

STUVAtec
Studiengesellschaft für
unterirdische Verkehrs-
anlagen mbH

Mathias-Brüggen-Str. 41
50827 Köln

8579-HHBE-006

Anhang 2

2. S-Bahn-Stammstrecke München

Entrauchungsberechnung für die uPva München Ostbahnhof tief Variante Haidhausen 3 mit reduzierten Querschnitten der Bahnsteigröhren

Auftraggeber: Planungsgemeinschaft 2. S-Bahn-Stammstrecke Mün-
chen c/o Obermeyer Planen + Beraten,
Hansastraße 40
D-80686 München

Auftragnehmer: STUVAtec GmbH, 50827 Köln

Stand: 09. November 2010

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkung	3
2	Brandszenario	4
3	Schutzziele	6
4	Brandsimulation	7
4.1	Berechnungsverfahren	7
4.2	Bemessungsbrand	8
4.3	Sonstige Festlegungen	9
5	Ergebnisse der Simulationsberechnung	11
5.1	Allgemeines	11
5.2	Simulationsergebnisse	12
6	Zusammenfassende Beurteilung	16
	Literatur	15
	Bildanhang	16

1 Vorbemerkung

Im Rahmen der Planung wurde untersucht, ob die Regelquerschnitte der Bahnsteigröhren durch Reduzierung des Ausbruchsquerschnitts optimiert werden können. Die dem Bahnsteig gegenüberliegende Außenwand soll daher jetzt nur noch ca. 2,5 m statt vorher ca. 4 m Abstand zur Gleisachse aufweisen (Bild 1). Die Höhe der Decke auf der Bahnsteigebene und die Bahnsteigbreite bleiben hingegen unverändert.

Ferner ist die südliche AB-Kanzel entfallen. Stattdessen wird in dem dadurch entstandenen Raum zwischen den beiden benachbarten Stützen eine mobile Rauchschürze angeordnet (Bilder 2 und 3). Mit der hier vorliegenden Entrauchungsberechnung soll der Nachweis erbracht werden, dass auch mit den genannten Änderungen (geringerer Abstand zur Außenwand; Entfall der südlichen AB-Kanzel; zusätzliche Rauchschürze) die gewählten Schutzziele (Kapitel 3) erreicht werden.

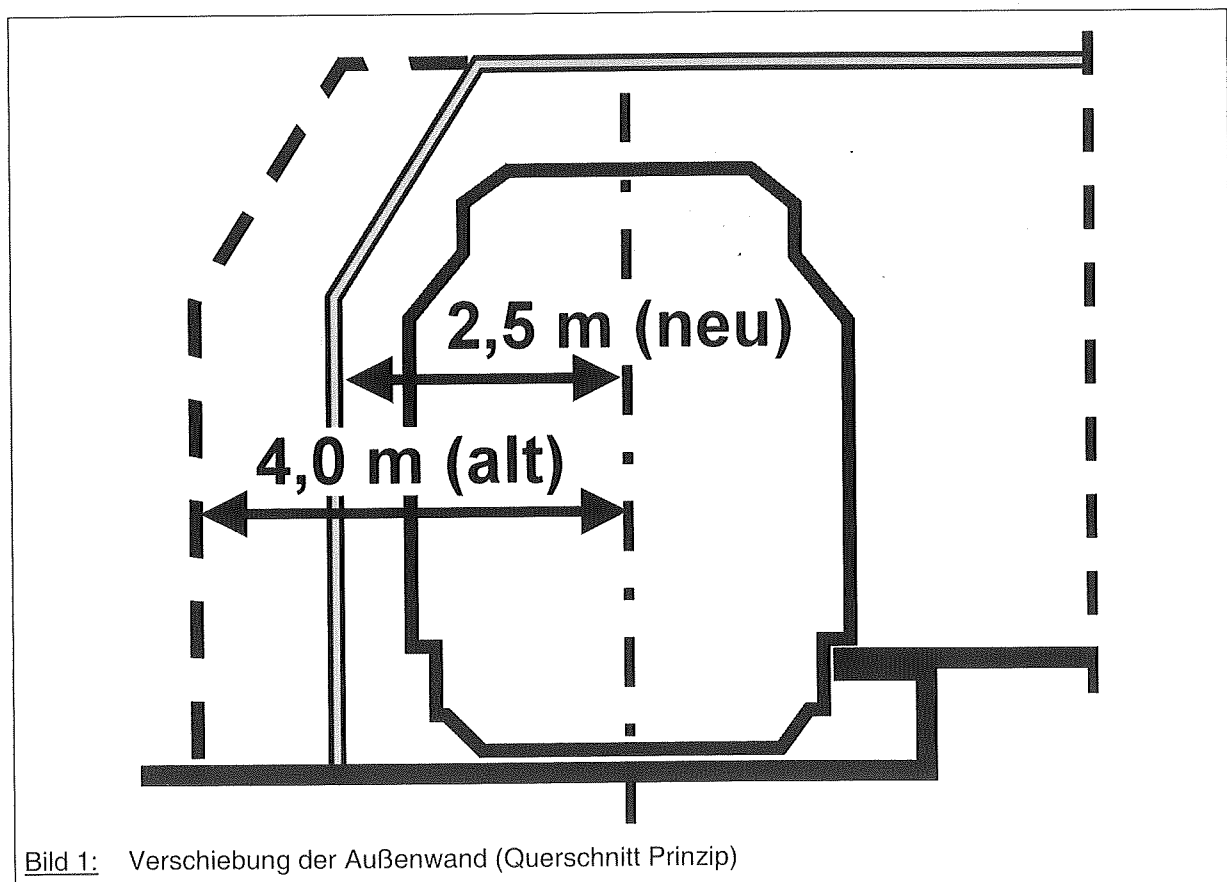


Bild 1: Verschiebung der Außenwand (Querschnitt Prinzip)

