

STUVAtec

Studiengesellschaft für

unterirdische Verkehrs-

anlagen mbH

Mathias-Brüggen-Str. 41

50827 Köln

4019-GRAP-040-ver-hbf

# Anhang 1

## 2. S-Bahn-Stammstrecke München

### Entrauchungsberechnung für die uPva München Hbf (3) mit zentralem Aufgang

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

Auftragnehmer: STUVAtec GmbH, 50827 Köln

---

## Inhaltsverzeichnis

1	Brandszenario.....	3
2	Schutzziele .....	4
3	Brandsimulation .....	5
3.1	Berechnungsverfahren .....	5
3.2	Bemessungsbrand .....	6
3.3	Sonstige Festlegungen.....	7
4	Ergebnisse der Simulationsberechnung .....	11
4.1	Allgemeines .....	11
4.2	Simulationsergebnisse .....	12
5	Zusammenfassende Beurteilung .....	14
	Literatur .....	14
	Bildanhang .....	15

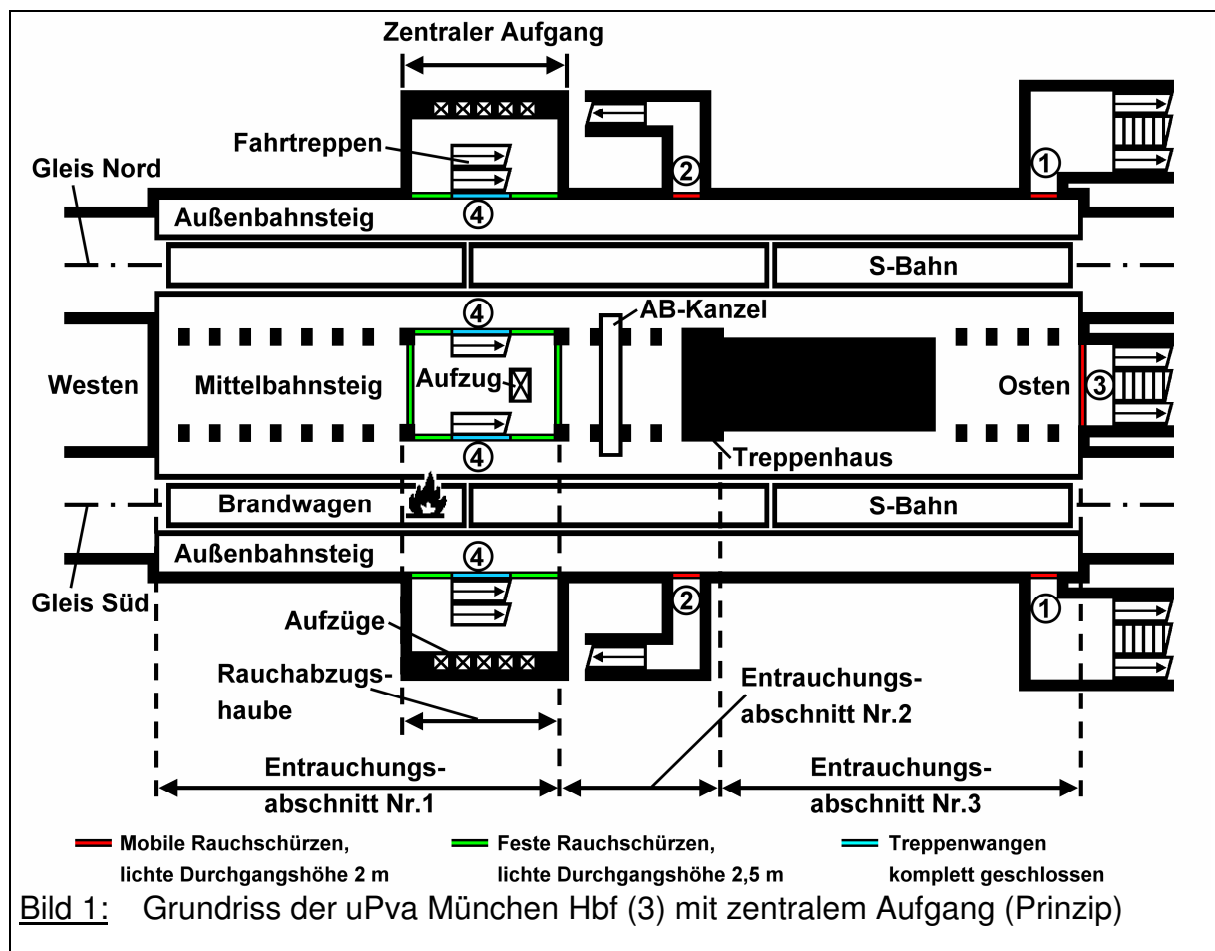
## 1 Brandszenario

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 München Hbf (3) mit zentralem Aufgang ein. Seine hintere Fahrzeugeinheit brennt im Bereich des vorderen Wagens (Bild 1). Dieser Brandort wird gewählt, da hier eine frühzeitige Verrauchung der nahegelegenen Treppen eintreten kann.

Die Entrauchungsanlage und die mobilen Rauchschürzen an den Treppenanlagen werden ca. 5 Minuten nach Brandbeginn in Betrieb genommen. Diese Zeitspanne setzt sich wie folgt zusammen:

- (1) Restfahrzeit des brennenden Zuges bis in die uPva: ca. 3 Minuten
- (2) Erkundung durch den Triebfahrzeugführer: ca. 1 Minute
- (3) Alarmierung durch den Triebfahrzeugführer: ca. 1 Minute.



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 (Nordgleis) steht (Bild 1).

## 2 Schutzziele

Oberstes Schutzziel ist die Rettung der Personen aus der uPva, bevor diese ver Raucht. Deshalb dürfen die Bahnsteige und die Flucht- und Rettungswege für die Dauer der Räumungszeit nicht ver rauchen. 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. 