

**TRAM Westtangente
Projektteil UVR
München**

23. August 2022

Projekt-Nr. 2019009

Bericht-Nr. 2019009-SCBE-053

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

**Räumungsberechnung
für ein Tram-Szenario**

Inhalt

Inhalt	2
1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung.....	3
2 Objektbeschreibung	3
3 Straßenbahnfahrzeug in der UVR.....	4
4 Szenario	4
5 Grundlagen der Räumungsberechnung	6
6 Personenanzahl.....	7
6.1 Personenanzahl nach TRStrab Brandschutz	7
6.2 Personenanzahl nach Prognose.....	8
6.3 Maßgebende Personenanzahl	8
7 Begriffe nach TRStrab Brandschutz.....	8
7.1 Wichtige Begriffe	8
7.2 Vorlaufzeit.....	9
8 Annahme zum Räumungsablauf.....	10
8.1 Allgemeines.....	10
8.2 Flucht aus dem Bereich hoher Personendichte	10
8.3 Flucht über die Fahrbahn.....	10
9 Ermittlung der Bemessungs- und Wirkungszeit.....	11
9.1 Bemessungszeit	11
9.2 Wirkungszeit	11
10 Zusammenfassende Bewertung.....	12
Verwendete Unterlagen.....	12

1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Seitens der LH München ist die Erweiterung der bestehenden Eisenbahnüberführung über die Wotanstraße („Laimer Röhre“) mittels einer zusätzlichen Querung der Bahnanlage östlich der Wotanstraße geplant. Diese Querung ist in Form einer dritten Unterführung parallel zu der bestehenden Fuß- und Radwegunterführung sowie zur bestehenden Straßenunterführung als sogenannte Umweltverbundröhre (UVR) geplant [1].

In der UVR werden im betrieblichen Endzustand Trams und Busse verkehren. Die UVR besteht auch zwei Fahrspuren, die gemeinsam von Trams und Bussen genutzt werden sowie aus einer Fuß- und Radwegverbindung. Die verkehrliche Anbindung der UVR erfolgt im Norden an den Knoten Wotan-/Winfriedstraße und im Süden an den Laimer Kreisel [1].

Innerhalb der UVR ist eine Haltestelle mit in Längsrichtung versetzten Bahnsteigen (Haltestelle West und Ost) im Bereich des Zugangsbauwerks Ost geplant [1].

Für die UVR wird nachfolgend eine Räumungsberechnung bei einem Brandalarm durchgeführt.

2 Objektbeschreibung

Die UVR ist ca. 198 m lang. 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. Der Fußweg ist tunnelwandseitig im Osten angeordnet und durch ein Geländer vom westlich gelegenen Radweg getrennt. Dieser Fußweg dient im Ereignisfall als Fluchtweg. Westlich des Radweges befinden sich zwei Fahrbahnen (Breite 3,10 m bzw. 3,25 m), die von Trams und Bussen genutzt werden.

In der UVR befindet sich in Längsrichtung versetzt eine Haltestelle im Westen (Länge ca. 58 m, Breite ca. 6,17 m) und im Osten (Länge ca. 48 m, Breite ca. 3,25 m) [2]. 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 östlichen Gehweg über einen Übergang (Breite ca. 7,5 m) im Bereich des Zugangsbauwerks Ost. An die Haltestelle West schließt sich in Richtung Süden bzw. Richtung Norden ein Notgehweg mit einer Breite von ca. 1,00 m bzw. ca. 1,2 m bis zum Südportal bzw. Nordportal an. Diese Notgehwege dienen im Ereignisfall als Fluchtwege.

Bei der Ermittlung der Fluchtweglänge wird von Folgendem ausgegangen:

- (1) Länge der UVR (km 6+844 bis km 7+042): ca. 198 m
- (2) Strecke vom Südportal (km 6+844) bis zum südlichen Ende der Haltestelle Ost: (km 6+851) ca. 7 m

TRAM Westtangente

Projektteil UVR München – Räumungsberechnung für ein Tram-Szenario

Seite 4 von 13

- (3) Länge der Haltestelle Ost (km 6+851 bis km 6+899): ca. 48 m
- (4) Abstand vom nördlichen Ende der Haltestelle Ost (km 6+899) bis zum südlichen Ende der Haltestelle West (km 6+919,3): ca. 20 m
- (5) Länge der Haltestelle West (km 6+919,3 bis km 6+977,2): ca. 58 m
- (6) Abstand vom nördlichen Ende der Haltestelle West (km 6+977,2) bis zum Nordportal (km 7+042): ca. 65 m