2 Brandszenario

Für die Brandsimulation wird von folgendem Szenario ausgegangen:

Ein vollbesetzter S-Bahn-Langzug, bestehend aus drei Zügeinheiten mit je vier Wagen, fährt in die uPva Ostbahnhof (tief) ein.

Es werden folgende zwei Brandorte simuliert:

- (1) Brandort Ost: Östliche Zügeinheit (südliches Gleis 100)

Dieser Brandort wurde gewählt, um die Verrauchung im Bereich des Hauptaufganges Ost zu untersuchen (Bild 2).

- (2) Brandort Mitte: Mittlere Zügeinheit (nördliches Gleis 200)

Dieser Brandort wurde nicht auf dem südlichen Gleis 100, sondern auf dem nördlichen Gleis 200 festgelegt (Bild 3).

Diese Wahl des Brandortes ist hinsichtlich einer Verrauchung ungünstiger einzustufen als ein Brandort mittig auf dem Gleis 100. Beim Brandort mittig auf dem Gleis 100 kann nämlich die Luft durch die fehlende südliche AB-Kanzel relativ gleichmäßig zum brennenden Fahrzeug strömen. Diese Luftströmung vom Treppenaufgang Mitte herunter zum brennenden Fahrzeug verhindert eine Ausbreitung der Brandgase in Richtung Treppenaufgang Mitte.

Bei dem gewählten nördlichen Brandort Mitte auf dem Gleis 200 wird die Luftströmung vom Treppenaufgang Mitte herunter zum brennenden Fahrzeug teilweise durch die nördliche AB-Kanzel behindert. Hierdurch können sich bahnsteigseitig im Windschatten der AB-Kanzel Brandgase sammeln. Die Brandgase werden an der AB-Kanzel hinunter zur Bahnsteigoberfläche abgeleitet (vgl. Bild 14). Eine Verrauchung des Bahnsteiges ist die Folge.

Die Entrauchungsanlage und die mobilen Rauchschürzen parallel zu den Bahnsteigkanten werden ca. 4,5 Minuten nach Brandbeginn in Betrieb genommen. Diese Zeitspanne enthält folgende Abläufe:

- (1) Restfahrzeit des brennenden Zuges bis in die uPva
- (2) Erkundung durch den Triebfahrzeugführer
- (3) Alarmierung durch den Triebfahrzeugführer

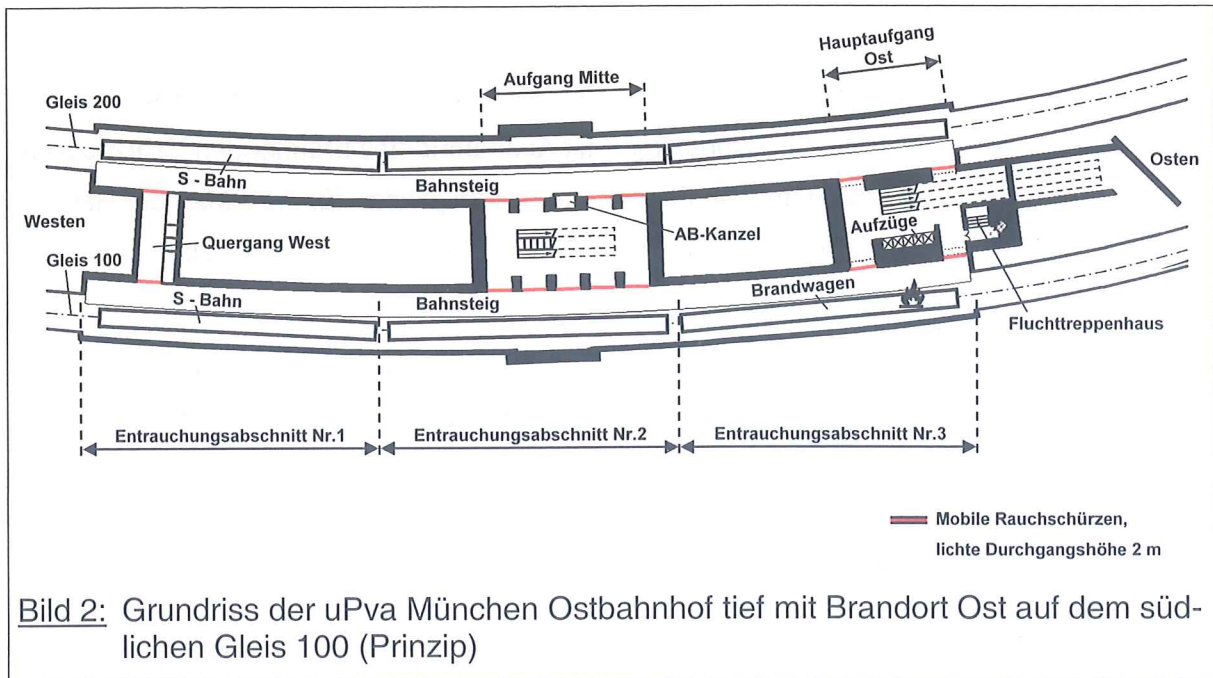


Bild 2: Grundriss der uPva München Ostbahnhof tief mit Brandort Ost auf dem südlichen Gleis 100 (Prinzip)