40 m) wird davon ausgegangen, dass die Feuerwehr ca. 20 Minuten nach Brandbeginn den Brandort erreicht und somit die Fremdrettungsphase erst 35 Minuten nach Alarmierung 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 ausreichende 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 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 Rauchgase 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 gerettet werden können.

Aus der Räumungsberechnung ergibt sich [2]:

- (1) Die Personen erreichen temporär sichere Bereiche (hinter den Rauchschürzen bzw. in den Fluchtstollen) ca. 11 Minuten nach Brandbeginn.
- (2) Alle Personen haben das Freie ca. 21 Minuten nach Brandbeginn erreicht.

Die gewählten zulässigen Grenzwerte zur Beurteilung des Simulationsergebnisses sind Tabelle 1 direkt zu entnehmen.

Ifd. Nr.	Parameter	Gewählte Grenzwerte	
		für die Räumung bis ins Freie in der Selbstrettungsphase bis zur 21. 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 <sup>1)</sup>	
3	optische Dichte pro Weglänge	0,13 m <sup>-1</sup>	
4	Mindest-Sichtweite <sup>2)</sup>	10 m	

<sup>1)</sup> Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. [3]

<sup>2)</sup> Umgebungsbeleuchtung mindestens 40 lx

Tabelle 1: Gewählte Grenzwerte zur Beurteilung der Simulationsergebnisse

## 3 Brandsimulation

### 3.1 Berechnungsverfahren

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

### 3.2 Bemessungsbrand

Für die Brandsimulation 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 ein Maximum von 55 MW 30 Minuten nach Brandbeginn (Bild 2). Die verwendeten Simulationsparameter sind der Tabelle 2 direkt zu entnehmen.

Parameter	Eingabe-Daten für die Simulationsberechnung
Effektive Verbrennungswärme [kJ / kg] <sup>1)</sup>	15.000
Rauchpotential [m <sup>2</sup> /g] <sup>1)</sup>	0,33
Rauchausbeute [g / g] <sup>1)</sup>	0,1
Energiefreisetzungsrate 21 bzw. 35 Min. nach Brandbeginn ca. [MW]	13,3 bzw. 55

<sup>1)</sup> Bezugsgröße ist jeweils die verbrannte Masse

Tabelle 2: Wichtige Parameter für die Brandsimulation [1]

