA und einer festen nichtbrennbaren Rauchschrütze bei einem Busbrand die Verrauchungssituation in

der Selbstrettungsphase nachhaltig zu verbessern [3]. Daher kommt diese Entrauchungsvariante zur Ausführung [5].

Ferner konnte bestätigt werden, dass der festgelegte Bemessungsbrand für Dieselbusse [35] auch für die in der UVR verkehrenden Elektrobusse und Trams verwendet werden kann [61] [62], da die Wärmefreisetzungsrate des Dieselbusbrandes am ungünstigsten verläuft.

8.3.3 Allgemeine Nachweisführung

Ein Vergleich zwischen der Bemessungszeit (Räumungszeit) (Kapitel 8.2.2) und der aus den Brandsimulationen [3] ermittelten Verrauchungszeit gibt Auskunft, ob Fahrgäste bei einem Brandfall durch Brandgase gefährdet sind, oder ob sie sich rechtzeitig retten können. Die Verrauchungszeit gibt an, zu welchem Zeitpunkt die Schutzziele (z. B. raucharme Schichtdicke) in der UVR nach Brandbeginn nicht mehr eingehalten werden können. Die Fahrgäste sind durch Brandgase gefährdet, wenn die Bemessungszeit nach TRStrab Brandschutz [R2] länger als die Verrauchungszeit ist. Die TRStrab Brandschutz [R2] verlangt aus Sicherheitsgründen zusätzlich, dass die Wirkungszeit der Rauchschutzmaßnahmen 10 % länger als die Bemessungszeit ist, mindestens jedoch 1 Minute. Dies bedeutet, dass nachfolgend die Verrauchungszeiten und die Wirkungszeiten der Entrauchungsmaßnahmen miteinander verglichen werden müssen, um die Verrauchungssituation in der UVR beurteilen zu können.

Maßgebend für den Verrauchungsnachweis für die Selbst- und Fremdretrungsphase ist stets der Bemessungsbrand für den Busbrand [35], da er eine höhere Wärmefreisetzungsrate aufweist als der spezielle Bemessungsbrand für die Tram [62]. Die detaillierten Brandsimulationsergebnisse sind Anhang 19.7 zu entnehmen und in Anhang 19.9 bewertet.

8.3.4 Nachweis der Rauchfreihaltung für die Selbstrettungsphase

Der Bemessungsbrand für den Busbrand ist aufgrund seiner vergleichsweise hohen Wärmefreisetzungsrate während der Selbstrettungsphase maßgebend für den Verrauchungsnachweis [3] [66]. Es gelang mithilfe einer MRA und einer festen nichtbrennbaren Rauchschürze bei einem Busbrand die Einhaltung der Schutzziele nach TRStrab Brandschutz [R2] für die Selbstrettungsphase beim Busbrand nachzuweisen [3].

Die vorliegenden Ergebnisse der Brandsimulationen [3] mit einer MRA und einer festen nichtbrennbaren Rauchschürze haben Verrauchungszeiten in der Selbstrettungsphase für das maßgebende Szenario „Busbrand“ von etwa 9 bis 13 Minuten nach Brandbeginn ergeben. Hieraus ergeben sich die erforderlichen Wirkungszeiten der Entrauchungsmaßnahmen nach TRStrab Brandschutz [R2] für die untersuchten Szenarien zu maximal etwa 9 Minuten (Tabelle 1).

Dies bedeutet, dass der Verrauchungsnachweis für die Selbstrettungsphase für alle betrachteten Szenarien für den Busbrand erfolgreich geführt wurde, da die Verrauchungszeit mit ca. 9 bis 13 Minuten gleich bzw. länger als die erforderliche Wirkungszeit der Entrauchungsmaßnahmen ist (Tabelle 1).

8.3.5 Nachweis der Rauchfreihaltung in der Fremdrettungsphase

Die geplante maschinelle Rauchabzugsanlage (Kapitel 13.6.3) kann die Brandgase bei einem Busbrand besser abführen als eine natürliche Rauchabzugsanlage ([3]: Folie 19). Die UVR soll daher eine maschinelle Entrauchung mit Rauchabzugskanälen in Verbindung mit einer festen nichtbrennbaren Rauchschräge erhalten (Kapitel 13.6).

Allerdings konnte der Verrauchungsnachweis für die Fremdrettungsphase beim Busbrand nach TRStrab Brandschutz [R2] auch unter Verwendung einer MRA und einer festen nichtbrennbaren Rauchschräge nicht vollumfänglich erfolgreich geführt werden [66]. Daher wurde eine detaillierte Betrachtung der Brandsimulationsergebnisse unter Berücksichtigung der bestehenden Randbedingungen und der Verhältnismäßigkeit durchgeführt. Diese Untersuchung zeigt, dass die Verrauchungssituation bei Verwendung einer MRA und einer festen nichtbrennbaren Rauchschräge beim Busbrand in der Fremdrettungsphase bis zur 30. Minute nach Brandbeginn in 1,5 m über der Bodenoberkante als akzeptabel eingestuft wird [66]. Dies wird auch durch die Analyse der Verrauchungssituation in einer Höhe von 1 m über der Bodenoberkante bestätigt. In dieser Höhe können nämlich die Verrauchungskriterien der Fremdrettungsphase nach TRStrab Brandschutz [R2] bis zur 30. Minute nach Brandbeginn uneingeschränkt eingehalten werden ([3], Folie 73).

Die Zustimmung der zuständigen TAB zu dem jetzt vorliegenden Verrauchungsnachweis für die Fremdrettungsphase bei einem Dieselbusbrand liegt vor [63]. Allerdings steht die Zustimmung der zuständigen TAB für den Verrauchungsnachweis bei einem Brand eines Elektrobusses und bei einem Brandverlauf, der dem speziellen Trambemesungsbrand entspricht, formal noch aus. Jedoch konnte zwischenzeitlich nachgewiesen werden, dass der Bemessungsbrand für den Dieselbus [35] auch den Brandverlauf der in der UVR verkehrenden Elektrobusse und Trams mit abdeckt [61] [62]. Weitere Verrauchungsnachweise mit dem Bemessungsbrand eines in der UVR eingesetzten Elektrobusses (Anhang 19.12) oder für den Brand der Tram mit dem speziell vom TÜV SÜD entwickelten Bemessungsbrand (Anhang 19.13) sind daher nicht mehr erforderlich. Die Branddirektion München hatte bereits in einer Vorab-Stellungnahme [39] (Anhang 19.8) einem Verzicht für den Verrauchungsnachweise der Fremdrettungsphase nach TRStrab Brandschutz [R2] unter Berücksichtigung der vorliegenden Randbedingungen in der UVR zugestimmt, wenn auch die Schutzziele nach TRStrab Brandschutz [R2] für die Selbstrettungsphase eingehalten werden. Letzteres ist der Fall [3]. Die Argumente für einen Verzicht für den Verrauchungsnachweis der Fremdrettungsphase sind in [40] zusammengefasst.

8.4 Anforderungen Rettungswege

8.4.1 Grundanforderungen

Es müssen folgende Anforderungen erfüllt werden:

- (1) Die Rettungswege müssen vor einer vorzeitigen Verrauchung geschützt werden.
- (2) Die Brandlasten betriebsnotwendiger Einbauten wie z. B. Elektrokabel sind gering zu halten. Nach MLAR [R14] dürfen im Verlauf von Rettungswegen nur elektrische

Leitungen offen verlegt werden, die nicht brennbar sind bzw. ausschließlich der Versorgung der dortigen Verbraucher dienen. Alle anderen elektrischen Leitungen sind geschützt zu verlegen (z. B. zertifizierte Unterdecken mit Verwendbarkeitsnachweis, Leitungen voll eingeputzt).

- (3) Rettungswege müssen frei bleiben, sie dürfen nicht zugestellt werden.
- (4) Die Rettungswege müssen nach TRStrab Tunnel [R4] mindestens 0,8 m breit sein. Hingegen fordert die EABT, Abschnitt 5.1.2 [R7], dass beiderseits der Fahrbahn 1,00 m breite Notgehwege angeordnet werden müssen, die eine lichte Durchgangshöhe von 2,25 m haben. Diese werden laut Planung von der Fahrbahn durch Hochborde von 12 cm Höhe begrenzt. Da die geforderte Breite nach EABT [R7] größer ist als nach TRStrab Tunnel [R4], ist die Rettungswegbreite nach EABT [R7], Abschnitt 5.1.2 für die UVR maßgebend.
- (5) Laut aktueller Planung ist auf der Ostseite der UVR kein Gelände mehr zwischen Fahrbahn und Radweg vorgesehen, um den Ausstieg aus einem Fahrzeug auf dem Ostgleis bzw. der Ostfahrbahn nicht zu behindern, da die in der UVR eingesetzten Fahrzeuge nur Türen auf der rechten Fahrzeugseite besitzen.