Ferner wird der Bahnbetrieb in den an die uPva angrenzenden Tunnelanlagen geregelt so eingestellt, dass keine weiteren Zufahrten mehr zur uPva erfolgen. Es wird jedoch ungünstig angenommen, dass bereits ein nicht brennender S-Bahn-Langzug auf dem Gegengleis (Gleis 100 bzw. 200) steht (Bilder 2 und 3).

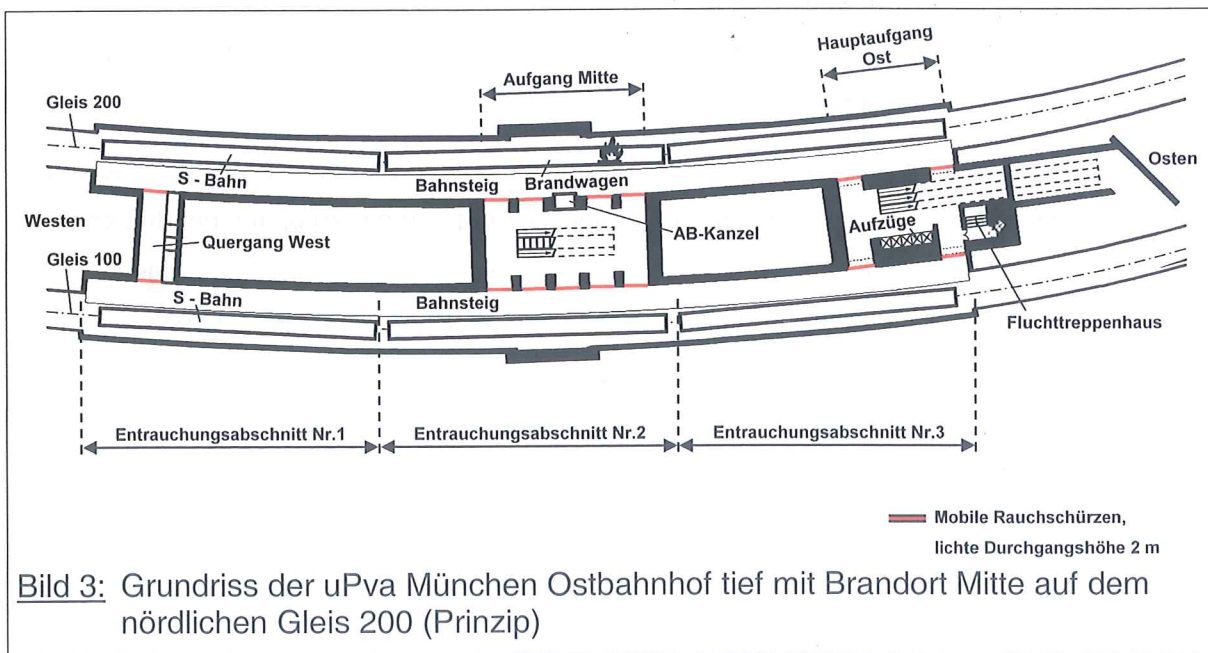


Bild 3: Grundriss der uPva München Ostbahnhof tief mit Brandort Mitte auf dem nördlichen Gleis 200 (Prinzip)

3 Schutzziele

Oberstes Schutzziel ist die Rettung der Personen aus der uPva, bevor diese ver-
raucht. Deshalb dürfen die Bahnsteige (mit Ausnahme des brennenden Fahrzeugbe-
reiches, siehe Kapitel 5) und die Flucht- und Rettungswege für die Dauer der Räu-
mungszeit nicht verrauchen. Die Rettung der Personen wird in eine Selbst- und
Fremdrettungsphase unterteilt.

Es wird angestrebt, dass mindestens für die Dauer der Selbstrettungsphase eine im
Mittel ca. 2,5 m dicke raucharme Schicht über der Bahnsteigebene erhalten bleibt.
Aufgrund der großen Tieflage der uPva (ca. 35 m) wird davon ausgegangen, dass die
Feuerwehr ca. 20 Minuten nach Brandbeginn den Brandort erreicht und somit die
Fremdrettungsphase erst 35 Minuten nach Brandbeginn abgeschlossen ist. Für die
Dauer der Fremdrettungsphase muss mindestens eine ca. 1,5 m dicke raucharme
Schicht vorhanden sein. In der raucharmen Schicht muss unter anderem eine ausrei-
chende Sicht möglich sein. Durch diese Forderungen soll sichergestellt werden, dass

- (1) während der Selbstrettungsphase Personen bei ausreichender Sicht unbehindert
fliehen können,
- (2) während der Fremdrettungsphase die Feuerwehr die Situation erkunden, einen
wirksamen Löschangriff starten kann und
- (3) rettungstechnisch zu betreuende Personen während der Fremdrettungsphase
noch ausreichend Atemluft haben und durch Feuerwehrkräfte aufgefunden und
gerettet werden können.