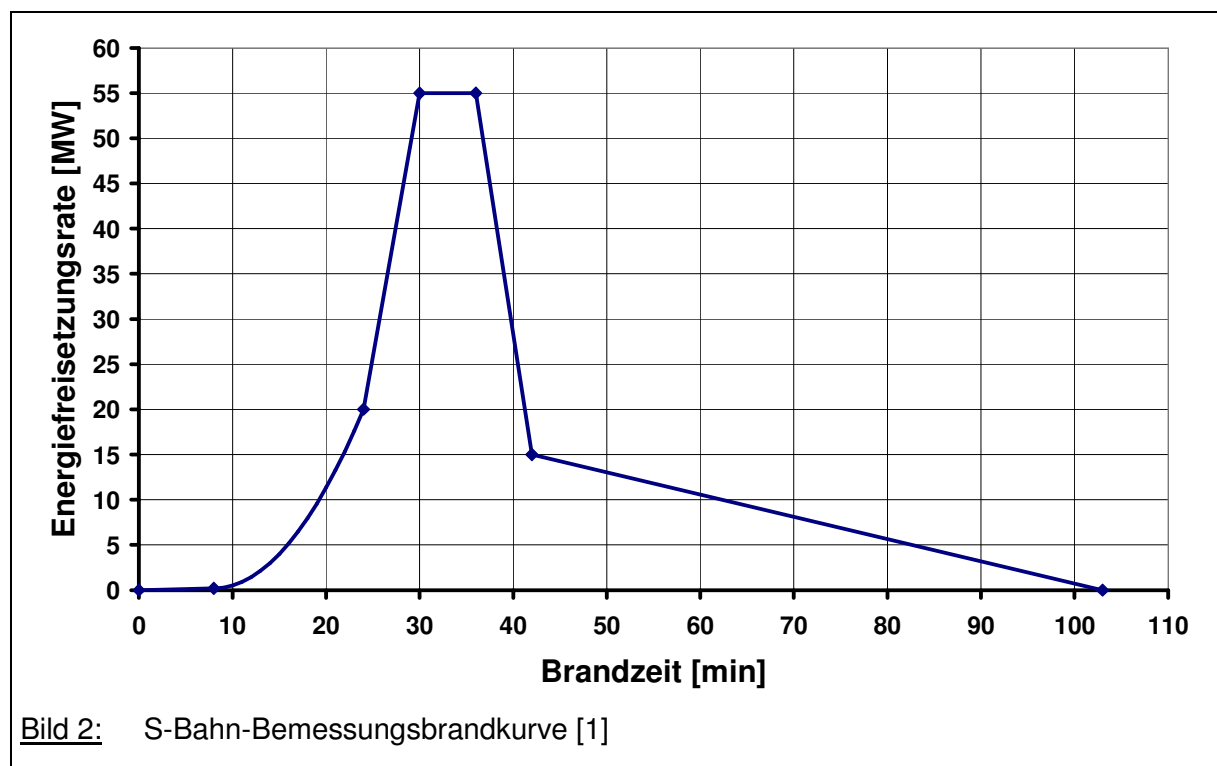


Bild 2: S-Bahn-Bemessungsbrandkurve [1]

### 3.3 Sonstige Festlegungen

Folgende wichtige Festlegungen für die Brandsimulation werden getroffen:

#### (1) Fahrzeugmodell

Es steht sowohl auf dem Nordgleis als auch auf dem Südggleis je ein Modell des S-Bahn-Langzuges (Bild 1). Jedes S-Bahn-Langzugmodell besteht aus 3 Fahrzeugeinheiten je ca. 67,4 m Länge. Die Fahrzeugeinheiten haben untereinander einen Abstand von 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 3 Minuten nach Brandbeginn (Restfahrzeit) bei geschlossenen Türen und Fenstern.
- b) 3 Minuten nach Brandbeginn (Einfahrt des Zuges in die uPva) wird auf der Ausstiegseite der Fahrzeuglängsseite (Außenbahnsteig Süd) jeweils die mittlere Tür von jedem der vier Wagen geöffnet. Obwohl bei dieser uPva planmäßig die Türen an beiden Seiten geöffnet werden (Spanische Lösung) bleiben die restlichen Türen gemäß [1] geschlossen. Es werden die Türen zum Außenbahnsteig hin geöffnet, da auf dieser Seite aufgrund der geringen Bahnsteigbreite eine frühere Verrauchung zu erwarten ist.
- c) Die Fenster versagen nach dem in [1] festgelegten Zeitplan. Danach bersten die ersten Fenster 24 Minuten nach Brandbeginn.
- d) Ein Feuerübersprung auf andere Fahrzeugeinheiten 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 den Verrauchungsschutz der Treppenanlagen zu erhöhen:

**a) Feste Rauchschrzen**

Der zentrale Aufgang wird durch feste Rauchschrzen aus Brandschutzverglasung mit einer lichten Durchgangshöhe von ca. 2,5 m geschützt. Diese festen Rauchschrzen werden wie folgt angeordnet (Bild 1):

**- Außenbahnsteige**

Jeweils in der Flucht der Außenwände parallel zu den Bahnsteigen

**- Mittelbahnsteig**

Zwischen den jeweils benachbarten Stützen umlaufend zum Schutz der Fahrtreppenanlagen und des Aufzuges

**b) Mobile Rauchschrzen**

Mobile Rauchschrzen, die im Brandfall eine lichte Durchgangshöhe von ca. 2 m aufweisen, werden an folgenden Ausgängen vorgesehen (Bild 1):

**- Außenbahnsteige**

Jeweils in der Flucht der Außenwände parallel zu den Bahnsteigkanten:

- Vor den Nischen der Treppenanlagen zum Ausgang Schützenstraße (Bild 1, Markierung ①)
- Vor den Nischen der Treppenanlagen, die von Osten aus in Richtung des zentralen Aufgangs führen (Bild 1, Markierung ②)

**- Mittelbahnsteig**

In der Flucht der Außenwand quer zum Bahnsteig vor der Treppenanlage zum Ausgang Schützenstraße (Bild 1, Markierung ③)

**c) Treppenwangen**

Die gleisseitigen Treppenwangen des zentralen Aufgangs werden mit festen Rauchschrzen aus Brandschutzverglasung komplett geschlossen (Bild 1, Markierung ④).



## (5) Lüftungskonzept

Über jedem der beiden Gleise ist im Deckenbereich mit Ausnahme des Bereichs „Zentraler Aufgang“ ein Entrauchungskanal angeordnet (Bild 1). Die beiden Entrauchungskanäle sind in je 3 voneinander unabhängige, unterschiedlich lange Entrauchungsabschnitte unterteilt. Im Bereich des „Zentralen Aufgangs“ ist die Decke über den Gleisen in Form einer Rauchabzugshaube ausgebildet, an deren höchstem Punkt die Brandgase über eine Öffnung abgesaugt werden (Bilder 3 und 4). Die Entrauchungsabschnitte sind wie folgt unterteilt (Bild 1):

- a) Entrauchungsabschnitt Nr. 1: ca. 93 m einschließlich der ca. 38 m langen Rauchabzugshaube
- b) Entrauchungsabschnitt Nr. 2: ca. 37 m
- c) Entrauchungsabschnitt Nr. 3: ca. 80 m

Im Brandfall werden nur zwei benachbarte, brandnahe Entrauchungsabschnitte eines Gleises aktiviert. Die restlichen Entrauchungsabschnitte werden nicht für die Entrauchung herangezogen. Die maximale Rauchabzugsmenge verteilt sich wie folgt:

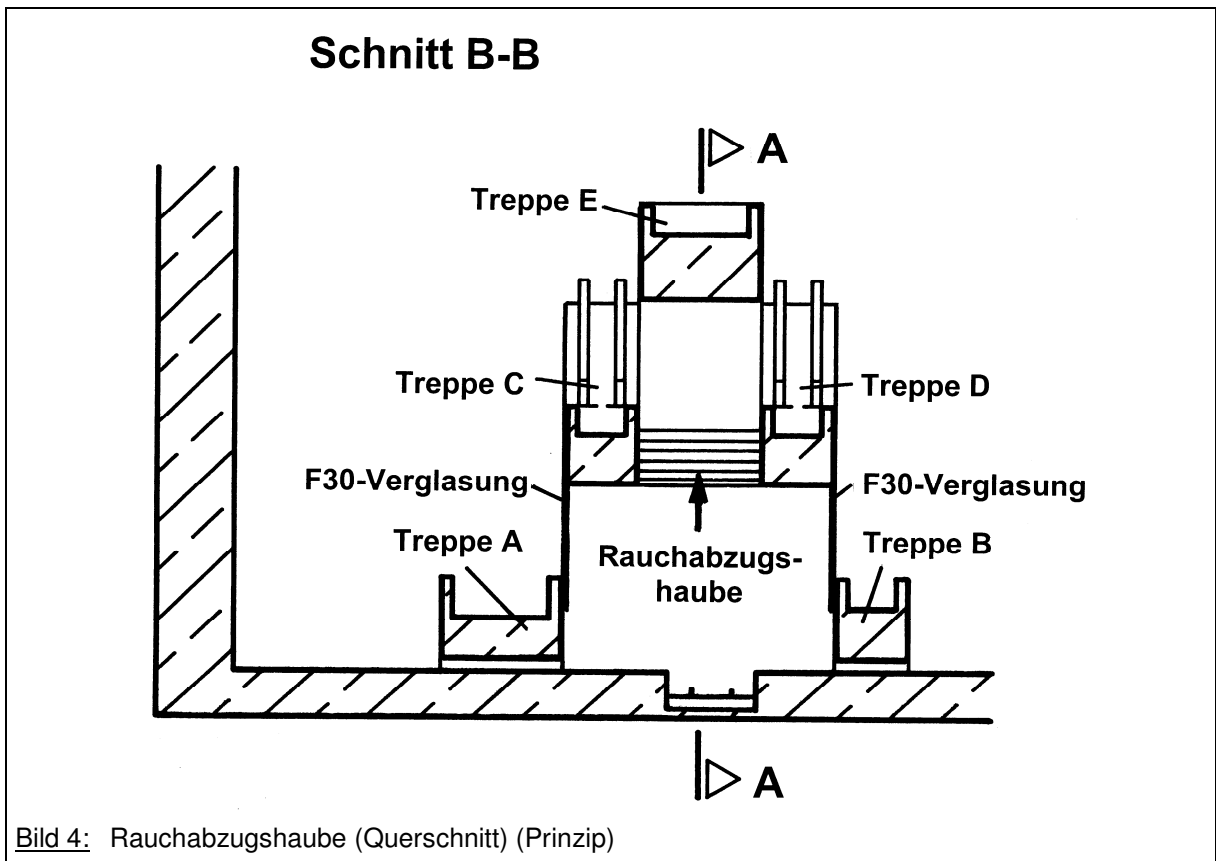
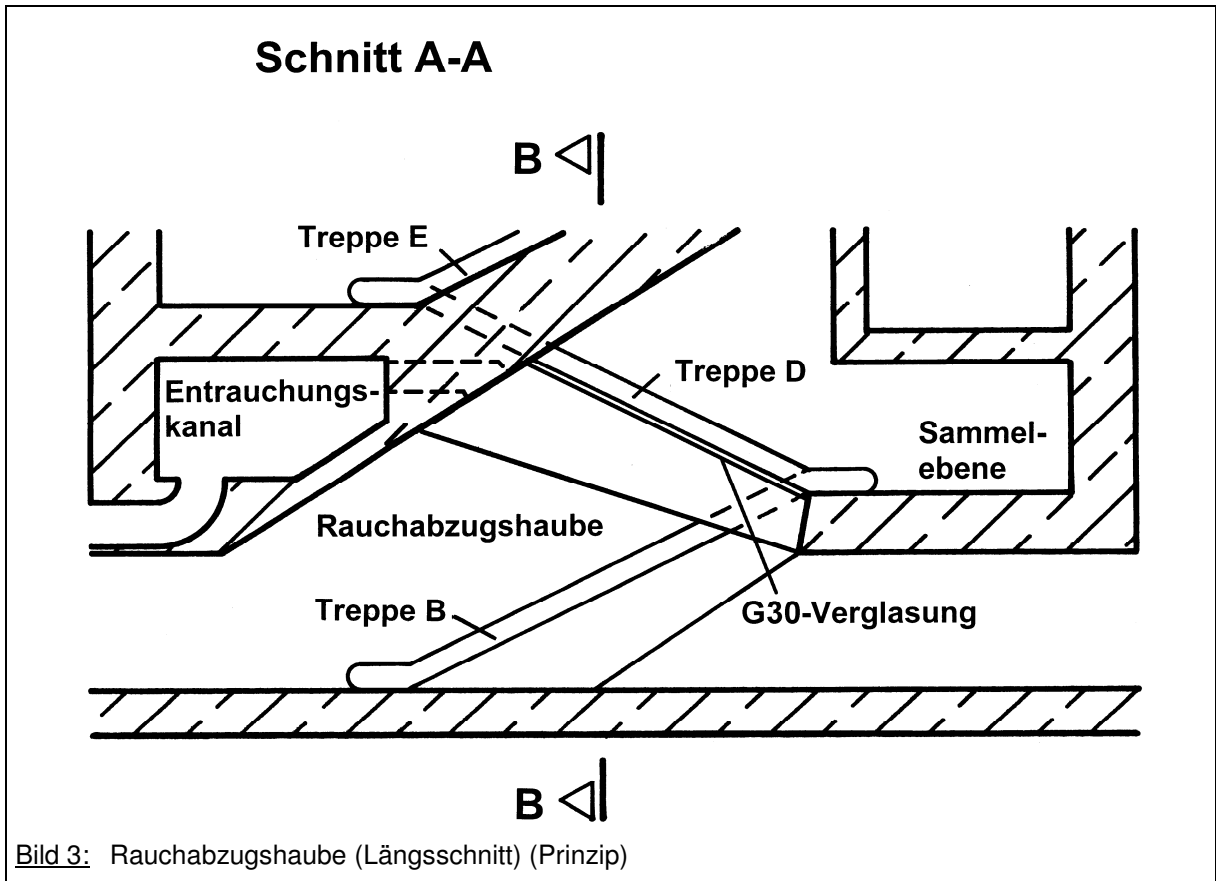
- a) Entrauchungsabschnitt Nr. 1: 140 m<sup>3</sup>/s einschließlich Rauchabzugshaube (58 m<sup>3</sup>/s)
- b) Entrauchungsabschnitt Nr. 2: 56 m<sup>3</sup>/s
- c) Entrauchungsabschnitt Nr. 3: 120 m<sup>3</sup>/s

