
Anlage 12.9.5

Gutachterliche Stellungnahme BPK-G 137 / 2012

Auftraggeber: **Planung-ARGE IBV-Pöyry**
 c/o Ing.-büro Dipl.-Ing. Vössing GmbH
 Brunnerstr. 23-31

 40223 Düsseldorf

Inhalt der Stellungnahme: Feldmodellanalyse zur maschinellen Entrauchung im
 Brandfall
 S-Bahnhof, Frankfurt am Main Ost

Die Stellungnahme umfasst 26 Seiten

11.12.2012

INHALTSVERZEICHNIS

1	REFERENZEN.....	3
2	AUFGABENSTELLUNG.....	5
3	OBJEKTDESCHEIBUNG.....	6
4	MODELL UND SZENARIEN	10
4.1	Bemessungsbrand und Bewertungskriterien.....	10
4.2	Ventilation.....	13
4.3	Numerisches Modell.....	14
4.4	Szenarien	15
5	ERGEBNISSE.....	18
5.1	Selbstrettungsphase.....	18
5.2	Fremdrettungsphase	19
6	ZUSAMMENFASSUNG UND STELLUNGNAHME	26

Alle Rechte vorbehalten

© 2012 by BPK,
Brandschutz Planung
Prof. Dr.-Ing W. Klingsch GmbH
Wahlerstraße 32
40472 Düsseldorf
Germany

Das Gutachten einschließlich aller seiner ergänzenden Berichte ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung - auch in Auszügen - außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Printed in Germany, December 2012

1 REFERENZEN

A: Pläne

[A-1] Längsschnitt

[A-2] Grundriss Ebene C

[A-3] Querschnitt C-C

[A-4] Querschnitt B-B

[A-5] Querschnitt D-D

B: Texte, technische & administrative Vorschriften und Richtlinien

[B-1] Wagner, A.; Willich, M.: Planungsvorgaben für die brandschutztechnische Ausstattung unterirdischer Personenverkehrsanlagen (uPva), DB Station & Service AG – Anlagen- und Instandhaltungsmanagement (I.SBI), 15.04.2011.

[B-2] Haack, A.; Schreyer, J.: Anwenderhandbuch - Bemessungsbrände für S-Bahnen und den gemischten Reisezugverkehr. Köln, 21 Juni 2010.

[B-3] Hosser, D.: Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes, Technischer Bericht 04-01, VFdB – Referat 4, Stand Mai 2009.

C: Fachliteratur zu NIST FDS Version 5

[C-1] K.B. McGrattan, R. McDermott, S. Hostikka, and J.E. Floyd. Fire Dynamics Simulator (Version 5), User's Guide. NIST Special Publication 1019-5, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, October 2010.

[C-2] K.B. McGrattan, S. Hostikka, J.E. Floyd, H. Baum, R. Rehm, W. Mell, R. McDermott. Fire Dynamics Simulator (Version 5), Technical Reference Guide, Volume 1: Mathematical Model. NIST Special Publication 1018-5, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, October 2010.

[C-3] K.B. McGrattan, S. Hostikka, and J.E. Floyd, R. McDermott, K. Prasad. Fire Dynamics Simulator (Version 5), Technical Reference Guide, Volume 3: Validation. NIST Special Publication 1018-5, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, December 2009.

2 AUFGABENSTELLUNG

BPK Brandschutz Planung Klingsch GmbH wurde beauftragt mit Feldmodellberechnungen den Nachweis der Entrauchung in der unterirdischen Bahnstation Frankfurt am Main Ost, der Nordmainischen U-Bahnlinie, unter Berücksichtigung der auftraggeberseitig vorgelegten aktuellen Planung, und der diesbezüglichen Vorgaben aus [B-1] und [B-2] durchzuführen.

3 OBJEKTBE SCHREIBUNG

Die Länge des Bahnhofs beträgt ca. 210,0 m (Bild 1), die Breite 18,0 m und die Höhe ca. 16,55 m, wobei die Höhe am westlichen Abschnitt bei ca. 18,63 m liegt.

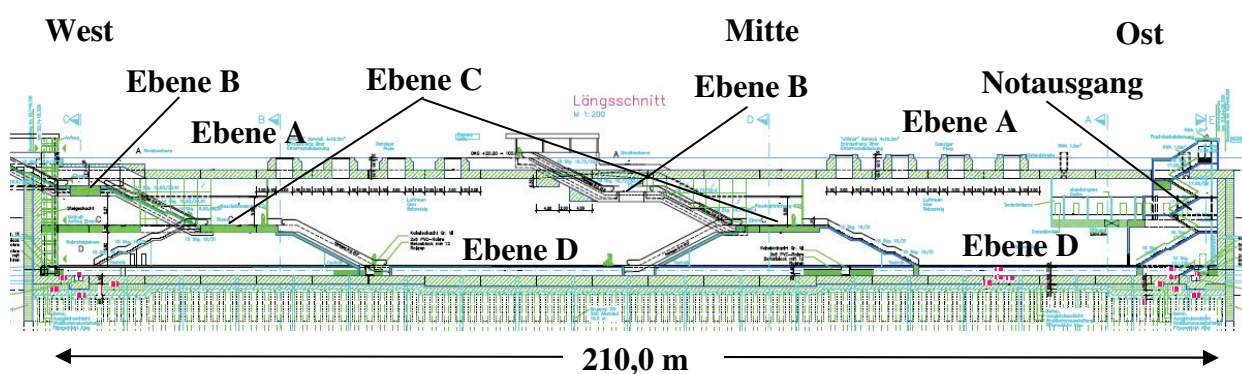


Bild 1: Längsschnitt der Station mit Ebenen nach [A-1]

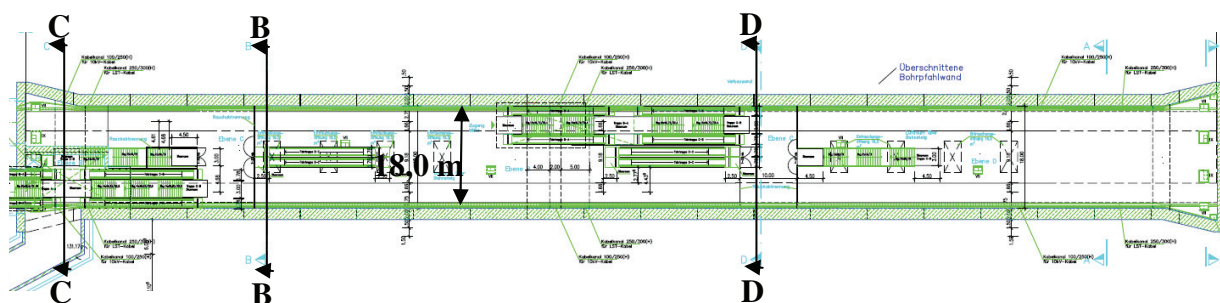


Bild 2: Grundriss Ebene C der Station nach [A-2]

Die Querschnittsausbildung an den charakteristischen Stellen (Bild 2) ist in Bild 3 bis Bild 5 dargestellt.

