



## PROJEKT U-Bahnstation Neu-Westend

ADRESSE Olympische Str. (Zwischen Preußenallee und Oldenburgallee)  
14052 Berlin

**brandwerk traffic**  
Sachverständige |  
Ingenieurgesellschaft GmbH

DATUM **18.01.2018**

Veronikastraße 32  
45131 Essen

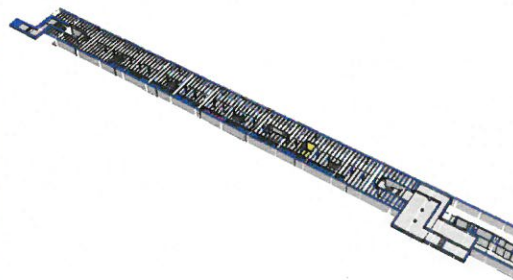
VERSION 1.0

Fon 0201 9599 75-00  
Fax 0201 9599 75-11

BAUHERR Berliner Verkehrsbetriebe – BVG  
Holzmarktstraße 15-17  
10179 Berlin

www.brandwerk.expert  
mail@brandwerk.team

PLANUNG Berliner Verkehrsbetriebe – BVG  
Holzmarktstraße 15-17  
10179 Berlin



Staatlich anerkannter  
Sachverständiger für die  
Prüfung des Brandschutzes

Persönliches Mitglied im  
VBI - Verein der beratenden  
Ingenieure

Mitglied in der Ingenieur-  
kammer Bau NRW

**gezeichnet im Original**  
**Boisserée**  
**Der Betriebsleiter**

Projektnummer T-00271  
Sachverständiger MKR -JPA  
Version Version 1.0 | 18. Januar 2018 | JPA

### Hinweis

Dieser Schriftsatz darf nur mit  
Zustimmung der brandwerk traffic  
vervielfältigt werden.

Eine Veröffentlichung, auch  
auszugsweise, bedarf einer schriftlichen  
Genehmigung.

## U-Bahnstation Neu-Westend

### Inhaltsverzeichnis

A.	Anlass des Brandsimulationsgutachtens .....	4
B.	Beschreibung des Objektes .....	5
C.	Dokumentation zu den Simulationen, Definition von Schutzziele und Grenzwerten .....	8
1	Beschreibung der Szenarien für die Brand- und Räumungssimulation .....	11
1.1	Definition der Brandszenarien und Bemessungsbrände .....	11
1.1.1	Allgemeine Randbedingungen .....	11
1.1.2	Positionierung der Brandquelle .....	16
1.1.3	Zeitabhängige Energiefreisetzungskurve – Fahrzeugbrand .....	17
1.2	Definition der Randbedingungen für die Räumungsberechnung .....	19
2	Modellbildung FDS .....	21
2.1	Geometrie .....	21
2.2	Brandschutztechnischer Maßnahmen zur Reduzierung der Rauchverschleppung .....	24
2.3	Modellierung der Zu- und Abluft .....	25
2.4	Aufteilung der Rechengitter .....	26
2.5	Modellierung der brandschutztechnischen Infrastruktur .....	28
3	Ergebnisse der Simulationen .....	29
3.1	Ergebnisse der Brandsimulationen .....	29
3.2	Ergebnisse der Räumungsberechnung (NFPA 130) der BVG .....	34
3.3	Auswertung Szenario 1: 00271-0401 – Fahrzeug in Bahnsteigmitte .....	35
3.3.1	Szenario 1 - Zustand im Objekt nach ca. 3,4 Minuten .....	35
3.3.2	Szenario 1 - Zustand im Objekt nach ca. 6,4 Minuten .....	37
3.3.3	Szenario 1 - Zustand im Objekt nach ca. 7,1 Minuten .....	39
3.3.4	Szenario 1 - Zustand im Objekt nach ca. 8,0 Minuten .....	41
3.3.5	Szenario 1 – Temperatur- und Strömungszustand .....	43
3.4	Auswertung Szenario 2: 00271-0301 – Fahrzeug am östlichen Bahnsteigende .....	44
3.4.1	Szenario 2 - Zustand im Objekt nach ca. 3,4 Minuten .....	44
3.4.2	Szenario 2 - Zustand im Objekt nach ca. 6,4 Minuten .....	46
3.4.3	Szenario 2 - Zustand im Objekt nach ca. 7,1 Minuten .....	48
3.4.4	Szenario 2 - Zustand im Objekt nach ca. 8,0 Minuten .....	51

## U-Bahnstation Neu-Westend

3.4.5	Szenario 2 – Temperatur- und Strömungszustand.....	53
4	Bewertung der Ergebnisse.....	55
D.	Zusammenfassung.....	57
E.	Beurteilungsgrundlagen.....	58
E.1	Rechtliche Grundlagen.....	58
E.2	Unterlagen.....	62
F.	Anhänge.....	63
F.1	FDS - fire dynamic simulator.....	63
F.2	Standardwerte.....	65
F.3	Kennwerte der brandschutztechnischen Infrastruktur.....	65
F.4	Stoffspezifische Kennwerte.....	66
F.5	Simulationsspezifische Kennwerte.....	67

Datum	Projektnummer	Status
18.01.2018	T-00231	Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### A. Anlass des Brandsimulationsgutachtens

Im Rahmen der Auflagen der BOStrab müssen für den U-Bahnhof Neu-Westend in Berlin, zur Erarbeitung eines Brandschutzkonzeptes gemäß Kap. 5 der Technischen Regel zur BOStrab (TRStrab Brandschutz), grundsätzlich Nachweise mithilfe von Ingenieurmethoden des vorbeugenden Brandschutzes geführt werden.

Im Rahmen dieser Erarbeitung sind Maßnahmen hinsichtlich des baulichen, anlagentechnischen, betrieblichen und abwehrenden Brandschutz zu berücksichtigen.

Bei dem U-Bahnhof Neu-Westend handelt es sich um ein Bestandsobjekt. Aufgrund des Umfangs der Erarbeitung der Brandschutzkonzepte für alle Berliner U-Bahnstationen, wurde seitens der BVG eine Priorisierung der U-Bahnstationen zur Festlegung einer Rangliste erarbeitet. Aufgrund der hier geplanten baulichen Veränderungen und der nach BVG erfolgten Kategorisierung als Priorität 2 (mittlere Priorität), wird eine brandschutztechnische Bewertung notwendig. Für die U-Bahnstation werden neue Aufzugsanlagen geplant. Dadurch wird zukünftig die Barrierefreiheit gewährleistet.

Für eine Überprüfung der Auswirkungen eines Brandes bezogen auf den Verrauchungszustand, wurde für die Station eine computergestützte Brandsimulation durchgeführt.

Der zur Prüfung des Brandschutzes staatlich anerkannte Sachverständige der brandwerk traffic GmbH ist von der

Berliner Verkehrsbetriebe – BVG

mit der Erstellung einer Brand- und einer Räumungssimulation als brandschutztechnischen Nachweis im Genehmigungsverfahren beauftragt worden.

Datum	Projektnummer	Status
18.01.2018	T-00231	Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### B. Beschreibung des Objektes

Bei dem hier untersuchten Objekt handelt es sich um einen im genehmigten Bestand vorhandenen U-Bahnhof Neu-Westend in Berlin. Dabei schließt die Station der Linie U2 im Süden an den U-Bahnhof „Theodor-Heuss-Platz“ und im Westen an den U-Bahnhof „Olympia-Stadion (Ost)“ an. In der unten stehenden Abbildung kann die räumliche Lage der Station (rot markiert) entnommen werden.

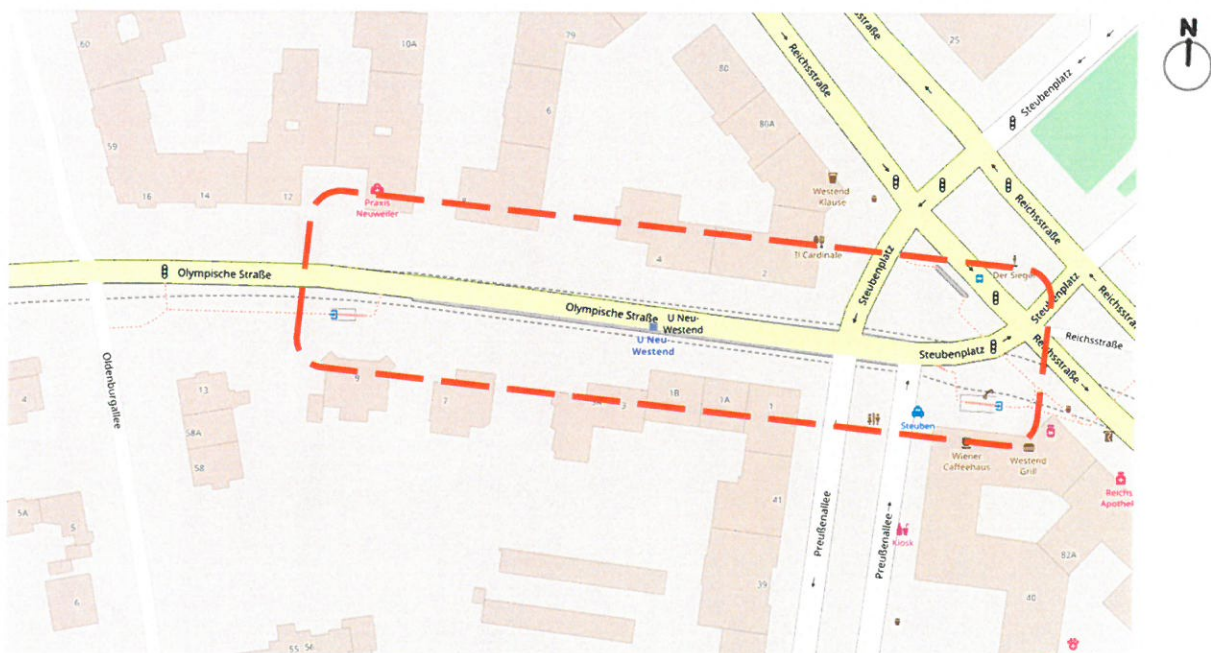


Abbildung 1: Lageplan zur Übersicht (Quelle: openstreetmap.org)

Das nördliche Gleis führt in Richtung der U-Bahnhaltestelle „Olympia-Stadion“. Das südliche Gleis führt in Richtung U-Bahnhaltestelle „Theodor-Heuss-Platz“. Die Bahnsteigebene der Station Neu-Westend verfügt über einen Mittelbahnsteig und zwei Aufgänge. Einer der Aufgänge liegt am östlichen (Aufgang I/1) und der weitere Aufgang am westlichen Ende des Bahnsteigs (Aufgang II/1). Der im östlichen Bereich liegende Aufgang I/1 führt in die Schalterhalle I und von dort über eine weitere Treppe (Aufgang I/2) unmittelbar ins Freie (Ausgang I). Der im westlichen Bereich liegende Aufgang II/1 führt in die Schalterhalle II und von dort über eine weitere Treppe (Aufgang II/2) unmittelbar ins Freie (Ausgang II). In der Station wird sich zukünftig eine Aufzugsanlage befinden, die von der Bahnsteigebene unmittelbar ins Freie führt.

Datum  
18.01.2018Projektnummer  
T-00231Status  
Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

Folgende Flächen werden in der Räumungs- und Brandsimulation berücksichtigt:

Bezeichnung	Größe des Bereiches	Deckenhöhe
Bahnsteigebene	ca. 1670 m <sup>2</sup>	ca. 3,50 – 3,80 m
Schalterhalle I	ca. 280 m <sup>2</sup>	ca. 2,50 m
Schalterhalle II	ca. 30 m <sup>2</sup>	ca. 2,20 m

Die Beschreibung des Objektes beschränkt sich auf die für die Brand- und Räumungssimulation relevanten Aspekte.

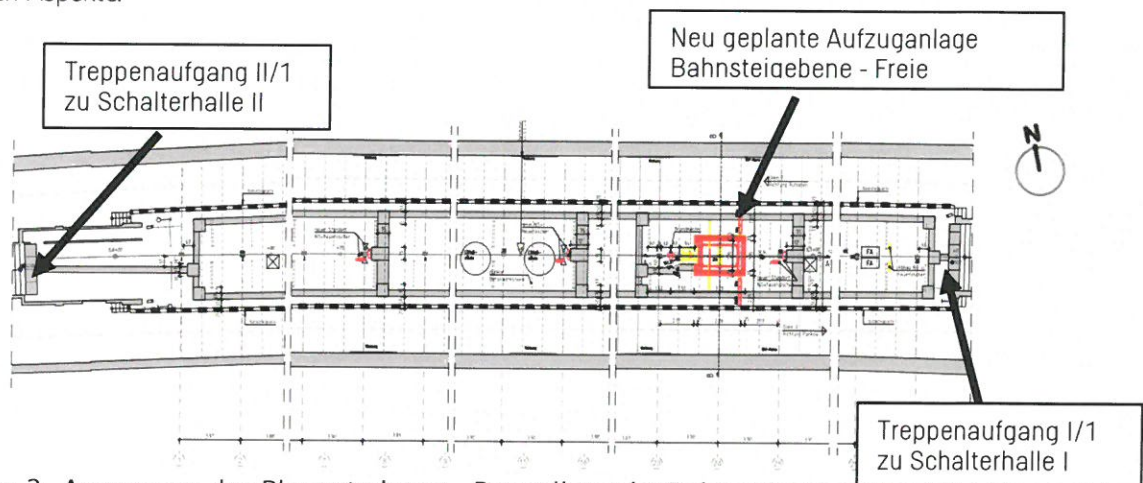


Abbildung 2: Auszug aus den Planunterlagen - Darstellung der Bahnsteigebene (Quelle: AAK Architekten am Kaiserdamm GmbH)

Datum 18.01.2018      Projektnummer T-00231      Status Version 1.0

### U-Bahnstation Neu-Westend

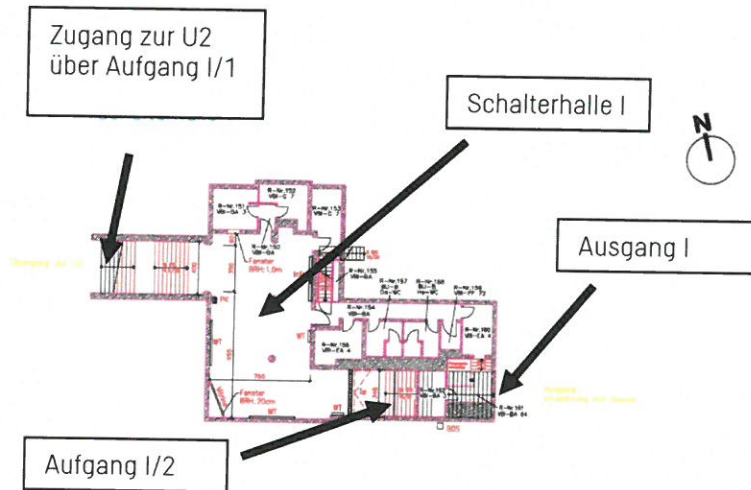


Abbildung 3: Auszug aus den Planunterlagen - Darstellung der Schalterhalle I (Quelle: HEWA BAUCONZEPTgesellschaft mbH)

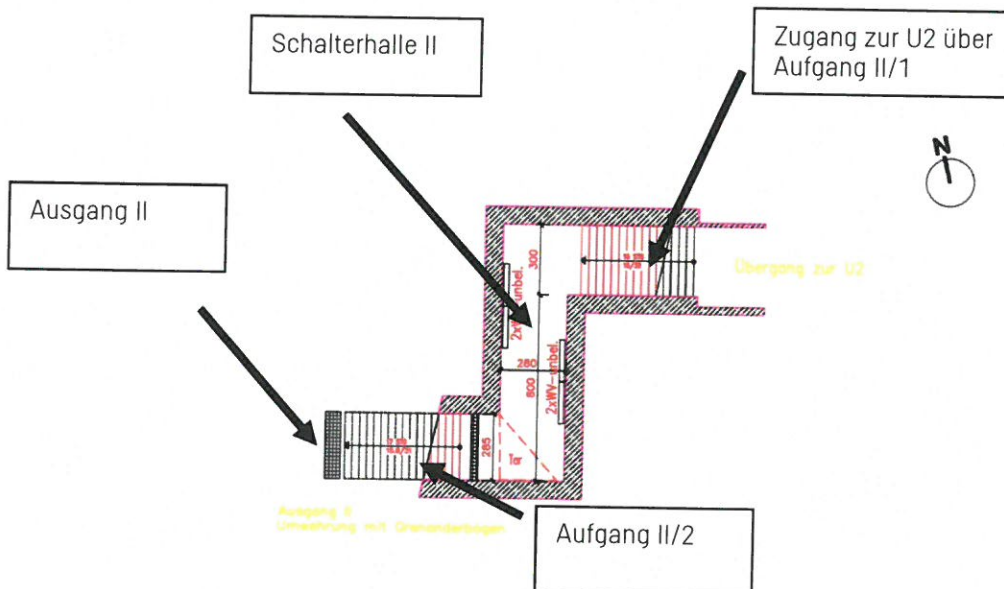


Abbildung 4: Auszug aus den Planunterlagen - Darstellung der Schalterhalle II (Quelle: HEWA BAUCONZEPTgesellschaft mbH)

Datum 18.01.2018      Projektnummer T-00231      Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### C. Dokumentation zu den Simulationen, Definition von Schutzzielen und Grenzwerten

Um die Schutzziele bauordnungsrechtlicher Bestimmungen nachweisen zu können, wird für das beschriebene Objekt eine rechnerische Brandsimulation durchgeführt. Hierfür werden die folgenden Schutzziele und Grenzwerte definiert und in der folgenden Simulationsdokumentation ausgewertet:

Schutzziel	Schutzziel- beschreibung	Grenzwert	Bemerkung zum Objekt
Selbstrettung bzw. Fremdrettung aus <b>neuen</b> U-Bahnstationen	Kein kritischer Raucheintrag auf den Verkehrsflächen der U-Bahnstation während der Selbstrettungsphase.	Durch die Vorgaben aus der TR STRAB BS ist der Nachweis einer raucharmen Schicht von <b>2,5 m</b> Höhe über dem Boden während der Selbstrettungsphase + 10 % der Räumungsdauer (mindestens 1 Minute) zu erbringen.  Anschließend muss für die Fremdrettungsphase bis zur 30. Minute eine raucharme Schicht von <b>1,5 m</b> nachgewiesen werden.  Erkennungsweite im Brandfall mind. <b>10-20 m</b> Rauchdichte $D_L$ <b>0,1-0,15 m<sup>-1</sup></b> Extinktionskoeffizient <b>0,3 m<sup>-1</sup></b> Max. Gastemperatur <b>50 °C</b> (vgl. Abschnitt 1.1)  t Verrauchung > t Räumung (+10% bzw. mindestens +1 Minute)	<b>Bestandsstation: kein Nachweis erforderlich</b>
Selbstrettung aus <b>bestehenden oder zu ändernden</b> U-Bahnstationen	Kein kritischer Raucheintrag auf den Verkehrsflächen der U-Bahnstation während der Selbstrettungsphase.	Bei bestehenden oder zu ändernden U-Bahnstationen können von den oben genannten Grenzwerten abgewichen werden. Jedoch ist auch hier sicherzustellen, dass eine raucharme Schicht im Mittel von <b>2,0 m</b> Höhe über der jeweiligen Ebene bis zur Beendigung der <b>ermittelten Selbstrettungszeit</b> vorhanden ist.  Erkennungsweite im Brandfall mind. <b>10-20 m</b> Rauchdichte $D_L$ <b>0,1-0,15 m<sup>-1</sup></b> Extinktionskoeffizient <b>0,3 m<sup>-1</sup></b> Max. Gastemperatur <b>50 °C</b> (vgl. Abschnitt 1.1)  t Verrauchung > t Räumung	<b>Nachweis erforderlich</b>  Im Rahmen der Nachweisführung soll untersucht werden, ob ein kritischer Raucheintrag auf den Verkehrsflächen während der Selbstrettungsphase zu erwarten ist.
Löschangriff der Feuerwehr	Keine kritischen Temperaturen auf einer Höhe von 1,5m.	Rauchgastemperatur < <b>100 °C</b>	<b>Bestandsstation: kein Nachweis erforderlich</b>

Tabelle 1: Definition der Schutzziele und Grenzwerte



Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

Die beschriebenen Grenzwerte sind aus folgenden Grundlagen festgelegt worden:

Die Umrechnung von der optischen Dichte pro Weglänge ( $D_L$ ) in den Extinktionskoeffizienten ( $K$ ) erfolgt näherungsweise mit der Gleichung  $D_L = 0,43 K$ . Da in der Simulation der Extinktionskoeffizient ausgewertet wird und in der Beurteilungstabelle die optische Dichte pro Weglänge vorgegeben ist, muss diese Umrechnung zur Festlegung des Grenzwertes erfolgen.

Es wurde eine Aufenthaltsdauer von ca. 8,0 Minuten durch die Räumungssimulation ermittelt. Aus der Tabelle nach dem vfdb-Leitfaden ergibt sich für die mittlere Aufenthaltsdauer ein Maximalwert für die Rauchdichte von  $D_L = 0,15 \text{ m}^{-1}$ . Umgerechnet in den Extinktionskoeffizienten ( $K = 0,15 \text{ m}^{-1} / 0,43$ ) ergibt sich hieraus der Grenzwert für  $K = 0,34 \text{ m}^{-1}$ . Konservativ wurde der Wert für den Extinktionskoeffizient auf  $K = 0,3 \text{ m}^{-1}$  herabgesetzt. Dies entspricht einer optischen Dichte von  $D_L = 0,13 \text{ m}^{-1}$ .

Tabelle 8.3 Beurteilungsgrößen und Anhaltswerte für quantitative Schutzziele

Beurteilungsgröße	längere Aufenthaltsdauer (< 30 min)	mittlere Aufenthaltsdauer (ca. 15 min)	kurze Aufenthaltsdauer (< 5 min)
CO-Konzentration	100 ppm	200 ppm	500 ppm
CO <sub>2</sub> -Konzentration	1 Vol.-%	2 Vol.-%	3 Vol.-%
HCN-Konzentration <sup>(1)</sup>	8 ppm	16 ppm	40 ppm
Wärmestrahlung	1,7 kW/m <sup>2</sup>	2,0 kW/m <sup>2</sup>	< 2,5 kW/m <sup>2</sup>
Gastemperatur <sup>(2)</sup>	45 °C	50 °C	50 °C
Rauchdichte $D_L$ <sup>(5)</sup>	0,1 m <sup>-1</sup>	0,1 m <sup>-1</sup> / 0,15 m <sup>-1</sup> <sup>(3)</sup>	0,1 m <sup>-1</sup> / 0,2 m <sup>-1</sup> <sup>(3)</sup>
Erkennungsweite <sup>(4)</sup>	10 m – 20 m	10 m – 20 m	10 m – 20 m

<sup>(1)</sup> Die HCN-Konzentrationen sind starken Streuungen unterworfen. Für typische Brände besteht eine Korrelation mit den CO-/CO<sub>2</sub>-Konzentrationen, wobei hier konservativ ein Verhältnis CO:HCN von 12,5:1 vorausgesetzt wird.

<sup>(2)</sup> Die Gastemperatur bezieht sich auf Luft mit einem Gehalt an Wasserdampf von weniger als 10 Volumenprozent. Die Gastemperatur darf nicht isoliert, ohne gleichzeitige Bewertung der Rauchausbreitung (insbesondere der Rauchdichte) als Beurteilungsgröße für die Personensicherheit herangezogen werden.

<sup>(3)</sup> Der jeweils höhere Anhaltswert kann zur Beurteilung angesetzt werden, wenn der betreffende Bereich übersichtlich strukturiert ist oder die Personen mit den Räumlichkeiten vertraut sind.

<sup>(4)</sup> Die Erkennungsweite ist starken Streuungen unterworfen. Für typische Brände besteht eine Korrelation mit der Rauchdichte  $D_L$ . Näheres dazu siehe Abschnitt 8.3.

<sup>(5)</sup> Unter Zugrundelegung eines massenspezifischen Extinktionskoeffizienten  $K_m = 8,7 \text{ m}^2/\text{g}$  ergibt sich (gerundet) für  $D_L = 0,1 \text{ m}^{-1}$  eine Rußkonzentration von  $25 \text{ mg}/\text{m}^3$  bzw. für  $D_L = 0,2 \text{ m}^{-1}$  von  $50 \text{ mg}/\text{m}^3$  (siehe Abschnitt 8.2).