Die Brandgase werden maschinell über Rauchabzugsschächte ins Freie geleitet.

In der Simulation werden die Brandgase aus zwei benachbarten Entrauchungsabschnitten gleichmäßig aus dem Deckenbereich abgesaugt. Da der Brandort im Westen des südlichen Gleises liegt, wird in der Simulation über dem südlichen Gleis der westliche einschließlich Rauchabzugshaube und der danebenliegende mittige Entrauchungsabschnitt (Nr. 1 und Nr. 2 im Bild 1) aktiviert. Die Entrauchungsanlage erreicht ihre maximale Leistung von insgesamt 196 m<sup>3</sup>/s ca. 5,5 Minuten nach Brandbeginn.

## (6) Temperatur

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



(7) Im Simulationsprogramm abgebildeter Haltestellenbereich

In der Simulation wird nur der strömungstechnisch relevante Bereich der uPva abgebildet. Dieser umfasst die Bahnsteigebene, die Verteilerebene und das Sperrengeschoss mit den zugehörigen Treppenaufgängen bis zur Oberfläche. Ausgenommen hiervon sind durch Brandschutztore oder rauchdichte Türen abgeschottete Bereiche wie z.B. der Verbindungsgang zur angrenzenden U-Bahn-Station der Landeshauptstadt München und die Fluchtstollen am westlichen Haltestellenende, da diese Bereiche durch die Abschottung strömungstechnisch für den Brandbereich nicht relevant sind. Ferner werden die an die uPva angrenzenden Streckentunnel mit einer Länge von je ca. 20 m dargestellt.