Eine ausreichende Sicht in der raucharmen Schicht ist gegeben, wenn reflektierende
Rettungszeichen bei einer Umgebungsbeleuchtung von ca. 40 lx aus mindestens
10 m Entfernung erkannt werden können. Die optische Dichte pro Weglänge in der
raucharmen Schicht darf dann nicht mehr als ca. $0,13 \text{ m}^{-1}$ betragen. Wenn dieser
Grenzwert der optischen Dichte pro Weglänge nicht überschritten wird, dann lassen
diese Expositionsbedingungen auch hinsichtlich der toxischen Wirkung der Rauchga-
se kein relevant erhöhtes Risiko erwarten [1].

Die Zeitspanne nach Brandbeginn bis zum Erreichen des genannten Grenzwertes der
optischen Dichte pro Weglänge wird im Folgenden Verrauchungszeit genannt. Die
Räumungszeit muss stets kürzer als die Verrauchungszeit sein, damit Personen sich
aus der uPva noch rechtzeitig selbst retten bzw. Personen durch die Feuerwehr ge-
rettet werden können.

Aus den Räumungsberechnungen ergibt sich [2]:

- (1) Die Personen erreichen temporär raucharme Bereiche (hinter den Rauchschürzen) spätestens ca. 15 Minuten nach Brandbeginn.
- (2) Alle Personen haben das Freie spätestens ca. 25 Minuten nach Brandbeginn erreicht.

Zu diesen Zeiten muss das Ergebnis der Brandsimulationen hinsichtlich der Verrauchungssituation auf den Rettungswegabschnitten überprüft werden.

Die gewählten zulässigen Grenzwerte zur Beurteilung der Simulationsergebnisse sind Tabelle 1 direkt zu entnehmen.

lfd. Nr.	Parameter	Gewählte Grenzwerte	
		für die Räumung bis ins Freie in der Selbstrettungsphase bis zur 25. Minute nach Brandbeginn	für die Dauer der Fremdrettungsphase mindestens bis zur 35. Minute nach Brandbeginn
1	Raucharme Schichtdicke	2,5 m	1,5 m
2	Temperatur	50°C ¹⁾	
3	optische Dichte pro Weglänge	0,13 m ⁻¹	
4	Mindest-Sichtweite ²⁾	10 m	

¹⁾ Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. [3]

²⁾ Umgebungsbeleuchtung mindestens 40 lx

Tabelle 1: Gewählte Grenzwerte zur Beurteilung der Simulationsergebnisse

4 Brandsimulation

4.1 Berechnungsverfahren

Zur Ermittlung der Verrauchung der uPva wird das CFD-Programm KOBRA-3D (Feldmodell) eingesetzt.

4.2 Bemessungsbrand

Für die Brandsimulationen wurde der neue S-Bahn-Bemessungsbrand herangezogen [1]. Dieser Bemessungsbrand hat insbesondere für alle S-Bahnen Gültigkeit, die der Baureihe ET423 entsprechen, nach DIN 5510 [4] gebaut und zugelassen sind und keinen offenen Fahrgastraum von mehr als 70 m Länge aufweisen [1]. Der Bemessungsbrand ist durch eine geringe Energiefreisetzungsrate in den ersten ca. 15 Minuten nach Brandbeginn gekennzeichnet. Anschließend steigt die Energiefreisetzungsrate jedoch sehr schnell und erreicht 30 Minuten nach Brandbeginn die Vollbrandphase, die bis zur 36. Minute nach Brandbeginn andauert (Bild 4). Die verwendeten Simulationsparameter sind der Tabelle 2 direkt zu entnehmen.

Parameter	Eingabe-Daten für die Simulationsberechnung
effektive Verbrennungswärme [kJ / kg] ¹⁾	15.000
Rauchpotential [m ² /g] ¹⁾	0,33
Rauchausbeute [g / g] ¹⁾	0,1
Energiefreisetzungsrate 25 bzw. 35 Min. nach Brandbeginn ca. [MW]	25,8 bzw. 55

¹⁾ Bezugsgröße ist jeweils die verbrannte Masse

Tabelle 2: Wichtige Parameter für die Brandsimulation [1]