Die UVR verfügt über folgende bauliche Einrichtungen, die im Ereignisfall als Notgehwege genutzt werden können:

- (1) Im Haltestellenbereich:
 - a) Haltestelle West
Bahnsteigbreite: 6,17 m
 - b) Haltestelle Ost
Bahnsteigbreite: 3,25 m
- (2) Vom Übergang (im Bereich des östlichen Zugangs) auf der Westseite der UVR:
 - a) nach Süden zum Südportal
Notgehweg: Breite 1,00 m
 - b) nach Norden zum Nordportal (nach dem Haltestellenbereich)
Notgehweg: Breite 1,20 m
- (3) Vom Übergang (im Bereich des östlichen Zugangs) auf der Ostseite der UVR:
 - a) nach Süden zum Südportal
Gehweg: Breite 3,50 m
Radweg: Breite 2,50 m
 - b) nach Norden zum Nordportal (nach dem Haltestellenbereich)

Gehweg: Breite 3,50 m

Radweg: Breite 2,50 m

Die Anforderungen nach EABT [R7], Abschnitt 5.2.1 hinsichtlich der Notgehwegbreite werden damit erfüllt.

8.4.2 Anforderung an Ladenpassagen

Ladenpassagen sind nicht vorhanden.

8.4.3 Rettungswege für besondere Personengruppen

Rettungswege für besondere Personengruppen sind nicht vorhanden und auch nicht erforderlich, da für die Flucht von z. B. Rollstuhlfahrern der Geh- und Radweg sowie die Fahrbahnen zur Verfügung stehen. Jedoch müssen in der Fremdrettungsphase die Einsatzkräfte unter anderem in die Lage versetzt werden, auch mobilitätseingeschränkte Personen zu retten. Hierfür sind unterstützende Maßnahmen vorgesehen, die unmittelbar nach Alarmierung bereits helfen, dass mobilitätseingeschränkte Personen schnell das Freie erreichen. Folgende Maßnahmen sind für die Rettung mobilitätseingeschränkter Personen geplant:

- (1) Die Fahrzeugführer erhalten eine Betriebsanweisung, in der die Unterstützung von hilfebedürftigen Personen in einem Ereignisfall geregelt wird.
- (2) Der Fahrzeugführer muss im Ereignisfall die Fahrgäste auffordern, Behinderte bei ihrer Flucht zu unterstützen.
- (3) Die Einsatzkräfte sind über die Rettungsbedingungen speziell für mobilitätseingeschränkten Personen in der UVR detailliert informiert [46].

8.4.4 Flure / Vorräume / Schleusen

In der UVR sind keine Flure, Vorräume und Schleusen vorhanden.

8.4.5 Treppenräume / Festtreppen

Die Rettungswege der UVR führen zu den beiden Portalen Nord und Süd. Auf den Rettungswegen zu den Portalen sind keine Treppenanlagen angeordnet.

Feste Treppen führen im Zugangsbauwerk Ost zu den oberirdischen Bahnsteigen der oPva Laim (S-Bahn). Diese Treppen gehören zum Brandschutzkonzept der oPva Laim [9] und werden hier nicht weiter behandelt.

Nachrichtlich: Der Zugang von der UVR zu den Treppenanlagen und die Treppenanlagen des Zugangsbauwerks Ost werden nicht mit Brandmeldern überwacht [9].

8.4.6 Sicherheitstreppe

Sicherheitstreppe sind nicht vorhanden.

8.5 Kennzeichnung der Rettungswege / Rettungswegleitsystem

Hinsichtlich der Kennzeichnung der Rettungswege werden folgende wichtige Anforderungen erfüllt:

- (1) Die Rettungswege müssen gekennzeichnet werden. Die Grundfarbe der Rettungszeichen und Rettungszeichen-Leuchten soll einheitlich grün sein. Nach TRStrab Tunnel [R4] muss eine Verwechslungsgefahr mit Signalen ausgeschlossen werden [S1]. Die Kennzeichnung muss einheitlich mit Piktogrammen gemäß DIN EN ISO 7010 erfolgen [R16].
- (2) Streckentunnel sind nach TRStrab Brandschutz [R2] im Abstand von 25 m mit Rettungszeichen auszustatten. Sie müssen auch unter Notbeleuchtung erkennbar sein. Zusätzlich sind die Rettungszeichen in der UVR mit Entfernungsangaben in beide Fluchtrichtungen (Tunnelportale) zu versehen [46]. Die Entfernungsangaben sind auf 5 m zu runden, um eine schnelle Erfassung der jeweiligen Entfernung zu ermöglichen.
- (3) Nach EABT [R7], Abschnitt 5.3 sind in jeder Tunnelröhre auf der Seite der Notausgänge Fluchtwegkennzeichen anzubringen. Die Fluchtwegkennzeichen nach EABT [R7], Abschnitt 5.3 bestehen aus Fluchtsymbol (zum nächstgelegenen Notausgang orientiert) und Pfeilsymbolen je Fluchtrichtung mit darüber angeordneten Entfernungsangaben zu den nächstgelegenen Notausgängen bzw. dem Portal, die ständig hinterleuchtet sind. Im Hinblick auf eine schnelle Begreifbarkeit der Entfernungsangaben sind diese auf volle 10 m Schritte zu runden.

Nach EABT, Abschnitt 5.3 [R7] ist die Unterkante der Fluchtwegkennzeichnung vorzugsweise in maximal 1 m Höhe über dem Notgehweg und im Abstand von ≤ 25 m anzuordnen. Um eine seitliche Wahrnehmung des Fluchtwegkennzeichens zu ermöglichen, soll es mindestens 2 cm und maximal 6 cm hervorstehen. Die Fluchtwegkennzeichnung muss so gestaltet sein, dass eine Verletzung flüchtender Personen ausgeschlossen ist.

Weitere wichtige Anforderungen an die Fluchtwegkennzeichnung sind den EABT [R7], Abschnitt 5.3 direkt zu entnehmen. So ist z. B. eine Orientierungsbeleuchtung in der UVR aufgrund ihrer geringen Länge nicht erforderlich.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die Rettungswegkennzeichnung in der UVR nach EABT [R7] in einer Höhe (Unterkante) von ca. 1 m und im Abstand von maximal ca. 25 m mit einer Entfernungsangabe zum nächsten Portal ausgeführt wird [R7] [R2]. Die geplante Rettungswegkennzeichnung entspricht nach Angaben des Planers den Anforderungen von EABT [R7] und TRStrab Brandschutz [R2].

Darüber hinaus empfiehlt die Branddirektion München die Rettungswegkennzeichnung nach EABT [R7] beidseitig in der UVR anzubringen, da die teils langen Fahrzeuge (Tram, Buszug) die Zeichen verdecken können [41]. Ferner sollte nach Auffassung der Branddirektion München auf die Orientierungsbeleuchtung nach EABT, Abschnitt 5.3 [R7] nicht verzichtet werden. Beide Empfehlungen der Branddirektion München werden umgesetzt. Sie sollen helfen, bei einem Brandereignis die Flucht in der Selbstrettungsphase

zu beschleunigen, damit nur wenige Personen durch die Einsatzkräfte während der Fremdrettungsphase gerettet werden müssen.

9 Aufzugsanlagen und Fahrtreppen

9.1 Personenaufzüge

Nachrichtlich: Von der UVR können die oberirdischen Bahnsteige der oPva Laim (S-Bahn) über Aufzüge erreicht, bzw. verlassen werden. Die Ansteuerung der Aufzüge in die Brandfallsteuerung erfolgt durch die BMZ der UVR. Diese Aufzüge sind im Brandschutzkonzept der oPva Laim [9] enthalten. Bei einem Brandalarm in der UVR fahren die Aufzüge in der Brandfallsteuerung auf die Bahnsteige der oPva Laim [9].

9.2 Feuerwehraufzüge

Die UVR besitzt keine Feuerwehraufzüge.

9.3 Lastenaufzüge

Die UVR verfügt nicht über Lastenaufzüge.

9.4 Fahrtreppen und Fahrsteige

Die beiden Fahrtreppen, die die UVR und die oberirdischen Bahnsteige der oPva Laim (S-Bahn) verbinden, werden von der LHM betrieben. Es handelt sich dabei um Fahrtreppen, die im Normalfall (kein Brand) im bedarfsgesteuerten „Zwei-Richtungs-Betrieb“ genutzt werden. Diese beiden Fahrtreppen werden im Brandfall unabhängig von der aktuellen Laufrichtung durch die BMZ der UVR abgeschaltet. Diese Fahrtreppen sind im Brandschutzkonzept der oPva Laim (S-Bahn) [9] enthalten und werden hier nicht weiter behandelt.

10 Elektrische Leitungsanlagen und Anlagen sowie Rohrleitungsanlagen

10.1 Elektrische Leitungen

10.1.1 Einzelne und gebündelte Leitungen

Es sind Kabel und Leitungen im Decken- und Wandbereich mit verbessertem Verhalten im Brandfall zu verwenden, die über:

- (1) halogenfreie,

- (2) raucharme,
- (3) weitestgehend nicht toxische Isolier- und Mantelmischungen verfügen [R17].

Kabel und Leitungen die dauerhaft in Bauwerken installiert werden, fallen unter die europäische Bauproduktenverordnung (BauPVO). Diese Kabel werden ihrem Brandverhalten nach in einheitliche europäische Brandklassen eingeordnet. Die in der UVR eingesetzten Kabel werden der Kabelklasse B2_{CA} s1d1a1 nach Bauprodukteverordnung [R27] entsprechen [45].

Die Brandlasten betriebsnotwendiger Einbauten wie z. B. Elektrokabel sind im Bereich von Rettungswegen gering zu halten [R14]. Daher werden in der UVR nur elektrische Leitungen offen verlegt, die nichtbrennbar sind bzw. ausschließlich der Versorgung der dortigen Verbraucher dienen. Alle anderen elektrischen Leitungen werden geschützt verlegt (z. B. Leitungen voll eingeputzt).