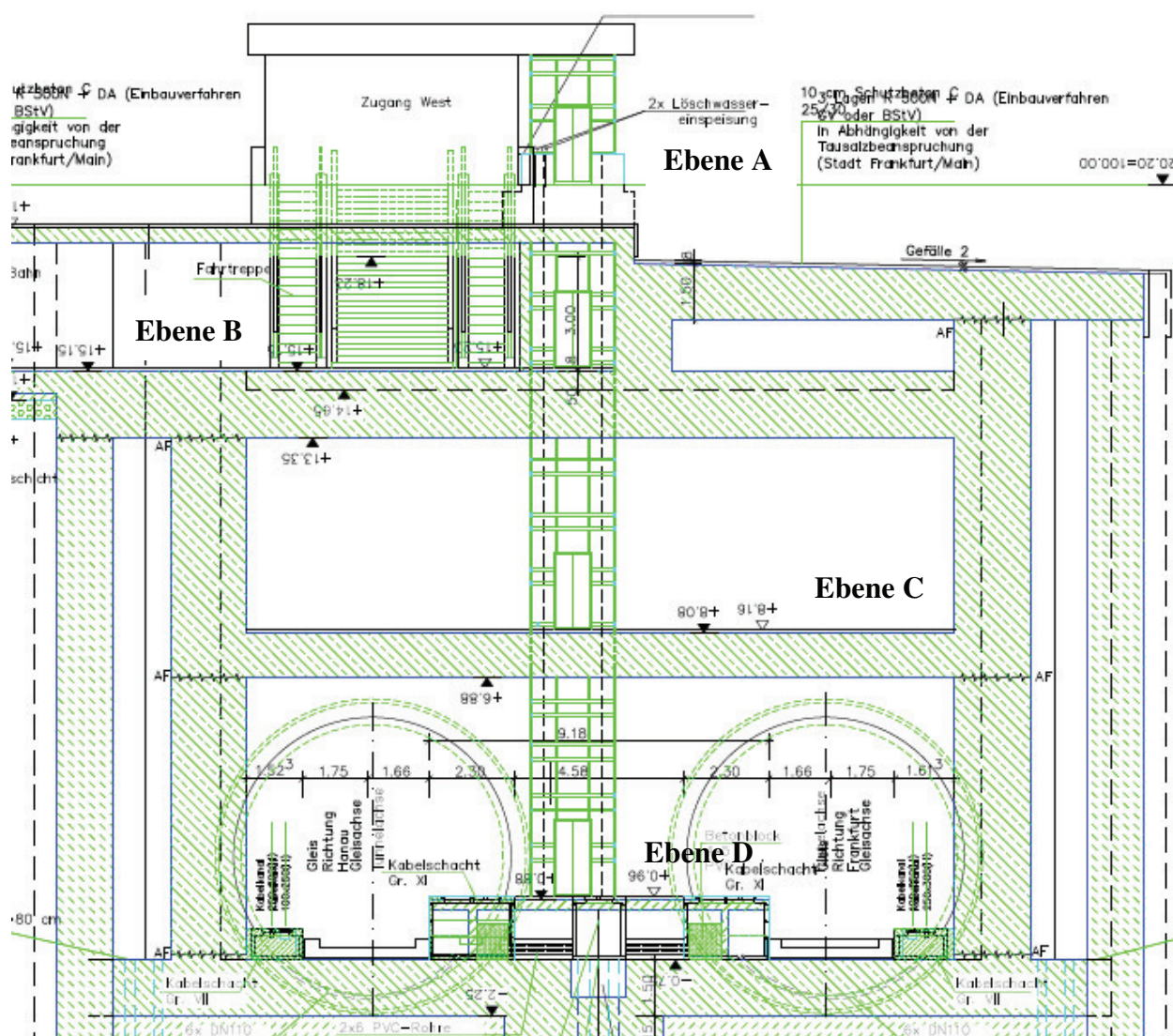


Bild 3: Querschnitt C-C [A-3], vergl. Bild 2

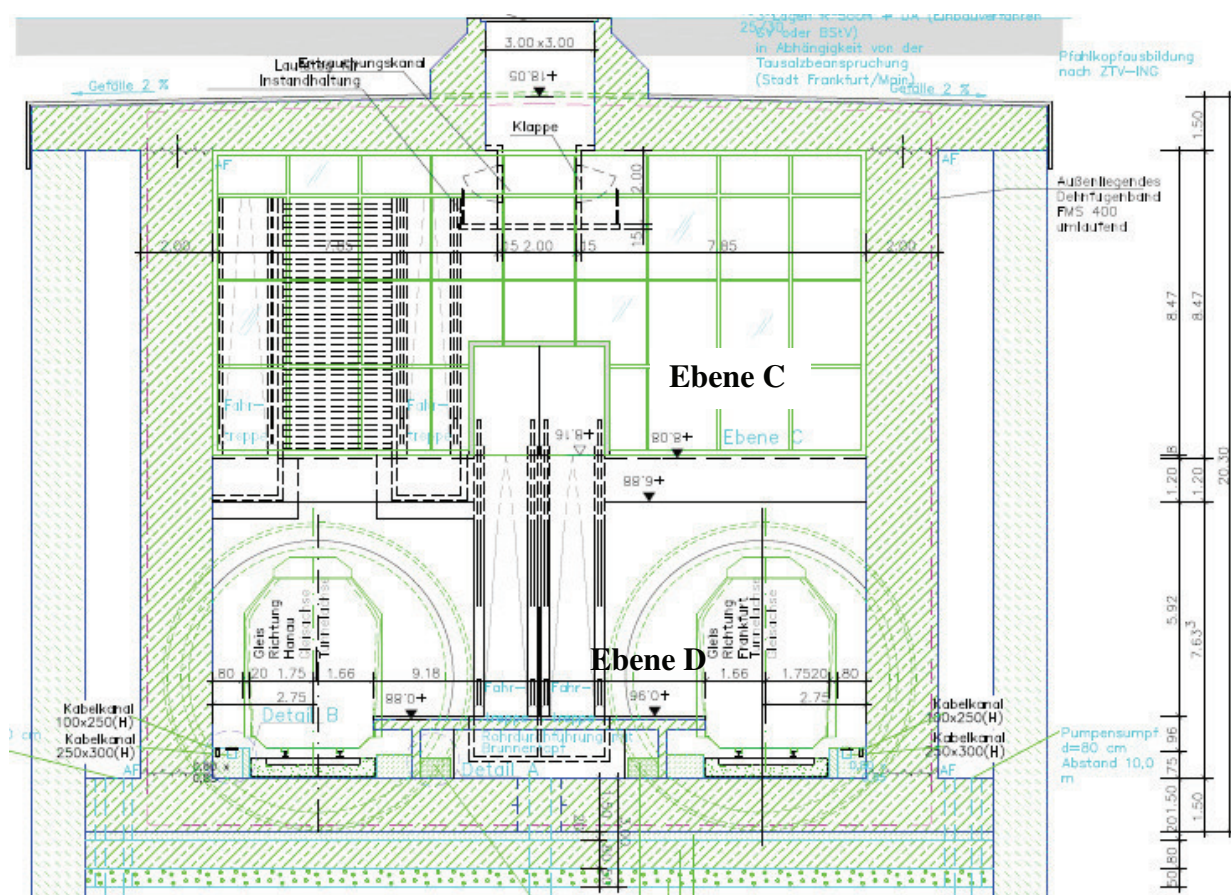


Bild 4: Querschnitt B-B [A-4], vergl. Bild 2

Bild 5: Querschnitt D-D [A-5], vergl. Bild 2

4 MODELL UND SZENARIEN

4.1 Bemessungsbrand und Bewertungskriterien

Zu Grunde gelegt wurde der Bemessungsbrand für S-Bahnen nach [B-2] wobei eine Vorbrennzeit von 2 Minuten, zur Berücksichtigung der Durchfahrtzeit des Tunnels vor der Station, angesetzt wurde (vergl. Bild 6). Die wesentlichen Ereignisse des Szenarios in Verbindung mit dem Brandverlauf sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Zur Simulation der Sichtweitenbeeinträchtigung, im Sinne der Nutzbarkeit der Flucht- und Rettungswege, wird ein Russausbeutefaktor von $0,1 \text{ kg je kg Brennstoff}$ und ein massenspezifischer Extinktionskoeffizient von $7.600 \text{ m}^2/\text{kg}$, bei einem effektiven Heizwert von $15,0 \text{ MJ/kg}$ und einem radiativen Anteil von 40% an der Gesamtwärmefreisetzungsrate vorgegeben.