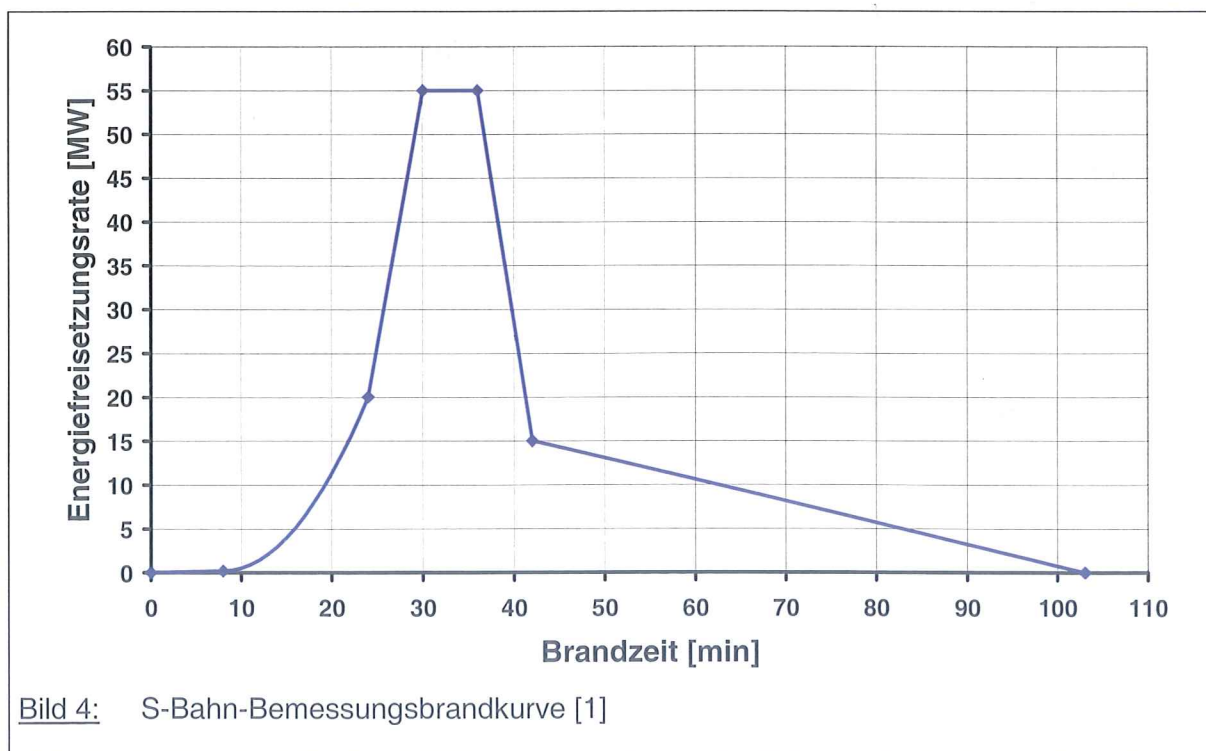


Bild 4: S-Bahn-Bemessungsbrandkurve [1]

4.3 Sonstige Festlegungen

Folgende wichtige Festlegungen für die Brandsimulationen werden getroffen:

(1) Fahrzeugmodell

Es steht sowohl auf Gleis 100 (Süden) als auch auf Gleis 200 (Norden) je ein Modell des S-Bahn-Langzugs (Bilder 2 und 3). Jedes S-Bahn-Langzugmodell besteht aus 3 Zügeinheiten mit je ca. 67,4 m Länge. Die Zügeinheiten haben untereinander einen Abstand von je ca. 1 m, so dass die Gesamtlänge eines Langzugmodells ca. 204 m beträgt ($3 \times 67,4 \text{ m} + 2 \times 1 \text{ m}$).

Es werden folgende Festlegungen für das brennende Fahrzeugmodell getroffen:

- a) Der Brand entwickelt sich in den ersten 2,5 Minuten nach Brandbeginn (Restfahrzeit) bei geschlossenen Türen und Fenstern.
- b) 2,5 Minuten nach Brandbeginn (Einfahrt des Zuges in die uPva) wird auf der Ausstiegseite der Fahrzeuglängsseite jeweils die mittlere Tür von jedem der vier Wagen permanent geöffnet [1].
- c) Die Fenster versagen nach dem in [1] festgelegten Zeitplan. Danach bersten die ersten Fenster 24 Minuten nach Brandbeginn.
- d) Ein Feuerübersprung auf andere Zügeinheiten findet nicht statt.

(2) Abströmen der Brandgase in die benachbarten Streckentunnel

Es können Brandgase aus der uPva in die sich anschließenden Streckentunnel abströmen.

(3) Luftströmungen

Externe Luftströmungen durch z.B. Fahrzeugbewegungen werden in der Simulation nicht berücksichtigt, da diese Luftströmungen nach Einstellung des Fahrbetriebes sehr schnell abklingen und deshalb im Vergleich zu den brand- und lüftungsinduzierten Luftströmungen (maschinelle Rauchabzugsanlage) vernachlässigbar sind. Die durch den Brand und die Entrauchungsanlage verursachten Luftströmungen werden jedoch simuliert.

(4) Verrauchungsschutz

Es werden folgende Maßnahmen getroffen, um die Treppenanlagen vor einer frühzeitigen Verrauchung zu schützen:

a) Mobile Rauchschrürzen

Mobile Rauchschrürzen, die im Brandfall eine lichte Durchgangshöhe von ca. 2 m aufweisen, werden jeweils an den nördlichen und südlichen Zugängen der folgenden Bereiche parallel zu den Bahnsteigkanten vorgesehen (Bilder 2 und 3):

- Quergang West

Insgesamt zwei mobile Rauchschrürzen

- Aufgang Mitte

Insgesamt neun mobile Rauchschrürzen

- Hauptaufgang Ost

Insgesamt vier mobile Rauchschrürzen

b) Brandschutzverglasung

Die AB-Kanzel am nördlichen Bahnsteig im Bereich des Aufgangs Mitte erhält eine Brandschutzverglasung, um eine vorzeitige Verrauchung des Aufgangs Mitte ausreichend lange zu verhindern [5].