Gemäß den Technischen Regeln elektrische Anlagen (TRStrab EA [R17]) werden Kabelanlagen für Sicherheitsbeleuchtungen und Brandschutzeinrichtungen für einen Funktionserhalt im Brandfall von mindestens 30 Minuten ausgelegt. Innerhalb von größeren Brandabschnitten gelten diese Anforderungen nur für die Zuleitungen bis zum ersten Einspeisepunkt, sofern die Sicherheit durch andere Maßnahmen gewährleistet ist [R17].

Es ist vorgesehen, die Kabel der Sicherheitsbeleuchtung geschützt in einem Betonkanal unterhalb des Fuß- bzw. Radweges zu verlegen [12]. Diese Kabel sind daher vor Brandeinwirkungen ausreichend geschützt. Nach TRStrab EA [R17] bestehen auch für im Erdreich verlegte Kabel keine besonderen Brandschutzanforderungen. Damit werden durch die vorliegende Planung die Anforderungen hinsichtlich der Kabelverlegung in der UVR nach TRStrab EA [R17] erfüllt.

Die Dauer des Funktionserhalts der Leitungsanlagen von maschinellen Rauchabzugsanlagen wird nach MLAR mindestens 90 Minuten betragen [R14]. Ebenfalls wird nach EABT, Abschnitt 9.3 [R7] für Straßentunnel eine Verkabelung in E90 nach DIN 4102 [R11] für Lüfteranschlüsse vorgesehen.

10.1.2 Kabeltragkonstruktionen

Kabel mit Funktionserhalt werden entsprechend DIN 4102 Teil 12 [R11] verlegt.

10.1.3 Installationskanäle/-schächte

Installationskanäle und -schächte werden einschließlich ihrer Öffnungsabschlüsse aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und eine Feuerwiderstandsfähigkeit besitzen, die der höchsten notwendigen Feuerwiderstandsfähigkeit der von ihnen durchdrungenen Bauteile entspricht [R14]. Darüber hinaus werden Öffnungen von Schächten mit bauaufsichtlich zugelassenen Schachtabschlüssen mit vierseitiger Falz in der Feuerwiderstandsklasse der Wand (K90 gemäß DIN 4102 [R11]) verschlossen.

10.1.4 Kabelabschottungen

Siehe Kapitel 7.6.9.

10.1.5 Blitzschutz

Damit auch die elektronischen Brandschutzeinrichtungen der UVR gegen Ausfälle durch Überspannungen geschützt werden, werden eine Blitzschutz- und Erdungsanlage nach DIN EN 62305 [R18] installiert.

10.1.6 Oberleitungen

Elektrische Oberleitungen sind in der UVR für den Trambetrieb vorgesehen.

Es werden ferngesteuerte Spannungsabschaltungen sowie Erdungen mit entsprechenden Anzeigen zum aktuellen Zustand der Oberleitung (z. B. Spannung: Aus) vorgesehen. Die genaue technische Lösung wird mit der Branddirektion München abgestimmt.

10.2 Elektrische Anlagen

10.2.1 Videoüberwachungsanlage

Eine Videoanlage ist nach EABT [R7], Abschnitt 10.7 erst bei Tunneln ab 400 m vorzusehen. Da die UVR nur ca. 198 m lang ist, ist eine Videoanlage nach EABT [R7] nicht erforderlich. Nach TRStrab Tunnel [R4], Abschnitt 2.7 sollen Notrufeinrichtungen kameraüberwacht sein.

In der UVR ist geplant, Videokameras in den Anfangsbereichen des Tunnels (Entfernung zum Portal ca. 20 m) und in den Haltestellenbereichen anzuordnen. Hierdurch können die Notrufeinrichtungen auf den beiden Bahnsteigen und der Streckentunnel im Bedarfsfall von Feuerwehr und Leitstelle eingesehen werden [12].

10.2.2 Strom- / Ersatzstromversorgung

In der UVR werden nach BOStrab [R6] in geeigneter Entfernung und Anzahl Steckdosen zur Speisung ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel vorhanden sein.

Nach EABT [R7], Abschnitt 9.2.6 werden unter anderem für die Rettungswegbeleuchtung, die Fluchtwegkennzeichnung und die Kommunikationseinrichtungen bestehend aus Funkanlage, Videoanlage, Lautsprecheranlage, Notrufeinrichtungen sowie die Brandmeldeanlage eine Ersatzstromversorgung als USV vorgesehen. Die Bemessung der USV-Anlage wird den Leistungsbedarf aller sicherheitsrelevanten Einrichtungen bei Netzausfall berücksichtigen. Die Betriebszeit der USV wird 60 Minuten für die genannten Einrichtungen betragen.

Die SAA (Kapitel 13.4) und die Signalanlagen an den Portalen der UVR (Kapitel 13.6.3) werden an die USV angeschlossen.

10.2.3 Notbeleuchtung / Sicherheitsbeleuchtung

Eine Sicherheitsbeleuchtung wird nach BOStrab [R6] für die Bahnsteige und auf den Rettungswegen in der UVR geplant. Zu den Rettungswegen in der UVR gehören der Notgehweg im Westen, die beiden Fahrbahnen sowie der im Osten liegende Fuß- und Radweg. Durch die Sicherheitsbeleuchtung werden eventuelle Hindernisse (z. B. Bordsteinkanten) gut erkannt [R19]. Die Sicherheitsbeleuchtung wird so beschaffen und angeordnet sein, dass die Bahnsteige und Rettungswege ausreichend beleuchtet werden [R6]. Die Sicherheitsbeleuchtung wird gemäß DIN EN 1838 [R20] und TRStrab EA [R17] ausgelegt. Die Mindestbeleuchtungsstärke wird 1 lx betragen und über einen Funktionserhalt von mindestens 30 Minuten verfügen [R17]. Die Einschaltverzögerung darf 0,5 Sekunden nicht überschreiten [R6]. Es wird eine Nennbetriebsdauer von mindestens 1 Stunde gewährleistet.

Die Sicherheitsbeleuchtung wird so abgesichert, dass sich der Ausfall einer Leuchte nicht auf das Gesamtsystem auswirkt (selektive Absicherung) [R21]. Derzeit wird eine Sicherheitsbeleuchtung nach BOStrab [R6] und TRStrab EA [R17] geplant.

Bei einem Ausfall der allgemeinen Stromversorgung werden Rettungswege, Brandmelder, Löscheinrichtungen (falls vorhanden) und insbesondere die Rettungszeichen beleuchtet sein [S1].

Bei einem Ausfall der allgemeinen Stromversorgung werden die Leuchten in den Haltestellenbereichen und zusätzlich ein Drittel der Durchfahrtsbeleuchtung im Deckenbereich sowie ein Drittel der Leuchten im Bereich des Fuß- und Radweges gleichmäßig verteilt mit Strom durch eine Notstromversorgung (USV) für eine Betriebszeit von 30 Minuten versorgt [58].

Nach Aussage der Branddirektion München ist für den Quergang Wotanstraße – UVR keine Sicherheitsbeleuchtung bzw. Beleuchtung mit Funktionserhalt notwendig, da dieser Weg für die Feuerwehr nur als Angriffsweg dient [65].

10.3 Rohrleitungsanlagen

10.3.1 Offene und geschlossene Rohrleitungsanlagen

In der UVR sind keine offenen Rohrleitungsanlagen vorhanden.

10.3.2 Dämmung von Rohrleitungsanlagen

In der UVR nicht relevant.

10.3.3 Schottung von Rohrleitungsanlagen

Siehe Kapitel 7.6.9.

11 Lüftungsanlagen

Für die natürliche Belüftung der UVR im Nicht-Brandfall stehen die beiden Tunnelportale, das Zugangsbauwerk Ost und die in Querrichtung angeordnete Lüftungsöffnung im Bereich des Höhenversatzes „Laim hoch“ zu „Laim tief“ (km 6+930) zur Verfügung. Die Abmessungen dieser Öffnung betragen Breite x Höhe $\approx 19,67 \text{ m} \times 0,60 \text{ m}$ [25]. Diese Öffnung ist mit einem Gitter als Vogel-Einflugschutz versehen [25], das die Ent Rauchung über diese Öffnung nicht wesentlich beeinträchtigt [46].

Darüber hinaus wird im Nicht-Brandfall bei Überschreitung von Grenzwerten (z. B. Dieselemission) die maschinelle Rauchabsaugung automatisch aktiviert. Die Abluft wird über die Rauchabzugskanäle in der UVR abgesaugt und über die beiden vertikalen Schächte ins Freie geblasen. Diese Schächte befinden sich jeweils auf einem der beiden Mittelbahnsteige der oPva Laim (S-Bahn). Diese Schächte liegen über der Fahrbahn und sind etwa 55 m (km 6+899) bzw. 75 m (km 6+918) vom Südportal entfernt [24].

12 Heizungsanlagen

In der UVR sind keine Heizungsanlagen vorhanden.

13 Anlagentechnischer Brandschutz

13.1 Notruffeinrichtungen

Nach EABT [R7], Abschnitt 5.2.1 müssen an den Tunnelportalen Notruffprechstellen im Abstand von ca. 30 m bis ca. 70 m vom Portal angeordnet werden. In der UVR selbst sind nach EABT [R7], Abschnitt 5.2.1 jedoch aufgrund der geringen Länge der UVR keine Notruffeinrichtungen erforderlich.