Die Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich der Nutzbarkeit der Flucht- und Rettungswege, wird hauptsächlich, über die Auswertung der räumlichen Verteilung der optischen Dichte D_L an verschiedenen Zeitpunkten vorgenommen, wobei gemäß [B-2] ein Wert von $0,13 \text{ m}^{-1}$ noch als akzeptabel im Hinblick auf die Sichttrübung durch erhöhte lokale Rauchkonzentration gilt (vergl. Bild 8).

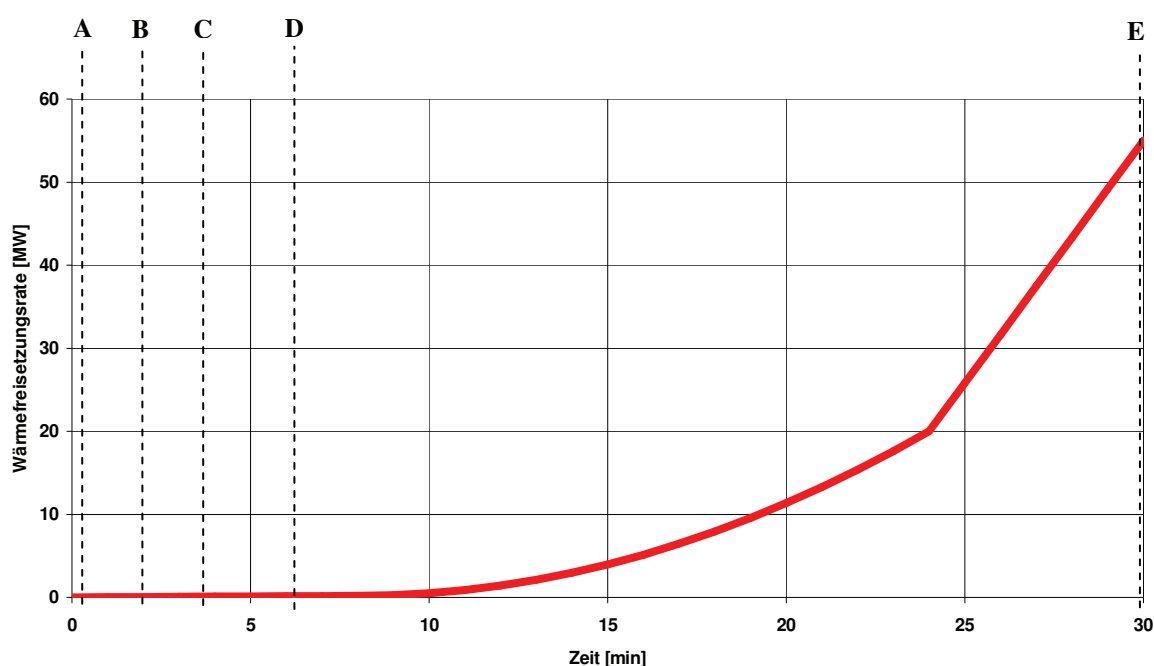


Bild 6: Brandverlauf Szenario S_Bahn nach [B-3]

Zeitpunkt [min]	Wärmefreisetzungsrate [kW]	Ereignis	Bemerkung
0	0,0	A	Brandausbruch in der S-Bahn
2	50,4	B	S-Bahn erreicht Station
3	75,6	C	Brand wird detektiert, Ventilatoren laufen an
6	151,2	D	Ventilatoren erreichen Maximalleistung
30	55.000,0	E	Ende der Simulationszeit

Tabelle 1: Legende zu Bild 6

Gemäß der Vorgabe von [B-1], ist die Wirksamkeit des Entrauchungskonzeptes für die Selbst- und Rettungsphase nachzuweisen.

Die Dauer der Selbstrettung beträgt für das untersuchte Objekt, im ungünstigsten Fall 12,0 Minuten (einschl. Tunnelfahrt-, Alarmierungs- und Reaktionszeit). Die Evakuierungsphase betrifft demnach das Zeitfenster $4 \text{ min} < t < 12 \text{ min}$.

Die Fremdrettung beginnt 8 Minuten nach der Feuerwehralarmierung, und soll gemäß [B-1] 15 Minuten betragen, sodass die Fremdrettungsphase, einschl. der Tunnelfahrt- und Alarmierungszeit, das Zeitfenster $11 \text{ min} < t < 26 \text{ min}$ umfasst. Sofern die Fremdrettung erst nach Abschluss der Selbstrettungsphase beginnt, verläuft diese bis zur 27. Brandminute ($12 \text{ min} < t < 27 \text{ min}$).

In diesen Zeiträumen soll die Flucht und Rettung von Personen, die sich in der betrachteten uPva befinden, nicht durch hohe Rauchkonzentrationen in den Rettungswegen, die zu einer Sichtweineinschränkung führen, be- bzw. verhindert werden.

Speziell soll gezeigt werden, dass für die Dauer der Selbstrettung, bis in einer Höhe von 2,5 m oberhalb der jeweiligen Lafebene (vergl. Bild 7, grüne Pfeile), keine Überschreitung des angesetzten Grenzwertes für die optische Dichte, zu verzeichnen ist. Grundsätzlich müssen, während der Selbstrettungsphase, zwei der drei Ausgänge (West, Mitte und Notausgang Ost) ins Freie als Fluchtwege nutzbar bleiben.

Für die Dauer der Fremdrettung reduziert sich die Mindesthöhe der „raucharmen“ Schicht, bei gleichem Leistungskriterium für die optische Dichte, auf 1,5 m. Da die Zugänge (West und Mit-

te) zur Ebene C mit selbstschliessenden Türen ausgeführt werden und die Ankunft der Feuerwehr zum Teil mit dem Abschluss der Selbstrettung zusammenfällt, wird das Leistungskriterium der Mindesthöhe der raucharmen Schicht auf die Bahnsteigebene beschränkt.