Abbildung 5: Auszug aus dem vfdb-Leitfaden 2013 – Tabelle 8.3

Datum	Projektnummer	Status
18.01.2018	T-00231	Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

In der Veröffentlichung (vfdB Heft 04/2014) von Wiezorek, Böttger und Franke wird beschrieben, dass der Wert  $0,1 \text{ m}^{-1}$  für die Rauchdichte im Hinblick auf die Beurteilung toxischer Brandprodukte als ausreichend angesehen werden kann. Bei Festlegung des Grenzwertes ist demnach nicht mit toxischen Brandprodukten zu rechnen.

Die Erkenntnisse aus den o.g. Untersuchungen weisen darauf hin, dass die optische Sichtweite als kritischstes Kriterium zur Bestimmung der Personensicherheit auch weiterhin angesetzt werden kann. Die Versuche und die Berechnungen zeigten, dass bei Einhaltung dieses Grenzwertes insbesondere bei Flammenbränden keine kritischen Konzentrationen von Rauchgasen zu erwarten sind.

## U-Bahnstation Neu-Westend

# 1 Beschreibung der Szenarien für die Brand- und Räumungssimulation

## 1.1 Definition der Brandszenarien und Bemessungsbrände

Innerhalb dieses brandschutztechnischen Nachweises werden Brandszenarien definiert, welche die Risiken der objekttypischen Nutzung abdecken sollen. Das Ziel ist, ein konservatives Brandszenario festzulegen, um zu untersuchen, ob über einen festgelegten Zeitraum die im Kapitel C genannten Schutzziele erreicht werden. Brandszenarien dienen der quantitativen Beschreibung der zeitlichen Entwicklung der wesentlichen Brandparameter.

Bestimmende Randparameter für die Brandszenarien sind:

- Brandort und geometrische Randbedingungen;
- Art und Menge von Brandlast im betrachteten Bereich;
- Energiefreisetzungsrate  
(Brandausbreitung in Abhängigkeit von der Zeit; Spezifische flächenbezogene Brandlast);
- Ventilationsbedingungen;
- Chemische Zusammensetzung der Brandprodukte;
- Einfluss von Einrichtungen der brandschutztechnischen Infrastruktur auf den Brandverlauf.

### 1.1.1 Allgemeine Randbedingungen

Die folgenden Randbedingungen werden bei der Definition der Brandszenarien berücksichtigt:

Randparameter	Brandszenario 1 – [00271-0301] Brand einer Bahn (Baureihe A3L) in Bahnsteigmitte Maximale Brandleistung ca. 20,3 MW	Brandszenario 2 – [00271-0401] Brand einer Bahn (Baureihe A3L) am östlichen Bahnsteigende Maximale Brandleistung ca. 20,3 MW
Bemessungsbrand		
Lage Brandort	Die Brandquelle befindet sich mittig des Bahnsteiges auf dem Gleis 2.	Die Brandquelle befindet sich am östlichen Ende des Bahnsteiges auf dem Gleis 2.

Datum 18.01.2018      Projektnummer T-00231      Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

Randparameter	Brandszenario 1 – [00271-0301] Brand einer Bahn (Baureihe A3L) in Bahnsteigmitte Maximale Brandleistung ca. 20,3 MW	Brandszenario 2 – [00271-0401] Brand einer Bahn (Baureihe A3L) am östlichen Bahnsteigende Maximale Brandleistung ca. 20,3 MW
Max. Energiefreisetzung	ca. 20,3 MW (Bahnbrand gemäß Anlage 3 – Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung bezogen auf das Fahrzeug der Baureihe – A3L)	ca. 20,3 MW (Bahnbrand gemäß Anlage 3 – Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung bezogen auf das Fahrzeug der Baureihe – A3L)
Spez. Energiefreisetzung Fahrerraum *)	812,14 kW/m <sup>2</sup>	812,14 kW/m <sup>2</sup>
Spez. Energiefreisetzung Fahrgastraum *)	922,73 kW/m <sup>2</sup>	922,73 kW/m <sup>2</sup>
Max. Brandfläche	ca. 25,00 m <sup>2</sup> Zusammengesetzt aus 6 Brandquellen mit den folgenden Abmessungen: - Fahrgastraum: 5 Brandquellen 2,20 m x 2,00 m - Fahrerraum: 1,40 m x 2,00 m	ca. 25,00 m <sup>2</sup> Zusammengesetzt aus 3 Brandquellen mit den folgenden Abmessungen: - Fahrgastraum: 5 Brandquellen 2,20 m x 2,00 m - Fahrerraum: 1,40 m x 2,00 m
Brandausbreitungs- geschwindigkeit	Die Ausbreitung des Brandes wurde mit Hilfe einer Rampe so berücksichtigt, dass die vorgegebene Brandleistung aus der Energiefreisetzungskurve nach Anlage 3 – Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung bezogen auf das Fahrzeug der Baureihe – A3L erreicht wird.	Die Ausbreitung des Brandes wurde mit Hilfe einer Rampe so berücksichtigt, dass die vorgegebene Brandleistung aus der Energiefreisetzungskurve nach Anlage 3 – Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung bezogen auf das Fahrzeug der Baureihe – A3L erreicht wird.
Branddetektion		
Vorbrandzeit **)	vgl. Erläuterung	vgl. Erläuterung

Datum  
18.01.2018Projektnummer  
T-00231Status  
Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

Randparameter	Brandszenario 1 – [00271-0301] Brand einer Bahn (Baureihe A3L) in Bahnsteigmitte Maximale Brandleistung ca. 20,3 MW	Brandszenario 2 – [00271-0401] Brand einer Bahn (Baureihe A3L) am östlichen Bahnsteigende Maximale Brandleistung ca. 20,3 MW
Brandbekämpfung		
Beginn der Löschmaßnahmen	Löschmaßnahmen sind in der Simulation nicht berücksichtigt worden.	Löschmaßnahmen sind in der Simulation nicht berücksichtigt worden.
Ventilationsbedingungen		
Zuluftöffnungen	Natürliche Ventilation über den Tunnelmund und die Treppenaufgänge.	Natürliche Ventilation über den Tunnelmund und die Treppenaufgänge.
NRWA	Die Rauchabfuhr wird über die vorhandenen Ausgänge ins Freie und die Tunnelmünder sichergestellt.	Die Rauchabfuhr wird über die vorhandenen Ausgänge ins Freie und die Tunnelmünder sichergestellt.
Mechanische Abluft	Im Modell sind keine mechanischen Entrauchungsmaßnahmen berücksichtigt worden.	Im Modell sind keine mechanischen Entrauchungsmaßnahmen berücksichtigt worden.
Öffnungs- / Aktivierungszeiten ***)	Bahnmodell nach Vorgaben des Arbeitsblattes zur Brandsimulationsrechnung (Anlage 3 – Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung bezogen auf das Fahrzeug der Baureihe – A3L): <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bei Brandbeginn sind die drei dem Bahnsteig zugewandten Türen offen.</li> <li>- Nach einer vordefinierten Zeit wird das Versagen des Fahrzeugdaches (Aluminiumelemente) simuliert.</li> </ul>	Bahnmodell nach Vorgaben des Arbeitsblattes zur Brandsimulationsrechnung (Anlage 3 – Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung bezogen auf das Fahrzeug der Baureihe – A3L): <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bei Brandbeginn sind die drei dem Bahnsteig zugewandten Türen offen.</li> <li>- Nach einer vordefinierten Zeit wird das Versagen des Fahrzeugdaches (Aluminiumelemente) simuliert.</li> </ul>

Datum            Projektnummer    Status  
18.01.2018    T-00231            Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

Randparameter	Brandszenario 1 – [00271-0301] Brand einer Bahn (Baureihe A3L) in Bahnsteigmitte Maximale Brandleistung ca. 20,3 MW	Brandszenario 2 – [00271-0401] Brand einer Bahn (Baureihe A3L) am östlichen Bahnsteigende Maximale Brandleistung ca. 20,3 MW
Strömungseinflüsse, aus Bereichen außerhalb des Simulationsvolumens (z.B. Außenwind)	Es wurden keine äußeren Einflüsse berücksichtigt (Windstille).	Es wurden keine äußeren Einflüsse berücksichtigt (Windstille).

Tabelle 2: Definition der allgemeinen Randbedingungen

### **\*) Spezifische Energiefreisetzung:**

Die Brandszenarien sind auf Grundlage der vorliegenden Informationen über das Objekt und seine individuelle Nutzung gewählt worden. Bei der Auswahl der Szenarien sind Überlegungen aus dem SFPE-Handbuch, der TRStrab Brandschutz und dem vdfb-Leitfaden für Ingenieurmethoden im Brandschutz (Stand 2013) eingeflossen.

### **\*\*\*) Erläuterung zur Vorbrandzeit:**

Als Ereignis wurde ein Fahrzeugbrand erachtet. Sofern das Brandereignis zu einem Zeitpunkt auftritt, zu dem sich das Fahrzeug zwischen zwei Stationen befindet, ist zwangsläufig eine Vorbranddauer bis zur Einfahrt in die nächste Station vorhanden. Während dieser Vorbranddauer wird eine gewisse Menge an Rauchgasen freigesetzt. Grundsätzlich muss hierbei unterschieden werden, ob das Brandereignis außerhalb des Fahrzeugs (z.B. durch einen Kabelbrand unter der Bahn), oder im Fahrzeuginneren beginnt. Bei einem Brand, der außerhalb des Fahrzeugs eintritt, ist davon auszugehen, dass die freigesetzten Rauchgase zum Großteil im Bereich der Tunnelröhre verbleiben. Beginnt ein Brand hingegen im Inneren des Fahrzeugs, werden sich die Rauchgase im Fahrzeug bis zum Öffnen der Türen sammeln und am Bahnsteig austreten. Die Fahrzeit zu den benachbarten Stationen beträgt nach Fahrplan ca. **100 Sekunden**. Es ist nicht davon auszugehen, dass das Fahrzeug bei einem Brandereignis in der Tunnelröhre zum Stehen kommt, da eine Notbremsenüberbrückung vorhanden ist. Die Bahn wird zunächst die Station anfahren, um dort, nach dem Öffnen der Türen, die Räumung einleiten zu können. Aufgrund der geringen Vorbrandzeit und den beschriebenen Annahmen, wird davon ausgegangen, dass die bis zur Einfahrt produzierte Rauchgasmenge nicht in dem Umfang relevant ist, dass sie zu grundlegend anderen Verrauchungszuständen führt. Daher wird im Modell vereinfachend das Brandereignis für ein Fahrzeug angenommen, das bereits in der Station steht. Die Vorbranddauer bleibt in der vorliegenden Betrachtung unberücksichtigt.

### **\*\*\*\*) Öffnungs- und Aktivierungszeiten:**

Gemäß der Anlage 3 Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung bezogen auf das Fahrzeug – A3L – Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbh Leipzig sind die drei dem Bahnsteig zugewandten Türen bei Brandbeginn offen, da für die Evakuierung der Personen nach Einfahrt in die Haltestelle alle Türen in Bahnsteigrichtung geöffnet werden. Außerdem wird das Versagen der Deckenkonstruktion durch

Datum  
18.01.2018Projektnummer  
T-00231Status  
Version 1.0**U-Bahnstation Neu-Westend**

Deaktivierungszeiten der Objekte in der Simulation berücksichtigt. Diese ergeben sich nach einer definierten Versagenszeit. Die Lage und der Öffnungen können der nachfolgenden Abbildung 6 entnommen werden.

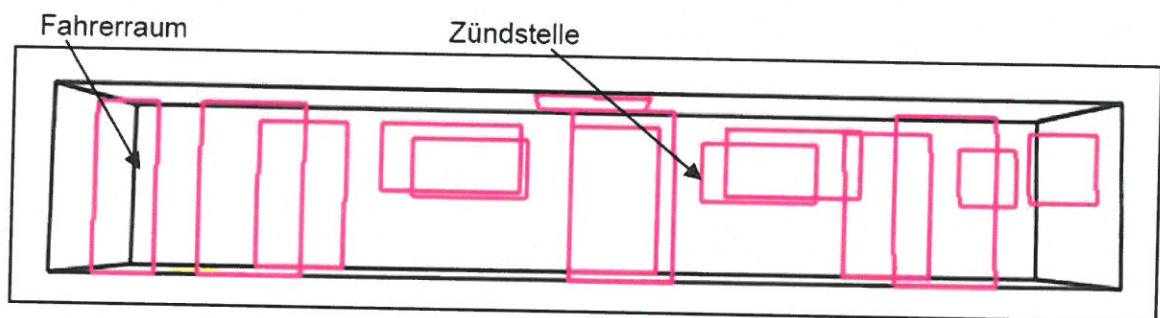


Abbildung 6: Ausschnitt aus der Anlage 3 - Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung bezogen auf das Fahrzeug - A3L - Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbh Leipzig

Datum 18.01.2018  
Projektnummer T-00231  
Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### 1.1.2 Positionierung der Brandquelle

Im Rahmen der Untersuchungen wurden für die Station die folgenden Brandorte gewählt, um das Brandrisiko möglichst realitätsnah abbilden zu können. Für das erste Bemessungsszenario wurde der Brandort mittig des Mittelbahnsteiges auf dem Gleis 2 positioniert. Für das zweite Brandszenario wurde der Brandort am östlichen Bahnsteigende unmittelbar bei den Treppenaufgängen in Richtung der Schalterhalle I, positioniert. Innerhalb des Fahrzeugs liegt die Brandquelle bei beiden Szenarien auf dem Boden.

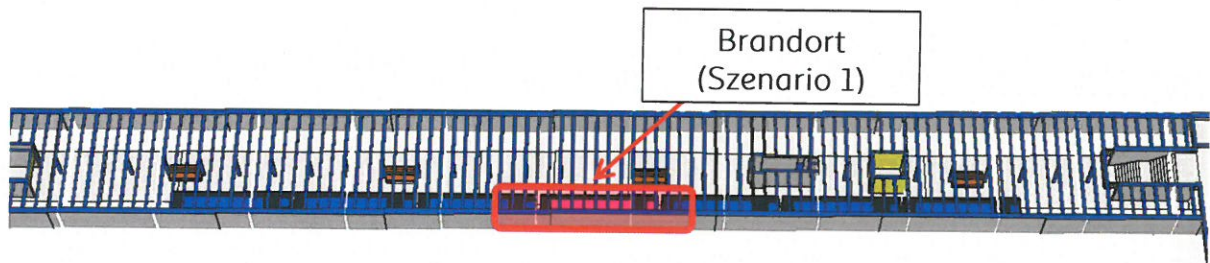


Abbildung 7: Brandquelle Fahrzeug Szenario 1 – Brandort mittig des Bahnsteiges

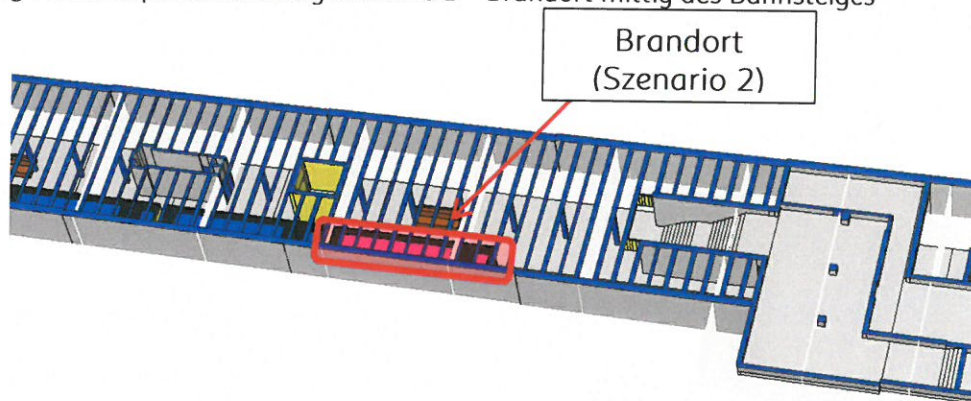


Abbildung 8: Brandquelle Fahrzeug Szenario 2 – Brandort am östlichen Ende des Bahnsteiges



Datum 18.01.2018      Projektnummer T-00231      Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### 1.1.3 Zeitabhängige Energiefreisetzungskurve – Fahrzeugbrand

Gemäß Abschnitt 4.1.1 TRStrab Brandschutz endet der Nachweis für die Fremdrettungsphase nach 30 Minuten, sodass die Simulation nur bis zu diesem Zeitpunkt berechnet werden muss.

Es werden in der Anlage 3 „Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung bezogen auf das Fahrzeug – A3L – Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbh Leipzig“ konkrete Werte für die Brandparameter beschrieben. Die Brandrauchanteile für Ruß, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid werden entsprechend der Tabelle 1 Rauchausbeuten der Anlage 3 zugrunde gelegt (Abbildung 9).

Wie in der unteren Abbildung 9 zu sehen ist, werden gemäß der Anlage 3 – Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung bezogen auf das Fahrzeug – A3L – Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbh Leipzig unterschiedliche Rauchausbeuten für zwei Brandphasen bzw. zwei fest definierte Zeiträume vorgegeben. Für den Zeitraum bis 1500 Sekunden liegt der Wert für den Rußanteil ( $Y_s$ ) bei 0,049 [g/g]. Für den Zeitraum ab 1500 Sekunden wird ein höherer Wert von  $Y_s = 0,135$  [g/g] angegeben.

In der Nachweisführung müssen entsprechend der Anlage 3 („Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung bezogen auf das Fahrzeug – A3L – Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbh Leipzig“) für die Auswertung eines Szenarios bei Überschreitung der ermittelten Evakuierungszeit von 1500 Sekunden zwei Szenarien mit unterschiedlichen Werten für die Rauchausbeute ( $Y_s$ ) untersucht werden. Grund für die getrennte Betrachtung bei zeitlicher Veränderung der Rauchgasanteile ist, dass die soot yields nicht während der Simulation verändert werden können.

**Tabelle 1 Rauchausbeuten**

Gasanteil	Dimension	bis 1500 sec.	> 1500 sec.
y-CO <sub>2</sub>	g / g	0,89 g/g	1,0 g/g
y-CO	g / g	0,025 g/g	0,19 g/g
y-s	g / g	0,049 g/g	0,135 g/g
Dm	m <sup>2</sup> / g	0,16 m <sup>2</sup> /g	0,44 m <sup>2</sup> /g

Abbildung 9: Rauchausbeuten für Brandverlaufskurven gemäß Tabelle 1 der Anlage 3 Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung bezogen auf das Fahrzeug –A3L

Der Heizwert bleibt während des gesamten Zeitraums konstant und wurde entsprechend den Angaben aus der Anlage 3 mit 18.650 kJ/kg in der Simulation berücksichtigt.

In Abbildung 10 wird der zeitabhängige Verlauf der Energiefreisetzung, welche als Grundlage für die Simulation herangezogen wurde, dargestellt. In Abbildung 11 wird dagegen die tatsächlich simulierte und zurückgeschriebene Energiefreisetzungskurve veranschaulicht.

Datum 18.01.2018    Projektnummer T-00231    Status Version 1.0

**U-Bahnstation Neu-Westend**

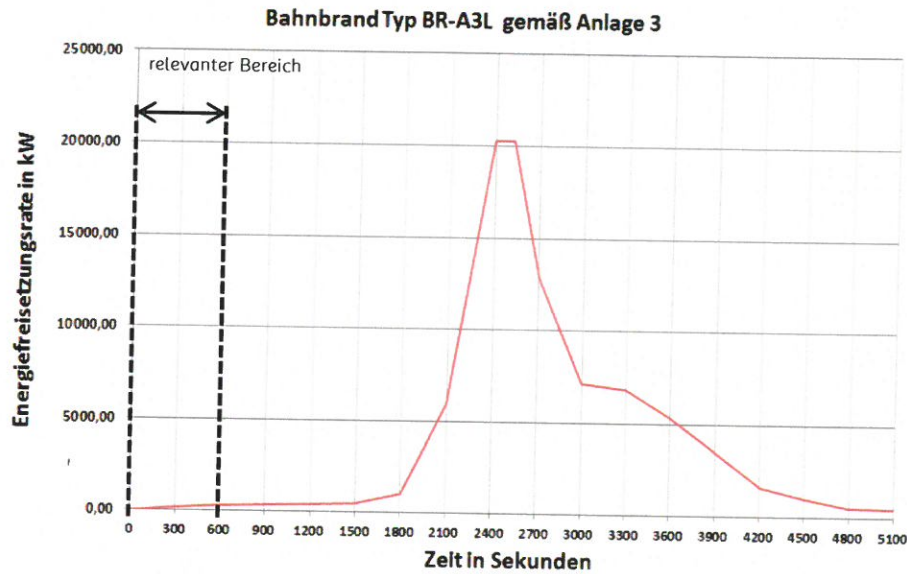


Abbildung 10: Der Simulation zugrunde gelegte einhüllende Energiefreisetzungskurve - gemäß Anlage 3 Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung

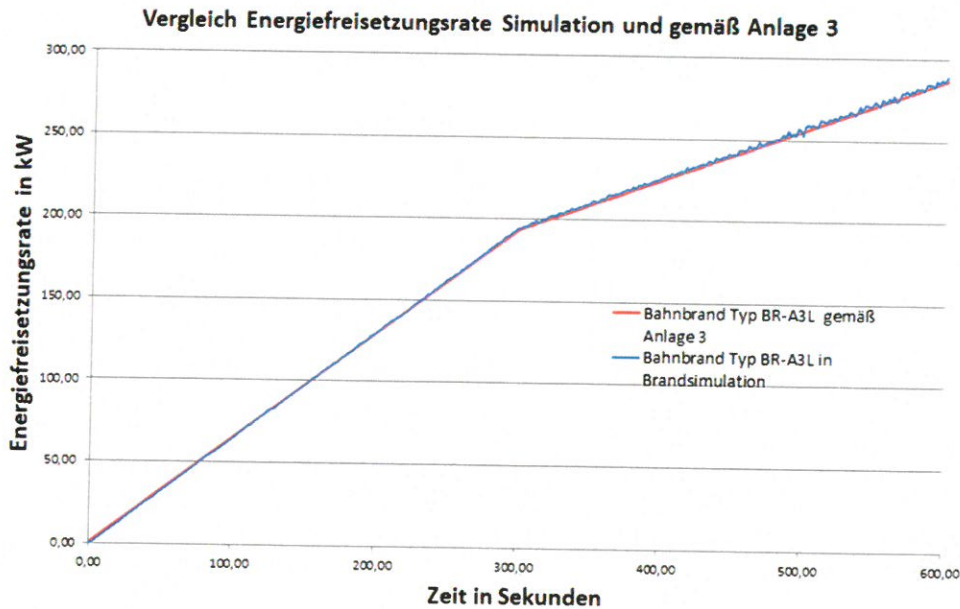


Abbildung 11: Simulierter ausgeschriebener Verlauf der Energiefreisetzung im Vergleich zur Energiefreisetzungskurve gemäß Anlage 3

Datum	Projektnummer	Status
18.01.2018	T-00231	Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

Im vorliegenden Fall ist die Selbstrettung bereits vor dem Zeitpunkt der veränderten Rauchgasausbeute abgeschlossen. Demzufolge ist eine Betrachtung der erhöhten Rauchausbeute für den Zeitraum „nach 1500 Sekunden“ in der Untersuchung nicht zu berücksichtigen. Vor diesem Hintergrund wird in der Simulation mit der Rauchausbeute „bis 1500 Sekunden“ für die Selbstrettungsphase gerechnet ( $y_s = 0,049 \text{ g/g}$ ).

Der in **Abbildung 10** markierte „relevante Bereich“ (Beginn bis 600 s) ergibt sich durch die Gegenüberstellung der Räumungszeiten. Demnach ergibt sich der maximale Betrachtungszeitpunkt aus dem Räumungsfortschritt bzw. der Gesamträumung der Station

### 1.2 Definition der Randbedingungen für die Räumungsberechnung

Die Berechnung der Räumungsdauer erfolgte seitens der BVG mithilfe eines hydraulischen Handrechenverfahrens auf Grundlage der amerikanischen Norm NFPA 130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems, Ausgabe 2010, National Fire Protection Association, Quincy, USA. Dieses Berechnungsverfahren basiert auf der Kalkulation von Durchflusskapazitäten und Bewegungsgeschwindigkeiten, welche miteinander verrechnet werden. Dabei wurden Einflussfaktoren wie die temporäre Personenanzahl, die Beschaffenheit des Weges (Treppe, Rampe, etc.), Weglängen und -breiten und weitere berücksichtigt.