(5) Lüftungskonzept

Über jedem der beiden Gleise 100 und 200 ist im Deckenbereich ein Entrauchungskanal angeordnet. Die beiden Entrauchungskanäle über den Gleisen sind in je 3 voneinander unabhängige, jeweils ca. 70 m lange Entrauchungsabschnitte unterteilt (Bilder 2 und 3).

Über jeden der Entrauchungsabschnitte können maximal ca. 105 m³/s Luft abgeführt werden. Im Brandfall werden jedoch nur zwei benachbarte, brandnahe Entrauchungsabschnitte eines Gleises aktiviert, so dass maximal ca. 2 x 105 m³/s = 210 m³/s Luft maschinell über die Rauchabzugsschächte ins Freie geleitet werden können. Die restlichen vier Entrauchungsabschnitte werden nicht für die Entrauchung herangezogen.

In den Simulationen werden die Brandgase aus zwei benachbarten Entrauchungsabschnitten gleichmäßig aus dem Deckenbereich abgesaugt. Die Entrauchungsabschnitte werden für die beiden untersuchten Brandorte wie folgt aktiviert:

a) Brandort Ost (südliches Gleis 100)

Bei der Simulation des Brandortes Ost (Bild 2) werden die Entrauchungsabschnitte Nr. 2 und Nr. 3 über dem südlichen Gleis 100 gleichzeitig ca. 4,5 Minuten nach Brandbeginn aktiviert und erreichen innerhalb von ca. 30 Sekunden (5 Minuten nach Brandbeginn) ihre volle Leistung. Der östliche Entrauchungsabschnitt Nr. 3 liegt direkt über dem Brandwagen und der mittlere Entrauchungsabschnitt Nr. 2 schließt sich unmittelbar daran an (Bild 2).

b) Brandort Mitte (nördliches Gleis 200)

Bei der Simulation des Brandortes Mitte (Bild 3) werden ebenfalls die Entrauchungsabschnitte Nr. 2 und Nr. 3 über dem nördlichen Gleis 200 gleichzeitig ca. 4,5 Minuten nach Brandbeginn aktiviert und erreichen ca. 30 Sekunden später ihre volle Leistung (5 Minuten nach Brandbeginn). Der mittlere Entrauchungsabschnitt Nr. 2 liegt direkt über dem Brandwagen und der östliche Entrauchungsabschnitt Nr. 3 liegt im Bereich des Hauptaufganges Ost (Bild 3).

(6) Temperatur

Zu Beginn der Simulation beträgt die Lufttemperatur 20 °C [1].

(7) Im Simulationsprogramm abgebildeter Haltestellenbereich

In den Simulationen wird nur der strömungstechnisch relevante Bereich der uPva abgebildet. Dieser umfasst die Bahnsteigebene und die Verteilerebenen mit den zugehörigen Treppenaufgängen bis zur Oberfläche. Ausgenommen hiervon sind durch Brandschutztore oder rauchdichte Türen abgeschottete Bereiche wie z.B. der Verbindungsgang zum angrenzenden U-Bahnhof Ostbahnhof der Stadtwerke München / Münchener Verkehrsgesellschaft und das Fluchttreppenhaus am östlichen Haltestellenende, da diese Bereiche durch die Abschottung strömungstechnisch für den Brandbereich nicht relevant sind. Ferner werden Teile der an die uPva angrenzenden Streckentunnel dargestellt.

5 Ergebnisse der Simulationsberechnung

5.1 Allgemeines

Die nachfolgende Bewertung der Simulationsergebnisse wird stets ohne Hinzuziehung des Bereiches in der Nähe der brennenden Zügeinheit durchgeführt, da davon

ausgegangen wird, dass Personen aus diesem Bereich rechtzeitig fliehen. Ferner können generell die gewählten Grenzwerte (Tabelle 1) im brandnahen Bereich aufgrund der auftretenden Verrauchung bei einem Fahrzeugbrand nicht eingehalten werden.

Die Verrauchungssituation für die untersuchten Brandorte (Bilder 2 und 3) wird wie folgt ausgewertet:

(1) Selbstrettungsabschnitt Nr. 1

15 Minuten nach Brandbeginn in einer Höhe von ca. 2,5 m über der Bahnsteigebene (alle Personen sind in einem temporär raucharmen Bereich z.B. hinter den Rauchschränken) [2]

(2) Selbstrettungsabschnitt Nr. 2

25 Minuten nach Brandbeginn wird geprüft, ob die Treppenaufgänge raucharm sind (alle Personen haben das Freie erreicht; Ende der Selbstrettungsphase) [2].