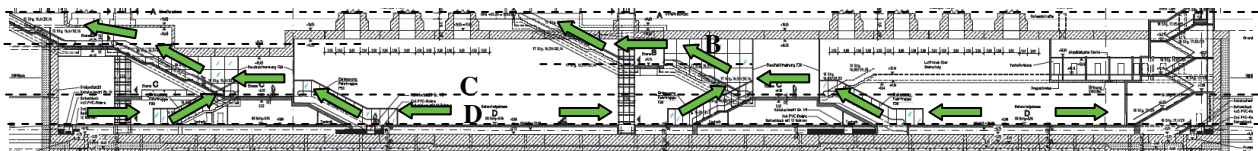


Bild 7: Darstellung der Station im Längsschnitt mit Nutzungsebenen A, B, C und D, Ausgängen und Fluchtrichtungen

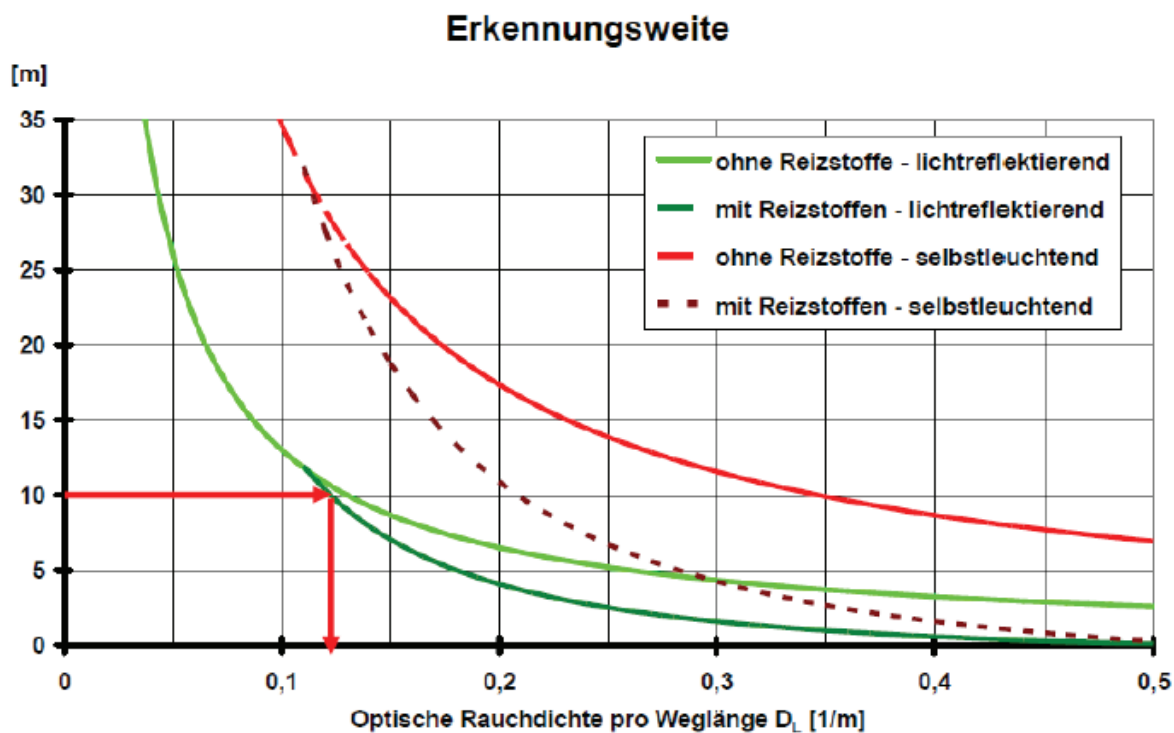


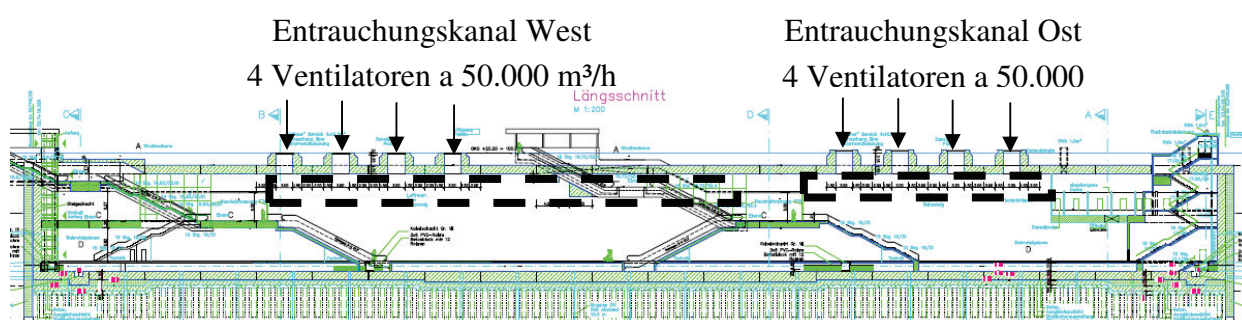
Bild 8: Sichtweite und Grenzwerte der optischen Dichte i.A. von der Art der Zeichen und der Wirkungsweise der Rauchgase auf die zu rettenden Personen [B-3]

4.2 Ventilation

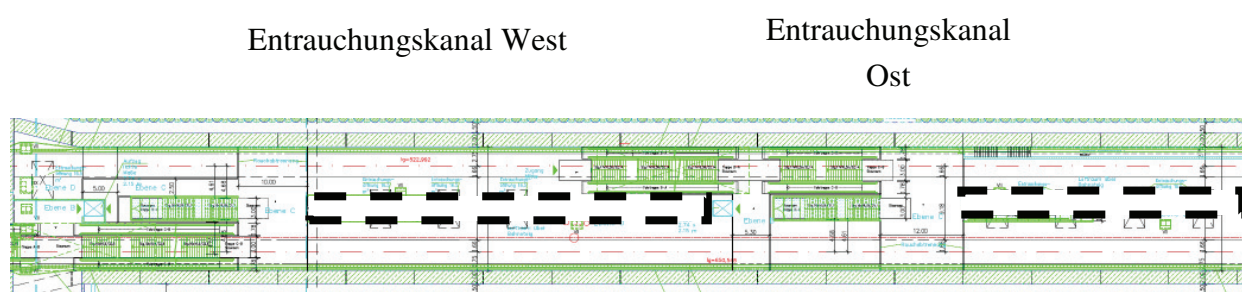
Gemäß der übergebenen Planung wird eine maschinelle Entrauchung vorgesehen, die aus zwei räumlich und funktional voneinander getrennten zentralen Entrauchungskanälen besteht.

Die Länge des Entrauchungskanals West ergibt sich, unter Berücksichtigung der geometrischen Randbedingungen, zu 84,0 m und die Länge des Entrauchungskanals Ost zu 40,0 m.

Die Rauchabführung wird über deckennah angeordnete Kanäle (vergl. Bild 9 und Bild 10) und lokal in Abhängigkeit von der Brandherdlage aktivierte Ventilatoren (vergl. Bild 11) vorgenommen. Die Querschnittsabmessungen der Kanäle wurden zu $B/H = 2,3 \times 2,15 \text{ m}^2$ und die Abmessungen der Rauchabzugsflächen zu $B/H = 2 \times 1,0 \text{ m}^2$ gewählt. Es sollen im Brandfall 4 Ventilator – Gruppen mit einem Gesamtvolumenstrom von $8 \times 25.000 = 200.000 \text{ m}^3/\text{h}$ aktiviert werden. Es wird dabei angenommen, dass der einzelne, aktivierte Ventilator, unmittelbar nach Detektierung ($t = 3 \text{ min}$ Branddauer) anläuft und nach $t = 6 \text{ min}$ ab Brandausbruch seine Maximalleistung erreicht.



**Bild 9: Lageplan der Entrauchungskanäle im Längsschnitt;
(Einzeichnung nicht maßstäblich)**



**Bild 10: Lageplan der Entrauchungskanäle im Grundriss;
(Einzeichnung nicht maßstäblich)**

Durch die gewählte Kanalführung werden die Grenzbereiche der Bahnstation zum Tunnel nicht erfasst. Im östlichen Grenzbereich liegt der Technikraum und der Notausgang, der vom Bahnsteig brandschutztechnisch (F90 / T30RS) abgetrennt ist.