Randparameter für die Räumungsberechnung	Räumung der Station über alle Ausgänge
Fahrzeit	100 Sekunden
Pre-Movement	Die Reaktionszeit gem. TR Strab Brandschutz von 2 Minuten, zuzüglich der längsten Gehzeit auf Bahnsteigebene von 1,7 Minuten ist mit 3,7 Minuten kürzer, als die größte Stauungszeit von 4,5 Minuten. Damit ist die Schleusungszeit von 4,5 Minuten maßgebend.
Personenbelegung	<b><math>\Sigma = 1.495 \text{ Pers.}</math> (nach Angaben der BVG aus EBA-Verfahren)</b>
Bahnsteigebene	<b><math>\Sigma = 1.495 \text{ Pers.}</math></b> Die Personen in der Bahnsteigebene verteilen sich wie folgt: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Auf jedem Gleis befinden sich zwei vollbesetzte Züge mit jeweils <b>650 Personen (1300 insgesamt)</b></li> <li>- Auf den beiden Bahnsteigen werden insgesamt <b>195 Personen</b> platziert (nach EBA-Verfahren werden 30% der Personen eines vollbesetzten Zuges angesetzt).</li> <li>- Von den insgesamt 1495 Personen verlassen 40 % (598 Personen) den Bahnsteig in westlicher Richtung und 60 % (897 Personen) in östlicher Richtung.</li> </ul>

Datum 18.01.2018      Projektnummer T-00231      Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

Randparameter für die Räumungsberechnung	Räumung der Station über alle Ausgänge
Lichte Breite der geöffneten Aufgänge bzw. Ausgänge	
Ausgänge aus den Bahnen	Jeweils 1,20 m (pro Bahn 3 Ausgänge)
Aufgang I/1 aus der Bahnsteigebene in die Schalterhalle I (östlicher Ausgang)	Die festen Treppen (Aufgang I/1) in Richtung der Schalterhalle I haben eine Breite von 3,7 m.
Aufgang II/1 aus der Bahnsteigebene in die Schalterhalle II (westlicher Ausgang)	Die festen Treppen (Aufgang II/1) in Richtung der Schalterhalle II, haben eine Breite von 2,80 m.
Aufgang I/2 aus der Schalterhalle I direkt ins Freie (östlicher Ausgang)	Die feste Treppe (Aufgang I/2), die ins Freie führt, weist eine Breite von 3,30 m auf.
Aufgang II/2 aus der Schalterhalle II direkt ins Freie (westlicher Ausgang)	Die feste Treppe (Aufgang II/2), die ins Freie führt, weist eine Breite von 2,78 m auf.
Kapazitäten	
Effektive Breite der Aufgänge	
Aufgang I/1 aus der Bahnsteigebene in die Schalterhalle I (östlicher Ausgang I)	3,7 m / 0,6 m → 4 Fluchtspuren 4 Fluchtspuren → 132 Personen pro Minuten
Aufgang II/1 aus der Bahnsteigebene in die Schalterhalle II (westlicher Ausgang II)	2,80 m / 0,6 m → 6 Fluchtspuren 4 Fluchtspuren → 198 Personen pro Minuten
Aufgang I/2 aus der Schalterhalle I direkt ins Freie (östlicher Ausgang I)	3,30 m / 0,6 m → 5 Fluchtspuren 5 Fluchtspuren → 165 Personen pro Minuten
Aufgang II/2 aus der Schalterhalle II direkt ins Freie (westlicher Ausgang II)	2,78 m / 0,6 m → 4 Fluchtspuren 4 Fluchtspuren → 132 Personen pro Minuten

Tabelle 3: Szenarienübersicht für die Räumungssimulation

Datum	Projektnummer	Status
18.01.2018	T-00231	Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

Die folgenden Vorgaben wurden seitens der BVG aus der amerikanischen Richtlinie NFPA 130 entnommen:

### Gehgeschwindigkeiten:

Maximale durchschnittliche Gehgeschwindigkeit entlang von Ebenen, Korridoren und Rampen beträgt 0,6 m/s.

Maximale durchschnittliche Gehgeschwindigkeit für Bahnhofshallen und andere Örtlichkeiten mit geringer Fußgängerdichte beträgt 1,0 m/s.

Maximale durchschnittliche Gehgeschwindigkeit auf festen Treppen und stehenden (abgeschalteten) Fahrtreppen beträgt 0,25 m/s.

### Treppkapazitäten:

Die NFPA 130 gibt für die Kapazität einen Wert für Durchlässe von 0,0555 p/(mm x min) an. Für eine Fluchtspurbreite von 0,60 m ergibt sich somit eine Kapazität von 33 Personen pro Minute.

Die STUVATec setzt für die Fahrtreppen eine reduzierte Kapazität aufgrund der schlechteren Begehbarkeit (höhere Treppenstufen etc.) an<sup>1</sup>. Daher wurde auch hier der reduzierte Wert von 25 Personen pro Minute für eine Fluchtspur (0,6 m) angesetzt.

Die Fluchtspurbreite (feste Gehspurbreite) von 0,60 m wird allgemein zur Räumungsberechnung herangezogen. Die Fluchtspurbreite bezieht sich auf den Flächenbedarf einer einzelnen Person. Nach der Körperellipse von Fruin<sup>2</sup> (Darstellung des Flächenbedarfs einer Person) beträgt die anzusetzende Schulterbreite 0,61 m. Somit deckt sich die nach STUVATec herangezogene Spurbreite mit einer realitätsnahen Darstellung einer Person.

Die genaue Berechnung der Räumungszeiten seitens der BVG liegt im Anhang bei.

## 2 Modellbildung FDS

### 2.1 Geometrie

Die Erstellung des geometrischen Modells erfolgte auf Grundlage der vorliegenden Pläne und Unterlagen für den U-Bahnhof Neu-Westend. Das gesamte Objekt wurde in ein dreidimensionales Simulationsmodell übersetzt. Die relevanten Wände, Türen, Nischen und Öffnungen wurden berücksichtigt.

Farbe	Art des Bauteils / Material
Grau	Beton

<sup>1</sup> Bosch, J.W.: North-South-Line: The Development of a new Safety Concept, International Tunnel Fire and Safety Conference, Rotterdam, December 1999

<sup>2</sup> Fruin, J.J.: Designing for Pedestrians. A Level of Service Concept. Polytechnical Institute of Brooklyn.Ph.D., 1970

Datum	Projektnummer	Status
18.01.2018	T-00231	Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

Gelb	Glas
Blau	Stahl
Rot	Brandquelle
Schwarz / Grün	Aluminium

Tabelle 4: Farbcode geometrisches Simulationsmodell

Die Randbereiche des Simulationsvolumens (an den Aufgängen, ins Freie und am Tunnel) sind mit einem als „open“ definierten Vent modelliert worden (magentafarben umrahmte Flächen). An diesen Flächen findet ein offener Strömungsaustausch statt.

### Randbedingungen bzw. Vereinfachungen:

Für die Berechnung mithilfe des Simulationsprogramms FDS mussten alle Objekte an das orthogonale Raster angepasst werden, sodass geringfügige Abweichung bis zu +/- 0,2 m auftreten können. Diese Abweichungen werden sich in einem vertretbaren Rahmen bewegen, sodass keine signifikanten Auswirkungen auf die Ergebnisse der Simulationsberechnungen zu erwarten sind. Dies ist eine angemessene Vereinfachung, da die maßgebenden Eigenschaften des Objektes wie Fläche, Volumen und relevante Strömungshindernisse ausreichend genau abgebildet werden.

In den nachfolgenden Abbildungen sind zur Veranschaulichung des Modells verschiedene Ansichten der modellierten Geometrie zu sehen.

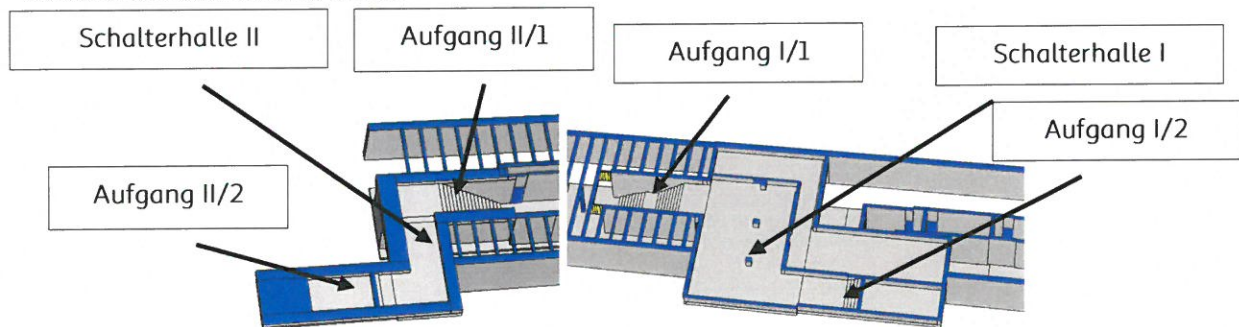


Abbildung 12: Darstellung des geometrischen Simulationsmodells (west- und östlicher Aufgang)

Datum 18.01.2018  
Projektnummer T-00231  
Status Version 1.0

### U-Bahnstation Neu-Westend

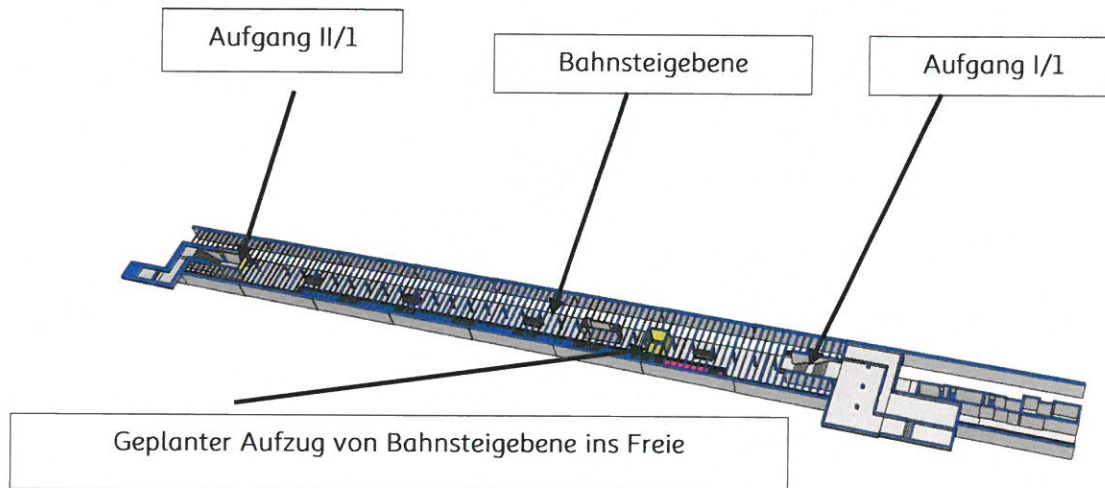


Abbildung 13: Ansicht ins Simulationsmodell – Horizontalschnitt: Bahnsteigebene

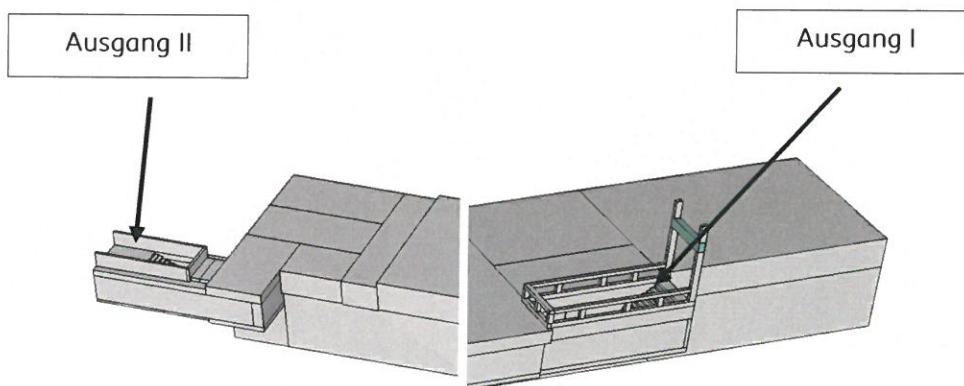


Abbildung 14: Simulationsmodell – westlicher Stationsausgang (Ausgang II) links und östlicher Stationsausgang rechts (Ausgang I)

Datum 18.01.2018  
Projektnummer T-00231  
Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### 2.2 Brandschutztechnischer Maßnahmen zur Reduzierung der Rauchverschleppung

Im Rahmen von Voruntersuchungen wurde festgestellt, dass zur Sicherstellung des Schutzziels Selbstrettung, brandschutztechnische Maßnahmen zur Reduzierung der Rauchverschleppung notwendig werden. Dabei wurden die Ergebnisse der Entfluchtungsberechnungen (nach NFPA 130) mit den Ergebnissen der Brandsimulation verglichen.

Auf der unteren Bahnsteigebene werden Rauchschürzen vor den Treppenaufgängen zur Schalterhalle I und Schalterhalle II angeordnet. Diese werden nach den Anforderungen der BOStrab-Tunnebaurichtlinie eine lichte Höhe von 2,3 m aufweisen. Aufgrund der Impulswirkung und der geradlinig geformeten Kubatur wurde nachgewiesen, dass ansonsten mit einem akuten Raucheintrag zu rechnen ist.

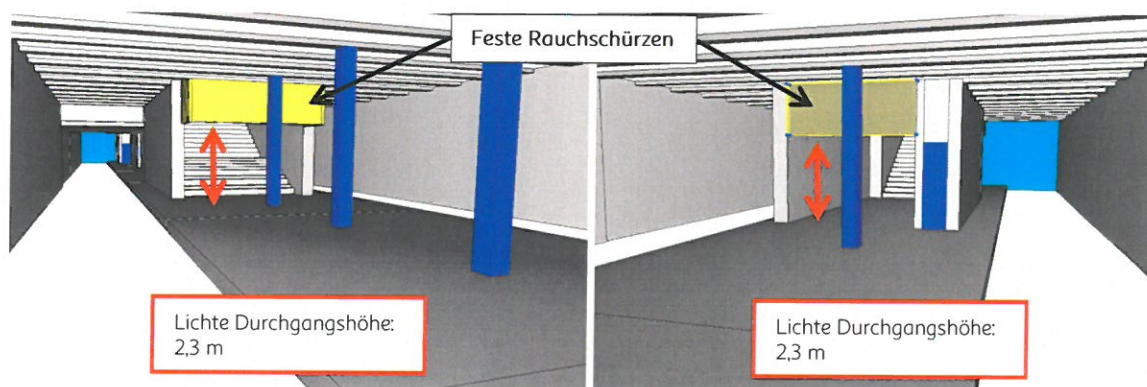


Abbildung 15: Darstellung der Rauchschürzen (links am östlichen Ausgang I/1 zur Schalterhalle I, rechts am westlichen Ausgang II/1 zur Schalterhalle II)



Datum  
18.01.2018Projektnummer  
T-00231Status  
Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### 2.3 Modellierung der Zu- und Abluft

Die Ventilation des Brandes erfolgt im Modell in natürlicher Weise über die Zugänge und die Tunnelmünder. Im Bereich des Tunnels kann die Zuluft frei in das Objekt nachströmen. Die Rauchgase können ebenso über die offen definierten Ränder frei abströmen. Die angesetzte Fläche am Tunnel ist in der nachfolgenden Abbildung 17 dargestellt.

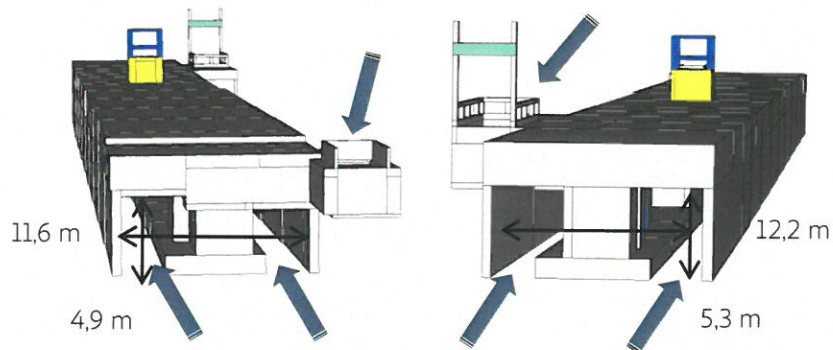


Abbildung 16: Zuluftflächen (links: Osten; rechts: Westen)

Es sind keine Rauchabzugsanlagen im Rahmen einer Entrauchung der öffentlichen Bereiche (natürlich oder maschinell) geplant.

Datum 18.01.2018      Projektnummer T-00231      Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### 2.4 Aufteilung der Rechengitter

Bei den vorliegenden Simulationsberechnungen wurde mit mehreren Rechengittern gearbeitet (Multimesh-Berechnung). Die Gitterweite beträgt 10 cm. In der folgenden Abbildung 17 sind die Rechengitter (Meshes) dargestellt, in die das Modell unterteilt wurde.

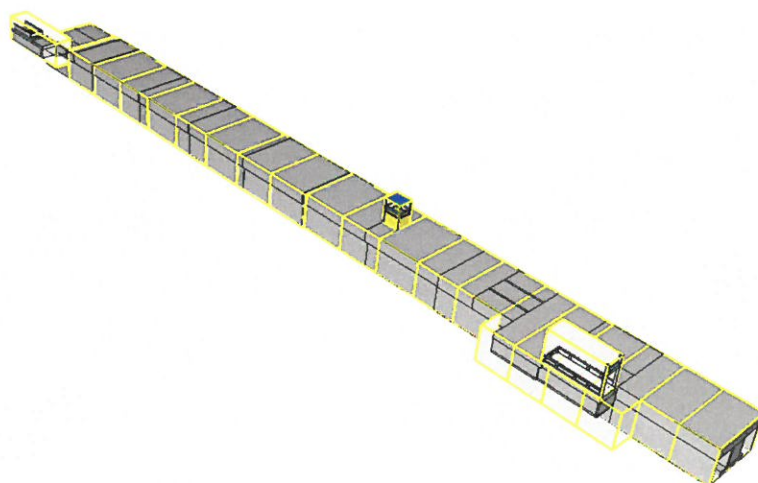


Abbildung 17: Darstellung der Aufteilung der Rechengitter – Ansicht von oben

Mesh	Gitterweite	Anzahl der Zellen	Liegt im Mesh
0	10 cm x 10 cm x 10 cm	527.040	--
1	10 cm x 10 cm x 10 cm	928.404	--
2	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.050.192	--
3	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.050.192	--
4	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.058.148	--
5	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.050.192	--
6	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.058.148	--
7	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.050.192	--
8	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.050.192	Brandort Szenario 1
9	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.050.192	--
10	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.034.280	--

Datum 18.01.2018      Projektnummer T-00231      Status Version 1.0

**U-Bahnstation Neu-Westend**

11	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.001.364	--
12	10 cm x 10 cm x 10 cm	71.604	--
13	10 cm x 10 cm x 10 cm	993.720	Brandort Szenario 2
14	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.001.364	--
15	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.009.008	--
16	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.047.696	--
17	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.047.696	--
18	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.053.390	--
19	10 cm x 10 cm x 10 cm	1.053.390	--
20	10 cm x 10 cm x 10 cm	757.302	--
21	10 cm x 10 cm x 10 cm	757.302	--
22	10 cm x 10 cm x 10 cm	359.040	--
<b>Summe</b>		<b><math>\Sigma = 21.060.048</math></b>	

Tabelle 5: Tabellarische Aufstellung der Meshes

Datum	Projektnummer	Status
18.01.2018	T-00231	Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### 2.5 Modellierung der brandschutztechnischen Infrastruktur

Im Rahmen dieser Untersuchung sind im Objekt die im Folgenden beschriebenen Einrichtungen der brandschutztechnischen Infrastruktur vorhanden, die Einfluss auf die Brandsimulation nehmen.

Einrichtung	Relevant	Nicht relevant
Brandmeldeanlage	In dem Objekt wird in den Technikbereichen eine flächendeckende Brandmeldeanlage vorgesehen.	--
Alarmierungsanlage	In den öffentlichen Bereichen wird die Alarmierung durch die Lautsprecher (Durchsageanlagen) sichergestellt.	--
Fluchtwegpiktogramme	In den Technikfluren werden Piktogramme vorgesehen. In den öffentlichen Bereichen sind Ausgangshinweise vorhanden.	--
Sprinkleranlage	--	Im Objekt ist keine Sprinkleranlage vorgesehen.

Tabelle 6: Einrichtungen der brandschutztechnischen Infrastruktur

Datum	Projektnummer	Status
18.01.2018	T-00231	Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### 3 Ergebnisse der Simulationen

#### 3.1 Ergebnisse der Brandsimulationen

Die Rechenergebnisse der numerischen Feldmodellberechnungen lassen sich anschaulich in Form von farbigen Schnitten durch das Simulationsvolumen bzw. durch das Rechengitter darstellen. Die zeitliche Entwicklung der untersuchten Brandphänomene wird in vergleichbaren Zeitschritten für die folgenden Parameter dargestellt:

- Extinktionskoeffizient [**ext**] bzw. optische Dichte unter Einfluss von Brandrauch
- Strömungsgeschwindigkeiten [**vel**] von Ein- und Ausströmvorgängen
- Brandgastemperaturen [**temp**] im Simulationsvolumen  
(Keine Auswertung von Flammentemperaturen oder Temperaturen innerhalb der Bauteilquerschnitte)

In der rechten oberen Ecke der Ergebnisschnitte ist die dem dargestellten Parameter zugeordnete Abkürzung dargestellt. Die Darstellung erfolgt differenziert nach den festgelegten Szenarien.

Die relevanten Grenzwerte (z.B. ext\_coef\_Soot 0.3) sind im Bereich des erläuternden Farbbalkens am rechten Rand durch rote Schrift und eine schwarze Markierung gekennzeichnet. Innerhalb der Schnitte werden die Bereiche der gekennzeichneten Grenzwerte mit schwarzen Konturen kenntlich gemacht.

Die Skalierung des Farbbalkens kann je nach Maximalwert unterschiedlich ausfallen. Daher lässt sich eine bestimmte Färbung nicht zwangsläufig immer demselben Zahlenwert zuordnen.

In den nachstehenden Abbildungen kann die räumliche Lage des Simulationsmodells anhand der Skalen entnommen werden. Zudem können die Schnittführungen bei den Auswertungen in Kapitel 3.3 und 3.4 nachvollzogen werden.

Datum 18.01.2018    Projektnummer T-00231    Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

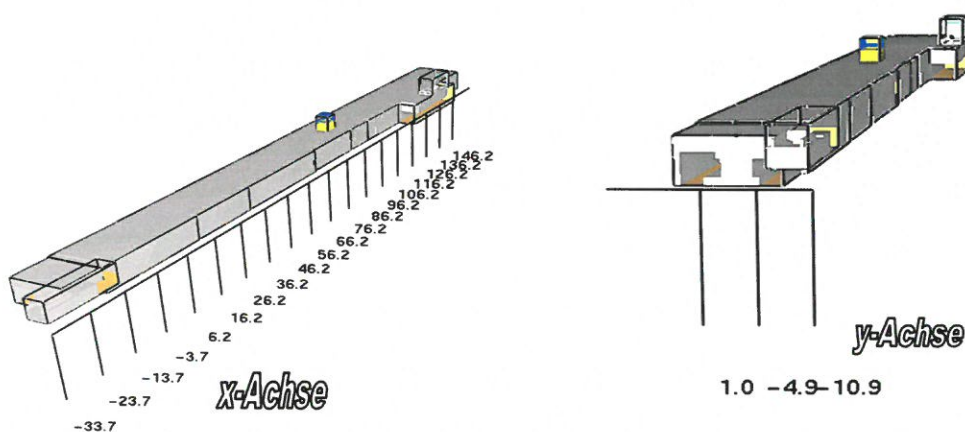


Abbildung 18: Koordinaten; x-Achse (links) und y-Achse (rechts)) im geometrischen Modell für die U-Bahnstation

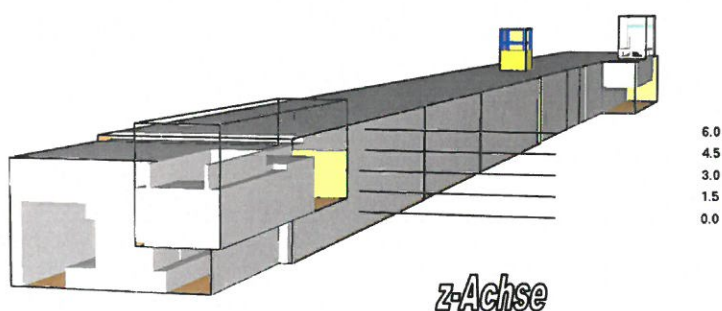


Abbildung 19: Koordinaten; z-Achse im geometrischen Modell für die U-Bahnstation

Das folgende Schnittbild (Abbildung 20) zeigt ein Beispiel für einen vertikalen Schnitt durch das Simulationsmodell mit der Darstellung des Extinktionskoeffizienten (hier:  $0,3 \text{ m}^{-1}$ ). Anhand der Skala auf der rechten Seite des Bildes ist erkennbar, dass die Rauchgasschicht auf der Bahnsteigebene mit dem hier definierten Grenzwert auf ca. 2,0 m abgesunken ist.