Damit ergeben sich folgende Fluchtweglängen:

- (1) Haltestelle West:
 - a) Vom nördlichen Haltestellenende bis zum Nordportal ca. 65 m und
 - b) vom südlichen Haltestellenende bis zum Südportal ca. 75 m
- (2) Haltestelle Ost
 - a) Vom nördlichen Haltestellenende bis zum Nordportal ca. 143 m und
 - b) vom südlichen Haltestellenende bis zum Südportal ca. 7 m

3 Straßenbahnfahrzeug in der UVR

In der UVR verkehren im betrieblichen Endzustand verschiedene Straßenbahnen und Busse. Maßgebend für die Ermittlung der Bemessungszeiten bei reinem Trambetrieb und unter Berücksichtigung des untersuchten Szenarios ist das durchgängige, 5-teilige Straßenbahnfahrzeug vom Typ TZ5 (Siemens Avenio). Dieses Fahrzeug befindet sich zwar noch nicht im Fuhrpark der SWM, jedoch bestehen Kaufoptionen, so dass dieses Fahrzeug bei der Räumungsberechnung zugrunde zu legen ist [3]. Bei diesem Fahrzeug handelt es sich um ein Niederflur-Gelenktriebwagen mit einer Länge von ca. 46 m. Das Fahrzeug besitzt je Wagenkasten 2 Türen (insgesamt 10 Türen). Jede Türbreite beträgt ca. 1,30 m [4] [4]. Dieses Fahrzeug kann von den eingesetzten Trams in München die meisten Personen aufnehmen. Es kann bei einer 100-igen Belegung ca. 271 Personen (Sitz- und Stehplätze) [4] [4] befördern.

4 Szenario

Die im Projekt eingeschalteten Fahrzeugexperten bezweifeln, ob aufgrund der vorliegenden Randbedingungen (z. B. geringe Geschwindigkeit, kein Individualverkehr) durch Fahrzeugkollisionen in der UVR Brände entstehen können [5] [6]. Eine endgültige Stellungnahme der Fahrzeugexperten zu dieser Fragestellung steht jedoch zurzeit noch aus.

TRAM Westtangente

Projektteil UVR München – Räumungsberechnung für ein Tram-Szenario

Seite 5 von 13

Es wird nachfolgend für die Räumungsberechnung ein Szenario mit einem Fahrzeugbrand ohne Kollision im Bereich der Haltestelle West betrachtet. Räumungsberechnungen mit Fahrzeugkollisionen werden ausführlich in [7] erläutert. Darüber hinaus werden Maßnahmen vorgeschlagen, die helfen sollen das Schadensausmaß bei Frontalzusammenstößen und Auffahrunfällen zu mindern [7]. Falls die Fahrzeugexperten zu der Erkenntnis kommen, dass ein anderes Szenario als das nachfolgend beschriebene Szenario maßgebend ist, muss diese Räumungsberechnung überarbeitet werden. Das gewählte Szenario ohne Kollision kann wie folgt beschrieben werden:

- (1) Der Fahrzeugführer eines aus Norden kommenden Straßenbahnfahrzeuges vom Typ TZ5 (Kapitel 3) bemerkt nach einem Halt an der Haltestelle West einen Brand z. B. durch einen technischen Defekt. Der Brandort liegt in der Mitte des Straßenbahnfahrzeuges bei etwa km 6+942.
- (2) Der Fahrzeugführer des brennenden Fahrzeuges informiert die Leitstelle und fordert die Fahrzeuginsassen auf, die Straßenbahn zu verlassen.
- (3) Die Leitstelle aktiviert alle sicherheitsrelevanten Maßnahmen (z. B. Sperrung der Tunnelleinfahrten, Alarmierung durch die SAA).
- (4) Ein weiteres Fahrzeug befindet sich auf dem Ostgleis zwischen der Haltestelle West und dem Nordportal.
- (5) Dieses Fahrzeug, das sich auf dem Ostgleis zwischen der Haltestelle West und dem Nordportal befindet, erhält die Anweisung von der Leitstelle die UVR umgehend zu verlassen, um die in diesem Fahrzeug befindlichen Personen in Sicherheit zu bringen. Personen dieses Fahrzeuges steigen nicht in der UVR aus.
- (6) Ein nachfolgendes Straßenbahnfahrzeug, das auf dem westlichen Gleis in Richtung Süden fährt, kommt hinter dem ersten Straßenbahnfahrzeug an der Haltestelle West zum Stehen.
- (7) Ein weiteres Fahrzeug fährt auf dem östlichen Gleis in Richtung Norden in die UVR und wird von der Leitstelle gestoppt.
- (8) Das auf dem Westgleis nachgefahrenen Straßenbahnfahrzeug Typ TZ5 ist ca. 46 m lang. Bei einer Länge der Haltestelle West von ca. 58 m, steht – bei einem Halteabstand zwischen zwei Fahrzeugen von ca. 1 m – dem nachgefahrenen Fahrzeug nur eine Länge der Bahnsteigkante von $L = 58 - 46 - 1 = 11$ m zur Verfügung. Die restliche Fahrzeuglänge ragt ca. 35 m in den Streckentunnel.
- (9) Es wird nachfolgend davon ausgegangen, dass die Fahrzeuginsassen des nachgefahrenen Fahrzeuges die beiden vorderen (südlichen) Türen zum Ausstieg auf den Bahnsteig und die restlichen 8 Türen zur Flucht auf den schmalen Notgehweg (Breite ca. 1,20 m) nutzen. Der Ausstieg aus dem Fahrzeug auf den Notgehweg wird erschwert, da sich dort bereits auf dem Notgehweg Personen befinden, wie z. B. Aussteiger aus anderen Türen des nachgefahrenen Fahrzeuges oder Personen vom Bahnsteig West, die nach Norden fliehen. Mithilfe von Handrechnungen nach

NFPA 130 [9] können Räumungszeiten für solche Situationen in denen sich Personenströme gegenseitig auf ihrer Flucht behindern nur mit einer Reihe von Annahmen ermittelt werden. Das Handrechenergebnis ist daher aufgrund der Annahmen anfechtbar. Der Auftraggeber entschloss sich deshalb, die Räumungszeit in diesem Szenario für die Bereiche mit hoher Personendichte (Bahnsteig West und Notgehweg bis zum nördlichen Ende des nachgefahrenen Fahrzeug) mit dem computer-gestützten Simulationsprogramm ASERI ermitteln zu lassen [8]. Vorteilhaft ist hierbei, dass sehr unterschiedliche Annahmen (z. B. hinsichtlich der Fluchtrichtung von Personengruppen) für verschiedene Simulationsläufe getroffen werden können. Durch diese Spektrumsbreite der Ausgangsdaten stehen belastbare Angaben über die zu erwartende Räumungszeit zur Verfügung.

- (10) Alle Personen in der UVR werden durch die SAA aufgefordert den Tunnel umgehend zu verlassen (z. B. Personen in den Fahrzeugen, wartende Personen auf den Bahnsteigen, Radfahrer und Fußgänger).
- (11) Flucht der Personen aus der UVR
 - a) Alle Personen vom Bahnsteig West und von den beiden Straßenbahnfahrzeugen auf dem Westgleis können über beide Portale ins Freie fliehen.
 - b) Die Personen auf dem Bahnsteig Ost und aus dem nachgefahrenen Straßenbahnfahrzeug auf dem Ostgleis fliehen über das Südportal ins Freie.

5 Grundlagen der Räumungsberechnung

Für die Räumungsberechnung werden folgende wichtige Annahmen getroffen:

- (1) Eine Flucht über die angrenzende Fahrbahn (z. B. zum Überholen von Personen) ist möglich.
- (2) Die Räumungsberechnung wird wie folgt durchgeführt:
 - a) Simulation mit ASERI

In den Räumungssimulationen mit ASERI wird der Innenraum der beiden Straßenbahnfahrzeuge einschließlich Innenbestuhlung, der Westbahnsteig einschließlich der Fußgängerquerung im Süden sowie der Notgehweg im Norden bis zum Ende des nachgefahrenen Fahrzeugs abgebildet. Der Simulationsraum endet im Süden im Anschluss an die Fußgängerquerung und im Norden mit dem Ende des nachgefahrenen Straßenbahnfahrzeuges. Mit ASERI wird die Zeit vom Start der Simulation bis zum Verlassen des Simulationsraumes durch die letzte Person bestimmt [8].