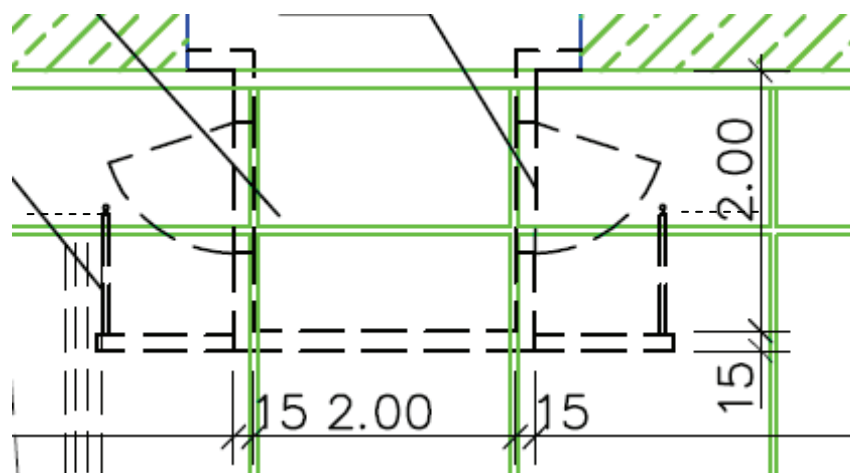


Bild 11: Geometrie des Entrauchungskanals im Querschnitt mit beidseitig angeordneten Rauchabzugsflächen (Ventilator - Gruppe) im Brandfall; (Einzeichnung nicht maßstäblich)

4.3 Numerisches Modell

Als Feldmodell wurde das im US-amerikanischen National Institute of Standards and Technology entwickelte Programm Fire Dynamics Simulator (FDS) in der Version 5.5.3 ([C-1], [C-2]) in Verbindung mit dem Visualisierungsprogramm Smokeview eingesetzt.

FDS löst eine auf niedrige MACH – Zahlen, thermisch induzierten Strömungen angepasste Form der Bewegungsgleichungen für Fluide (Navier – Stokes Gleichungen). Das Programm wurde insbesondere vor dem Hintergrund der Untersuchungen des NIST zu den Anschlägen vom 11.09.2001 einer umfangreichen Validierung unterzogen (siehe [C-3]).

Das simulierte Modell entspricht der in [A-1] bis [A-5] dargestellten Geometrie der Bahnstation. Die Modelllänge beträgt 219,36 m, die –höhe 18,63 m und –breite 27,5 m. Die Zellweite beträgt in x – Richtung ca. 25 cm, in y - und z – Richtung ca. 20 cm. In [B-3] wird zumindest für den Brandnahbereich als Kompromiss zwischen erforderlicher Genauigkeit und Recheneffizienz, eine richtungsübergreifende Gitterweite von 20 cm empfohlen. Hiervon wurde bei der Diskretisierung im Grundriss geringfügig abgewichen, um auch für den Rauchausbreitungsrelevanten Brandfernereich eine möglichst feine Zellaufteilung zu erreichen. Dies wurde als erforderlich erachtet, da der Luftraum der Bahnstation und damit die Rauchausbreitungswege durch weit-

räumige Einbauten, insbesondere in der Nähe der in der Zwischenebene C liegenden Rettungswege, unterbrochen wird.

Das Modell wird in insgesamt 9.180.000 Zellen diskretisiert. Die Berechnungen wurden mit der Version 5.5.3 des Programms NIST Fire Dynamics Simulator und mit der Version 5.4.3 des Bilddarstellungsprogramms NIST Smokeview ausgewertet.

Auf die in [B-3] empfohlene Erfassung des unmittelbar an die Station angrenzenden Tunnelbereiches, wurde verzichtet, da die Tunnelaugen erheblich niedriger liegen als die Oberkante der Station. Demnach bleibt, in Verbindung mit der decken- und brandherdnahen Anordnung der Ventilatoren, die Hauptmasse des freigesetzten Rauches innerhalb der Station.

4.4 Szenarien

Bei der Auswahl der Szenarien standen zwei Einflussparameter im Vordergrund: die Brandherdlage in Längsrichtung und mögliche negative Einflüsse aus Windeinwirkung.

Es wurden drei verschiedene Brandherdpositionen betrachtet (Bild 12 bis Bild 14). Das Kriterium für die Auswahl war die relative Lage zu den jeweiligen Ausgängen (West, Mitte und Notausgang Ost). Diese drei Grundszenarien wurden durch den möglichen Windeinfluss (kein Wind, Wind von West nach Ost und Wind von Ost nach West) überlagert. Vorlaufrechnungen ergaben, dass die für die Risikobeurteilung, im Zusammenhang mit den angesetzten Schutzziele, kritische Brandherdposition vor dem Ausgang Mitte liegt und die kritische Windrichtung diejenige von Ost nach West ist. Darauf basierend wurden für die entsprechenden, charakteristische Szenarien (vergl. Tabelle 2 und Bild 13) ausgewählt und weitergerechnet.

Um den Wind zu simulieren, wurde an dem jeweils betrachteten Tunnelmund, ein in das Stationsinnere gerichteter statischer Überdruck so angesetzt, dass dort Frischluft mit einer Geschwindigkeit in Höhe von 0,5 m/s einströmt.

Diese Randbedingung ist zweckmäßig, da sie gleichzeitig das Abströmen des Rauches an den Stationsenden erlaubt.

Da die Zugänge West und Mitte, auf der Ebene C (vergl. Bild 7) mit selbstschliessenden Rauchdichten Türen ausgestattet sind und der Notausgang mit Zugängen der entsprechenden Brandschutzqualität, werden i.A. von der Brandherdlage, die nächstgelegenen Zugänge zur Ebene C als geschlossen angenommen, sodass sich die Schutzzielbetrachtungen auf die übrigen Zugänge richten. Diese sind in Bild 12 bis Bild 14 mit Kreisen versehen.

Eine Übersicht der Szenarien mit den wesentlichen Parametern und ist in Tabelle 2 enthalten.

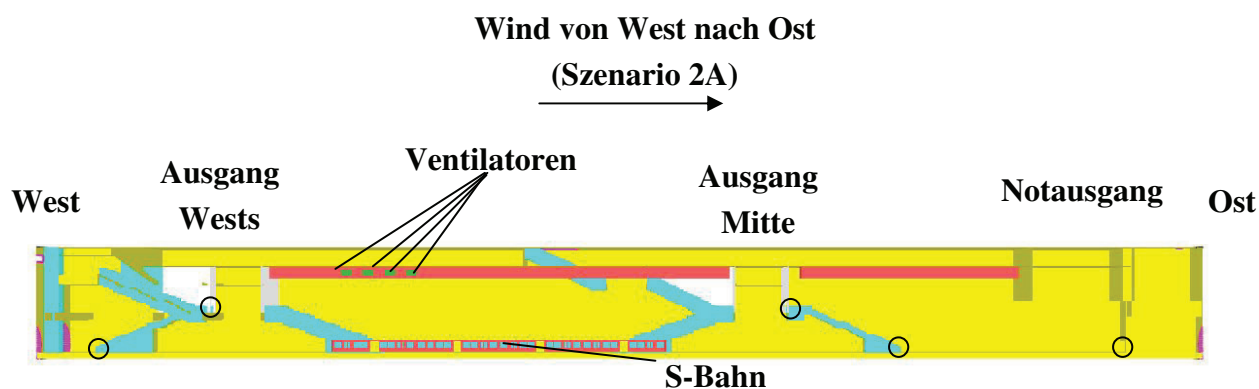


Bild 12: Geometrie (Längsschnitt), Brandherd und Ventilatoren für das Szenario 1A und 2A