Datum 18.01.2018      Projektnummer T-00231      Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

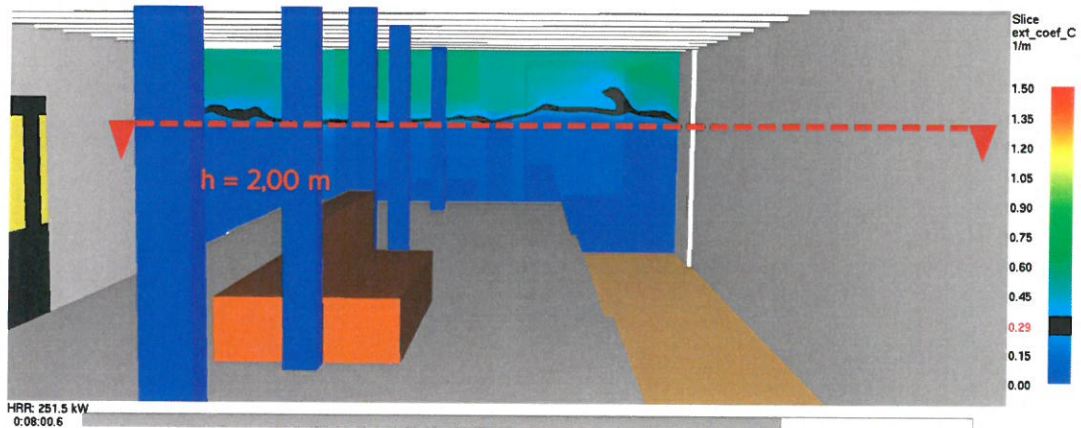


Abbildung 20: Lage des vertikalen Auswerteschnittes im Modell (x = -7,80 m)

Im Beispiel ist eine Schnittebene zur Auswertung des Extinktionskoeffizienten dargestellt. In der rechten oberen Ecke des Bildes wird kenntlich gemacht, um welche Auswertungsgröße es sich dabei handelt (hier: Slice = Schnitt; ext\_coef = Extinktionskoeffizient;  $1/m = m^{-1}$ ). Die Farbskala am rechten Bildrand zeigt die Zuordnung zu dem jeweiligen Extinktionskoeffizienten. Grenzwerte können auf der Skala schwarz markiert werden und zeigen sich dann im Schnitt ebenfalls schwarz (z.B.  $0,3 m^{-1}$ ). Am unteren Bildrand findet sich die Simulationszeit (hier: ca. 8 Minuten).

Aufgrund der Länge des Bahnsteiges wurde für eine einfache und nachvollziehbare Darstellung der Berechnungsergebnisse der vertikale Auswertungsschnitt halbiert und untereinander positioniert. Aufgrund dessen können die Schnittbilder vergrößert werden und demzufolge wird eine bessere Übersicht der Simulationsergebnisse ermöglicht. Eine Erläuterung der Schnitte erfolgt mithilfe einer Bewertungstabelle unterhalb der Darstellungen.

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

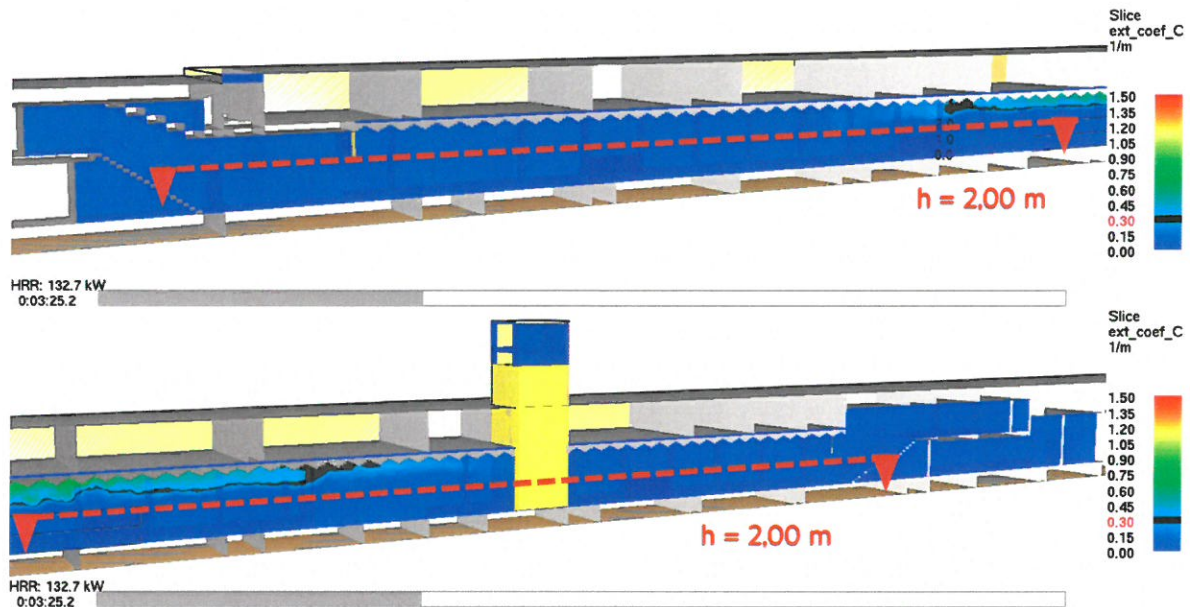


Abbildung 21: Beispielhafte Darstellung der Simulationsergebnisse für einen Vertikalschnitt durch den Bahnsteig

Die Bewertungstabelle beinhaltet Kommentare und Bewertungen zu den jeweiligen Schnittbildern (Abbildung 22: Beispiel für eine Bewertungstabelle). Diese Tabelle stellt neben dem relevanten Schutzziel und einem Kommentar den aktuellen Status der Schutzzielderfüllung dar. Hierzu wird im rechten Tabellenbereich, wie im folgenden Beispiel, das Schutzziel in Form eines Ampelsystems in den Farben Grün, Orange und Rot markiert. Für eine detailliertere Auswertung werden zudem die Rauchabschnitte einzeln betrachtet.

<b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase $< 0,3 \text{ m}^{-1}$	<b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Es sind keine kritischen Grenzwertüberschreitungen auf einer Höhe von 2,0 m über dem Boden vorhanden	Zeit: 05:00 min <b>Selbstrettung</b>
---	--	---

Abbildung 22: Beispiel für eine Bewertungstabelle



Datum  
18.01.2018Projektnummer  
T-00231Status  
Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

Die Bedeutung der jeweiligen Farbe, die zur Bewertung verwendet wird, ist in der nachfolgenden Tabelle erläutert.

Markierung	Bedeutung	Bereich
<b>Selbstrettung</b> (grün)	Eine grüne Markierung weist darauf hin, dass keine kritischen Grenzwertüberschreitungen vorliegen.	Extinktionskoeffizient $\leq 0,3 \text{ m}^{-1}$
<b>Selbstrettung</b> (orange)	Eine orange Markierung weist darauf hin, dass der Grenzwert in relevanten Teilbereichen überschritten wird. Die Überschreitungen sind jedoch lediglich lokal und/oder zeitlich begrenzt vorhanden, sodass das Schutzziel weiterhin gewährleistet werden kann.	Extinktionskoeffizient $0,3 \text{ m}^{-1}$ zum Teil überschritten
<b>Selbstrettung</b> (rot)	Eine rote Markierung bedeutet, dass kritische Grenzwertüberschreitungen vorhanden sind, sodass die Erfüllung des Schutzziels nicht mehr gegeben ist.	Extinktionskoeffizient $> 0,3 \text{ m}^{-1}$

Tabelle 7: Farbkennzeichnung zur Bewertung des Schutzziels in Abhängigkeit der jeweiligen Ebene

Datum 18.01.2018      Projektnummer T-00231      Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### 3.2 Ergebnisse der Räumungsberechnung (NFPA 130) der BVG

Bei dem Handrechenverfahren nach NFPA 130 ist eine graphische Darstellung und unmittelbare Gegenüberstellung der individuellen Personenverteilung mit den Brandsimulationsergebnissen nicht möglich. Hier können jedoch Zwischenzeiten berechnet werden, an denen bestimmte Räumungsfortschritte erreicht werden. Demnach richtet sich der Zeitpunkt der Auswertung der Brandsimulationsergebnisse an den berechneten Zwischenzeiten der Räumungsberechnung. Bei der Ermittlung der Zwischenzeiten wurde die Fahrzeit der Bahn (100 Sekunden) berücksichtigt.

Die folgenden Räumungszeitpunkte sind für eine Beurteilung nach den hier definierten Schutzziele relevant:

<b>Zeitpunkt 1: 3,4 Minuten</b> Nach 3,4 Minuten befinden sich alle Personen im Stauungsbereich vor einem der Treppenaufgänge.	
<b>Zeitpunkt 2: 6,2 Minuten</b> Zu diesem Zeitpunkt betritt die letzte Person auf der Bahnsteigebene den Treppenaufgang in Richtung der Schalterhalle I und II.	
<b>Zeitpunkt 3: 6,4 Minuten</b> Die letzte Person betritt die Schalterhalle I und II.	
<b>Zeitpunkt 4.1 (Schalterhalle I): 7,6 Minuten</b> Zu diesem Zeitpunkt betritt die letzte Person aus der Schalterhalle I den Treppenaufgang ins Freie.	<b>Zeitpunkt 4.2 (Schalterhalle II): 6,7 Minuten</b> Zu diesem Zeitpunkt betritt die letzte Person auf der Schalterhalle II den Treppenaufgang ins Freie.
<b>Zeitpunkt 5.1 (Schalterhalle I): 8,0 Minuten</b> Der U-Bahnhof ist geräumt. Zudem befinden sich die letzten Personen in einem Umkreis von 10 m um den östlichen Treppenaufgang. Diese Gehzeit wurde in der Berechnung berücksichtigt.	<b>Zeitpunkt 5.2 (Schalterhalle II): 7,1 Minuten</b> Der U-Bahnhof ist geräumt. Zudem befinden sich die letzten Personen in einem Umkreis von 10 m um den westlichen Treppenaufgang. Diese Gehzeit wurde in der Berechnung berücksichtigt.

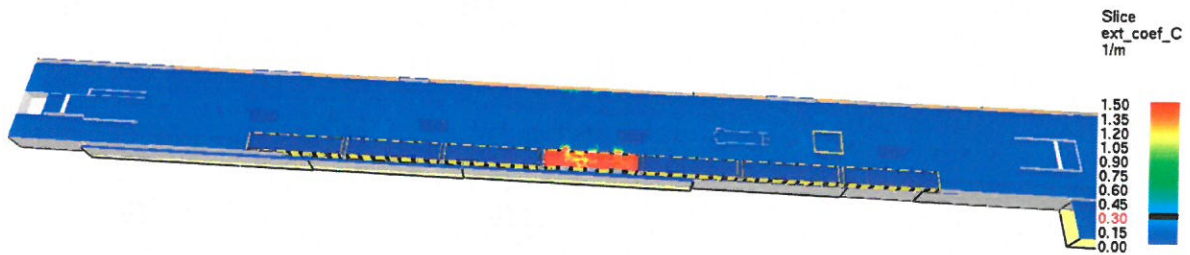
Für eine ganzheitliche Betrachtung werden darüber hinaus weitere Auswertungszeitpunkte bestimmt. Die Berechnungen der BVG liegen als Anhang dem Gutachten bei.

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

U-Bahnstation Neu-Westend

3.3 Auswertung Szenario 1: 00271-0401 – Fahrzeug in Bahnsteigmitte

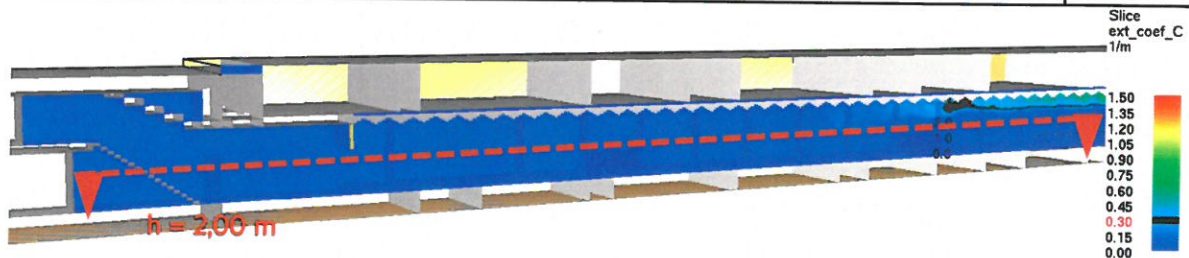
3.3.1 Szenario 1 - Zustand im Objekt nach ca. 3,4 Minuten



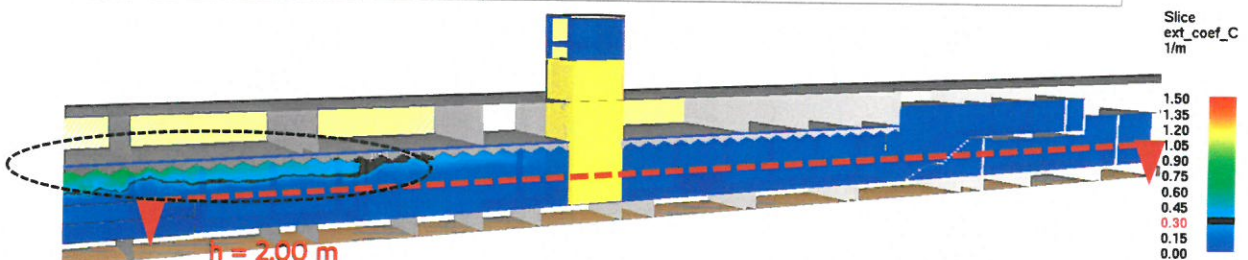
HRR: 131.6 kW  
0:03:25.2

Abbildung 23: Szenario 1 - Horizontalschnitt z = 2,0 m - 2,0 m über der Bahnsteigebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Alle Personen auf der Bahnsteigebene sind bereits nach 3,4 Minuten zu den Treppenaufgängen gelangt. In dem Schnittbild sind noch keine Rauchgasansammlungen auf der Bahnsteigebene in einem kritischen Umfang vorhanden.</p>	<p><b>Selbstrettung Bahnsteig</b></p>
--	--	---------------------------------------



HRR: 132.7 kW  
0:03:25.2



HRR: 132.7 kW  
0:03:25.2

Abbildung 24: Szenario 1 – Vertikalschnitt y = -1,6 m – Bahnsteig, oben: östlicher Bahnsteigbereich, unten: westlicher Bahnsteigbereich

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Auch in dem Vertikalschnitt sind noch keine Grenzwertüberschreitungen in einer Höhe bis 2,0 m über der Bahnsteigebene erkennbar. Unmittelbar im Bereich vor der Bahn kommt es zu ersten Rauchgasansammlungen (schwarze Markierung).</p>	<p><b>Selbstrettung Bahnsteig</b></p>
--	---	---------------------------------------

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

U-Bahnstation Neu-Westend

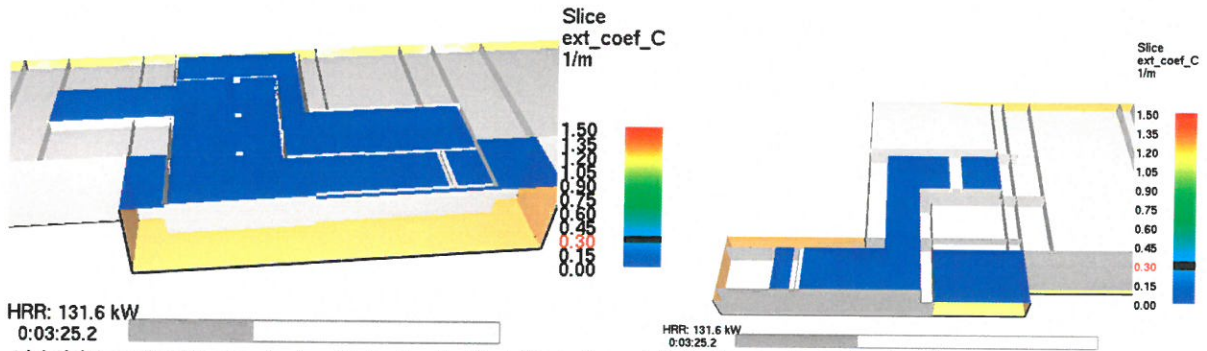


Abbildung 25: Szenario 1 – Schalterhalle I (links) und Schalterhalle II (rechts) - Horizontalschnitt z = 4,6 m – 5,0 m über der Ebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Schalterhalle und die Verteilerebene sind zu diesem Zeitpunkt frei von Rauchgasen in einer schutzzielrelevanten Konzentration.</p>	<p><b>Selbstrettung Schalterhallen I und II</b></p>
--	--	---

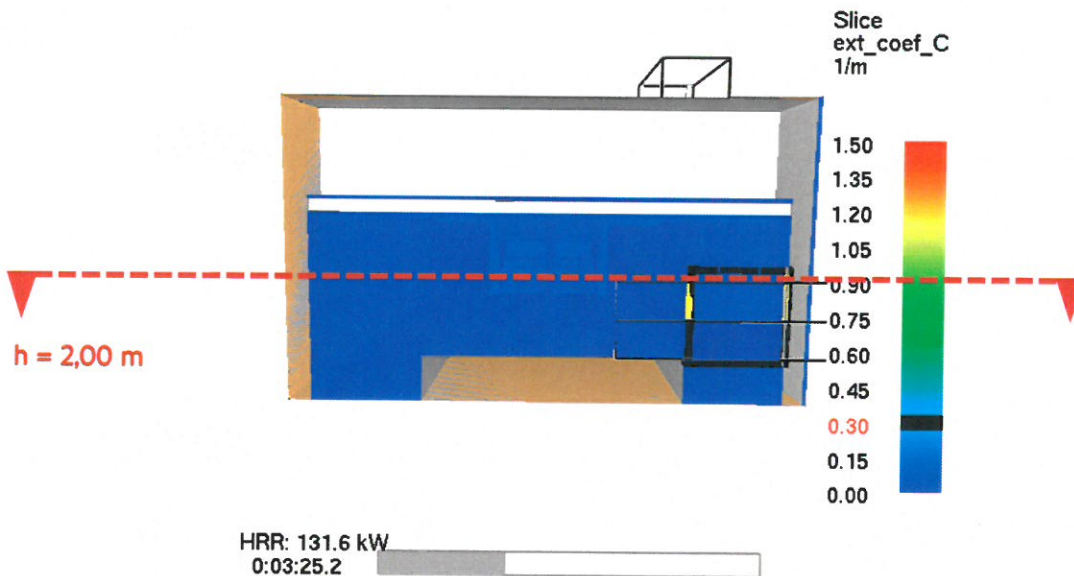


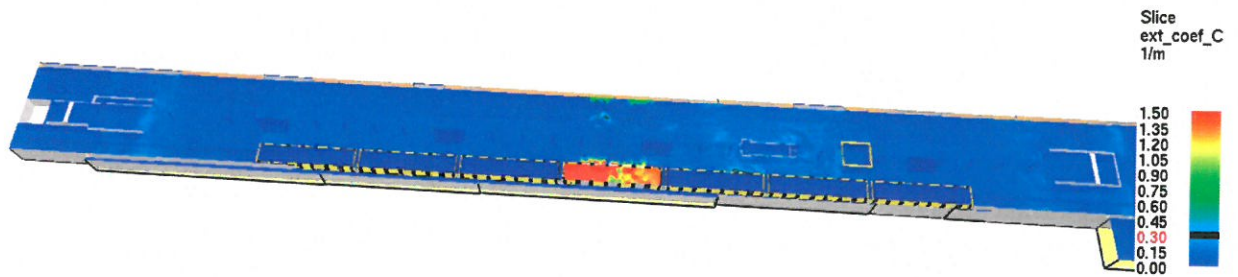
Abbildung 26: Szenario 1 – östlicher Treppenaufgang) - Vertikalschnitt x = 99,0 m

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die sich ausbreitenden Rauchgase haben zu diesem Zeitpunkt noch nicht die Rauchschränke erreicht.</p>	<p><b>Selbstrettung Bahnsteigebene</b></p>
--	---	--

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

U-Bahnstation Neu-Westend

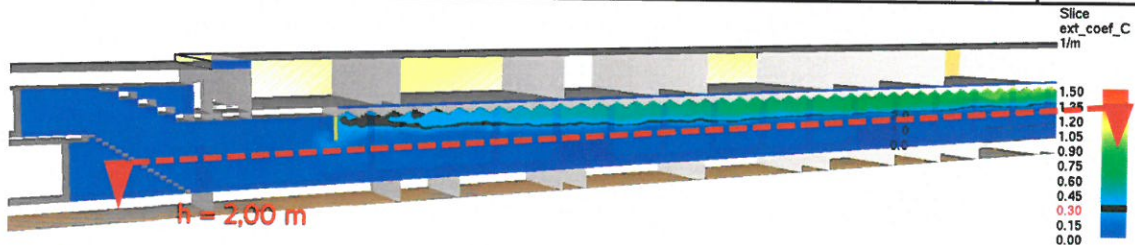
3.3.2 Szenario 1 - Zustand im Objekt nach ca. 6,4 Minuten



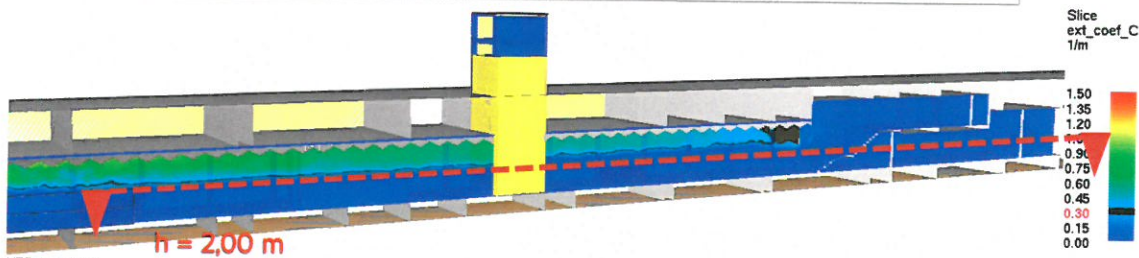
HRR: 220.4 kW  
0:06:25.2

Abbildung 27: Szenario 1 - Horizontalschnitt z = 2,0 m - 2,0 m über der Bahnsteigebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Lokal kommt es zu Rauchgasansammlungen in den Bereichen zwischen dem Brandort und dem geplanten Aufzug. Diese haben jedoch aufgrund des sehr geringen Umfangs nur unwesentlich Auswirkungen auf das Schutzziel. Die letzten Personen haben die Schalterhallen verlassen.</p>	<p><b>Selbstrettung Bahnsteigebene</b></p>
--	--	--



HRR: 220.4 kW  
0:06:25.2



HRR: 220.4 kW  
0:06:25.2

Abbildung 28: Szenario 1 - Vertikalschnitt y = -1,6 m - Bahnsteig, oben: östlicher Bahnsteigbereich, unten: westlicher Bahnsteigbereich

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Rauchgase breiten sich weiter unter der Decke aus und bewegen sich in Richtung des westlichen und östlichen Aufgangs I/1 und II/1. Es bilden sich stabile Schichten von Rauchgasen vor den Rauchschürzen aus.</p>	<p><b>Selbstrettung Bahnsteigebene</b></p>
--	---	--