- b) Handrechnung mit NFPA 130

Am jeweiligen Ende des ASERI-Simulationsraumes (Pkt. a)) erreichen die fliehenden Fahrgäste die Fahrbahn und können dann ungehindert über die beiden

Portale ins Freie gelangen. Die Räumungszeit für diesen Fluchtwegabschnitt (Flucht über die Fahrbahnen) wird mithilfe des Verfahrens nach NFPA 130 [9] berechnet.

- (3) Die Gehgeschwindigkeit auf dem Rad- und Gehweg sowie auf der Fahrbahn und den Notgehweg (außerhalb von Engstellen) wird nach NFPA 130 [9] zu 1,0 m/s angenommen.
- (4) Vorlaufzeit: 3 Minuten (Kapitel 7.2)
- (5) Die Personen, die sich zu Räumungsbeginn außerhalb der Bahnsteige, aber in der UVR (Geh- und Radweg) befinden, fliehen bei einer Alarmierung zeitgleich mit allen anderen Personen aus den Haltestellen ins Freie und behindern hierdurch nicht die Flucht der Fahrgäste, die von den Haltestellen kommen.

6 Personenanzahl

6.1 Personenanzahl nach TRStrab Brandschutz

Die für die Räumung zu berücksichtigenden Personenzahlen werden gemäß TRStrab Brandschutz [10] wie folgt ermittelt:

$P_{\max} = n \times (P1 + P2 + P3)$ mit

$n =$ Zahl der Gleise am Bahnsteig ($n = 1$ für Seitenbahnsteige)

$P1 =$ Zulässige Sitzplätze der längsten gleichzeitig am Bahnsteig haltenden Zügeinheiten

$P2 =$ Zulässige Stehplätze der längsten gleichzeitig am Bahnsteig haltenden Zügeinheiten

$P3 =$ 30 % aus der Summe $P1 + P2$ (wartende Personen)

Für das gewählte Szenario ergibt sich für die beiden Straßenbahnfahrzeuge (brennendes und nachfahrendes Fahrzeug) nach TRStrab Brandschutz [10] folgende Personenanzahl:

- (1) Sitz- und Stehplätze für 2 Fahrzeuge: $ca. 2 \times 271 = 542$ Personen
- (2) Auf dem Bahnsteig wartende Personen: $0,3 \times 542 = 163$ Personen
- (3) Summe $542 + 163 = 705$ Personen

6.2 Personenanzahl nach Prognose

Auf dem Westbahnsteig beträgt die Anzahl der wartenden Personen für das brennende Straßenbahnfahrzeug aufgrund der Prognosedaten [11] für 1 Fahrzeug bis zu 183 Personen. Für das nachrückende Fahrzeug empfiehlt INTRAPLAN eine deutlich geringere Anzahl an wartenden Personen, also nicht weitere 183 Personen anzusetzen [12]. In Absprache mit dem Auftraggeber werden dennoch auch für das nachrückende Fahrzeug 183 Personen in Ansatz gebracht, obwohl dies auf der sehr sicheren Seite liegt [13].

Die maßgebende Personenanzahl für ein Straßenbahnfahrzeug vom Typ TZ5 (100%-ige Belegung) beträgt damit:

- (1) Sitz- und Stehplätze für 2 Fahrzeuge: ca. $2 \times 271 = 542$ Personen
- (2) Auf dem Westbahnsteig wartende Personen gemäß Prognose [11] [12] [13] für 2 Fahrzeuge: ca. $2 \times 183 = 366$ Personen
- (3) Die Summe der Personenanzahl aufgrund der Prognose ergibt sich damit zu $2 \times 271 + 2 \times 183 = 908$ Personen

6.3 Maßgebende Personenanzahl

Für die Räumungsberechnungen sind auf der sicheren Seite liegend die aufgrund der Prognose ermittelten **908 Personen** maßgebend [11] [12] [13], da diese Personenanzahl deutlich größer als nach TRStrab Brandschutz [10] ist.

7 Begriffe nach TRStrab Brandschutz

7.1 Wichtige Begriffe

Die TRStrab Brandschutz [10] unterscheidet folgende Begriffe, die für Räumungsberechnungen von Bedeutung sind:

- (1) Selbstrettungszeit

Die Selbstrettungszeit ist nach TRStrab Brandschutz [10] die Zeit vom Räumungsbeginn bis zum Ende der Selbstrettung.