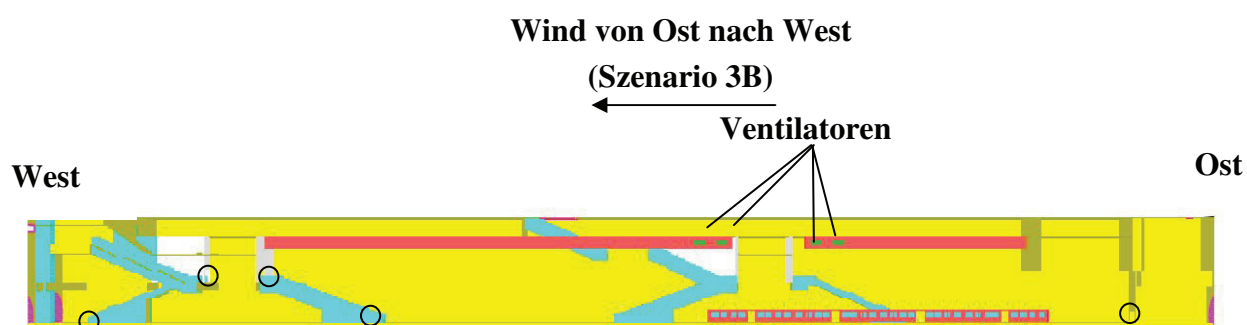


Bild 13: Geometrie (Längsschnitt), Brandherd und Ventilatoren für die Szenarien 1B, und 3B

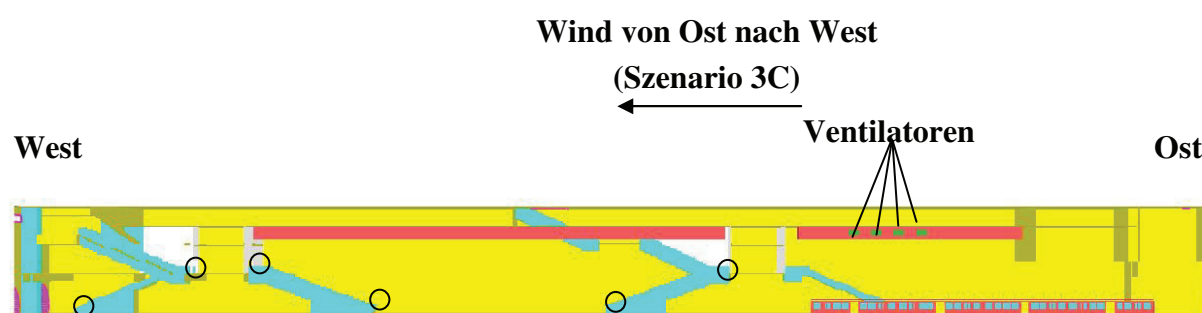


Bild 14: Geometrie (Längsschnitt), Brandherd und Ventilatoren für die Szenarien 1C und 3C

Simulations – Nr.	Waggon - Position	Windrichtung
1A	West / Mitte	ohne
1B	Mitte	ohne
1C	Ost	ohne
2A	West / Mitte	West → Ost
3B	Mitte	Ost → West
3C	Ost	Ost → West

Tabelle 2: Übersicht der Szenarien und wesentlichen Randbedingungen (gelb: Szenarien der Hauptsimulationen; weiß: Vorlaufrechnungen)

5 ERGEBNISSE

5.1 Selbststrettungsphase

Die Ergebnisse für das Szenario „Brand vor Ausgang Mitte“ zeigen, dass sowohl ohne als auch mit Windeinwirkung (von Ost nach West) die Station bis zur 12. Minute an keiner der ausgewiesenen, kritischen Stellen (Kreise auf den Bildern) verrauchert (Bild 15 bis Bild 18).

Es ergibt sich bereits nach 10 Minuten ein Raucheintrag in den westlichen Stationsabschnitt, dieser bleibt jedoch auf die deckennahen Bereiche begrenzt. Vor dem Zugang der Rolltreppe West in die Ebene C des Ausganges, resultieren, infolge der Rückströmung der Heißgase dort, erhöhte Rauchkonzentrationen, die jedoch unterhalb des Grenzwertes von $0,13 \text{ [m}^{-1}\text{]}$ der Optischen Dichte D_L bleiben.

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse der Szenarien 1B und 3B (Bild 15 und Bild 16 bzw. Bild 17 und Bild 18) verdeutlicht, dass der Einfluss der Windwirkung insbesondere auf die Rauchausbreitung des westlichen Stationsabschnittes einen nur geringen Einfluss hat.



Bild 15: Verteilung der Optischen Dichte im Querschnitt nach 10,0 Minuten Brand; Szenario 1B (rot: „verrauchter Bereich“)



Bild 16: Verteilung der Optischen Dichte im Querschnitt nach 10,0 Minuten Brand; Szenario 3B (rot: „verrauchter Bereich“)



Bild 17: Verteilung der Optischen Dichte im Querschnitt nach 12,0 Minuten Brand; Szenario 1B (rot: „verrauchter Bereich“)

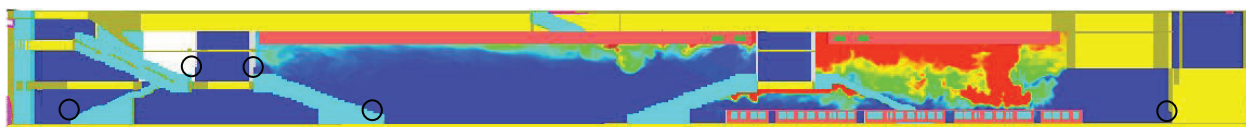


Bild 18: Verteilung der Optischen Dichte im Querschnitt nach 12,0 Minuten Brand; Szenario 3B (rot: „verrauchter Bereich“)

5.2 Fremdrettungsphase

Bei Ankunft der Feuerwehr sollen, an mindestens einem Zugang (bzw. Ausgang) der Station, die lokalen Rauchkonzentrationen, den Übergang von Ebene C zu Ebene D (Bahnsteig) nicht behindern. Hierfür sind die Verhältnisse vor den drei in Frage kommenden Zugängen (Notausgang Ost, Rolltreppe West und Treppe West) maßgebend.

Die Betrachtung der Verteilung der optischen Dichte für das Szenario „Brand vor Ausgang Mitte“ vor dem Notausgang (Bild 19 und Bild 22) bei einer Höhe von 1,5 m über OK Bahnsteig zeigt, dass die Feuerwehr bis zur 15. Brandminute diesen Zugang nutzen kann. Die Überschreitung des kritischen Grenzwertes der optischen Dichte erfolgt ohne Wind zwischen der 15. und 16., mit Wind zwischen der 16. und 16,5 Brandminute.

Der Zugang zur Ebene C, über die Rolltreppe am Ausgang West, kann bis zur 14. (ohne Wind) bzw. bis zur 13,5 Minute (mit Wind) als für die Fremdrettung nicht mehr nutzbar angesehen werden (vergl. Bild 23 bzw. Bild 24).