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

U-Bahnstation Neu-Westend

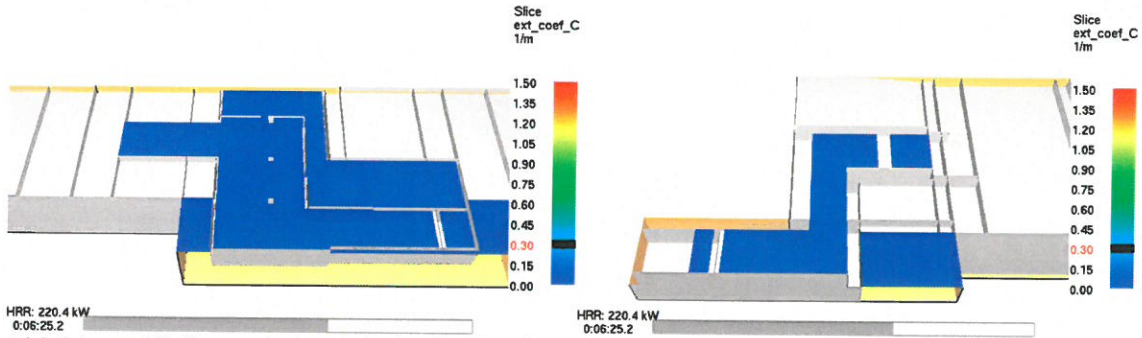


Abbildung 29: Szenario 1 – Schalterhalle I (links) und Schalterhalle II (rechts) - Horizontalschnitt z = 5,0 m – 2,0 m über der Ebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Schalterhallen I und II sind zu diesem Zeitpunkt frei von Rauchgasen in einer schutzzielrelevanten Konzentration.</p>	<p><b>Selbstrettung Schalterhallen I und II</b></p>
--	---	---

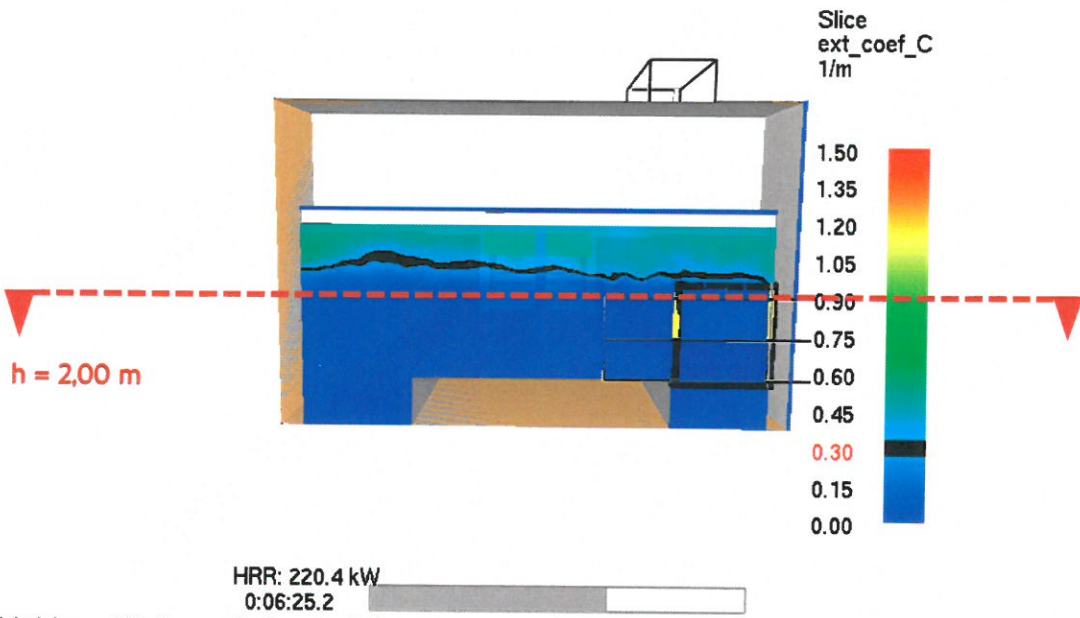


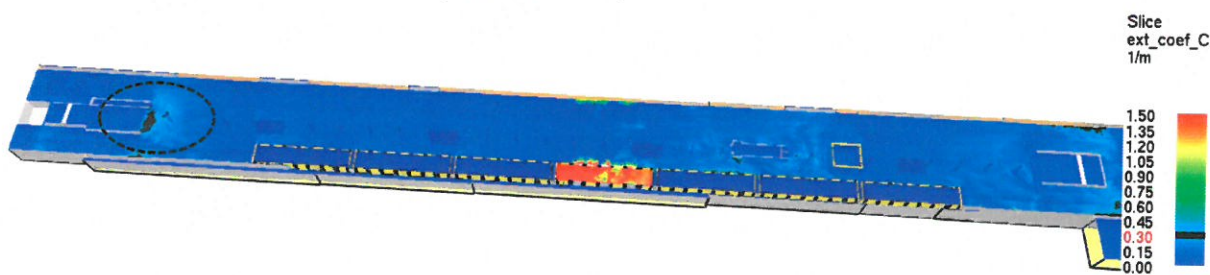
Abbildung 30: Szenario 1 – östlicher Treppenaufgang) - Vertikalschnitt x = 99,0 m

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Es breitet sich weiter eine stabile Schicht vor den Rauchschürzen aus, diese sinkt jedoch nicht unter eine schutzzielrelevante Höhe.</p>	<p><b>Selbstrettung Bahnsteigebene</b></p>
--	--	--

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

U-Bahnstation Neu-Westend

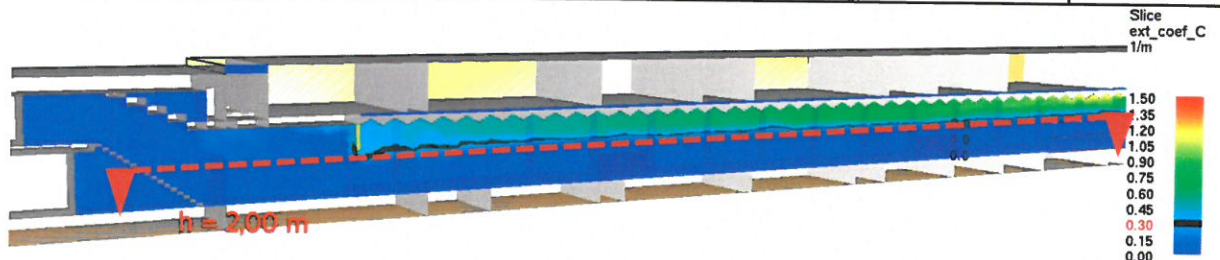
3.3.3 Szenario 1 - Zustand im Objekt nach ca. 7,1 Minuten



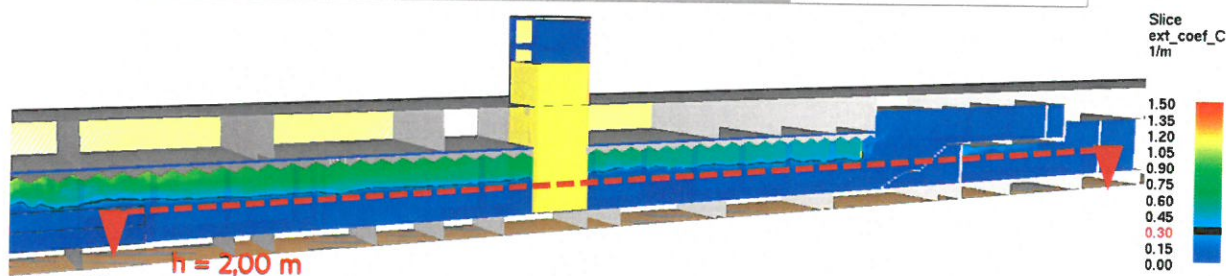
HRR: 233.1 kW  
0:07:06.6

Abbildung 31: Szenario 1 - Horizontalschnitt z = 2,0 m - 2,0 m über der Bahnsteigebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Bahnsteigebene und die Treppenaufgänge sind zu diesem Zeitpunkt geräumt. Die Rauchgasansammlungen breiten sich weiter aus. Lokal kommt es zu Grenzwertüberschreitungen (schwarze Markierung).</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	---	--------------------------------------



HRR: 233.1 kW  
0:07:06.6



HRR: 233.1 kW  
0:07:06.6

Abbildung 32: Szenario 1 – Vertikalschnitt y = -1,6 m – Bahnsteig, oben: östlicher Bahnsteigbereich, unten: westlicher Bahnsteigbereich

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Rauchgase breiten sich weiter unter der Decke aus und bewegen sich in Richtung des westlichen Aufgangs I/1. Dabei unterschreiten sie nur lokal die Höhe von 2,0 m über der Bahnsteigebene.</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	--	--------------------------------------

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

U-Bahnstation Neu-Westend

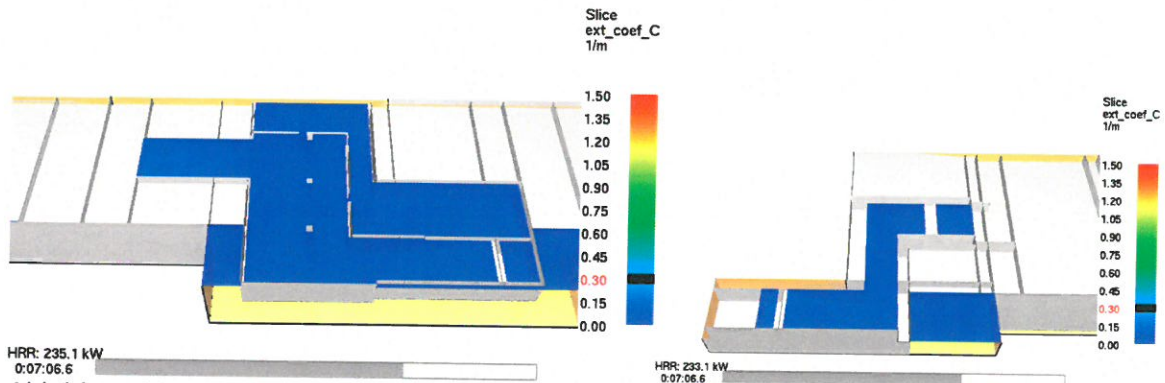


Abbildung 33: Szenario 1 – Schalterhalle I (links) und Schalterhalle II (rechts) - Horizontalschnitt z = 5,0 m – 2,0 m über der Ebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Schalterhallen I und II sind zu diesem Zeitpunkt weiterhin frei von Rauchgasen in einer schutzzielrelevanten Konzentration, die letzte Person hat das Freie betreten.</p>	<p><b>Selbstrettung Schalterhallen I und II</b></p>
--	---	---

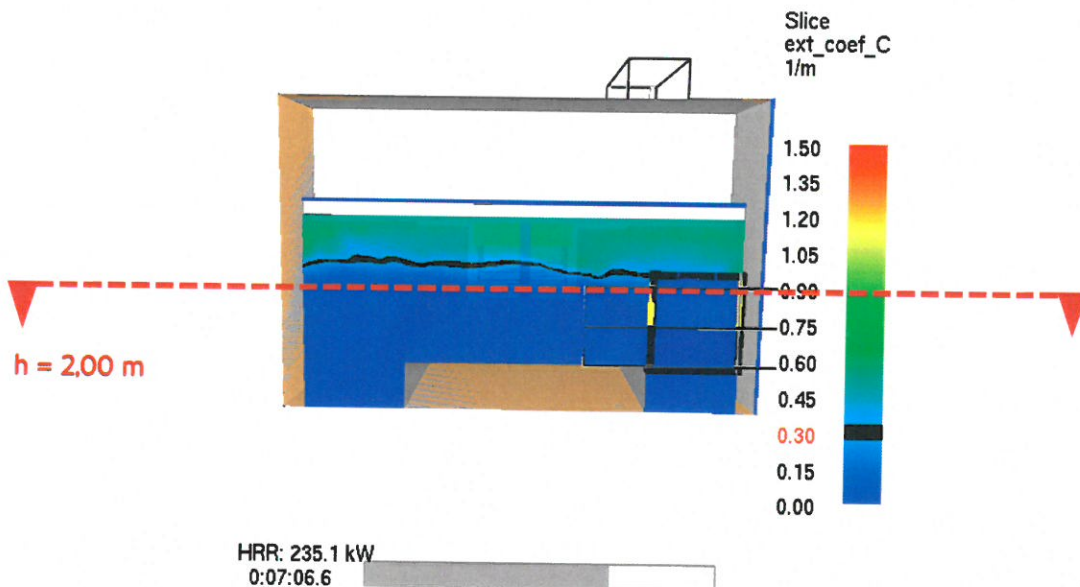


Abbildung 34: Szenario 1 – östlicher Treppenaufgang) - Vertikalschnitt x = 99,0 m

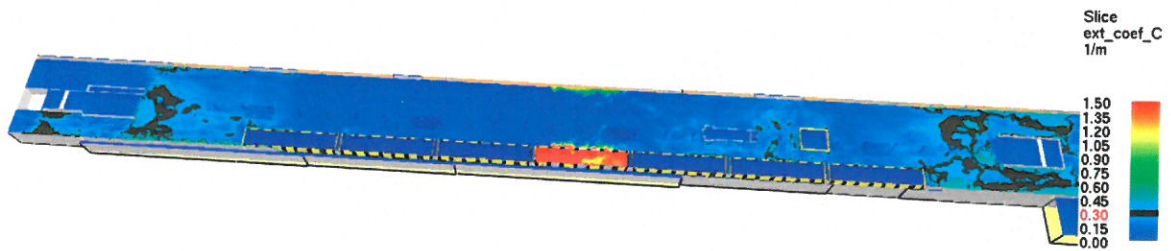
<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Es ist weiterhin eine stabile Rauchgasschichtung zu erkennen.</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	---	--------------------------------------



Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

U-Bahnstation Neu-Westend

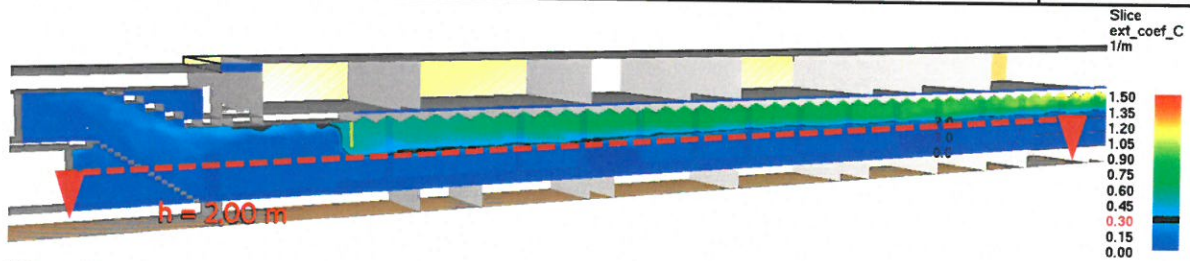
3.3.4 Szenario 1 - Zustand im Objekt nach ca. 8,0 Minuten



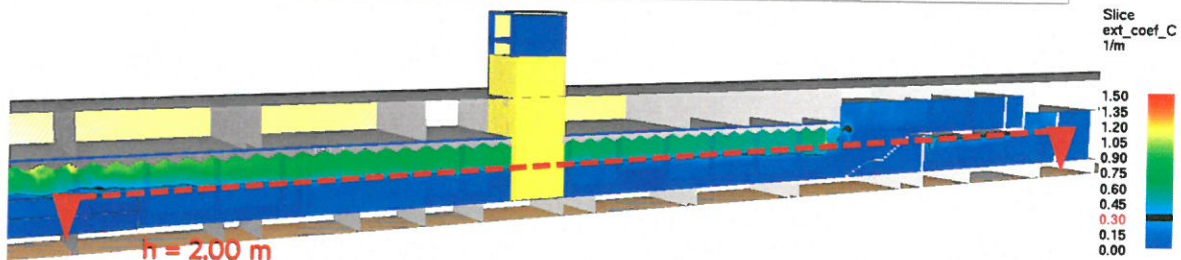
HRR: 249.8 kW  
0:08:00.6

Abbildung 35: Szenario 1 - Horizontalschnitt z = 2,0 m - 2,0 m über der Bahnsteigebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> In diesem Schnittbild sind in Teilbereichen lokale Grenzwertüberschreitungen erkennbar. Zu diesem Zeitpunkt ist die bereits U-Bahn-Station geräumt.</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	---	--------------------------------------



HRR: 249.8 kW  
0:08:00.6



HRR: 249.8 kW  
0:08:00.6

Abbildung 36: Szenario 1 – Vertikalschnitt y = -1,6 m – Bahnsteig, oben: östlicher Bahnsteigbereich, unten: westlicher Bahnsteigbereich

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Räumung der gesamten U-Bahnstation ist abgeschlossen. Die Räumung kann weiterhin sichergestellt werden, da die schutzzielrelevante Höhe in weiten Teilen nicht unterschritten wurde.</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	--	--------------------------------------

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

### U-Bahnstation Neu-Westend

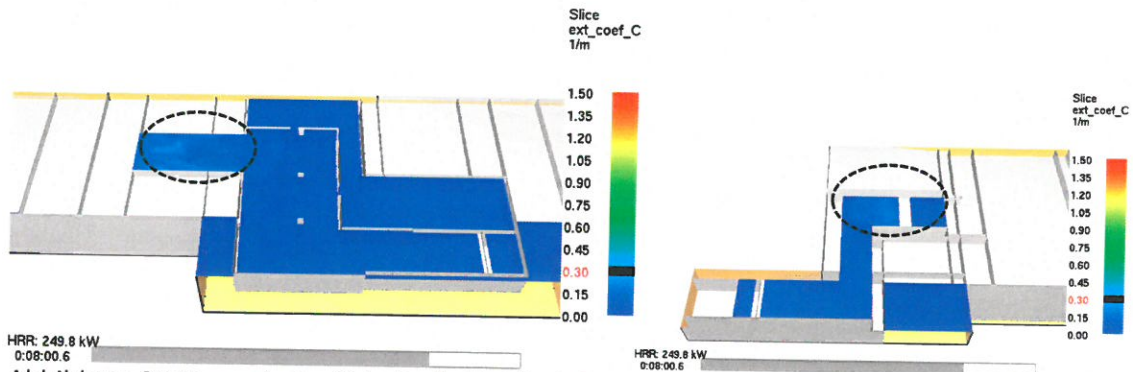


Abbildung 37: Szenario 1 – Schalterhalle I (links) und Schalterhalle II (rechts) - Horizontalschnitt z = 5,0 m – 2,0 m über der Ebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Schalterhalle ist zu diesem Zeitpunkt weiterhin frei von Rauchgasen in einer schutzzielrelevanten Konzentration. Lediglich an den Aufgängen I/1 und II/1 sind Rauchgase in einer unkritischen Konzentration erkennbar (schwarze Markierungen).</p>	<p><b>Schalterhallen I Schalterhalle II geräumt</b></p>
--	--	---

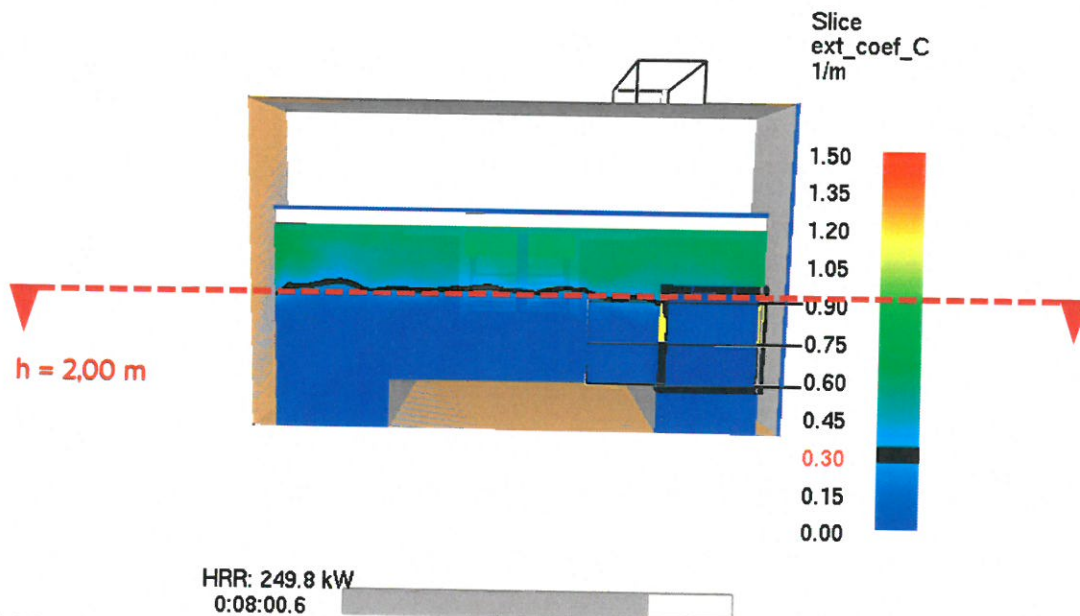


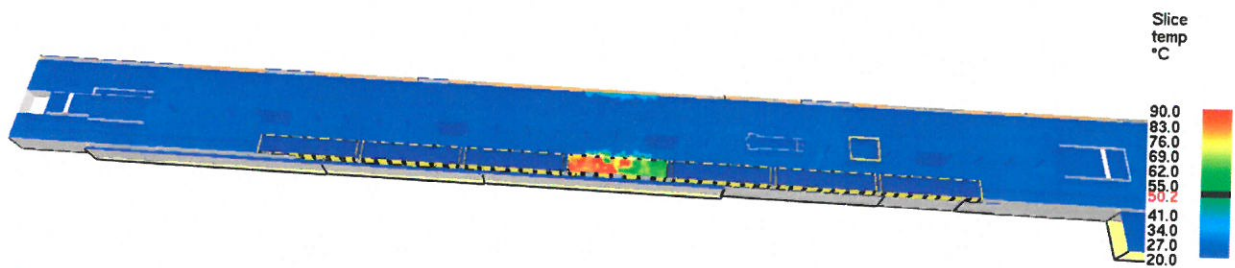
Abbildung 38: Szenario 1 – östlicher Treppenaufgang) - Vertikalschnitt x = 99,0 m

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Weiterhin ist auch zu diesem Zeitpunkt eine stabile Rauchgasschichtung erkennbar.</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	---	--

Datum 18.01.2018  
 Projektnummer T-00231  
 Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

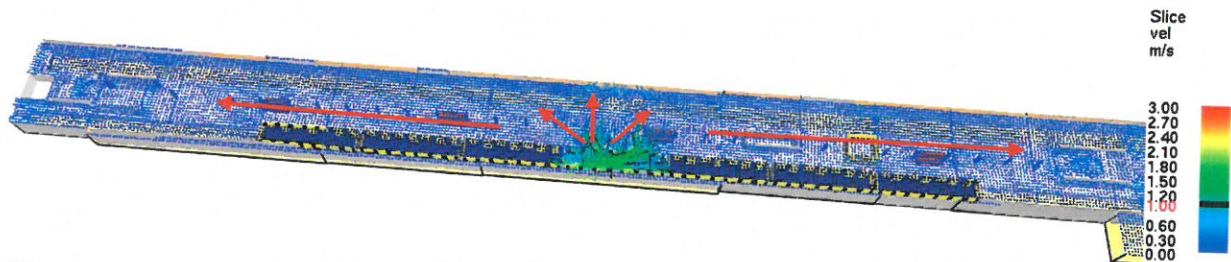
### 3.3.5 Szenario 1 – Temperatur- und Strömungszustand



HRR: 250.9 kW  
 0:08:00.6

Abbildung 39: Rauchgastemperaturen – Horizontalschnitt z = 2,0 m – nach 8,0 Minuten

<p><b>Schutzziel:</b>                  Selbstrettung                  Rauchgastemperatur &lt; 50 °C</p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b>                  Nach 8,0 Minuten (Beendigung der Selbstrettung) sind lediglich in einem eng begrenzten Bereich, in unmittelbarer Nähe zu der Brandquelle (Bahn), Grenzwertüberschreitungen erkennbar. Demzufolge kann das Schutzziel Selbstrettung, bezogen auf eine kritische Rauchgastemperatur von 50 °C, über den gesamten Zeitraum gewährleistet werden. Auf der Verteilerebene treten nach 8,0 Minuten ebenfalls keine erhöhten Temperaturen unter der Schutzhöhe von 2,0 m auf.</p>	<p><b>Selbstrettung                  Bahnsteigebene</b></p>
---	---	---



HRR: 250.9 kW  
 0:08:00.6

Abbildung 40: Strömungssituation nach 8,0 Minuten – Horizontalschnitt z = 2,0 m

<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b>                  Die Strömungsbildung deckt sich im zeitlichen Verlauf, in einer Höhe von 2,0 m über dem Boden des Bahnsteiges, mit den Ausbreitungsfortschritten des Verrauchungszustandes. In dem Auswertungsschnitt sind die Querschnittsveränderungen durch die lokalen Erhöhungen der Strömungsgeschwindigkeiten erkennbar. Gerade im Bereich unmittelbar um die Brandquelle treten höhere Strömungsgeschwindigkeiten und Turbulenzen auf. In den Bereichen vor den Treppenaufgängen treten lediglich Turbulenzen auf. Insgesamt sind die Strömungsgeschwindigkeiten moderat.</p>
--