- (2) Bemessungszeit

Unter Bemessungszeit wird die Zeit zwischen Brandbeginn und Abschluss der Selbstrettung verstanden. Die Bemessungszeit setzt sich aus der Vorlaufzeit (z. B. Alarmierung, Reaktionszeit) (Kapitel 7.2) und Selbstrettungszeit zusammen.

Ein Vergleich zwischen der Bemessungszeit und der Verrauchungszeit (Brandsimulation) gibt Auskunft, ob Fahrgäste bei einem Brandfall durch Brandgase gefährdet

sind, oder ob sie sich rechtzeitig retten können. Fahrgäste werden durch Brandgase nicht gefährdet, wenn die Bemessungszeit kürzer als die Verrauchungszeit ist.

(3) Wirkungszeit

Mit Hilfe der Bemessungszeit kann die Wirkungszeit der Rauchschutzmaßnahmen ermittelt werden, die gemäß TRStrab Brandschutz [10] 10 % länger, mindestens jedoch 1 Minute länger als die Bemessungszeit sein muss. Anders ausgedrückt darf die Haltestelle frühestens erst nach der ermittelten Bemessungszeit zuzüglich 10 % (mindestens jedoch 1 Minute) verrauchen.

7.2 Vorlaufzeit

Ein Vergleich der Räumungszeit mit der Verrauchungszeit gibt Auskunft darüber, ob die Personen rechtzeitig, ohne durch Brandgase gefährdet zu werden, einen sicheren Bereich (hier das Freie) erreichen können. Die Verrauchungszeit wird mithilfe von Brandsimulationen ermittelt. Sie gibt an, ab wann der Tunnel nach Brandbeginn verraucht und damit für Personen nicht mehr gefahrlos begehbar ist. Damit die Verrauchungszeit und die Räumungszeit miteinander verglichen werden können, muss auch die Räumungszeit auf den Brandbeginn bezogen werden. Hierfür wird die sogenannte Vorlaufzeit benötigt, die die Zeitspanne von Brandbeginn bis zum Start der Flucht der Fahrgäste angibt.

Die Vorlaufzeit wird für den vorliegenden Anwendungsfall wie folgt festgelegt:

(1) Zeit bis zur Branddetektion

Der Fahrzeugführer der in Brand geratenen Straßenbahn bemerkt einen Brand und meldet ihn der Leitstelle. Der Zeitbedarf hierfür wird zu 0,5 Minuten abgeschätzt.

(2) Zeit für die Aktivierung von sicherheitsrelevanten Maßnahmen

Die Leitstelle aktiviert alle sicherheitsrelevanten Maßnahmen (z. B. Sperrung der Tunneleinfahrten, Aktivierung der SAA). Der erforderliche Zeitbedarf beträgt etwa 0,5 Minuten.

(3) Restfahrzeit

Eine Restfahrzeit nach TRStrab Brandschutz [10] wird bei diesem Anwendungsfall nicht in Ansatz gebracht, da die Fahrzeuge bei einem Ereignis anders, als zum Beispiel bei U-Bahnen, in der UVR an beliebiger Stelle halten und die Fahrgäste dort aussteigen können. Ferner ist die Zeit bis zur Branddetektion separat berücksichtigt.

(4) Reaktionszeit

Nach TRStrab Brandschutz [10] setzt sich die Reaktionszeit aus 1 Minute für die Fahrgastinformation/Fahrgastanweisung und eine weitere Minute für die tatsächliche Reaktionszeit der Fahrgäste zusammen (Summe: 2 Minuten).

Die Personen beginnen unter Berücksichtigung der oben getroffenen Festlegungen etwa 3 Minuten nach Brandbeginn (Vorlaufzeit) die UVR zu verlassen, um das Freie zu erreichen.