Der Zugang zur Ebene C, an der Treppe West, kann, unter Berücksichtigung der Windwirkung bis ca. 24,5 Minuten für die Fremdrettung genutzt werden, da zu diesem Zeitpunkt die Optische Dichte in der relevanten Höhe, den kritischen Grenzwert nicht überschreitet (vergl. Bild 25 und Bild 26). Ab diesem Zeitpunkt setzt jedoch eine rasche Verrauchung ein, sodass nach 25,5 Minuten der Zugang zur Ebene C, mit und ohne Wind, verraucht ist (Bild 27 bzw. Bild 28).

In der Fremdrettungsphase $12 \text{ min} < t < 27 \text{ min}$ soll die Mindesthöhe von 1,5 m auf der Bahnsteigebene D, im Sinne des Leistungskriteriums zur optischen Dichte, eingehalten werden, damit die Rettung von Menschen und die Einleitung und Durchführung wirksamer Löschmaßnahmen durch hohe lokale Rauchkonzentrationen und entsprechender Abminderung der Sichtweiten negativ beeinträchtigt werden.

Bild 29 bis Bild 36 zeigen die Verteilung der optischen Dichte bei $h = 1,5 \text{ m}$ über OK Bahnsteig. Darauf ist erkennbar, dass der westliche Bahnsteigbereich für die Feuerwehr bis zur 27. Brandminute nutzbar bleibt.

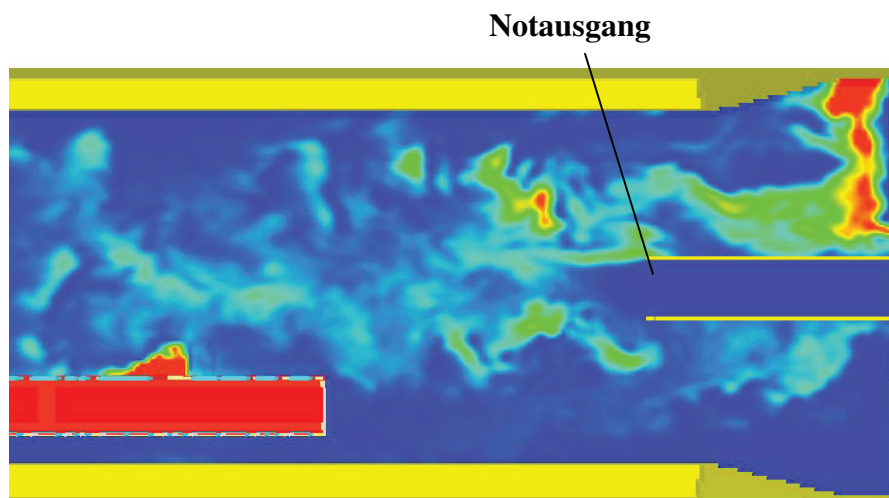


Bild 19: Verteilung der Optischen Dichte am Notausgang Ost nach 15,0 Minuten Brand – Horizontalschnitt bei $h = 1,5$ m über OK Bahnsteig; Szenario 1B (rot: „verrauchter Bereich“)

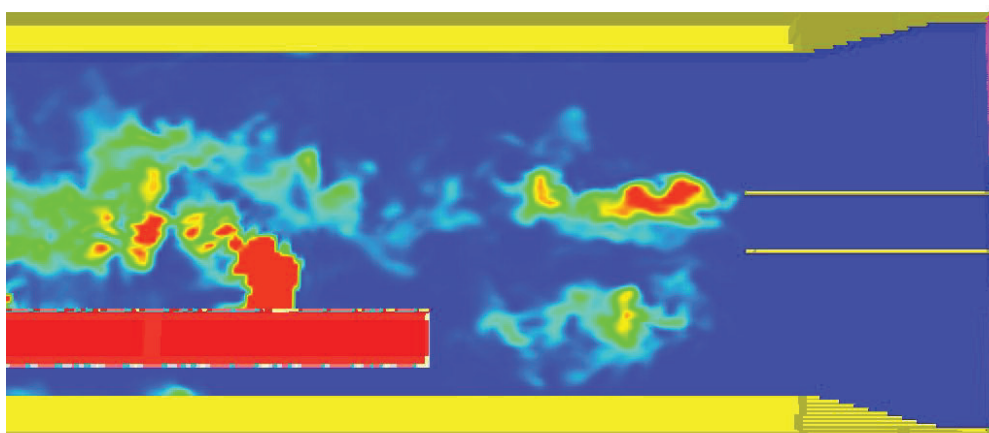


Bild 20: Verteilung der Optischen Dichte am Notausgang Ost nach 15,0 Minuten Brand – Horizontalschnitt bei $h = 1,5$ m über OK Bahnsteig; Szenario 3B (rot: „verrauchter Bereich“)

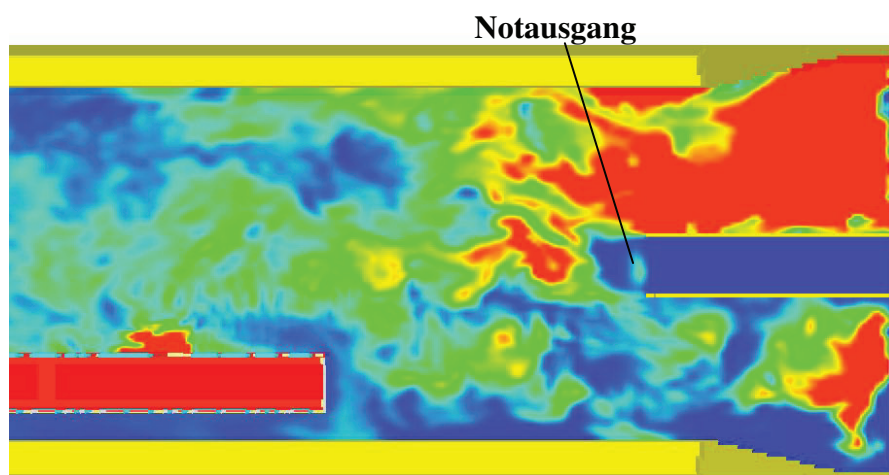


Bild 21: Verteilung der Optischen Dichte am Notausgang Ost nach 16,0 Minuten Brand – Horizontalschnitt bei $h = 1,5$ m über OK Bahnsteig; Szenario 1B (rot: „verrauchter Bereich“)

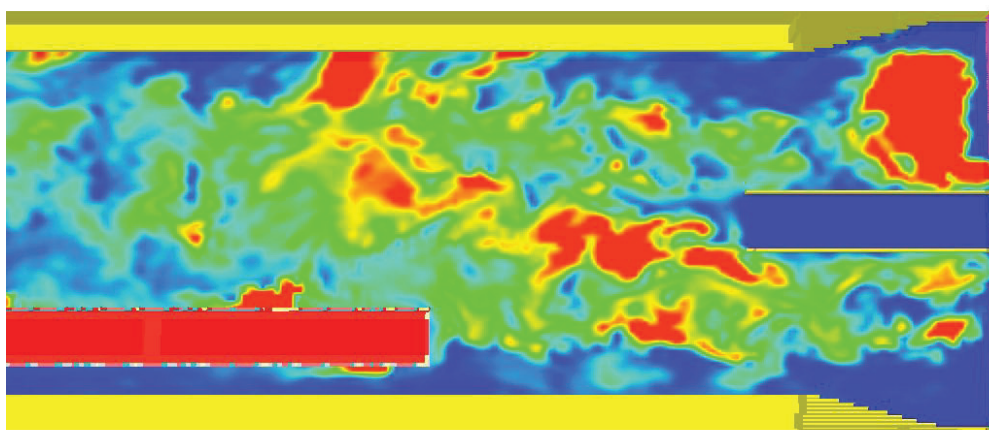


Bild 22: Verteilung der Optischen Dichte am Notausgang Ost nach 16,5 Minuten Brand – Horizontalschnitt bei $h = 1,5$ m über OK Bahnsteig; Szenario 3B (rot: „verrauchter Bereich“)