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

U-Bahnstation Neu-Westend

3.4 Auswertung Szenario 2: 00271-0301 – Fahrzeug am östlichen Bahnsteigende

3.4.1 Szenario 2 - Zustand im Objekt nach ca. 3,4 Minuten

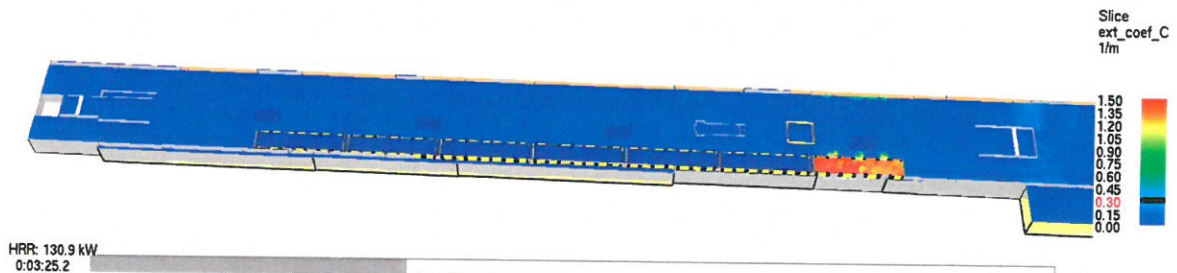


Abbildung 41: Szenario 2 - Horizontalschnitt z = 2,0 m - 2,0 m über der Bahnsteigebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Alle Personen auf der Bahnsteigebene sind bereits nach 3,4 Minuten zu den Treppenaufgängen gelangt. In dem Schnittbild sind noch keine Rauchgasansammlungen in einem kritischen Umfang vorhanden.</p>	<p><b>Selbstrettung Bahnsteigebene</b></p>
--	---	--

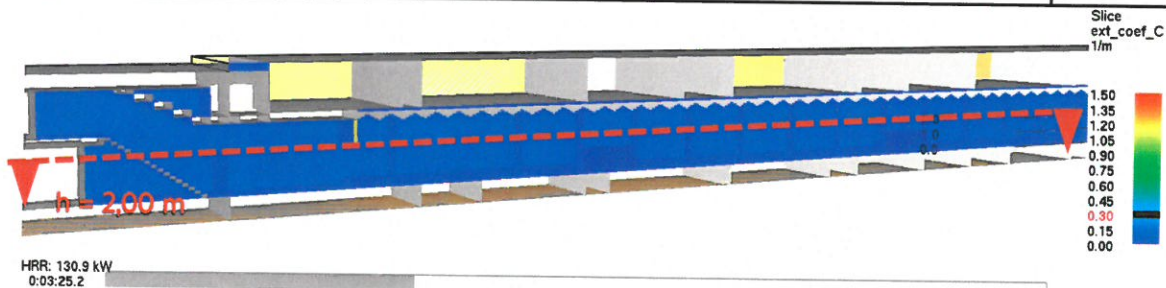


Abbildung 42: Szenario 2 – Vertikalschnitt y = -1,6 m – Bahnsteig, oben: östlicher Bahnsteigebereich, unten: westlicher Bahnsteigebereich

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Auch in dem Vertikalschnitt sind noch keine Grenzwertüberschreitungen in einer Höhe bis 2,0 m erkennbar. Unmittelbar im Bereich vor der Bahn kommt es zu ersten Rauchgasansammlungen (schwarze Markierung).</p>	<p><b>Selbstrettung Bahnsteigebene</b></p>
--	---	--

Datum 18.01.2018    Projektnummer T-00231    Status Version 1.0

**U-Bahnstation Neu-Westend**

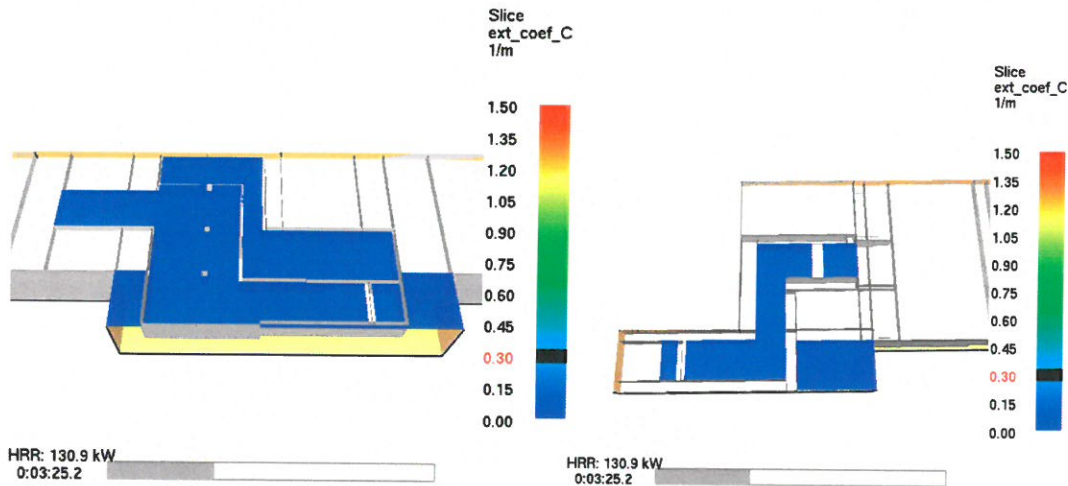


Abbildung 43: Szenario 2 – Schalterhalle I (links) und Schalterhalle II (rechts) - Horizontalschnitt z = 5,0 m – 2,0 m über der Ebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Schalterhalle I und die Schalterhalle II sind zu diesem Zeitpunkt frei von Rauchgasen in einer schutzzielrelevanten Konzentration.</p>	<p><b>Selbstrettung Schalterhallen I und II</b></p>
--	--	---

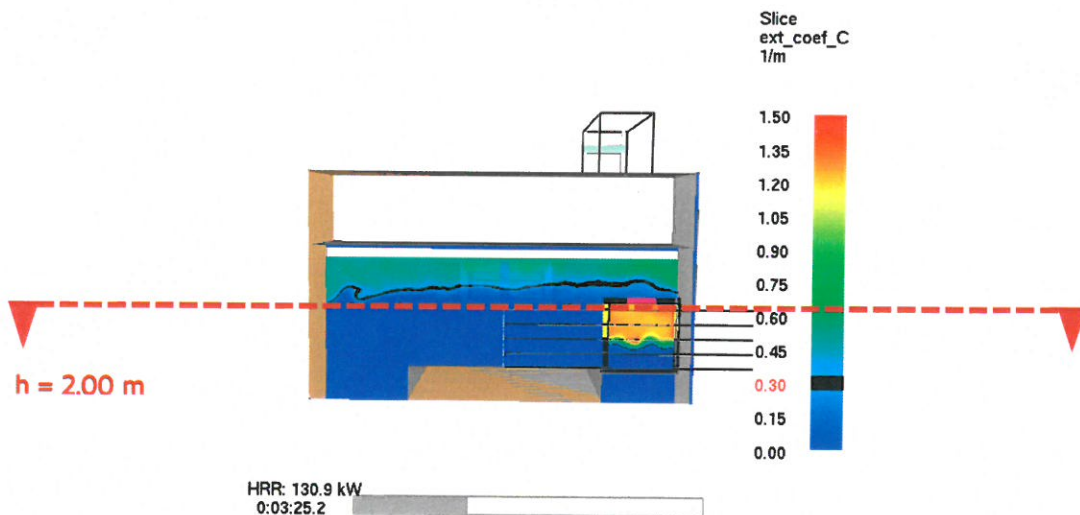


Abbildung 44: Szenario 2 – östlicher Treppenaufgang) - Vertikalschnitt x = 99,0 m

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die sich ausbreitenden Rauchgase fangen an eine stabile Schicht unter der Decke zu bilden, dabei werden sie durch die Rauchschürzen von den Treppenaufgängen ferngehalten.</p>	<p><b>Selbstrettung Bahnsteigebene</b></p>
--	--	--

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

U-Bahnstation Neu-Westend

3.4.2 Szenario 2 - Zustand im Objekt nach ca. 6,4 Minuten

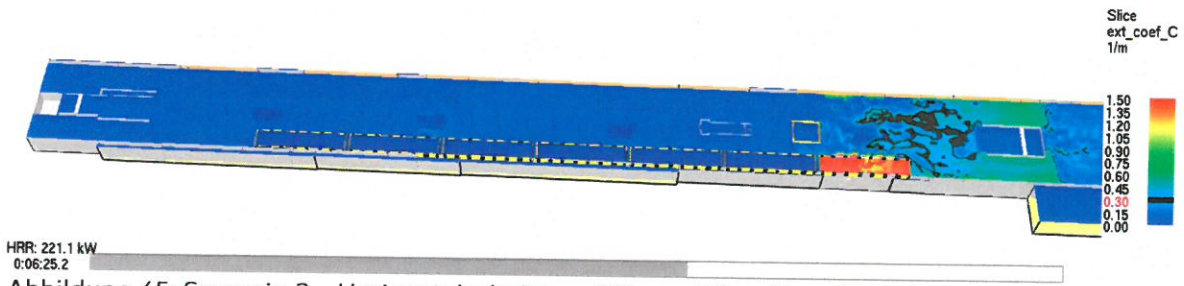


Abbildung 45: Szenario 2 - Horizontalschnitt z = 2,0 m - 2,0 m über der Bahnsteigebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Es kommt zu lokalen und temporären Rauchgasansammlungen in den Bereichen vor dem Ausgang II/1. Diese haben jedoch aufgrund des sehr geringen Umfangs nur unwesentlich Auswirkungen auf das Schutzziel. Die letzten Personen haben die Schalterhalle I und die Schalterhalle II betreten.</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	--	--------------------------------------

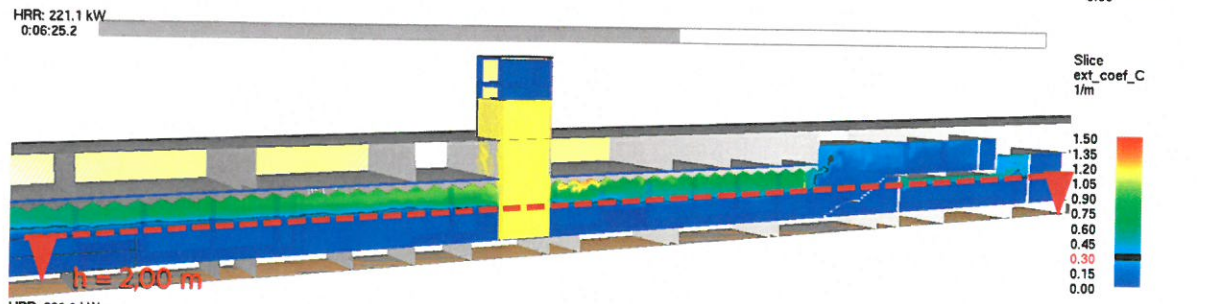
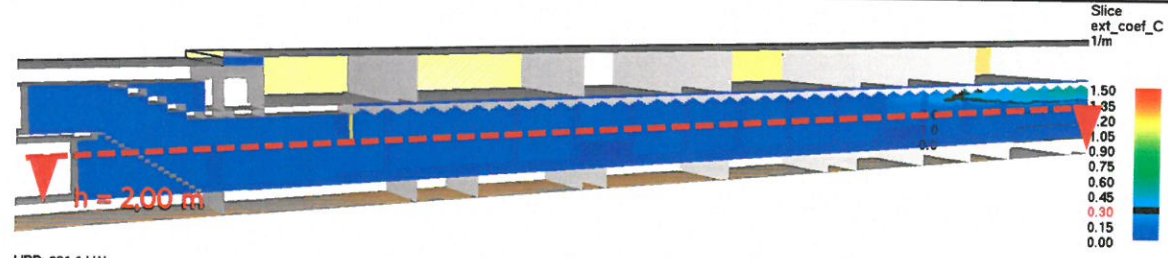


Abbildung 46: Szenario 2 – Vertikalschnitt y = -1,6 m – Bahnsteig, oben: östlicher Bahnsteigbereich, unten: westlicher Bahnsteigbereich

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Rauchgase breiten sich weiter unter der Decke aus und bewegen sich in Richtung des westlichen Aufgangs I/1. Der östliche Ausgang II/1 bleibt aufgrund der Rauchrückhaltemaßnahmen weiter rauchfrei. Am östlichen Bahnsteigende kommt es vor dem Treppenaufgang I/1 nur zu sehr geringen schutzzielrelevanten Grenzwertüberschreitungen.</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	---	--------------------------------------

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

U-Bahnstation Neu-Westend

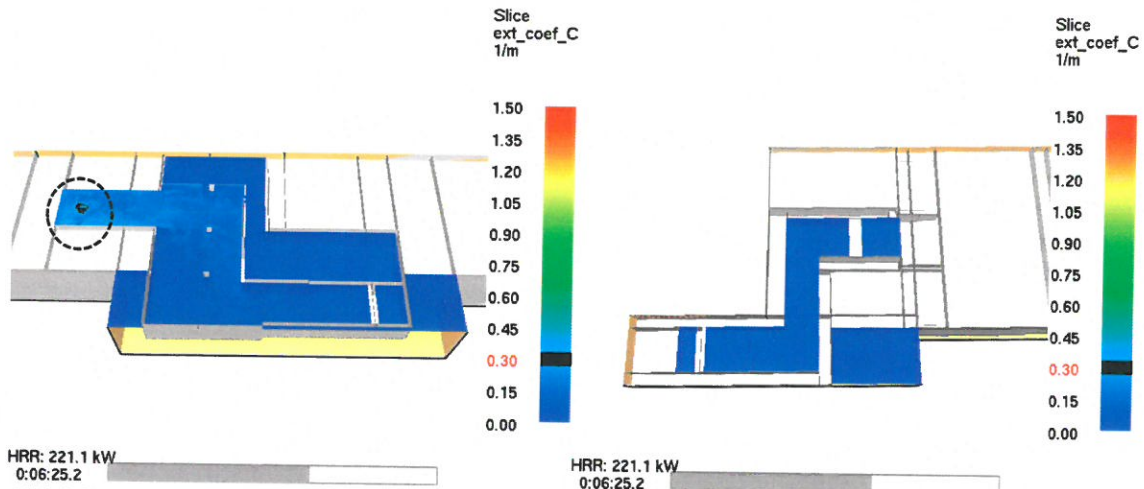


Abbildung 47: Szenario 2 – Schalterhalle I (links) und Schalterhalle II (rechts) – Horizontalschnitt z = 5,0 m – 2,0 m über der Ebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Schalterhalle II ist zu diesem Zeitpunkt frei von Rauchgasen in einer schutzzielrelevanten Konzentration, lediglich die Schalterhalle I weist in einem unrelevanten Bereich des Treppenaufgangs I/1 lokale und temporäre Konzentrationserhöhungen auf (schwarze Markierung).</p>	<p><b>Selbstrettung Schalterhalle I Selbstrettung Schalterhalle II</b></p>
--	--	--

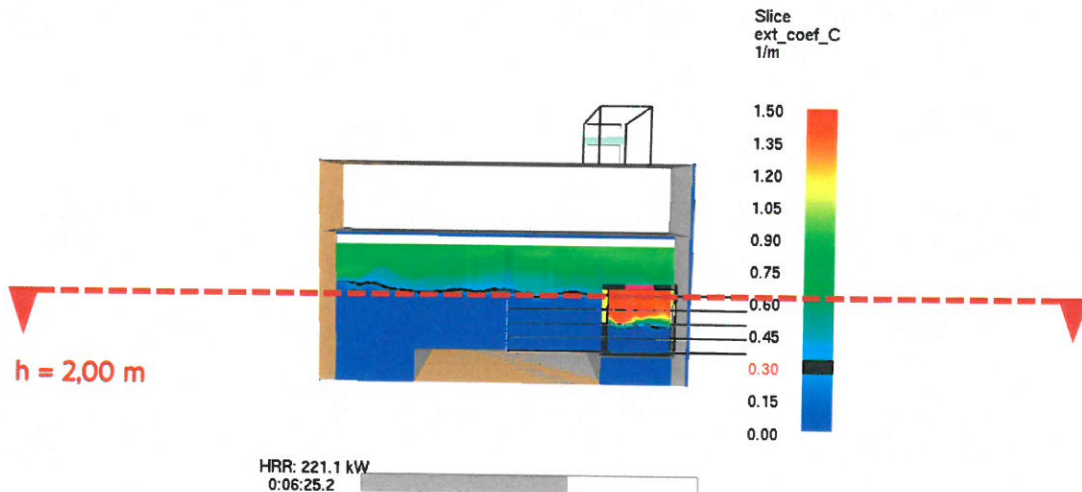


Abbildung 48: Szenario 2 – östlicher Treppenaufgang) – Vertikalschnitt x = 99,0 m

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Es breitet sich weiter eine stabile Schicht vor den Rauchschürzen aus, diese sinkt jedoch nicht unter eine schutzziel relevante Höhe.</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	---	--------------------------------------

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

U-Bahnstation Neu-Westend

3.4.3 Szenario 2 - Zustand im Objekt nach ca. 7,1 Minuten

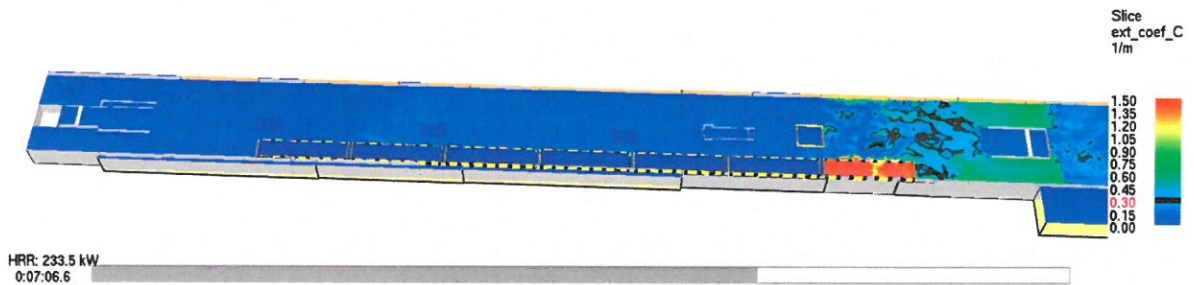


Abbildung 49: Szenario 2 - Horizontalschnitt z = 2,0 m - 2,0 m über der Bahnsteigebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Bahnsteigebene und die Treppenaufgänge sind zu diesem Zeitpunkt geräumt. Die Rauchgasansammlungen breiten sich weiter aus und am östlichen Ausgang I/1 kommt es zu lokalen Konzentrationserhöhungen.</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	--	--------------------------------------

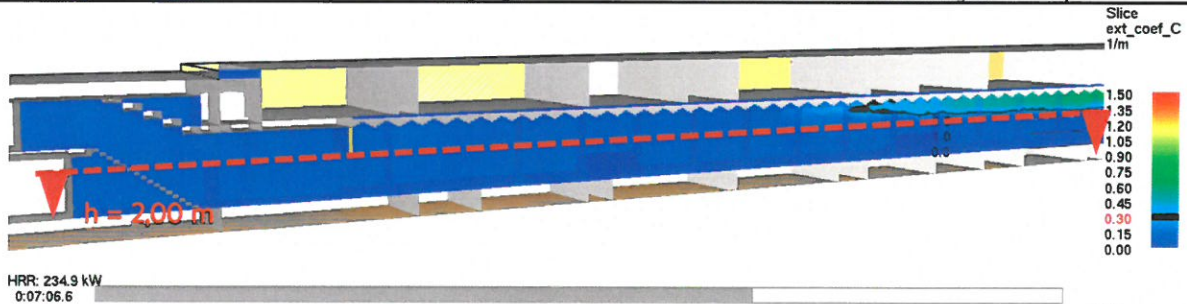


Abbildung 50: Szenario 2 – Vertikalschnitt y = -1,6 m – Bahnsteig, oben: östlicher Bahnsteigbereich, unten: westlicher Bahnsteigbereich

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Rauchgase breiten sich weiter unter der Decke aus und bewegen sich in Richtung des westlichen Ausgangs II/1. Sie unterschreiten im östlichen Bereich vor dem Ausgang I/1 nur geringfügig die Höhe von 2,0 m über dem Boden.</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	---	--------------------------------------



Datum 18.01.2018    Projektnummer T-00231    Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

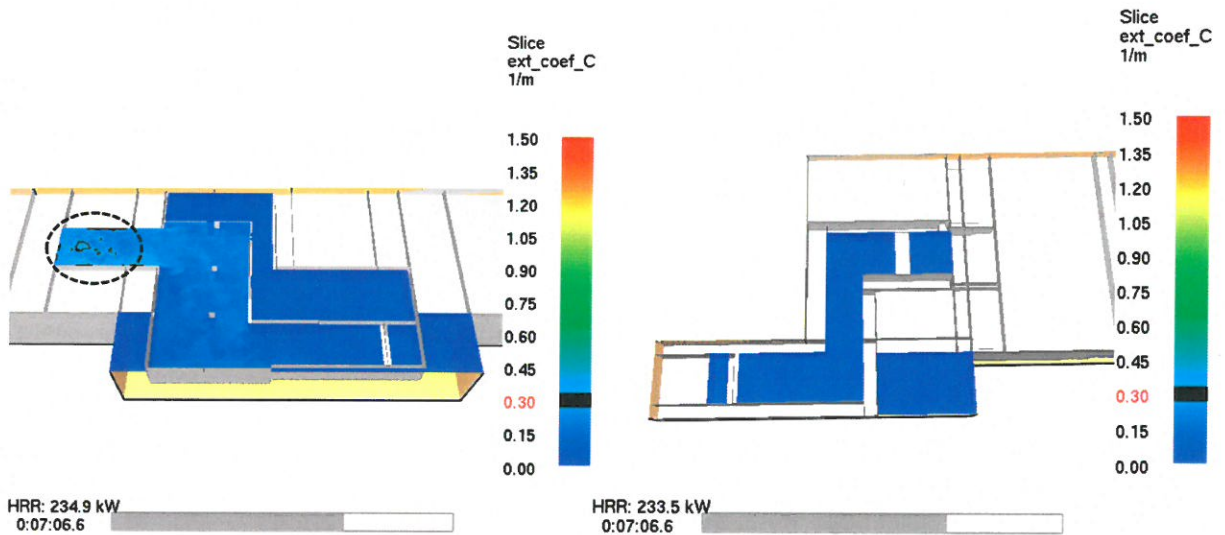


Abbildung 51: Szenario 2 – Schalterhalle I (links) und Schalterhalle II (rechts) - Horizontalschnitt z = 5,0 m – 2,0 m über der Ebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Schalterhalle II ist zu diesem Zeitpunkt frei von Rauchgasen in einer schutzzielrelevanten Konzentration, lediglich die Schalterhalle I weist im Bereich des Treppenaufgangs lokale Konzentrationserhöhungen auf.</p>	<p><b>Selbstrettung Schalterhalle I Schalterhalle II</b></p>
--	---	--