(3) Fremdrettungsphase

35 Minuten nach Brandbeginn in einer Höhe von ca. 1,5 m über der Bahnsteigebene (Ende der Fremdrettungsphase)

5.2 Simulationsergebnisse

5.2.1 Brandort Ost

(1) Selbstrettungsabschnitt Nr. 1: Alle Personen haben temporär sichere Bereiche erreicht (15. Minute nach Brandbeginn)

a) Optische Dichte pro Weglänge (Sichtweite)

An den südlichen Zugängen zum Hauptaufgang Ost wird 15 Minuten nach Brandbeginn erwartungsgemäß im Bereich der brennenden Zugschicht der gewählte Grenzwert der optischen Dichte pro Weglänge in der raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene überschritten. Die fliehenden Personen können jedoch den südlichen Bahnsteig auch über den Aufgang Mitte und den Quergang West verlassen. Dort beträgt die optische Dichte pro Weglänge (Sichtweite) 15 Minuten nach Brandbeginn in der ca. 2,5 m dicken raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene weniger als ca. $0,01 \text{ m}^{-1}$. Die Sichtweite auf reflektierende Rettungszeichen liegt 15 Minuten nach Brandbeginn bei

mindestens ca. 130 m. Personen können sich auf der Bahnsteigebene der uPva gut orientieren (Bild 5).

b) Temperatur

Die Temperatur liegt 15 Minuten nach Brandbeginn in der 2,5 m dicken raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene deutlich unterhalb des zulässigen Grenzwertes von $\max T = 50 \text{ °C}$ (Bild 6). Eine Personengefährdung in der 2,5 m dicken raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene durch eine zu große thermische Belastung ist damit nicht gegeben.

(2) Selbstrettungsabschnitt Nr. 2: Alle Personen haben das Freie erreicht (25. Minute nach Brandbeginn)

a) Optische Dichte pro Weglänge

Die Brandsimulation hat ergeben, dass 25 Minuten nach Brandbeginn die Rauchschrüzen nicht von Brandgasen unterströmt werden und der zweite Rettungswegabschnitt (vom temporär raucharmen Bereich hinter den Rauchschrüzen auf der Bahnsteigebene bis ins Freie) somit raucharm ist (Bild 7). Die optische Dichte pro Weglänge (Sichtweite) beträgt auf dem zweiten Rettungswegabschnitt weniger als $\text{ca. } 0,01 \text{ m}^{-1}$, was einer Sichtweite auf reflektierende Rettungszeichen von mindestens ca. 130 m entspricht.

b) Temperatur

Auf dem zweiten Rettungswegabschnitt wird der Grenzwert für die Temperatur von $\max T = 50 \text{ °C}$ deutlich unterschritten (Bild 8).

Die Personen können sich daher auch auf dem zweiten Rettungswegabschnitt gut orientieren und werden nicht durch hohe thermische Belastungen gefährdet.

(3) Fremdrettungsphase

a) Optische Dichte pro Weglänge (Sichtweite)

Im östlichen Bahnsteigbereich (vor den Zugängen zum Hauptaufgang Ost) wird im Bereich der brennenden Zugeinheit erwartungsgemäß der gewählte Grenzwert der optischen Dichte pro Weglänge überschritten. Gleiches gilt auch für Bereiche in der Mitte des südlichen Bahnsteigs (Bild 9). Dies ist akzeptabel, da die Grenzwertüberschreitungen örtlich sehr begrenzt sind und die optische Dichte pro Weglänge 35 Minuten nach Brandbeginn in der ca. 1,5 m dicken raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene in großen Bereichen

kleiner als ca. $0,01 \text{ m}^{-1}$ ist, was eine Sichtweite auf reflektierende Rettungszeichen von mindestens ca. 130 m ermöglicht (Bild 9).

Die Brandsimulation zeigt, dass die Rauchschrüzen auch in der Fremdre-
tungsphase nicht von Brandgasen unterströmt werden und die Treppenanla-
gen daher raucharm sind. Dies wird in erster Linie durch die von der maschi-
nellen Entrauchungsanlage angesaugte Luft begünstigt, da die Luft auch über
die Treppenanlagen zur Bahnsteigebene nachströmt. Durch die Luftströmung
in Richtung des Brandortes werden die Brandgase daran gehindert, die
Rauchschrüzen zu unterspülen (Bilder 10 und 11).

b) Temperatur

Die Temperatur liegt 35 Minuten nach Brandbeginn in der ca. 1,5 m dicken
raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene deutlich unterhalb des zulässi-
gen Grenzwertes $\max T = 50 \text{ °C}$ (Bild 12). Eine Personengefährdung in der
1,5 m dicken raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene durch zu hohe
thermische Belastungen ist somit nicht gegeben.

5.2.2 Brandort Mitte

- (1) Selbstrettungsabschnitt Nr. 1: Alle Personen haben temporär sichere Bereiche
erreicht (15. Minute nach Brandbeginn)

a) Optische Dichte pro Weglänge (Sichtweite)

Im mittleren Bahnsteigbereich (vor den Zugängen zum Ausgang Mitte) wird im
Bereich der brennenden Zugsinheit der gewählte Grenzwert der optischen
Dichte pro Weglänge 15 Minuten nach Brandbeginn erwartungsgemäß be-
reichsweise überschritten (Bild 13). Im Bereich der AB-Kanzel strömen die
Brandgase bereits in Richtung Bahnsteigoberfläche (Bild 14). Dies ist jedoch
akzeptabel, da die Bahnsteigbereiche vor dem Quergang West und den Zu-
gängen zum Hauptaufgang Ost raucharm sind (Bild 13). Hier beträgt die opti-
sche Dichte pro Weglänge (Sichtweite) 15 Minuten nach Brandbeginn in der
ca. 2,5 m dicken raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene in großen Be-
reichen weniger als ca. $0,01 \text{ m}^{-1}$. Die Sichtweite auf reflektierende Rettungs-
zeichen liegt 15 Minuten nach Brandbeginn bei mindestens ca. 130 m. Perso-
nen können sich auf der Bahnsteigebene der uPva gut orientieren (Bild 13).

b) Temperatur

Die Temperatur liegt 15 Minuten nach Brandbeginn in der 2,5 m dicken raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene deutlich unterhalb des zulässigen Grenzwertes von $\max T = 50 \text{ °C}$ (Bild 15). Eine Personengefährdung in der 2,5 m dicken raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene durch eine zu große thermische Belastung ist damit nicht gegeben.