Die nach EABT [R7] geforderten Notruffprechstellen an den Portalen können laut Auskunft des Planers nicht im geforderten Abstand von beiden Portalen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten (z. B. Umfeldgestaltung, Anordnung der Verkehrsflächen), sondern nur auf der Ostseite der jeweiligen Portalwand angeordnet werden [47] [48]. Aus brandschutztechnischer Sicht bestehen gegen die vorgeschlagene Anordnung keine Bedenken, da es bei innerstädtischen Straßentunneln generell schwieriger ist einen geeigneten Aufstellungsort zu finden. Jedoch wird an beiden Portalen eine Notruffprechstelle vorhanden sein.

Nach Angaben des Planers wird derzeit überlegt, das äußere Erscheinungsbild der Notruffprechstellen nicht gemäß den Vorgaben der EABT [R7] auszuführen, um ein einheitliches Erscheinungsbild der Notruffsäulen im Bereich der UVR (Haltestellen und Portale) zu erreichen [47] [48]. Es ist daher geplant, dass das Erscheinungsbild aller Notruffsäulen der UVR genauso zu wählen, wie das Design der U-Bahn-Notruffsäule [50]. Aus brandschutztechnischer Sicht bestehen hiergegen keine Bedenken. Das gewählte Erscheinungsbild wird jedoch eindeutig auf eine Notruffprechstelle hinweisen.

Die Aufschaltung der Notrufe von beiden Portalen wird direkt zum MVG Betriebszentrum erfolgen.

Nach TRStrab Tunnel [R4] müssen jedoch auf jedem unterirdischen Bahnsteig von U- und Stadtbahnen mindestens zwei erkennbare Notrufsäulen vorhanden sein. Der maximale Laufweg zu einer Notrufsäule darf nicht mehr als 40 m betragen. U-Bahn- und unterirdische Stadtbahnhaltestellen sind ca. 100 m bis 120 m lang und erfordern deshalb laut TRStrab Tunnel [R4] zwei Notrufsäulen. Die Bahnsteige der UVR sind gemäß Tektur A neu 56 m (Haltestelle Ost) bzw. 58 m (Haltestelle West) lang. Die Haltestellen der UVR sind damit nur etwa halb so lang wie eine U-Bahn-Haltestelle bzw. eine unterirdische Stadtbahnhaltestelle. Deshalb wird auf den Bahnsteigen der UVR abweichend von den Anforderungen der TRStrab Tunnel [R4] pro Haltestelle nur eine Notrufsäule installiert. Diese Notrufsäule wird etwa mittig auf dem Bahnsteig angeordnet, damit sie von allen Seiten schnell erreicht werden kann. Der maximale Laufweg zu einer Notrufsäule von 40 m wird damit auch bei nur einer Notrufsäule je Bahnsteig nicht überschritten.

Mit Hilfe der Notrufeinrichtungen haben Fahrgäste die Möglichkeit, Kontakt mit dem MVG Betriebszentrum aufzunehmen, um benötigte Hilfe anzufordern (z. B. Polizei, Feuerwehr und Rettungsdienst). Die Notrufeinrichtung wird deutlich durch leicht verständliche Piktogramme gekennzeichnet. Es ist vorgesehen, die Notrufeinrichtungen, wie in TRStrab Tunnel [R4], Abschnitt 2.7 gefordert, mit Videokameras zu überwachen.

13.2 Automatische Brandmeldeanlage

Nach EABT [R7], Abschnitt 5.5.2 und 5.5.3, sind manuelle und automatische Brandmeldeeinrichtungen erst ab einer Tunnellänge von 400 m erforderlich. Aufgrund der geringen Länge der UVR sind daher nach EABT [R7] in der UVR keine Brandmeldeeinrichtungen erforderlich. Wenn jedoch außer dem Kfz-Verkehr auch weitere Verkehrsarten (z. B. Rad- und Fußverkehr) den Tunnel nutzen, dann sind nach EABT [R7], Abschnitt 1.3 daraus resultierende Anforderungen zusätzlich zu berücksichtigen.

Die TRStrab Brandschutz [R2] und die TRStrab Tunnel [R4] enthalten keine konkreten Vorgaben für Brandmeldeanlagen. Nach BOStrab [R6] § 31, Abschnitt (3) müssen Haltestellen mit einer Brandmeldeanlage versehen sein, wenn dies die betrieblichen Verhältnisse erfordern. Die Notwendigkeit einer Brandmeldeanlage in der UVR ist durch den Straßenbahnverkehr ohne Zugsicherungsanlagen, die hohe Personenanzahl (Fahrzeuginsassen, Radfahrer und Fußgänger) und den Mischbetrieb (Trams / Busse) gegeben. Für die Überwachung der UVR werden automatische Brandmeldeanlagen nach DIN VDE 0833-2 [R24] und DIN 14675 [R22] geplant [8]. Der Überwachungsbereich umfasst die Fahrbahnen und Haltestellen, nicht aber den Rad- und Gehweg im Osten, da diese Wege von der danebenliegenden Fahrbahn durch eine feste nichtbrennbare Rauchschürze rauchtechnisch getrennt sind und die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Fahrzeugbrandes auf diesen Wegen gering ist [50]. Die Stromversorgung der Brandmeldeanlage zählt zu den sicherheitsrelevanten elektrischen Einrichtungen (Kapitel 10.2.2).

Bei der Planung, Errichtung, Änderung, Erweiterung und beim Betrieb der Brandmeldeanlage werden die „Technischen Anschlussbestimmungen für die Einrichtung und den

Betrieb von Brandmeldeanlagen“ der Branddirektion München beachtet und umgesetzt [R29].

Hinsichtlich der Vermeidung von Falschalarmen wird die BMA mit automatischen Brandmeldern in der Betriebsart TM (technischen Maßnahmen) nach DIN VDE 0833-2 [R24] betrieben. Die Maßnahmen, die zur Vermeidung von Falschalarmen führen, werden einer möglichst schnellen Auslösung der Alarme jedoch nicht entgegenstehen.

Es wird eine Brandmeldeanlage mit einer Übertragungseinrichtung auf das öffentliche Brandmeldernetz (Aufschaltung zur ILS-München) für die UVR eingerichtet. Der TAB wird ein Protokoll der Branddirektion vorgelegt, das die ordnungsgemäße Anschaltung der Brandmeldeanlage an die Alarmempfangseinrichtung der ILS bestätigt.

Im Wirkungsbereich der MRA wird im Bereich der Tunneldecke der UVR eine automatische Brandmeldeeinrichtung installiert [54]. Diese besteht aus einem Brandsensorkabel, das als Ring westlich und östlich der beiden Fahrstreifen verläuft. Im Rahmen der Inbetriebnahme erfolgt die Konfiguration der Auswerteeinheit des Brandsensorkabels, damit eine unerwünschte Brandalarmierung (Fehlalarme), durch die Wärmeabgabe der Bremswiderstände auf den Dächern der TRAM, vermieden wird [65].

Das Brandsensorkabel wird mit einer Zweimeldungsabhängigkeit konfiguriert, um Fehlalarme gering zu halten. Die Fein-Justage erfolgt im Probebetrieb [65].

Ferner werden je Haltestelle und zusätzlich in etwa mittig im nördlichen Streckenabschnitt der UVR je ein Messquerschnitt (insgesamt 3 Querschnitte) mit Sichttrübungsmessgeräten ausgestattet [45]. Darüber hinaus werden auch geeignete CO-Messgeräte in der UVR installiert [45].

Ferner wird bei einem Brandereignis der betroffene Fahrer eine Meldung an das MVG Betriebszentrum abgeben, das dann die erforderlichen Maßnahmen (z. B. Sperrung der UVR) umgehend einleitet. Somit ist eine ausreichende und sehr schnelle Branddetektion gegeben.

Nachrichtlich:

Im Verkaufsladen im Bereich des Zugangsbauwerks Ost zu den Bahnsteigen der S-Bahn werden automatische Rauchmelder angeordnet, die erst zu einem späteren Zeitpunkt spezifiziert werden. Der Laden mit Verkaufsfläche ist im Brandschutzkonzept der oPva Laim [9] enthalten und wird hier nicht weiter behandelt.

Bei einem Brandalarm in der UVR werden über die BMZ folgende Maßnahmen ausgelöst:

- (1) Die ILS-München und nachrichtlich auch das MVG Betriebszentrum sowie die 3-S-Zentrale der DB AG werden alarmiert.
- (2) Die Ampel-/ Signalanlage für Tram/Busse an den Portalen sperrt die weitere Zufahrt von Fahrzeugen in die UVR.

- (3) Die LED-Signalanlagen werden an den Tunnelzugängen aktiviert und sperren durch eine geeignete Anzeige den weiteren Zugang von Radfahrern und Fußgängern.
- (4) Die SAA (Lautsprecheranlage) für die UVR wird ausgelöst.
Nachrichtlich: Auch die SAA des Verkaufsladen wird nach derzeitiger Planung bei einem Brandereignis in der UVR zusätzlich aktiviert. Die Alarmierung durch die beiden SAA muss zeitlich versetzt erfolgen, um eine gegenseitige Störung der beiden Durchsagen zu vermeiden und damit die Verständlichkeit sicherzustellen. Die Spezifikation erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt. Der Laden mit Verkaufsfläche ist im Brandschutzkonzept der oPva Laim [9] enthalten und wird hier nicht weiter behandelt.
- (5) Die beiden Fahrtreppen von den Bahnsteigen der oPva Laim (S-Bahn) werden gestoppt.
- (6) Die Brandfallsteuerung der beiden Aufzüge im Bereich des Zugangsbauwerks Ost wird aktiviert. Die Aufzüge fahren zu den Bahnsteigen der oPva.
- (7) Die MRA wird automatisch ausgelöst.