8 Annahme zum Räumungsablauf

8.1 Allgemeines

Im betrachteten Szenario können die Personen aus den beiden Straßenbahnfahrzeugen und vom Bahnsteig West über das Nord- und Südportal ins Freie fliehen (Kapitel 4). Da der Bahnsteig West ca. 6,17 m breit ist, kann davon ausgegangen, dass in den ersten Brandminuten das brennende Fahrzeug noch in Richtung Süden passiert werden kann. Die Anzahl der wartenden Personen auf dem Bahnsteig West ($2 \times 183 = 366$) und die Fahrzeuginsassen ($2 \times 271 = 542$) werden in ASERI in Gruppen mit unterschiedlichen Fluchtrichtungen aufgeteilt, die nach Norden und nach Süden fliehen. Durch ASERI wird die jeweilige Zeit bis zum Verlassen des Simulationsraums (Bereich hoher Personendichte) in verschiedenen Simulationsläufe ermittelt [8].

8.2 Flucht aus dem Bereich hoher Personendichte

Mit dem computergestützten Simulationsprogramm ASERI wird für die Bereiche mit hoher Personendichte (Simulationsraum = Bahnsteig West und Notgehweg bis zum nördlichen Ende des nachgefahrenen Fahrzeug) die Räumungszeit ermittelt [8]. Beispielsweise haben die Personen im dokumentierten Beispiel den genannten Simulationsraum über den im Süden gelegenen Quergang nach ca. 2,5 Minuten bzw. nach Norden über den Notgehweg etwa 4 Minuten nach Simulationsstart verlassen. Alle insgesamt 908 Personen befinden sich damit spätestens 4 Minuten nach Simulationsstart auf der Fahrbahn der UVR und können diese ungehindert zur weiteren Flucht ins Freie über das Süd- bzw. Nordportal nutzen [8].

8.3 Flucht über die Fahrbahn

Nach dem Verlassen des Bereiches mit hoher Personendichte (Bahnsteig West und Notgehweg bis zum nördlichen Ende des nachgefahrenen Fahrzeugs) müssen die Personen noch über die Fahrbahn zum Tunnelportal ins Freie fliehen.

Die Fluchtzeit über die Fahrbahn beträgt:

- (1) Zum Südportal

Der Fluchtweg vom südlichen Ende des Übergangs (km 6+904,6) bis zum Südportal (km 6+844) beträgt etwa 61 m und die zugehörige Gehzeit ca. $61 \text{ m} / 1,0 \text{ m/s} \approx 1 \text{ Minute}$.

(2) Zum Nordportal

Der Fluchtweg vom nördlichen Ende des nachgefahrenen Fahrzeuges (nördliches Ende Haltestelle West: km 6+977,2; plus 35 m langer Fahrzeugabschnitt im Streckentunnel = nördliches Ende des nachgefahrenen Fahrzeuges km 7+012,2) bis zum Nordportal (km 7+042) beträgt etwa 30 m und die zugehörige Gehzeit etwa $30 / 1,0 \text{ m/s} = 0,5 \text{ Minuten}$.

9 Ermittlung der Bemessungs- und Wirkungszeit

9.1 Bemessungszeit

Die Bemessungszeit BZ (Kapitel 7.1) setzt sich nach TRStrab Brandschutz [10] aus der Vorlauf- und Selbstrettungszeit zusammen. Im vorliegenden Szenario gilt:

- (1) Vorlaufzeit: 3 Minuten (Kapitel 7.2),
- (2) Zeit zum Verlassen des Bereiches mit hoher Personendichte (Bahnsteig West und Notgehweg bis zum nördlichen Ende des nachgefahrenen Fahrzeugs): ca. 4 Minuten (nach Norden) bzw. ca. 2,5 Minuten (nach Süden) [8] und
- (3) Gehzeit über die Fahrbahn zum Nordportal ca. 0,5 Minuten bzw. zum Südportal ca. 1,0 Minuten.

Die Bemessungszeit BZ_N nach **Norden** beträgt damit:

$$BZ_N = 3 \text{ min} + 4 \text{ min} + 0,5 \text{ min} = 7,5 \text{ Minuten}$$

Die Bemessungszeit BZ_S nach **Süden** beträgt damit:

$$BZ_S = 3 \text{ min} + 2,5 \text{ min} + 1,0 \text{ min} = 6,5 \text{ Minuten}$$

Die Bemessungszeit nach Norden ist länger als die nach Süden. Die Bemessungszeit nach Norden $BZ_N = 7,5 \text{ Minuten} \approx 8 \text{ Minuten}$ ist damit für die Bestimmung der Wirkungszeit der Rauchschutzmaßnahmen maßgebend (Kapitel 9.2).