## 4 Ergebnisse der Simulationsberechnung

### 4.1 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 den untersuchten Brandort (Bild 1) wird wie folgt ausgewertet:

(1) Selbstrettungsabschnitt Nr. 1

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

(2) Selbstrettungsabschnitt Nr. 2

21 Minuten nach Brandbeginn wird geprüft, ob die Treppenaufgänge raucharm sind (alle Personen haben das Freie erreicht; Ende der Selbstrettungsphase)

(3) Fremdrettungsphase

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

## 4.2 Simulationsergebnisse

### 4.2.1 Selbstrettungsphase

Die Brandsimulationsergebnisse werden nachfolgend für eine Höhe von ca. 2,5 m ( $z = \text{ca. } 3,5 \text{ m}$  in der Simulation) über der Bahnsteigebene erläutert (Bilder 5 bis 8):

- (1) Selbstrettungsabschnitt Nr. 1: Alle Personen haben temporär sichere Bereiche erreicht (11. Minute nach Brandbeginn)

Zunächst wird für den ersten Rettungswegabschnitt die 11. Minute nach Brandbeginn (alle Personen haben temporär sichere Bereiche erreicht) betrachtet, um nachzuweisen, dass die Grenzwerte in der raucharmen Schicht auf der Bahnsteigebene so lange eingehalten werden, bis die letzte Person die Bahnsteigebene verlassen hat. Die Auswertung ergibt Folgendes:

- a) Optische Dichte pro Weglänge (Sichtweite)

Die optische Dichte pro Weglänge (Sichtweite) beträgt 11 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 beträgt 11 Minuten nach Brandbeginn mindestens ca. 130 m. Personen können sich auf der Bahnsteigebene der uPva gut orientieren (Bild 5).

- b) Temperatur

Die Temperatur liegt 11 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 (21. Minute nach Brandbeginn)

- a) Optische Dichte pro Weglänge (Sichtweite)

Die Brandsimulation hat ergeben, dass 21 Minuten nach Brandbeginn die Rauchschrüzen nicht von Brandgasen unterströmt werden und der zweite Rettungswegabschnitt somit raucharm ist (Bild 7). Die optische Dichte pro Weglänge (Sichtweite) beträgt auf dem zweiten Rettungswegabschnitt weniger als 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 auf dem zweiten Rettungswegabschnitt gut orientieren und werden nicht durch hohe thermische Belastungen gefährdet.

#### 4.2.2 Fremdrettungsphase

Die Brandsimulationsergebnisse werden nachfolgend in einer Höhe von ca. 1,5 m ( $z = \text{ca. } 2,5 \text{ m}$  in der Simulation) über der Bahnsteigebene für die 35. Minute nach Brandbeginn zusammengefasst (Bilder 9 und 10):

## (1) Optische Dichte pro Weglänge (Sichtweite)

Die optische Dichte pro Weglänge (Sichtweite) ist 35 Minuten nach Brandbeginn in der ca. 1,5 m dicken raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene in großen Bereichen kleiner als  $\text{ca. } 0,01 \text{ m}^{-1}$ , so dass eine Sichtweite auf reflektierende Rettungszeichen von mindestens ca. 130 m gegeben ist (Bild 9).

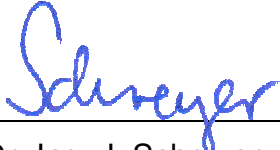
## (2) Temperatur

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 10). Eine Personengefährdung in der 1,5 m dicken raucharmen Schicht über der Bahnsteigebene durch zu hohe thermische Belastungen ist somit nicht gegeben.

## 5 Zusammenfassende Beurteilung

Unter Beachtung der getroffenen Annahmen kann zusammenfassend festgestellt werden, dass bei einem Fahrzeugbrand die gewählten Schutzziele für die Selbst- und Fremdrettungsphase mit den beschriebenen brandschutztechnischen Einrichtungen in der uPva München Hbf (3) mit zentralem Aufgang erreicht werden.

Köln, den 16.03.2012



Dr.-Ing. J. Schreyer



Dipl.-Ing. D. Hahne

### Literatur

- [1] Bemessungsbrände für S-Bahnen und den Gemischten Reisezugverkehr - Anwenderhandbuch, STUVAtec, März 2010
- [2] 2. S-Bahn-Stammstrecke München, Räumungsberechnung für die uPva München Hbf (3) mit zentralem Aufgang, STUVAtec, September 2008
- [3] vfdb-Leitfaden: Ingenieurmethoden des Brandschutzes, Herausgeber D. Hosser, Mai 2009
- [4] DIN 5510: Vorbeugender Brandschutz in Schienenfahrzeugen