13.3 Anderweitige Gefahrenmeldeanlagen

Anderweitige Gefahrenmeldeanlagen sind in der UVR nicht vorhanden.

13.4 Alarmierungsanlagen

Nach EABT [R7], Abschnitt 5.2.6 sind Lautsprecheranlagen nur für Tunnel erforderlich, die mit Video überwacht werden müssen. Eine Videoüberwachung wird jedoch nur für Tunnel ab einer Länge von 400 m (EABT [R7], Abschnitt 5.2.2) gefordert. Die UVR muss aufgrund ihrer Länge von ca. 198 m nach EABT [R7] daher nicht mit einer Lautsprecheranlage ausgerüstet werden.

Nach TRStrab Tunnel [R4], Abschnitt 10 ist jedoch der gesamte öffentliche Bereich einer Haltestelle (z. B. Bahnsteige, Zu- und Abgänge bis ins Freie) mit einer ELA auszustatten. Ist die ELA im Rahmen des Brandschutzkonzeptes als Alarmierungsmittel vorgesehen, ist sie dementsprechend auszuführen [R4]. Die DIN VDE 0833-4 [R23] fordert für Sprachdurchsagen, mit denen Personen bei einem Brandfall aufgefordert werden, das Bauwerk zu verlassen, die Installation einer SAA [42]. Auch das brandschutztechnische Dachdokument der Stadtwerke München GmbH fordert für unterirdische Betriebsanlagen ebenfalls für die Brandalarmierung eine SAA [S1]. Deshalb muss die vorgesehene Lautsprecheranlage in der UVR die Anforderungen an eine SAA erfüllen [R23]. Die SAA für die UVR wird nach DIN VDE 0833-4 [R23] den Anforderungen der Sicherheitsstufe II entsprechen. Dies begründet sich insbesondere mit der in der UVR zu erwartenden hohen Personenanzahl und der Länge des Tunnels [43].

TRAM Westtangente

Projektteil UVR München – Brandschutzkonzept, Stufe 2

Seite 50 von 62

Die SAA ist erforderlich, damit insbesondere im Ereignisfall Personen in der UVR zur Flucht aufgefordert werden können und die Feuerwehr bei ihrem Einsatz unterstützt werden kann.

Zur Warnung von Personen sollen vorrangig gespeicherte Brandfalldurchsagen verwendet werden [R23]. Dies gewährleistet einen im Vorfeld geprüften und mit der Branddirektion München abgestimmten Durchsagetext sowie eine regelmäßige Wiederholung der Alarmierung. Bei Bedarf sind auch Live-Brandfalldurchsagen durch das MVG Betriebszentrum möglich. Die Branddirektion München fordert hingegen keine Brandfallmikrophone [13].

Es werden mehrsprachige Durchsagetexte vorgehalten, deren Inhalte zwischen der MVG und der Branddirektion München abzustimmen sind. Die SAA wird über eine Ersatzstromquelle versorgt werden, die eine Stromversorgung für mindestens 30 Minuten garantiert.

Nachrichtlich:

Auch für den Verkaufsladen im Bereich des Zugangsbauwerkes Ost wird eine SAA geplant, die bei einem Brandereignis in der UVR aktiviert wird und die Personen im Verkaufsladen zur Flucht ins Freie auffordert. Die Spezifikation dieser SAA erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt.

Die Ampel-/ Signalanlagen an beiden Portalen der UVR sind zur Sperrung für Bus- und Trameinfahrten im Brandfall erforderlich. Derzeit ist geplant an den Portalen für Radfahrer und Fußgänger eine LED-Anzeige (z. B. „Feuerwehreinsatz“ oder „Tunnel ist gesperrt!“) anzubringen [8]. Ferner werden nach derzeitigem Planungsstand im Bereich des Zugangsbauwerks Ost Sperrpiktogramme für die von der oPva Laim kommenden Personen installiert, um im Brandfall den Zustrom von Personen in die UVR weitestgehend zu stoppen.

Nachrichtlich:

Die bisher gewählte Position des Sperrpiktogramms am Übergang von der UVR zum Zugangsbauwerk Ost ist ungünstig, da Personen das Zeichen erst sehen, wenn sie bereits die Treppe von der oPva Laim nach unten zur UVR gegangen sind. Das Sperrpiktogramm soll nach aktueller Planung deshalb jetzt am Auge des Treppenabgangs (Stirnwand) von der oPva Laim zur UVR in Abstimmung mit der DB angeordnet werden. Hierdurch wird bereits beim Betreten der vom Bahnsteig nach unten führenden Treppen die Sperrung erkennbar. Dieser neue Standort ist derzeit in der Planung und muss bei der Fortschreibung des BSK der oPva Laim [9] berücksichtigt werden.

Bei einem Brand in der UVR werden die ILS-München und parallel auch das MVG Betriebszentrum sowie die 3-S-Zentrale der DB AG alarmiert. Die DB AG wird dann gemäß ihrem Gefahrenabwehrplan die entsprechenden Maßnahmen ergreifen [9].

Die Ansteuerung der Ampelanlagen bzw. der LED-Anzeigen erfolgt über ein Signal der BMZ.

Eine Brandfallmatrix wird aufgestellt, aus der hervorgeht, welche Sicherheitsmaßnahmen bei einem Brandalarm ausgelöst werden [45].

13.5 Löschanlagen

Automatische Löschanlagen sind nicht vorgesehen.

13.5.1 Sprinkleranlage

Sprinkleranlagen sind in der UVR nicht vorhanden.

13.5.2 Küchenlöschanlagen

Küchenlöschanlagen sind in der UVR nicht vorhanden.

13.6 Anlagen zur Rauchfreihaltung

13.6.1 Allgemeines

Die EABT [R7], Abschnitt 7.3.3.3 fordern bei Gegenverkehr erst ab Tunnellängen von 400 m eine Brandfall-Lüftung. Aufgrund der Länge der UVR von nur ca. 198 m ist nach EABT [R7] keine Lüftung für den Brandfall erforderlich.

Gemäß TRStrab Brandschutz [R2] müssen die Schutzziele für Selbst- und Fremdreitungsphase eingehalten werden. Die hierfür erforderlichen Verrauchungsnachweise für die UVR können nur erfolgreich geführt werden, wenn eine geeignete Rauchabzugseinrichtung zur Verfügung steht.

13.6.2 Natürliche Entrauchung

Die Brandsimulationsergebnisse [35] [36] haben gezeigt, dass eine natürlich wirkende Rauchableitung nicht ausreichend ist, um die Verrauchungsnachweise erfolgreich führen zu können. Die durchgeführten Untersuchungen ergaben, dass eine maschinelle Rauchabzugsanlage (MRA) mit fester nichtbrennbarer Rauchschräge erforderlich ist [3] (Kapitel 13.6.3).

13.6.3 Maschinelle Entrauchung (MRA)

Die durchgeführten Brandsimulationen zeigen (Anhang 19.7), dass in der UVR eine MRA erforderlich ist, um die festgelegten Schutzziele in der Selbst- und Fremdreitungsphase einhalten zu können. Personen werden dann auf ihrer Flucht ins Freie nicht durch Brandgase gefährdet. Ferner werden durch die MRA akzeptable Bedingungen für die Einsatzkräfte (Retten und Löschen) geschaffen.

Die UVR erhält eine MRA, die bei einer Rauchdetektion automatisch in Betrieb geht. Wesentliche Merkmale dieser geplanten MRA sind (Anhang 19.3):

- (1) Die Ventilatoren der MRA besitzen eine Gesamtleistung von etwa 324.000 m³/h [44].

TRAM Westtangente

Projektteil UVR München – Brandschutzkonzept, Stufe 2

Seite 52 von 62

- (2) Für die verwendeten Ventilatoren wird eine Temperaturbeständigkeit von 400 °C für mindestens 120 Minuten festgelegt (F400 nach DIN EN 12101-3 [R25]) [44].
- (2) Der Lüfteranlauf auf die volle Drehzahl wird etwa 10 bis 20 Sekunden betragen [44].
- (3) Die Ventilatoren befinden sich im Deckenbereich der UVR. Sie sind an qualifizierte Rauchabzugskanäle angeschlossen und leiten die Rauchgase über die beiden Schächte ins Freie, die auf den Bahnsteigen der oPva Laim angeordnet sind [44].

Diese Schächte werden mindestens 25 cm über die Bahnsteigüberdachung der oPva Laim reichen, um eine Entzündung der Überdachung durch heiße aus der UVR abströmende Brandgase zu vermeiden. Eine Abdeckung der Entrauchungsschächte gegen Regen darf die freie Öffnungsfläche nicht einschränken.