9.2 Wirkungszeit

Die zugehörige Wirkungszeit der Rauchschutzmaßnahmen beträgt gemäß TRStrab Brandschutz [10] $8 \text{ Minuten} + 1 \text{ Minute} = 9 \text{ Minuten}$.

10 Zusammenfassende Bewertung

Unter Beachtung der getroffenen Festlegungen kann zusammenfassend festgestellt werden, dass Personen, die von der Haltestelle West über den zeitlich längeren Fluchtweg nach Norden fliehen, das Freie etwa 8 Minuten nach Brandbeginn erreicht haben (Tabelle 1).

Gemäß TRStrab Brandschutz [10] müssen Rauchschutzmaßnahmen 10 % länger, mindestens jedoch 1 Minute länger als die Bemessungszeit BZ wirksam sein. Diese Wirkungszeit der Rauchschutzmaßnahmen muss im vorliegenden Anwendungsfall daher mindestens $8 + 1 = 9$ Minuten betragen. Dies bedeutet, dass die Fluchtwege der UVR frühestens erst 9 Minuten nach Brandbeginn verrauchen dürfen (Tabelle 1).

Zeitabschnitte der Räumung		Dauer [min]
Zeit bis Fluchtbeginn (nur Reaktionszeit der Fahrgäste)		3,0
Gehzeit, der Person, die den längsten Fluchtweg hat	A = Zeit für das Verlassen des Fahrzeugbereichs inklusive Ausstieg aus dem Fahrzeug	4,0
	T = Zeit für den Weg vom nördlichen Ende des nachgefahrenen Fahrzeuges bis zum Nordportal (30 m / 1 m/s)	0,5
Bemessungszeit BZ (alle Personen haben das Freie erreicht) = 3 min + A + T ca.		8,0
Wirkungszeit: BZ + 1,0		9,0

Tabelle 1: Bemessungszeit (Räumungszeit) und Wirkungszeit nach TRStrab Brandschutz [10]

Verwendete Unterlagen

- [1] 2. S-Bahn-Stammstrecke München, Planfeststellung, Erläuterungsbericht, Planfeststellungsabschnitt 1, Stand 16.03.2015

Pläne

VE 10 Hauptbaumaßnahmen West oberirdisch EÜ Wotanstraße Umweltverbundröhre (UVR) mit Nord- und Südportal, Bau -km 101,3 +47, Stand Mai 2018

Teilentwurfsheft 11, Umweltverbundröhre (UVR), Lageplan, Straßenplanung, Stand 14.12.2018

TRAM Westtangente

Projektteil UVR München – Räumungsberechnung für ein Tram-Szenario

Seite 13 von 13

- [2] 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
- [3] E-Mail von Herrn Pfützner, swm an die STUVAtec vom 14.01.2020: Avenio 5-Teiler
- [4] Datenblatt Straßenbahn Typ TZ5, fünfteiliger Niederflur Gelenkwagen, Stand März 2014
- [5] Gespräch über Risikoanalyse und mögliche Fahrzeugbrände am 05.08.2019 bei den Stadtwerken München GmbH
- [6] E-Mail von Herrn Dr. Heyn, TÜV Süd vom 14.02.2020
- [7] TRAM Westtangente München, Projektteil UVR: Ermittlung der Bemessungszeiten (Räumungszeiten) für verschiedene Szenarien mit Trams und Bussen, STUVAtec 2019009-SCBE-034, Stand 09. März 2020
- [8] TRAM Westtangente München, Projektteil UVR: Räumungssimulation mit ASERI für den Bahnsteig West mit einem nachgefahrenen Straßenbahnfahrzeug; STUVAtec 2019009-RHAP-006, 09. März 2020
- [9] NFPA 130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems; Ausgabe 2017, National Fire Protection Association, Quincy, USA
- [10] 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
- [11] INTRAPLAN Consult GmbH, Tram Westtangente – UVR Laim, Abgleich Bemessungszahlen für Brandschutzkonzept, 10.12.2019
- [12] E-Mail von Herrn Böttcher, intraplan vom 14. Januar 2020 an die swm: Wartende Personen für nachrückendes Fahrzeug
- [13] E-Mail von Herrn Pfützner, swm an die STUVAtec vom 4. Februar 2020: Wartende Personen für nachrückendes Fahrzeug