Datum 18.01.2018  
 Projektnummer T-00231  
 Status Version 1.0

**U-Bahnstation Neu-Westend**

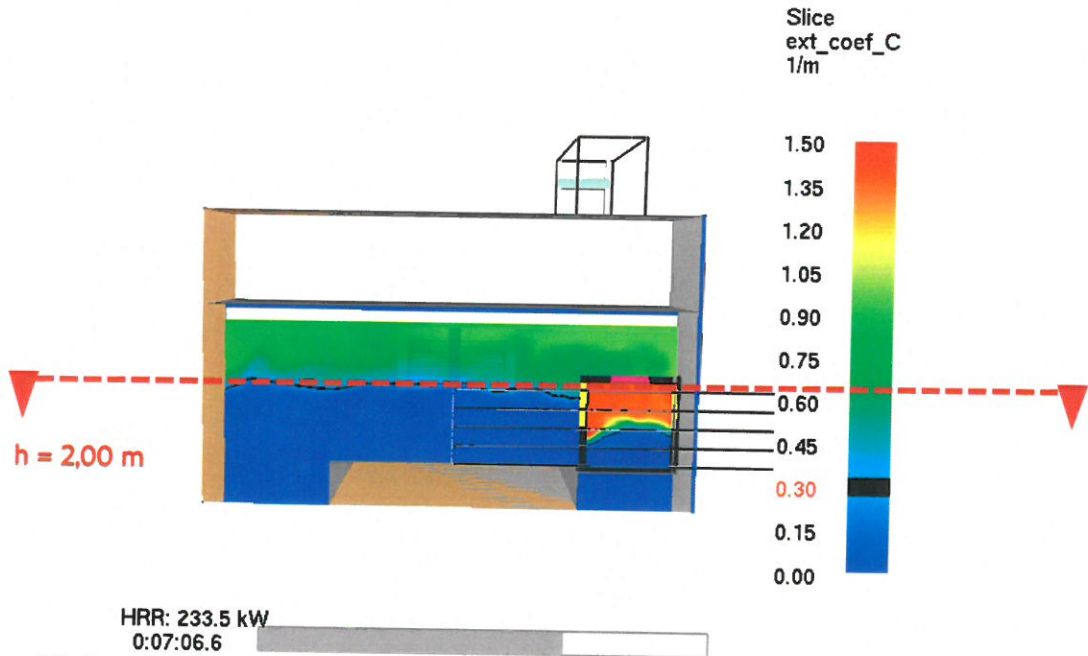


Abbildung 52: Szenario 2 – östlicher Treppenaufgang - Vertikalschnitt x = 99,0 m

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b>                  Extinktionskoeffizient während                  der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b>                  Es breitet sich weiter eine stabile Schicht vor den Rauchschrüben aus,                  diese sinkt jedoch nur geringfügig unterhalb der Schutzzielhöhe.</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	---	--

Datum 18.01.2018    Projektnummer T-00231    Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### 3.4.4 Szenario 2 - Zustand im Objekt nach ca. 8,0 Minuten

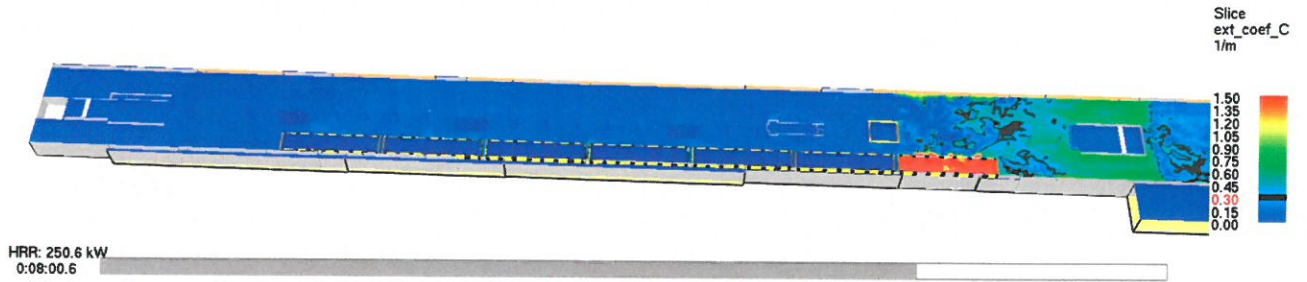


Abbildung 53: Szenario 2 - Horizontalschnitt z = 2,0 m - 2,0 m über der Bahnsteigebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> In diesem Schnittbild sind Grenzwertüberschreitungen am östlichen Aufgang I/1 erkennbar. Zu diesem Zeitpunkt ist die bereits U-Bahn-Station geräumt.</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	--	--------------------------------------

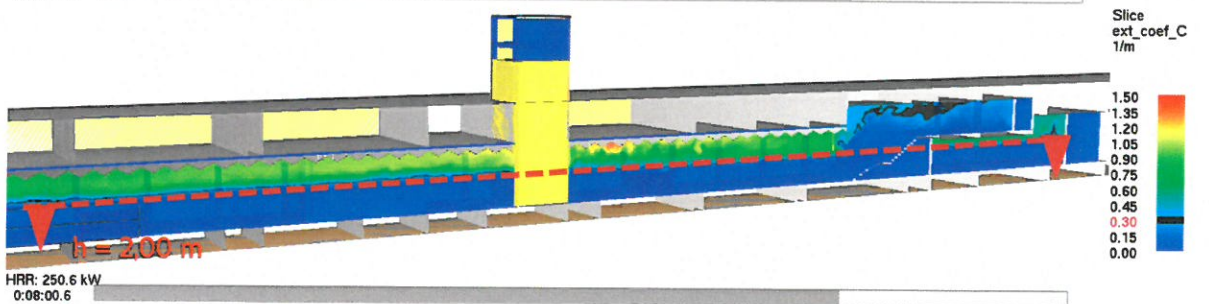
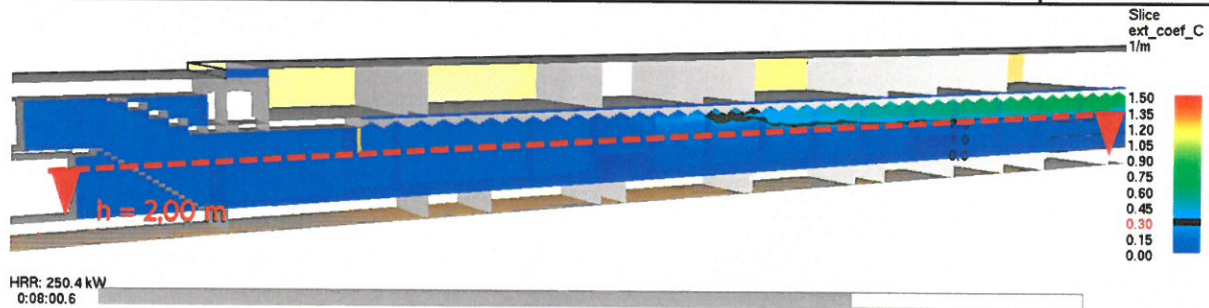


Abbildung 54: Szenario 2 - Vertikalschnitt y = -1,6 m - Bahnsteig, oben: östlicher Bahnsteigebereich, unten: westlicher Bahnsteigebereich

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Räumung der gesamten U-Bahnstation ist abgeschlossen. Im Bereich des Treppenaufgangs I/1 wird die schutzzielrelevante Konzentration überschritten. Dennoch kann das Schutzziel eingehalten werden, da die Bahnsteigebene bereits geräumt ist.</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	---	--------------------------------------

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

U-Bahnstation Neu-Westend

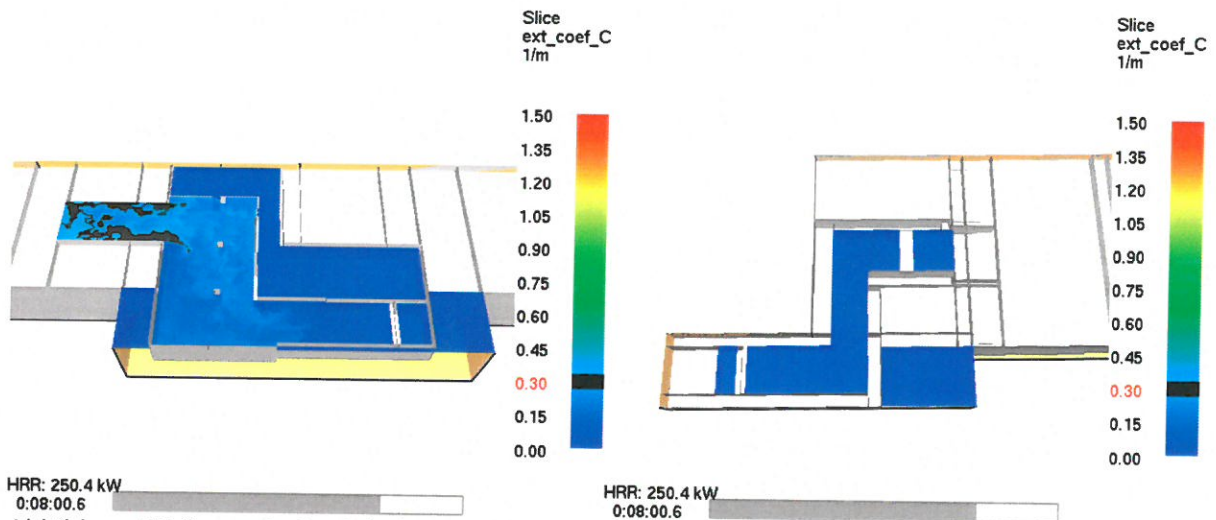


Abbildung 55: Szenario 2 – Schalterhalle I (links) und Schalterhalle II (rechts) - Horizontalschnitt z = 5,0 m – 2,0 m über der Ebene

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die Schalterhalle II ist zu diesem Zeitpunkt weiterhin frei von Rauchgasen in einer schutzzielrelevanten Konzentration. Im Bereich des Treppenaufgangs in der Schalterhalle I dringen weiter Rauchgase in einer schutzzielrelevanten Konzentration ein.</p>	<p><b>Schalterhalle I geräumt</b> <b>Schalterhalle II geräumt</b></p>
--	---	---

Datum 18.01.2018    Projektnummer T-00231    Status Version 1.0

**U-Bahnstation Neu-Westend**

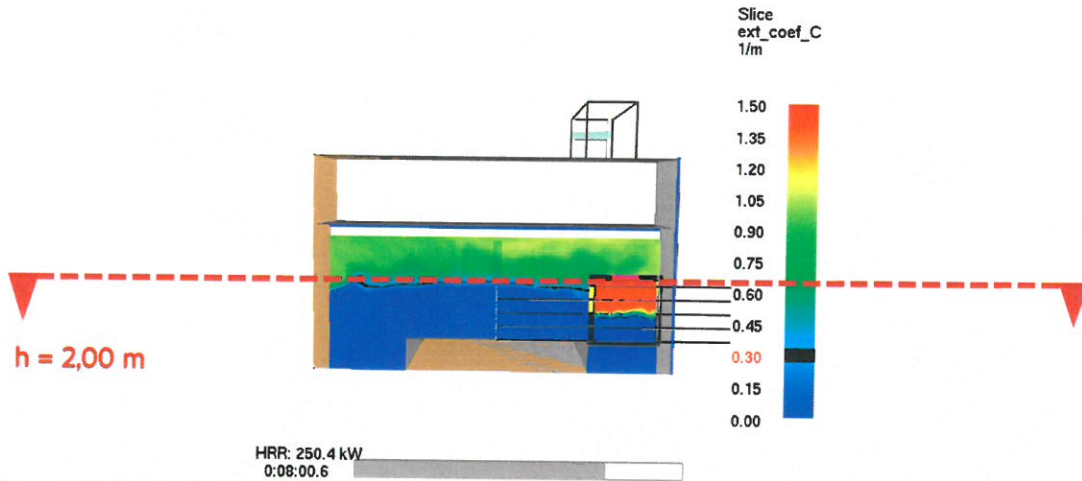


Abbildung 56: Szenario 2 – östlicher Treppenaufgang) - Vertikalschnitt x = 99,0 m

<p><b>Schutzziel Selbstrettung:</b> Extinktionskoeffizient während der Selbstrettungsphase &lt; 0,3 m<sup>-1</sup></p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Die stabile Rauchschiicht staut sich weiterhin an der Rauchschrürze am östlichen Bahnsteigende und und strömen in den Treppenaufgang I/1 ein.</p>	<p><b>Bahnsteigebene geräumt</b></p>
--	---	--------------------------------------

**3.4.5 Szenario 2 – Temperatur- und Strömungszustand**

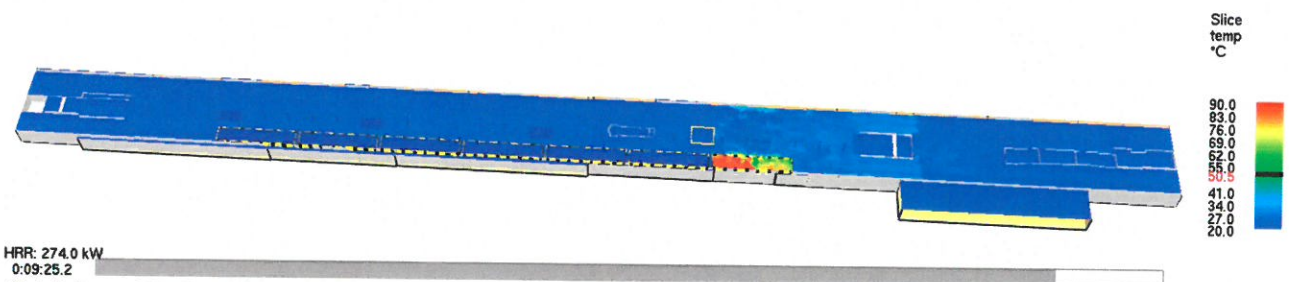


Abbildung 57: Rauchgastemperaturen – Horizontalschnitt z = 2,0 m – nach 8,0 Minuten

<p><b>Schutzziel: Selbstrettung</b> Rauchgastemperatur &lt; 50 °C</p>	<p><b>Beurteilung und ggf. Kommentar:</b> Nach 8,0 Minuten (Beendigung der Selbstrettung) sind lediglich in einem eng begrenzten Bereich, in unmittelbarer Nähe zu der Brandquelle (Bahn) und in unmittelbarer Nähe zum Treppenaufgang I/1, Grenzwertüberschreitungen erkennbar. Demzufolge kann das Schutzziel Selbstrettung, bezogen auf eine kritische Rauchgastemperatur von 50 °C, über den gewährleistet werden.</p>	<p><b>Selbstrettung Bahnsteigebene</b></p>
---	--	--

Datum 18.01.2018    Projektnummer T-00231    Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

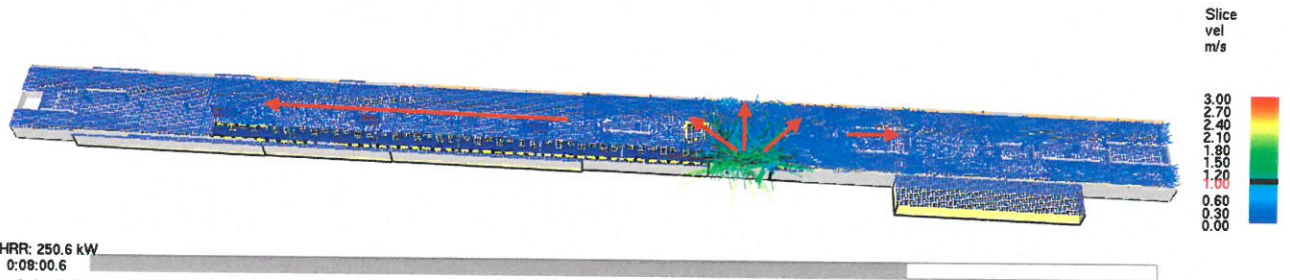


Abbildung 58: Strömungssituation nach 8,0 Minuten– Horizontalschnitt  $z = 2,0$  m

### Beurteilung und ggf. Kommentar:

Die Strömungsbildung deckt sich im zeitlichen Verlauf, in einer Höhe von 2,0 m über dem Boden des Bahnsteiges, mit den Ausbreitungsfortschritten des Verrauchungszustandes. In dem Auswertungsschnitt sind die Querschnittsveränderungen durch die lokalen Erhöhungen der Strömungsgeschwindigkeiten erkennbar. Gerade im Bereich unmittelbar um die Brandquelle und vor dem Treppenaufgang I/1 treten Turbulenzen und höhere Geschwindigkeiten auf. Insgesamt sind die Strömungsgeschwindigkeiten moderat.

Datum	Projektnummer	Status
18.01.2018	T-00231	Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### 4 Bewertung der Ergebnisse

Im Rahmen des Brandsimulationsgutachtens wurde durch eine Feldmodellberechnung (Brandsimulation) die Verrauchung und der Temperaturzustand unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Brandereignissen untersucht. Des Weiteren wurde seitens der BVG eine Räumungsberechnung auf Grundlage der amerikanischen Richtlinie NFPA 130 durchgeführt.

Für das zu berücksichtigende Schienenfahrzeug (A3L) liegt ein Arbeitsblatt für die Brandsimulationsberechnung der Brandschutzfirma Brandschutz Consult – Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig vor, sodass brandspezifische Parameter für die Brandsimulation herangezogen werden können. Demnach ist eine Betrachtung der Energiefreisetzungskurve nach Kap. 5.3.1 der TRStrab BS nicht erforderlich.

In Hinblick auf die Schutzzielbetrachtung der Selbstrettung konnte insgesamt nachgewiesen werden, dass die Rauchgasschichtgrenze nur unwesentlich unter die Schutzzielhöhe von 2,0 m in dem Bereich der flüchtenden Personen abgesunken ist.

#### Brandszenario 1 – Bahnbrand in der Mitte des Bahnsteigs

Bei Positionierung der Bahn in Bahnsteigmitte wird die Selbstrettung der Personen vollumfänglich sichergestellt. Während der Selbstrettung sinken die Rauchgase, in den Bereichen in denen sich flüchtende Personen aufhalten, nicht unter die Schutzzielhöhe von 2,0 m (raucharme Schicht) ab. Die Rauchgastemperaturen steigen in dem Zeitraum der Räumung der Station nicht über den Grenzwert von 50 °C in einer schutzzielrelevanten Höhe.

In der Simulation bzw. in der Räumungsberechnung wurde konservativ ein zeitlicher Puffer berücksichtigt. Dabei wurde angenommen, dass die Räumung erst abgeschlossen ist, wenn sich alle Personen in einen Umkreis von 10 m um die Ausgänge befinden.

#### Brandszenario 2 - Bahn im Drittelspunkt des Bahnsteigs (östliches Bahnsteigende)

Vor Beendigung der Selbstrettung kam es zu keiner kritischen Verrauchung der Rettungswege in einem schutzzielrelevanten Umfang. Durch die Rauchschrägen werden ein Großteil der Rauchgase zurückgehalten. Aufgrund der Positionierung des Brandortes (am östlichen Bahnsteigende) gelangen früher Rauchgase in einer kritischen Konzentration in die Schalterhalle I. Dabei traten geringfügig lokale Rauchgasansammlungen in Bereichen auf, in denen sich jedoch keine Personen mehr aufhalten. Demnach konnte das Schutzziel nachgewiesen werden. Die Rauchgastemperaturen steigen in diesem Szenario ebenfalls nicht über 50 °C in einer schutzzielrelevanten Höhe.

Auch in diesem Bemessungsszenario wurde der bereits oben genannte zeitliche Puffer berücksichtigt.

Datum  
18.01.2018Projektnummer  
T-00231Status  
Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### Gegenüberstellung Verrauchungs- und Räumungszeiten

Betrachtungsgegenstand (Lage/Ort)	Zeitpunkt der akuten Verrauchung Szenario 1 [00271-0401]	Zeitpunkt der akuten Verrauchung Szenario 2 [00271-0301]	Zeitpunkt der vollständigen Räumung
Bahnsteigebene (Bereich vor dem westlichen Treppenaufgang II/1)	9,0 Minuten	> 10,0 Minuten <sup>*)</sup>	6,2 Minuten
Bahnsteigebene (Bereich vor dem östlichen Treppenaufgang I/1)	9,0 Minuten	8,0 Minuten	6,2 Minuten
westlicher Treppenaufgang II/1 (Schalterhalle II)	9,5 Minuten	> 10,0 Minuten <sup>*)</sup>	6,4 Minuten
östlicher Treppenaufgang I/1 (Schalterhalle I)	9,5 Minuten	8,0 Minuten	6,4 Minuten
Schalterhalle II (Bereich vor der Treppe ins Freie)	10,0 Minuten	> 10,0 Minuten <sup>*)</sup>	7,6 Minuten
Schalterhalle I (Bereich vor der Treppe ins Freie)	10,0 Minuten	10,0 Minuten	6,7 Minuten
Westliche Treppe ins Freie (Aufgang II/2)	> 10,0 Minuten <sup>*)</sup>	> 10,0 Minuten <sup>*)</sup>	8 Minuten
Östliche Treppe ins Freie (Aufgang I/2)	> 10,0 Minuten <sup>*)</sup>	> 10,0 Minuten <sup>*)</sup>	7,1 Minuten

\*) Für die schutzzielorientierte Betrachtung während der Selbstrettungsphase wurde die Brandsimulation für einen Zeitraum von ca. 10 Minuten erstellt.



Datum	Projektnummer	Status
18.01.2018	T-00231	Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### D. Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Dokumentation zur rechnerischen Brandsimulation wurde eine brandschutztechnische Bewertung des

#### U-Bahnstation Neu-Westend

mit Hilfe von ingenieurmäßigen Verfahren brandschutztechnisch vorgenommen. Zur Untersuchung der Situation wurden für den Brandfall mit Hilfe eines rechnerischen Feldmodells (Brandsimulationsprogramm FDS), auf Grundlage der Kubatur des Gebäudes, die maßgebenden Bemessungsbrände berechnet und ausgewertet. Zur Modellierung der Geometrie und der Bemessungsbrände wurden Veröffentlichungen des National Instituts for Standards and Technology (NIST, USA), der vfdb-Leitfaden – Ingenieurmethoden im Brandschutz sowie weitere Fachliteratur und das Fahrzeuggutachten inkl. der Anlage „Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung“ herangezogen.

Für die Brandsimulation wurde die Energiefreisetzungskurve anhand der Anlage 3 „Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung“ modelliert. Die Brandparameter aus dem Gutachten wurden vollständig berücksichtigt. Um möglichst konservative und umfangreiche Ergebnisse zu erzeugen, wurde der Bemessungsbrand (Bahn) am östlichen Bahnsteigende und in der Mitte des Bahnsteiges positioniert und ausgewertet. Die Personenzahl wurde seitens der BVG mithilfe des EBA-Verfahrens bestimmt. Demzufolge wurde von einer Vollbesetzung der Züge ausgegangen. Zusätzlich wurden 30 % der Personen eines vollbesetzten Zuges als „wartende Personen“ auf dem Bahnsteig berücksichtigt. Im Rahmen der zuvor beschriebenen Szenarien konnte festgestellt werden, dass für das Objekt aufgrund der Alarmierung und den baulichen Gegebenheiten die Selbstrettung möglich ist.

Die vorstehenden Aussagen sind nur unter der Voraussetzung zutreffend, dass der zugrunde liegende Planstand weiterhin eingehalten wird. Die im Brandschutzkonzept beschriebenen Maßnahmen sind im Rahmen der Simulation berücksichtigt worden, sodass Änderungen am Brandschutzkonzept eine Überprüfung in Bezug auf die Simulationsergebnisse erfordern. Eine Änderung der Randbedingungen macht in jedem Fall eine Überprüfung der Auswirkungen erforderlich. Die Anforderungen dieses Gutachtens gelten ausschließlich für das oben genannte Projekt und können auf andere Bauvorhaben nicht übertragen werden.