- (4) Der östlich in der UVR gelegene Entrauchungskanal besitzt eine freie Querschnittsfläche von ca. 3,2 m² im nördlichen Abschnitt und 2m² im südlichen Abschnitt. Im Abstand von ca. 10 m sind bei beiden Abschnitten auf der westlichen Seite (Fahrbahnseite) des Rauchabzugskanals Öffnungen (je ca. 0,75 m²) für den Rauchabzug angeordnet [57].
- (5) Eine feste nichtbrennbare Rauchschrze zur Verbesserung der Verrauchungssituation [44] ([3]: Folie 8) ist an der westlichen Seite (Fahrbahnseite) des Rauchabzugskanals angeordnet. An die Höhenlage der UK der festen nichtbrennbaren Rauchschrze werden folgende Anforderungen gestellt:
 - a) Die UK der festen Rauchschrze darf das Lichtraumprofil des Radweges (Höhe 2,5 m) nicht nennenswert einschränken. Dies bedeutet, dass der Abstand UK feste Rauchschrze zu OK Belag nicht kleiner als 2,5 m sein darf.
 - b) Die UK der festen Rauchschrze sollte in eine Höhe von 2,5 m (Sollmaß) über OK Belag reichen, um den Vorgaben der durchgeführten Brandsimulationen [3] zu entsprechen. Bei einem größeren Abstand kann unter Umständen das erforderliche Rauchspeichervolumen im Deckenbereich der UVR zu gering sein, um eine unzulässig hohe Verrauchung zu vermeiden.

Zur Berücksichtigung von unvermeidbaren Bautoleranzen sind Abweichungen gegenüber der Höhenlage der UK der festen Rauchschrze von 2,5 m (Sollmaß) aus brandschutztechnischer Sicht unter anderem in Abhängigkeit von der lichten Höhe der UVR zulässig [68]:

- a) Lichte Höhe der UVR: kleiner 5 m
Bei einer lichten Höhe der UVR von weniger als 5,0 m zwischen OK Radweg und der Tunneldecke darf die lokal begrenzte Abweichung vom Abstand UK Rauchschrze zu OK Radweg maximal 5 cm nicht überschreiten (Sollmaß 2,50 m, Abweichung bis max. 2,55 m). Diese Abweichung im genannten Bereich ist nur in Ausnahmefällen gestattet [68].

- b) Lichte Höhe der UVR: größer 5 m
In diesen übrigen Bereichen bestehen gegen Abweichungen zur „Überbrückung“ von lokalen Absenkungen des Bodenniveaus von bis zu 5 cm gegenüber der Vorgabe von 2,5 m (Sollmaß 2,50 m, Abweichung bis max. 2,55 m) bezogen auf eine Betrachtungslänge von ca. 20 m aus brandschutztechnischer Sicht keine Bedenken [68].

Darüber hinaus können sich im Bereich des Zugangsbauwerks Ost durch eine erforderliche Absenkung der Fahrbahnkante des Radwegs für die barrierefreie Fußgängerquerung zu den Bus- und Trambahnsteigen auf der Westseite größere Abstände von bis zu ca. 2,7 m zwischen dem lokalen Bodenniveau und der Unterkante der Rauchschräge ergeben. Aufgrund der großen lichten Höhe der UVR in diesem Bereich bestehen jedoch keine brandschutztechnischen Bedenken [68]. Die tatsächliche lichte Durchgangshöhe darf im genannten Bereich 2,70 m nicht überschreiten. Daraus resultiert, dass die UK der Rauchschräge in etwa der Gradienten der Fahrbahn folgt. Die freie Durchgangshöhe ist in diesen Bereichen linear so fortzuführen, dass die Sollhöhe von 2,5 m in den beiden angrenzenden Bereichen ohne Absenkung wieder eingehalten wird.

Wenn die genannten Höhenabweichungen der Unterkante der festen Rauchschräge zur Berücksichtigung der Bautoleranzen nicht überschritten werden, ist kein Nachteil der Wirksamkeit der Entrauchung in der UVR zu erwarten.

Die feste nichtbrennbare Rauchschräge verläuft lückenlos von Portal zu Portal. Sie besitzt im Bereich der Rauchabzugsöffnungen ebenfalls gleich große Öffnungen, um den Rauchabzug nicht zu behindern. Die feste nichtbrennbare Rauchschräge darf der architektonischen Verkleidung des Entrauchungskanals, die zu den Portalen zur Decke hin sanft ansteigt, nicht folgen. Anderenfalls kann es in den Portalbereichen aufgrund von Verwirbelungen zu nennenswerten Verrauchungen kommen. Eine Einhaltung der Schutzziele im Portalbereich ist dann nicht mehr möglich.

- (6) Die Rauchabzugskanäle und die feste Rauchschräge werden aus einem nichtbrennbaren Material (z. B. Blech) gefertigt und müssen bis mindestens 400°C temperaturbeständig sein (z. B. keine unzulässige Verformung) [44].
- (7) Die Befestigungselemente der Rauchabzugskanäle (Schrauben mit den zugehörigen Dübeln) müssen F30 (feuerhemmend) nach DIN 4102 [R11] sein.

Es dürfen für die Entrauchungsanlage und ihre Steuerung nur genormte und ausreichend erprobte Komponenten eingesetzt werden [45].

In den BOStrab-Regelwerken und auch in den EABT, Abschnitt 9.2.6 [R7] ist eine NEA für Lüftungsanlagen nicht vorgeschrieben. Da die TAB die MRA jedoch als sicherheitstechnisch erforderliche Anlage einstuft, muss die MRA im Brandfall auch bei einem Ausfall der Stromversorgung weiterhin mit einer ausreichend dimensionierten NEA betrieben werden können [60].

Bei einem Stromausfall wird die Energieversorgung in der UVR für alle sicherheitsrelevanten Anlagen und Systeme durch die NEA sichergestellt, damit der Betrieb in der UVR nicht gestört wird [67]. Nach automatischer Inbetriebnahme der NEA prüft gegebenenfalls das MVG Betriebszentrum, welche weiteren Maßnahmen erforderlich werden.

Die Signalanlage an den Tunnelportalen muss durch die USV gepuffert werden, um mithilfe der Sperrsignale auch im Nicht-Brandfall einen weiteren Zustrom von Fahrzeugen (Tram, Bus) in die UVR zu unterbinden. Eine zusätzliche Sperrung der UVR im Nicht-Brandfall für Fußgänger und Radfahrer ist aufgrund einer fehlenden Gefährdung durch Rauchgase nicht zwingend erforderlich. Hingegen ist im Brandfall auch eine Sperrung der UVR für Fußgänger und Radfahrer notwendig.

Die Verkabelung der Ventilatoren der MRA wird für einen Funktionserhalt von 90 Minuten ausgelegt. Ferner wird die zugehörige Stromversorgung und Steuerung der Anlage außerhalb der UVR im Betriebsgebäude untergebracht. Ein Ausfall der Primär-Stromversorgung durch eine Beschädigung z. B. an den Leitungsanlagen und ein gleichzeitig auftretender Fahrzeugbrand in der UVR sind daher zwei voneinander unabhängige Ereignisse, die in der Überlagerung nicht betrachtet werden müssen.

Die Antriebssteuerung der maschinellen Entrauchungsanlagen entspricht nach derzeitiger Planung vor [44] der Klassifizierung SIL 1 nach [R26].

Nachrichtlich:

Bei einem Brand im Verkaufsladen wird die MRA nicht sofort aktiviert. Die Feuerwehr entscheidet vor Ort über die entsprechend einzuleitenden Maßnahmen [50].

13.6.4 Druckbelüftung

Es ist keine Überdruckbelüftung vorhanden.

13.7 Objektfunkanlage (BOS-Funk)

Nach den BOStrab-Tunnelbaurichtlinien [R10] müssen in Tunneln Einrichtungen vorhanden sein, die eine rasche und sichere wechselseitige Verständigung zwischen Polizei, Feuerwehr, Rettungsdiensten, deren Einsatzzentralen und den zentralen Betriebsstellen ermöglicht. Die BOS-Funkanlage muss für den wirksamen Einsatz von Feuerwehr und Rettungsdiensten eine Funkversorgung in der gesamten UVR sicherstellen.

Darüber hinaus muss nach TRStrab Brandschutz [R2] eine Kommunikation zwischen Fahrpersonal, Leitstelle und Einsatzkräften möglich sein.

Nach EABT [R7], Abschnitt 5.2.3 ist die Notwendigkeit eines Tunnelfunksystems durch Messungen objektbezogen zu ermitteln. Um einen zuverlässigen Funkbetrieb für die Aufgabenerfüllung der betrieblichen Straßenunterhaltung und der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben BOS (Polizei, Feuerwehr und Rettungsdienste) in jedem Tunnel zu gewährleisten, ist es unabhängig von den baulichen und örtlichen Ge-

gegebenheiten des Tunnels erforderlich, dass die erforderlichen Funkdienste ständig unterbrechungsfrei in den Tunnelröhren, Querstollen, Technikräumen, Rettungswegen und dergleichen zur Verfügung stehen.

Nach EABT [R7], Abschnitt 5.2.3 sind unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten im Umkreis von 150 m um die Tunnelportale, auf den Stellflächen der Einsatzdienste, auf allen Zufahrten zum Tunnel sowie in den Betriebsgebäuden alle netzunabhängigen Funkkanäle verfügbar zu halten.

Dies bedeutet, dass die UVR eine BOS-Funkanlage erhalten wird. Einzelheiten dieser Funkanlage werden mit der Branddirektion München rechtzeitig abgestimmt.