(2) Selbstrettungsabschnitt Nr. 2: Alle Personen haben das Freie erreicht (25. Minute nach Brandbeginn)

a) Optische Dichte pro Weglänge

Die Brandsimulation hat ergeben, dass 25 Minuten nach Brandbeginn die Rauchschränken nicht von Brandgasen unterströmt werden und der zweite Rettungswegabschnitt (vom temporär raucharmen Bereich hinter den Rauchschränken auf der Bahnsteigebene bis ins Freie) somit raucharm ist (Bild 16). Die optische Dichte pro Weglänge (Sichtweite) beträgt auf dem zweiten Rettungswegabschnitt weniger als $\text{ca. } 0,01 \text{ m}^{-1}$, was einer Sichtweite auf reflektierende Rettungszeichen von mindestens $\text{ca. } 130 \text{ m}$ entspricht.

b) Temperatur

Auf dem zweiten Rettungswegabschnitt wird der Grenzwert für die Temperatur von $\max T = 50 \text{ °C}$ deutlich unterschritten (Bild 17).

Die Personen können sich daher auch auf dem zweiten Rettungswegabschnitt gut orientieren und werden nicht durch hohe thermische Belastungen gefährdet.

(3) Fremdrettungsphase

a) Optische Dichte pro Weglänge (Sichtweite)

Der Grenzwert der optischen Dichte pro Weglänge wird erwartungsgemäß im mittleren Bahnsteigbereich (vor den Zugängen zum Ausgang Mitte) nahe der brennenden Zugscheinheit und ferner östlich des Brandwagens überschritten (Bild 18). Dies ist akzeptabel, da die Grenzwertüberschreitungen örtlich begrenzt sind und die optische Dichte pro Weglänge 35 Minuten nach Brandbeginn in der $\text{ca. } 1,5 \text{ m}$ dicken raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene in großen Bereichen, einschließlich der Flächen vor dem Hauptausgang Ost und dem Quergang West, kleiner als $\text{ca. } 0,01 \text{ m}^{-1}$ ist, was eine Sichtweite auf reflektierende Rettungszeichen von mindestens $\text{ca. } 130 \text{ m}$ ermöglicht. Ferner

wird der Grenzwert in den Durchgängen zu den Treppenanlagen (Mitte und Ost) und im Querschlag West nicht überschritten (Bild 18).

Die Brandsimulation zeigt, dass zum Ende der Fremdrettungsphase (35 Minuten nach Brandbeginn) die Rauchschrzen nicht von Brandgasen unterströmt werden und die Treppenanlagen daher raucharm sind. Dies begründet sich durch die von der maschinellen Entrauchungsanlage angesaugte Luft, die auch über die Treppenanlagen der Aufgänge nachströmt (Bilder 10 und 11).

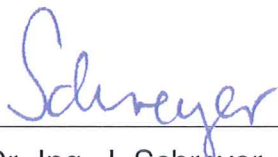
b) Temperatur

Die Temperatur liegt 35 Minuten nach Brandbeginn in der ca. 1,5 m dicken raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene deutlich unterhalb des zulässigen Grenzwertes $\max T = 50 \text{ °C}$ (Bild 19). Eine Personengefährdung in der 1,5 m dicken raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene durch zu hohe thermische Belastungen ist somit nicht gegeben.

6 Zusammenfassende Beurteilung

Unter Beachtung der getroffenen Annahmen kann zusammenfassend festgestellt werden, dass auch mit dem reduzierten Querschnitt der Bahnsteigröhren bei einem Fahrzeugbrand die gewählten Schutzziele für die Selbst- und Fremdrettungsphase mit den beschriebenen brandschutztechnischen Einrichtungen in der uPva München Ostbahnhof tief erreicht werden.

Köln, den 09.11.2010



Dr.-Ing. J. Schreyer



Dipl.-Ing. D. Hahne

Literatur

- [1] Bemessungsbrände für S-Bahnen und den Gemischten Reisezugverkehr - Anwenderhandbuch; STUVAttec, März 2010
- [2] 2. S-Bahn-Stammstrecke München, Räumungsberechnung für die uPva München Ostbahnhof tief, STUVAttec, Mai 2010
- [3] vfdb-Leitfaden: Ingenieurmethoden des Brandschutzes, Herausgeber D. Hosser, Mai 2009
- [4] DIN 5510: Vorbeugender Brandschutz in Schienenfahrzeugen
- [5] 2. S-Bahn-Stammstrecke München, Brandschutzkonzept für die uPva Ostbahnhof tief, STUVAttec, Mai 2010