Essen, den 18.01.2018



---

Dipl.-Ing. Markus Kraft  
Staatlich anerkannter Sachverständiger  
für die Prüfung des Brandschutzes



---

Bearbeiter  
M. Sc. Julian Park  
Brandschutzsachverständiger

Datum 18.01.2018  
Projektnummer T-00231  
Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### E. Beurteilungsgrundlagen

#### E.1 Rechtliche Grundlagen

Die nachfolgend aufgeführten Gesetze, Verordnungen und die baurechtlichen Regelwerke werden im vorliegenden Gutachten angewendet:

##### Gesetze und Verordnungen

- Personenbeförderungsgesetz (PBefG) Stand 1961; zuletzt geändert 08-2015
- Verordnung über den Bau und Betrieb von Straßenbahnen (BOStrab) vom 11.12.1987 (zuletzt geändert 16.12.2016)
- Technische Regeln für elektrische Anlagen (TR EA) nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab) – Bearbeitungsstand Mai 2011
- Technische Regeln von Straßenbahnen – Brandschutz in unterirdischen Betriebsanlagen (TRStrab Brandschutz) nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab) – 24. Juni 2014
- Neufassung der Richtlinien für den Bau von Tunneln nach der Verordnung über den Bau und Betrieb von Straßenbahnen - BOStrab-Tunnelbau-Richtlinien - 30. April 1991
- Leitungsanlagenrichtlinie – (M-LAR) – in der Fassung von März 2000
- Lüftungsanlagen-Richtlinie – (M-LüAR), Fassung Juli 2010
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), Dezember 2014
- Bauordnung für das Land Berlin - Landesbauordnung (BauO Bln), September 2005
- ASR – Technische Regeln für Arbeitsstätten
- DIBt-Richtlinien für Feststellanlagen
- VDI 6017 – Brandfallsteuerung für Aufzüge, August 2015

##### Normen und technische Regelwerke

- DIN 4102: Brandverhalten von Bauteilen und Baustoffen – je nach Normungsteil in der zum Zeitpunkt der Konzepterstellung gültigen Fassung

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

- DIN 18095 Teil 1: Türen; Rauchschutztüren; Begriffe und Anforderungen; Normenausschuss Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 10/1988; zuletzt geändert im Mai 2009
- DIN 18095 Teil 2: Türen; Rauchschutztüren; Bauartprüfung der Dauerfunktionstüchtigkeit und Dichtheit; Normenausschuss Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 03/1991
- DIN 4066: Hinweisschilder für die Feuerwehr. Normenausschuss Feuerwehrwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 07/1997
- DIN 14095: Feuerwehrpläne für bauliche Anlagen. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 05/2007
- DIN 14096: Brandschutzordnung. Teile 1 bis 3. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 01/2000
- DIN 14675: Brandmeldeanlagen; Aufbau und Betrieb. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 11/2003
- DIN VDE 0833 - Teil 1: Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall – allgemeine Festlegung, Stand Mai 2010
- DIN VDE 0833 - Teil 2: Gefahrenmeldeanlage für Brand, Einbruch und Überfall; Festlegungen für Brandmeldeanlagen (BMA), Stand 2010
- DIN VDE 0833 - Teil 4: Gefahrenmeldeanlage für Brand, Einbruch und Überfall; Festlegungen für Anlagen zur Sprachalarmierung im Brandfall, Stand 2007
- DIN EN 50172 Sicherheitsbeleuchtungsanlagen, Stand Januar 2005
- DIN 67510: Langnachleuchtende Pigmente und Produkte; Teil 3: Langnachleuchtende Sicherheitsleitsysteme, Fassung Oktober 2002
- DVGW-Regelwerk, Blatt W 405, Löschwasserversorgung aus dem öffentlichen Trinkwassernetz, Stand Februar 2008
- BGR 133 Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Handfeuerlöschern, Stand April 1994
- DIN EN ISO 7010 Graphische Symbole - Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen - Registrierte Sicherheitszeichen – Oktober 2012
- DIN EN 3: Tragbare Feuerlöscher. Teil 1: Benennung, Funktionsdauer, Prüfobjekte und Brandklassen A und B, Stand 07/1996
- DIN 14461-1: Feuerlösch-Schlauchanschlüsseinrichtungen: Wandhydrant mit formstabilem Schlauch, Stand 07/2003
- DIN 1988-6: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI); Feuerlösch- und Brandschutzanlagen, technische Regeln des DVGW, 05/2002
- VDE 0108-100: Sicherheitsbeleuchtungsanlagen, Stand Januar 2005
- VDE 0108-718: Errichten von Niederspannungsanlagen- Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art- Bauliche Anlagen für Menschenansammlungen, Stand Oktober 2005

Datum            Projektnummer    Status  
18.01.2018    T-00231            Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

- VDE 0100-560: Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000V - Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel, Stand Juli 1995
- DIN prEN 45545-1: Bahnanwendungen-Brandschutz in Schienenfahrzeugen- Teil 1 - Allgemeine Regeln, Stand Entwurf April 2010
- DIN prEN 45545-2: Bahnanwendungen-Brandschutz in Schienenfahrzeugen- Teil 2 – Anforderungen an das Brandverhalten von Materialien und Komponenten, Stand Entwurf April 2010
- DIN prEN 45545-3: Bahnanwendungen-Brandschutz in Schienenfahrzeugen- Teil 3 – Feuerwiderstand von Feuerschutzabschlüssen, Stand Entwurf April 2010
- DIN prEN 45545-4: Bahnanwendungen-Brandschutz in Schienenfahrzeugen- Teil 4 – Brandschutzanforderungen an die konstruktive Gestaltung von Schienenfahrzeugen, Stand Entwurf April 2010
- DIN prEN 45545-5: Bahnanwendungen-Brandschutz in Schienenfahrzeugen- Teil 5 – Brandschutzanforderungen an die elektrische Ausrüstung einschließlich der von Oberleitungsbussen, spurgeführten Bussen und Magnetschwebefahrzeugen, Stand Entwurf April 2010
- DIN prEN 45545-6: Bahnanwendungen-Brandschutz in Schienenfahrzeugen- Teil 6 – Brandmelde- und Brandbekämpfungseinrichtungen und begleitende Brandschutzmaßnahmen, Stand Entwurf April 2010
- DIN prEN 45545-7: Bahnanwendungen-Brandschutz in Schienenfahrzeugen- Teil 7 – Brandschutzanforderungen an Anlagen für brennbare Flüssigkeiten und Gase, Stand Entwurf April 2010
- DIN 5510 - 1 – Vorbeugenden Brandschutz in Schienenfahrzeugen – Teil 1 Brandschutzstufen, brandschutztechnische Maßnahmen und Nachweise, Stand Oktober 1988
- DIN 5510 - 2 – Vorbeugenden Brandschutz in Schienenfahrzeugen – Teil 2 Brandschutzstufen, Brennverhalten und Brandnebenerscheinungen von Werkstoffen und Bauteilen, Klassifizierung, Anforderungen und Prüfverfahren, Stand Mai 2009
- DIN 5510 - 4 – Vorbeugenden Brandschutz in Schienenfahrzeugen – Teil 4 Konstruktive Gestaltung der Fahrzeuge, Sicherheitstechnische Anforderungen, Stand Oktober 1988
- DIN 5510 - 5 – Vorbeugenden Brandschutz in Schienenfahrzeugen – Teil 5 Elektrische Betriebsmittel, Sicherheitstechnische Anforderungen, Stand Oktober 1988
- DIN 5510 - 6 – Vorbeugenden Brandschutz in Schienenfahrzeugen – Teil 6 Begleitende Maßnahmen, Funktion der Notbremseinrichtung, Informationssysteme, Brandmeldeanlagen, Brandbekämpfungseinrichtungen, Sicherheitstechnische Anforderungen, Stand Oktober 1988
- DIN EN 81-58 – Sicherheitsregeln für die Konstruktion und Einbau von Aufzügen – Teil 58 Prüfung der Feuerwiderstandsfähigkeit von Fahrschachttüren, Stand Dezember 2003
- DIN 18024-1 – Barrierefreies Bauen – Straßen, Plätze, Wege, öffentliche Verkehrs- und Grünanlagen sowie Spielplätze, Stand Januar 1998

Datum 18.01.2018 Projektnummer T-00231 Status Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

- DIN EN 81-73 – Sicherheitsregeln für die Konstruktion und Einbau von Aufzügen – Teil 73 Verhalten von Aufzügen im Brandfall, August 2005
- Dienstanweisung des Betriebsleiters Nr.: 20 - Brandschutz der Berliner U-Bahn- 1. Fassung 13.12.2016
- Anlage 3 – Arbeitsblatt zur Brandsimulationsberechnung bezogen auf das Fahrzeug der Baureihe – A3L- 67 – Stand Mai 2009

### Literatur

- Fire on the Web – Fire Tests Data – Fire Experiment Results – National Institute for Standards and Technologie (NIST), USA – [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov) 04/2002
- P.H. Thomas, P.L. Hinkley: Technical Paper No. 7 - Investigations into the Flow of Hot Gases in Roof Ventings 1963
- P.H. Thomas, P.L. Hinkley: Technical Paper No. 10 - Design of roof-venting systems for single-storey buildings 1964
- VDI 6019 Blatt 1 – Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung aus Gebäuden – Brandverläufe, Überprüfung der Wirksamkeit Stand 05-2006
- VDI 6019 Blatt 2 – Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung aus Gebäuden – Brandverläufe, Überprüfung der Wirksamkeit Stand 06-2009
- VdS 2827 – Bemessungsbrände für Brandsimulationen und Brandschutzkonzepte 05/2000
- K. McGrattan: Fire Dynamics Simulator (Version 5) – Technical Reference Guide - NIST Special Publication 1018-5 – National Institut of Standards and Technologie 09/2009
- K. McGrattan: Fire Dynamics Simulator (Version 5) – User’s Guide - NIST Special Publication 1019-5 – National Institut of Standards and Technologie 09/2009
- Festlegung von Brandszenarien für den Entwurf von Gebäuden und für die Risikobetrachtung, U. Schneider 1995
- Ingenieurmethoden des Brandschutzes vfdb-Leitfaden – Stand 2013
- DIN 18 232-2 - Rauch- und Wärmefreihaltung –Teil 2: Natürliche Rauchabzugsanlagen (NRA); Bemessung, Anforderungen und Einbau; Deutsches Institut für Normung e.V., 2007
- VdS-Fachtagung: Ingenieurmäßige Verfahren im Brandschutz - PKW-Brand nach U. Schneider, April 1995
- National Fire Protection Association (NFPE): The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Fourth Edition
- National Fire Protection Association (NFPE): The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Fifth Edition

## U-Bahnstation Neu-Westend

- Brandschutzfirma Brandschutz Consult – Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig: Anlage 3 – Arbeitsblatt zur Brandsimulationsrechnung bezogen auf das Fahrzeug der Baureihe – A3L
- Bosch, J.W.: North-South-Line: The Development of a new Safety Concept, International Tunnel Fire and Safety Conference, Rotterdam, December 1999
- Fruin, J.J.: Designing for Pedestrians. A Level of Service Concept. Polytechnical Institute of Brooklyn.Ph.D., 1970

### E.2 Unterlagen

- Begleittext Neu-Westend: *Berechnung von Räumungszeiten für den U-Bahnhof Neu-Westend* (Stand: 14.11.2017) (VBU-KBT1 – A. Seefeld)
- Anlage zu den Berechnungen der Räumungszeiten nach NFPA 130-2010; *Anlage U-Bahnhof Neu-Westend* (VBU-KBT 1 A. Seefeldt NFPA130-2010 14.11.2017)

Datum	Projektnummer	Status
18.01.2018	T-00231	Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### F. Anhänge

#### F.1 FDS - fire dynamic simulator

Zur Untersuchung der Probleme, wie sie in der Aufgabenstellung dargestellt worden sind, wird ein EDV-gestütztes Brandsimulationsmodell eingesetzt, mit dessen Hilfe die komplexen Brandphänomene beschreibbar sind.

Prinzipiell können Brandphänomene und Verrauchungszustände mit zwei unterschiedlichen rechnerischen Ansätzen untersucht werden:

- Zonenmodelle (z.B. CFAST, MRFC,...)
- Feld- bzw. CFD-Modelle

Es wird zwischen so genannten Zonenmodellen und den wesentlich rechenintensiveren Feldmodellen unterschieden. Die Anwendung von Zonenmodellen setzt die idealisierte Annahme von homogenen Zonen voraus, wobei insbesondere die untere, kalte, rauchfreie Zone und die obere, heiße Rauchschiebt zu unterscheiden sind. Für die jeweiligen Zonen wird von einheitlichen Werten für die verschiedenen Brandraumparameter, wie z. B. Temperatur oder Rauchgaskonzentration, ausgegangen.

Da im vorliegenden Fall bei einem Brand im Objekt eine gleichmäßige Temperatur- und Rauchverteilung für alle Raumbereiche nicht zu erwarten ist, kann ein Zonenmodell mit den zuvor genannten Homogenitätsannahmen zur Betrachtung der vorgegebenen Problematik nur eingeschränkt verwendet werden.

Die numerische Brandsimulation wurde mit dem Feldmodell FDS – Version 6 (National Institut for Standards and Technologie NIST, USA) durchgeführt. Im Gegensatz zu den Zonenmodellen lassen sich beim Feldmodellansatz lokale Werte für Masse, Energie (Temperatur) und vektorielle Gasgeschwindigkeit berechnen.

Zur Beschreibung der Brandentwicklung und Brandwirkung sowie der Ausbreitung von Verbrennungsprodukten im Feldmodell bedarf es der orts- und zeitabhängigen Berechnung der entsprechenden physikalischen Parameter.

Die Berechnung basiert auf der Lösung der thermodynamischen Grundgleichungen, die sich als ein nicht lineares System partieller Differenzialgleichungen darstellen lassen.

Datum  
18.01.2018Projektnummer  
T-00231Status  
Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

Kontinuitätsgleichung (Massenerhaltung):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{v}) = \dot{m}'''$$

Energiegleichung:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho e) + \vec{\nabla} \cdot (\rho e \vec{v}) = -p \vec{\nabla} \cdot \vec{v} + \dot{Q}'''$$

Impulsgleichung (Navier-Stokes-Gleichung):

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \vec{v}) + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{v} \vec{v}) = -\vec{\nabla} p + \rho \vec{g}$$

mit  $\rho$  : Dichte  
 $e$  : innere Energie  
 $\vec{v}$  : Vektor der Strömungsgeschwindigkeit  
 $p$  : Druck  
 $\dot{Q}'''$  : Quellterm der freigesetzten Energie

Mit diesem allgemeinen Ansatz, einschließlich einer Reihe von Nebenbedingungen, lässt sich die auftriebsbehaftete Konvektionsströmung eines idealen, viskosen, wärmeleitenden Gases beschreiben.

Um das oben beschriebene Gleichungssystem von gekoppelten, nichtlinearen, partiellen Differentialgleichungen zu lösen, wird im Brandsimulationsmodell FDS die Methode der finiten Differenzen angewendet. Dazu wird das betrachtete Lösungsgebiet in eine Vielzahl kleiner Zellen unterteilt wobei ein Rechengitter entsteht, welches den ganzen Raum unterteilt.

Das numerische Lösungsverfahren erbringt als Ergebnis die lokalen Werte für die

- Sichtweite, optische Dichte und Extinktionskoeffizienten
- Gasgeschwindigkeiten
- lokale Schadstoffkonzentrationen
- Temperaturverteilungen
- usw.

als Variablen in den jeweiligen Zellen des Rechengitters.

So können detaillierte Konturen und Verläufe von Rauchgas- und Schadstoffkonzentrationen sowie von Gastemperaturen ermittelt und Vektorfelder für die Strömungsgeschwindigkeiten und -verläufe errechnet und dargestellt werden.



Datum  
18.01.2018Projektnummer  
T-00231Status  
Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### F.2 Standardwerte

Eingangsparameter	Wert / Quelle	Bemerkung
Umgebungstemperatur	20 °C	
Umgebungsdruck	101.325 Pa	
Relative Luftfeuchtigkeit	40 %	

### F.3 Kennwerte der brandschutztechnischen Infrastruktur

Eingangsparameter	Wert / Quelle	Bemerkung
Ventilation		
Zuluft	Natürliche Ventilation über den Tunnelmund und die Treppenaufgänge.	--
Natürliche Abluft	Die Rauchabfuhr wird über die vorhandenen Ausgänge ins Freie und die Tunnelmüder sichergestellt.	--
Mechanische Abluft	Nicht vorhanden	--
Brandmeldetechnik		
Lage Heat Detektoren	Im Modell nicht vorhanden	--
Ansteuerungen Heat Detektoren	Im Modell nicht vorhanden	--
Löschtechnik	Im Modell nicht vorhanden	
Auslösetemperatur	--	--
RTI-Wert	--	--
Sprinklerauslöseszeit gemäß VDI 6019	--	--

Datum  
18.01.2018Projektnummer  
T-00231Status  
Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

### F.4 Stoffspezifische Kennwerte

Eingangsparameter	Wert / Quelle	Bemerkung
Materialkennwerte		
Brandlast	Polyurethane (PUR)	--
Beton	Dichte: 2280 kg/m <sup>3</sup> Spezifische Wärmekapazität: 1,04 kJ/(kg·K) Thermische Leitfähigkeit: 1,8 W/(m·K)	--
Stahl	Dichte: 7850 kg/m <sup>3</sup> Spezifische Wärmekapazität: 0,46 kJ/(kg·K) Thermische Leitfähigkeit: 45,8 W/(m·K)	--
Glas	Dichte: 2700 kg/m <sup>3</sup> Spezifische Wärmekapazität: 0,84 kJ/(kg·K) Thermische Leitfähigkeit: 2,0 W/(m·K)	--
Aluminium	Dichte: 2600 kg/m <sup>3</sup> Spezifische Wärmekapazität: 1,02 kJ/ (kg·K) Thermische Leitfähigkeit: 230 W/(m·K)	--
Yield-Faktoren		
Soot Yield (bis 1500 s)	0,049 [g/g] nach Anlage 3 „Bericht zur Erarbeitung eines Bemessungsbrandes für das U- Bahnfahrzeug Typ A3L-67 der BVG“	Wert für eine Untersuchung des Verrauchungszustandes bis 1500 s.
CO Yield (bis 1500 s)	0,025 [g/g] nach Anlage 3 „Bericht zur Erarbeitung eines Bemessungsbrandes für das U- Bahnfahrzeug Typ A3L-67 der BVG“	Wert für eine Untersuchung des Verrauchungszustandes bis 1500 s.

Datum  
18.01.2018Projektnummer  
T-00231Status  
Version 1.0

## U-Bahnstation Neu-Westend

Eingangsparameter	Wert / Quelle	Bemerkung
Heizwert		
	18.650 [kJ/kg] nach Anlage 3 „Bericht zur Erarbeitung eines Bemessungsbrandes für das U- Bahnfahrzeug Typ A3L-67 der BVG“	Wert für den gesamten Untersuchungszeitraum
Sichtweiten Parameter		
spezifischer Extinktionskoeffizient $K_m$	--	--
C-Faktor	--	--

### F.5 Simulationsspezifische Kennwerte

	Wert / Quelle	Bemerkung
Zellgitterkonfiguration		
Simulationsvolumen	ca. 20.700 m <sup>3</sup>	--
Zellgröße	0,10 m x 0,10 m x 0,10 m	--
Anzahl Zellen	21.060.048	--
Anzahl Gitter	23 Gitter	Multimesh
Physikalische Modelle		
Turbulenzmodell	LES (Large Eddy Simulation) FDS6-Standard Modell: Dynamisches Smagorinsky Modell	Baroklines Torsionsmoment berücksichtigt
Verbrennungsmodell	Standard	
Strahlungsmodell	Standard	

## Berechnung von Räumungszeiten für den U-Bahnhof Neu-Westend

Grundlage für die Berechnungen ist die amerikanische Norm NFPA 130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems, Ausgabe 2010, National Fire Protection Association, Quincy, USA.

Auf Grundlage der Vorgaben aus der NFPA 130 wurden folgende Berechnungsannahmen getroffen:

- Im U-Bahnhof Neu-Westend befinden sich gleichzeitig zwei vollbesetzte Züge (1.300 Personen) plus wartende Personen (195 Personen ▶ 30% der Personen eines vollbesetzten Zuges)! Das heißt, es müssen insgesamt **1.495 Personen** in kürzester Zeit den Bahnhof verlassen
- Von den 1.495 Personen verlassen 40% (598 Personen) den Bahnsteig auf westlicher Seite in Richtung Schalterhalle und weiter Richtung Ausgang II und 60% (897 Personen) über die östliche Bahnsteigseite weiter in Richtung Schalterhalle und Ausgang I.
- Die Breite einer Treppen-Fluchtspur (feste Treppe und Fahrtreppe) beträgt 0,6m
- Für feste Treppen werden 33 Personen/Minute und Fluchtspur angesetzt, für Fahrtreppen 25 Personen/Minute und Fluchtspur
- Die Gehgeschwindigkeit auf Bahnsteigebene beträgt 38 m/Minute, sonst 60 m/Minute.
- Für die Berechnungen werden nur ganze Fluchtspuren angesetzt, wodurch sich in der Regel in der Praxis noch eine Reserve ergibt (Räumungszeiten reduzieren sich noch etwas), die jedoch nicht betrachtet wird
- Die Reaktionszeit  $t_2$  gemäß TR Strab Brandschutz wird mit 2 Minuten angesetzt. Zuzüglich der längsten Gehzeit auf Bahnsteigebene von 1,7 Minuten ergibt sich eine mit 3,7 Minuten gegenüber der Schleusungszeit von 4,5 Minuten geringere Zeit. Somit ist die Schleusungszeit maßgebend.

In die Berechnungen fließen neben der Anzahl der Personen alle Gehzeiten (Zeiten zum Erreichen der Treppenanlagen auf dem Bahnsteig und in der Verteilerebene; Zeiten zum Überwinden der vertikalen Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Geschossebenen; Gehzeit an der Oberfläche bis zum Erreichen eines sicheren Bereiches), Schleusungszeiten und Wartezeiten an den Treppen ein. Es werden jeweils die Maximalwerte ermittelt und zu einer Gesamt-Räumungszeit summiert. Weitere Details sind der Anlage zu entnehmen.

### Ergebnis:

Die Räumungszeit für den U-Bahnhof Neu-Westend beträgt **ca. 6,3 Minuten**.

VBU-KBT1

A. Seefeldt

Anlage

### Zeitabschnitte der Räumung Nd

**Dauer (Sek.)**    **Dauer (Min.)**

#### Gehzeiten der zuletzt fliehenden Personen:

<b>T1:</b> Zeit zum Erreichen der Treppenaufgänge auf Bahnsteigebene : (ca. 65m / 0,63m/s)	<b>103</b>	<b>1,7</b>
<b>T2:</b> Zeit zum Überwinden des vertikalen Höhenunterschiedes zwischen Bahnsteigebene und Schalterhalle (ca. 2,88m / 0,25 m/s):	<b>12</b>	<b>0,2</b>
<b>T3:</b> Zeit zum Erreichen der Treppenaufgänge von der Schalterhalle zur Oberfläche: (längster Weg ca. 16m / 1m/s)	<b>16</b>	<b>0,3</b>
<b>T4:</b> Zeit zum Überwinden des vertikalen Höhenunterschiedes zwischen Schalterhalle und Oberfläche (ca. 3,72m / 0,25 m/s):	<b>15</b>	<b>0,2</b>
<b>T5:</b> Gehzeit an der Oberfläche (ca. 10m / 1 m/s):	<b>10</b>	<b>0,2</b>

#### Schleusungszeiten an den Treppenaufgängen:

- S1:** Schleusungszeit an den Treppen vom Bahnsteig zur Schalterhalle  
**4,5 Minuten** (siehe Nebenrechnung I)
- S2:** Schleusungszeit an den Treppen von der Schalterhalle zur Oberfläche  
**5,4 Minuten** (siehe Nebenrechnung II)

#### Wartezeiten an den Treppenaufgängen:

Treppenaufgänge Bahnsteigebene: <b>W1</b> = (S1-T1) = (4,5 - 1,7) min	<b>168</b>	<b>2,8</b>
Treppenaufgänge Schalterhalle: <b>W2</b> = (S2-S1) = (5,4 - 4,5) min	<b>54</b>	<b>0,9</b>

**Räumungszeit: RZ=T1+T2+T3+T4+T5+W1+W2**                      **378**                      **6,3**

**Nebenrechnung I zur Schleusungszahl S1: (S=Personenzahl vor der Treppenanlage / Kapazität der Treppenanlage in Personen pro Minute)**

maßgebend ist der Ausgang mit der größeren Schleusungszeit!

westl. Bahnsteigende: Kapazität feste Treppe 2,8 m breit  $\rightarrow 2,8\text{m}/0,6\text{m} \rightarrow 4$  Fluchtspuren  $\rightarrow 4 \cdot 33 =$   
**132 Personen/Minute**

östl. Bahnsteigende: Kapazität feste Treppe 3,7 m breit  $\rightarrow 3,7\text{m}/0,6\text{m} \rightarrow 6$  Fluchtspuren  $\rightarrow 6 \cdot 33 =$  **198 Personen/Minute**

S1 westl. Treppe:  $598 \text{ P} / 132 \text{ P/min} = 4,5$  Minuten

S1 östl. Treppe:  $897 \text{ P} / 198 \text{ P/min} =$  **4,5 Minuten**

**Nebenrechnung II zur Schleusungszahl S2: (S=Personenzahl vor der Treppenanlage / Kapazität der Treppenanlage in Personen pro Minute)**

maßgebend ist der Ausgang mit der größeren Schleusungszeit!

Kapazität feste Treppen am Ausgang I: 3,3 m breit  $\rightarrow 3,3\text{m}/0,6\text{m} \rightarrow 5$  Fluchtspuren  $\rightarrow 5 \cdot 33 =$  **165 Personen/Minute**

Kapazität feste Treppen am Ausgang II: 2,78 m breit  $\rightarrow 2,78\text{m}/0,6\text{m} \rightarrow 4$  Fluchtspuren  $\rightarrow 4 \cdot 33 =$   
**132 Personen/Minute**

S2 am Ausgang I:  $897 \text{ P} / 165 \text{ P/min} =$  **5,4 Minuten**

S2 am Ausgang II:  $598 \text{ P} / 132 \text{ P/min} = 4,5$  Minuten