14 Maßnahmen beim Eindringen von brennbaren Flüssigkeiten

Aus Kesselwagen der DB können möglicherweise brennbare Flüssigkeiten austreten, sich entzünden und brennend in die UVR eindringen. Hierdurch kann es zu einem Brandereignis in der UVR kommen. Es ist daher zu prüfen, an welchen Stellen brennbare Flüssigkeiten in die UVR eindringen können, wie z. B. im Bereich der Rauchabzugsöffnung „Laim hoch“ und „Laim tief“) und welche geeigneten Schutzmaßnahmen ergriffen werden können.

Die 3-S-Zentrale der DB AG wird auch bei einem solchen Unglücksfall das MVG Betriebszentrum umgehend benachrichtigt. Ferner wird in einem solchen Fall der Verkehr in der UVR umgehend eingestellt. Auch die Stromzufuhr für die Oberleitung der Straßenbahn wird abgeschaltet und die Oberleitung geerdet [30]. Weitere Maßnahmen in einem solchen Unglücksfall werden, falls erforderlich, von der Feuerwehr vor Ort getroffen.

15 Maßnahmen zur Brandbekämpfung

15.1 Einrichtungen zur Selbsthilfe

15.1.1 Trag- und fahrbare Feuerlöscher

Laut EABT [R7], Abschnitt 5.6.1 sind nur an den Notrufkabinen Handfeuerlöscher anzuordnen. Notrufkabinen/Notrufstationen sind jedoch nach EABT [R7], Abschnitt 5.2.1 nur in Tunneln mit einer Länge ab 400 m vorzusehen. Da die UVR nur ca. 198 m lang ist, ist daher nach EABT [R7] kein tragbarer Feuerlöscher erforderlich.

Dennoch ist vorgesehen je Haltestelle in der UVR einen Feuerlöscher vorzuhalten. Dieser befindet sich in den Notrufsäulen der MVG. Durch die Feuerlöscher können kleine Entstehungsbrände auf den Bahnsteigen der UVR schnell gelöscht werden.

Die ASR A2.2 wird bei der Wahl der Feuerlöscher (z. B. Brandklasse) beachtet [R28].

15.1.2 Wandhydranten an nassen Steigleitungen

Nasse Wandhydranten zur Selbsthilfe sind nicht vorgesehen und auch nicht erforderlich.

15.2 Einrichtungen für die Feuerwehr

15.2.1 Wandhydranten an nassen Steigleitungen

Wandhydranten an nassen Steigleitungen für die Feuerwehr sind in der UVR nicht vorgesehen und auch nicht erforderlich.

15.2.2 Entnahmestellen an trockenen Steigleitungen

Trockene Steigleitungen bzw. Entnahmestellen sind wegen der relativ kurzen Angriffswege in der UVR nicht erforderlich.

15.2.3 Löschwasserversorgung

Eine Löschwasserversorgung ist nach EABT [R7], Abschnitt 5.6.2 erst für Tunnel ab einer Länge von 400 m erforderlich. Aufgrund der geringen Länge der UVR von nur etwa 198 m, wird für die UVR keine Löschwasserversorgung vorgesehen. Jedoch werden an jedem Portal Hydranten oder Löschwasserbehälter angeordnet (EABT [R7], Tabelle 3).

An beiden Tunnelportalen wird mindestens ein Hydrant mit einer Löschwasserentnahme von jeweils mindestens 1.600 l/min über 2 Stunden erforderlich [S1]. Insgesamt wird, gemäß Abstimmung mit der Branddirektion München, über mehrere Hydranten eine Wassermenge von mindestens 2.200 l/min an jedem Tunnelportal über einen Zeitraum von mindestens 2 Stunden zur Verfügung stehen [8]. Mit Schreiben vom 29.06.2009 wird eine entsprechende Wassermenge durch die Stadtwerke München GmbH prinzipiell bestätigt [8]. Die Abstände dieser Hydranten zu den Portalen werden mindestens 10 m und maximal 80 m betragen [8].

Als Angriffsweg für die Feuerwehr stehen die beiden Portale der UVR sowie das Verbindungsbauwerk zwischen dem Tunnel Wotanstraße und der UVR zur Verfügung. Damit die Türen des Verbindungsbauwerks im Brandfall geschlossen bleiben können, wird parallel zum Verbindungsbauwerk eine feste Löschwasserleitung (Trockenleitung, z. B. in die Seitenwand einbetoniert) vorgesehen [8].

Die UVR besitzt für den Regelbetrieb nur ein Auffangvolumen von ca. 165 m³, daher werden die Pumpen zur Ableitung des Wassers bei einem Löscheinsatz nicht abgeschaltet [8].

15.2.4 Feuerwehr-Schlüsseldepot

Ein Feuerwehrschlüsseldepot ist nicht erforderlich, da ein Generalschlüssel der Münchner Feuerwehrschießung (z. B. für die Tür im Verbindungsbauwerk) verwendet wird [8].

15.2.5 Flächen für die Feuerwehr

Bewegungsflächen für die Feuerwehr vor den Portalen sind durch den öffentlichen Straßenraum ausreichend gegeben. Ferner sind Rettungsplätze von mindestens 1.500 m² [R21] inklusive Hubschrauberlandeplätze an beiden Portalseiten verfügbar [8].

Für die Feuerwehruzufahrten wird unter anderem Folgendes beachtet [R30]:

- (1) Befestigung für 10 t Achslast, bzw. 16 t Gesamtlast
- (2) Längsneigung der Zufahrt zur Aufstellfläche max. 10 %
- (3) Kennzeichnung mit Halteverbotsschild und Zusatz „Feuerwehruzufahrt“ mit Behördensiegel.

Die Bereiche, die mit einem Halteverbotsschild (Punkt (3)) gekennzeichnet werden, sind mit der Branddirektion, München abzustimmen.

Hinsichtlich weiterer wichtiger Anforderungen (z. B. Abmessungen und Tragfähigkeit) wird die Informationsunterlage der Berufsfeuerwehr, München „Flächen für die Feuerwehr“ beachtet [R30].

Feuerwehrrangriffswegen werden durch die Tunnelportale und durch den Verbindungsgang zwischen dem bestehenden Tunnel Wotanstraße und der UVR sichergestellt. Die Türen im Verbindungsgang werden von der Feuerwehr (z. B. mit der Münchner Feuerwehr-Schließung) zu öffnen sein.

Die Fahrbahnen in der UVR sowie der bestehende Tunnel Wotanstraße, können als Fahrweg für Einsatzfahrzeuge der Feuerwehr genutzt werden.

15.2.6 Feuerwehrstützpunkt

Die BMZ und der Hauptmelder werden im Betriebsgebäude untergebracht. Die exakte Ausführung und Anordnung wird zu Beginn der Ausführungsplanung, in Absprache mit der Branddirektion, festgelegt.

Nach Aussage der Branddirektion München wird es nur eine Angriffsstelle für die Feuerwehr geben und somit ist auch nur eine einzige FIZ (Feuerwehrinformationszentrale) erforderlich. Die FIZ wird in Absprache mit der Branddirektion München auf der Südseite der UVR angeordnet (Anhang 19.2). Die genaue Platzierung wird mit der Branddirektion München abgestimmt [65].

Die FIZ verfügt über folgende wichtige Ausstattung [8]:

- a) Feuerwehrbedienfeld
- b) Feuerwehranzeigetableau
- c) Feuerwehr-Laufkarten

Darüber hinaus erhalten sie:

- d) Bedienelemente für die Schaltung der MRA
- e) Möglichkeiten die SAA ab- und wieder zuzuschalten [65]
- f) BOS-Funk-Steuerung zur manuellen Zuschaltung
- g) Telefon zum MVG Betriebszentrum

Die Fahrstromanzeigen inkl. Schalteinrichtung zur Erdung werden nicht im FIZ selbst, sondern in Absprache mit der Branddirektion München in einer eigenständigen Einheit in unmittelbarer Nähe der FIZ angeordnet [65].

Die genaue Ausstattung des FIZ wird mit der Branddirektion, München abgestimmt.

Nachrichtlich:

Die BMZ der UVR und des Verkaufsladens müssen in Absprache mit der Branddirektion München auf eine gemeinsame FIZ aufgeschaltet werden [65].

16 Prüfungen technischer Anlagen und Einrichtungen

Für technische Anlagen und Einrichtungen werden wie vorgeschrieben erstmalig und wiederkehrend Prüfungen in Anlehnung an die SPrüfV [R33] durch anerkannte Sachverständige durchgeführt.

17 Organisatorischer Brandschutz

17.1 Verantwortlichkeiten und Aufgabenverteilung

Nach TRStrab Brandschutz [R2] trägt der Unternehmer als Betreiber der Betriebsanlagen und Fahrzeuge hinsichtlich des Brandschutzes die Verantwortung für den Schutz von Personen und Sachgütern. Er ist verpflichtet, eine Aufbau- und Ablauforganisation für den Brandschutz zu erstellen, zu dokumentieren und in regelmäßigen Abständen zu aktualisieren. Zuständig und verantwortlich für den organisatorischen Brandschutz der UVR ist der Betriebsleiter der MVG. Der Betriebsleiter kann die mit dem organisatorischen Brandschutz verbundenen Aufgaben geeigneten Mitarbeitern übertragen. Aufgabenübertragung, Aufgabenumfang und Zuständigkeit des Brandschutzbeauftragten werden eindeutig und zweifelsfrei festgelegt und bedürfen der Schriftform.

Die Brandmeldeanlage meldet ein Brandereignis unmittelbar an die ILS-München, parallel wird das in der UVR für den Tram- und Busbetrieb zuständige MVG Betriebszentrum und ferner die 3-S-Zentrale der DB AG über das Brandereignis informiert. Auf Seiten der DB AG greift dann ggf. deren Notfallmanagement (siehe [9]).

Über die Verantwortungsbereiche bei einem Ereignisfall in der UVR wird rechtzeitig vor Inbetriebnahme der UVR eine Abstimmung zwischen der LHM, den SMW/MVG und der DB AG erfolgen. Insbesondere werden sich das MVG Betriebszentrum und die 3-S-Zentrale der DB AG gegenseitig über mögliche Ereignisfälle (z. B. Brand, Eindringen von brennbaren Flüssigkeiten) informieren. Es wird in diesem Zusammenhang unmissverständlich geklärt, welche der beteiligten Stellen für den Durchgangsverkehr (Radfahrer, Fußgänger), flüchtende Personen von der S-Bahn in die UVR, Personen auf den Bahnsteigen und in den Fahrzeugen (Tram und Bus) zuständig ist. Eine reibungslose Zusammenarbeit dieser Stellen wird durch schriftliche Vereinbarungen gewährleistet, um optimal bei einem Ereignisfall schnell und angemessen reagieren zu können.

Die gegenseitige Information zwischen der ILS-München und der 3-S-Zentrale der DB AG sowie dem MVG Betriebszentrum wird organisatorisch sichergestellt und durch Übungen / Testläufe verifiziert.

17.2 Flucht- und Rettungspläne

Rettungswegepläne sind aufgrund der einfachen örtlichen Gegebenheiten nicht erforderlich.

17.3 Feuerwehrpläne nach DIN 14095

In Absprache mit der Branddirektion München werden Feuerwehrpläne gemäß DIN 14095 [R31] rechtzeitig vor Inbetriebnahme erstellt.

17.4 Brandschutzordnung nach DIN 14096

Es wird eine Brandschutzordnung (Teile A, B und C) gemäß DIN 14096 [R32] für die UVR in Abstimmung mit der Branddirektion München angefertigt, aktuell gehalten und allen Beteiligten rechtzeitig vor Inbetriebnahme nachweislich zur Kenntnis vorgelegt.

Teil A ist aufgrund der einfachen und sehr übersichtlichen Verhältnisse nicht erforderlich [41].

Teil B richtet sich an die Beschäftigten vor Ort und regelt das Verhalten dieser Personen bei Brandmeldung. Darüber hinaus ist Teil B mit Fremdfirmen zu vereinbaren.

Das Personal der Fremdfirmen wird in die Brandschutzordnung eingewiesen.

Teil C richtet sich an die Personen mit besonderen Aufgaben bezüglich des Brandschutzes (z. B. Brandschutzbeauftragte). Insbesondere wird deren Zusammenwirken geregelt.

Es wird sichergestellt, dass die Teile B und C stets auf aktuellem Stand sind.

17.5 Notfallmanagement und Gefährdungsanalyse

Über die Verantwortungsbereiche im Notfallmanagement wird rechtzeitig vor Inbetriebnahme der UVR, eine Abstimmung zwischen den beteiligten Stellen (LHM, SWM und der DB AG) erfolgen (Kapitel 17.1). Bei einem Ereignisfall wird zunächst das Notfallmanagement der MVG aktiv. Die LHM und DB AG werden vom MVG Betriebszentrum informiert und bei Bedarf rechtzeitig eingeschaltet. Für das Notfallmanagement wird gemäß TRStrab Brandschutz [R2] ein Notfallhandbuch für das MVG Betriebszentrum sowie das Fahr- und Betriebspersonal erstellt. Die Kommunikation mit den Rettungskräften und den Fahrzeugführern erfolgt über das MVG Betriebszentrum.

Das Personal wird in brandschutztechnischen Maßnahmen entsprechend seiner Aufgabe aus- und weitergebildet [R2] (z. B. Handhabung eines Feuerlöschers). Im Rahmen der jährlichen Fahrerunterweisung wird das Personal über Veränderungen und Erneuerungen bisheriger Regelungen und Abläufe informiert. Darüber hinaus werden regelmäßig Brandschutzübungen unter Einbindung der Feuerwehr bzw. ohne Beteiligung der Feuerwehr mit den Mitarbeitern durchgeführt.

Die Feuerwehr wird im Einsatzfall durch sachkundige Betriebsbedienstete unterstützt [R2].

Die spezielle Gefährdungsanalyse für die UVR mit Tram- und Busverkehr liegt im Entwurf vor [6]. Es konnten ca. 230 konkrete Gefährdungen identifiziert werden. Diese Gefährdungen sind mit den im BSK genannten Brandschutzmaßnahmen beherrschbar. Die weitere Bearbeitung der Gefährdungsanalyse wird auch berücksichtigen, dass nicht nur ein Fahrzeug je Richtung in den Tunnel einfährt [11], sondern mehrere [55].

Ferner wurde eine Risikoanalyse durchgeführt, mit dem Ziel, eine Bewertung des Unfallrisikos im Mischverkehr von Linienbussen und Straßenbahnen bei Fahrzeugkollisionen mit nachfolgendem Fahrzeugbrand in der UVR vorzunehmen (Anhang 19.10). Hierbei wurden systematisch Kollisionsszenarien zwischen den in der UVR verkehrenden Bus- und Straßenbahn-Typen untersucht. Dabei erwies sich das Auffahren einer Straßenbahn durch Fahrer-Fehler auf das Heck eines in der Regel im Haltestellenbereich stehenden Diesel- oder Elektro-Busses als relevant und abdeckend für die Ereignisklasse „Entstehungsbrand Bus infolge Kollision“. Im Ergebnis konnte insgesamt das mit dem geplanten Mischbetrieb zu erwartende Brandrisiko infolge Fahrzeug-Kollision zwischen Bussen und Straßenbahnen als tolerabel bzw. vernachlässigbar bewertet werden. Unter der Annahme eines regelkonformen Fahrzeugbetriebes wird daher die Einführung weiterer Risikominderungsmaßnahmen als nicht erforderlich angesehen (Anhang 19.10).

18 Zusammenfassung

18.1 Abweichungsanträge

Es liegen keine Abweichungsanträge vor.

18.2 Abweichungen von geltenden Vorschriften und Kompensationsmaßnahmen

Die Straßenbahnfahrzeuge, die durch die UVR fahren, besitzen keine NBÜ, wie in §36, Absatz 10 BOStrab [R6] gefordert. Es erscheint jedoch vertretbar, auf eine NBÜ für Straßenbahnfahrzeuge, die die UVR durchfahren, zu verzichten (Anhang 19.11 und [7]). Aus brandschutztechnischer Sicht bestehen seitens der zuständigen TAB unter Berücksichtigung der Ausführungen in Anhang 19.11 keine Einwände gegen den Einsatz von Fahrzeugen ohne Notbremsüberbrückung, insbesondere da die im BSK beschriebenen Notgehwege bzw. der Geh- und Radweg breiter sind als für Tunnel nach BOStrab vorgeschrieben und da die UVR vollständig als Rettungsweg aus den Haltestellenbereichen ausgelegt wird [63].

Abweichend von der TRStrab Tunnel [R4] wird auf den Bahnsteigen der UVR pro Haltestelle nur eine Notrufsäule angeordnet. Dieser Abweichung wurde von der zuständigen TAB zugestimmt [63]. Den unter Kapitel 13.1 beschriebenen Abweichungen von Anforderungen der EABT hinsichtlich der Notrufsprechstellen wurde ebenfalls von der zuständigen TAB zugestimmt. Die beantragte Nutzung der UVR unterscheidet sich deutlich von Straßentunneln des MIV. Beispielsweise stehen über den Fahrzeugfunk in Straßenbahnen und Bussen zusätzliche Kommunikationsmittel zur Verfügung [63].

18.3 Planungsvorgaben zur Ausführungsplanung

Es gibt zurzeit keine weiteren Vorgaben für die Ausführungsplanung der Brandschutzmaßnahmen.

18.4 Unterschrift des Erstellers

STUDIENGESELLSCHAFT
für Tunnel und Verkehrsanlagen mbH
Köln, den 05. Juli 2023

Dipl.-Ing. Daniel Hahne

zertifizierter Sachverständiger für den vorbeugenden baulichen Brandschutz



Dr.-Ing. Jörg Schreyer

19 Anhänge

19.1 Schnittstellenplan

19.2 Brandschutzpläne

19.3 Pläne der Brandabschnitte

19.4 Räumungssimulation mit ASERI

19.5 Räumungsberechnung für ein Tram-Szenario

19.6 Räumungsberechnung für verschiedene Szenarien mit Trams und Bussen

19.7 Entrauchungsgutachten von Kersken+Kirchner (Stand 01.02.2022)

19.8 Vorab-Einschätzung der Branddirektion München zum Verzicht auf den Nachweis einer raucharmen Schicht für die Fremdret- tungsphase nach TRStrab Brandschutz

19.9 Bewertung verschiedener Bemessungsbrände für den Verrauch- nungsnachweis

19.10 Risikoanalyse des TÜV zum Mischverkehr Tram/Bus

19.11 Verzicht auf eine Notbremsüberbrückung der Tramfahrzeuge

19.12 Qualitative Bemessungsbrandbewertung für die E-Busse

19.13 Bemessungsbrandsimulation Avenio-TRAM