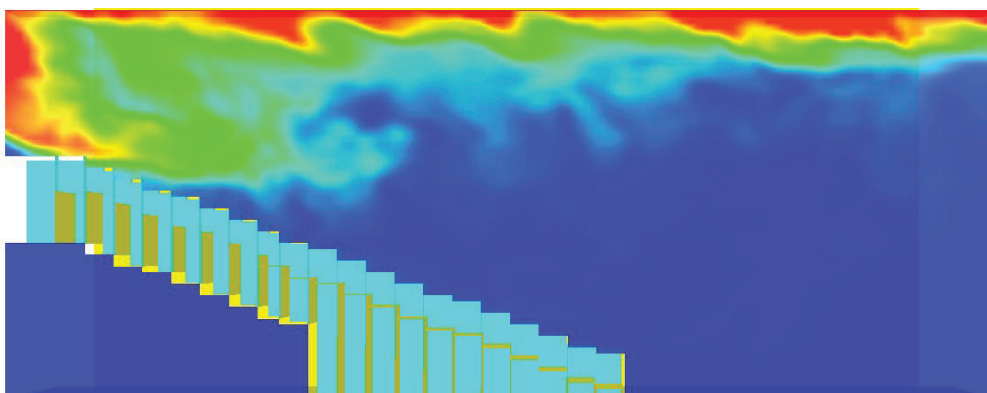


Bild 23: Verteilung der Optischen Dichte im Längsschnitt im Bereich der Rolltreppe West nach 14,0 Minuten Brand; Szenario 1B (rot: „verrauchter Bereich“)

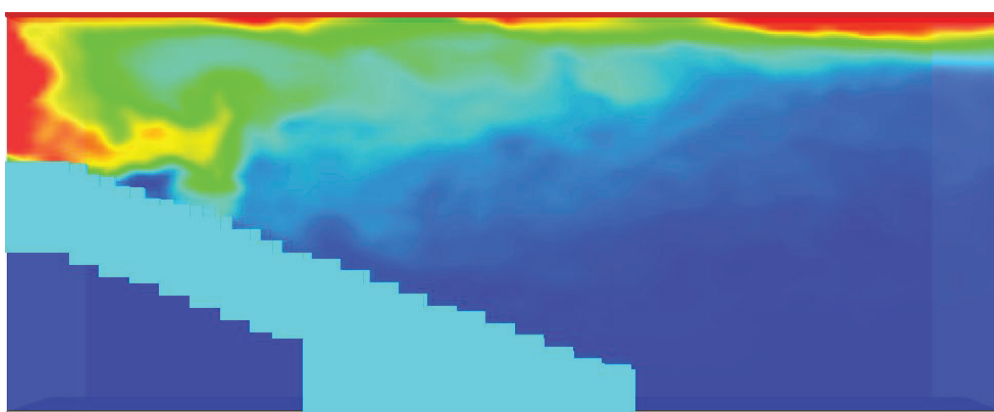


Bild 24: Verteilung der Optischen Dichte im Längsschnitt im Bereich der Rolltreppe West nach 14,0 Minuten Brand; Szenario 3B (rot: „verrauchter Bereich“)

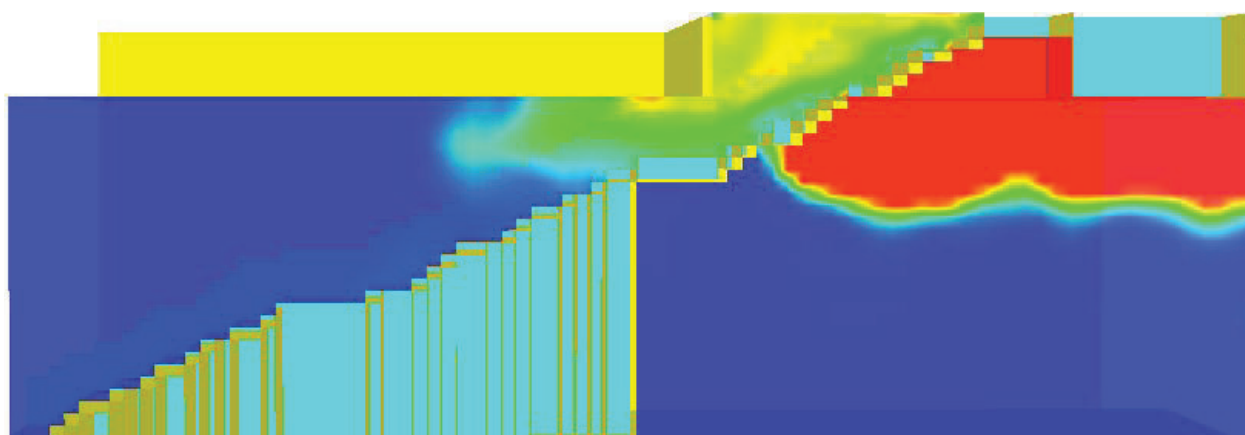


Bild 25: Verteilung der Optischen Dichte im Längsschnitt im Bereich der Treppe West nach 25 Minuten Brand; Szenario 1B (rot: „verrauchter Bereich“)

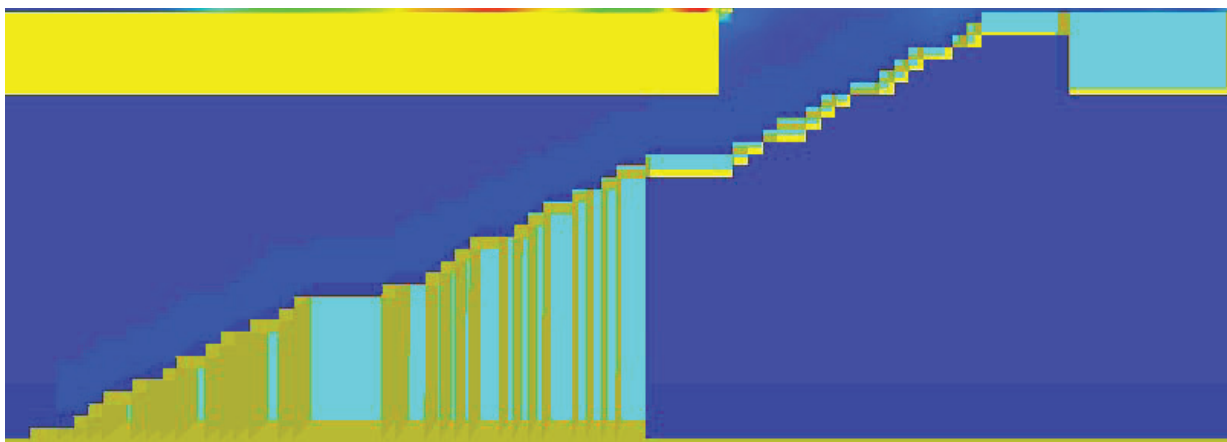


Bild 26: Verteilung der Optischen Dichte im Längsschnitt im Bereich der Treppe West nach 24,5 Minuten Brand; Szenario 3B (rot: „verrauchter Bereich“)

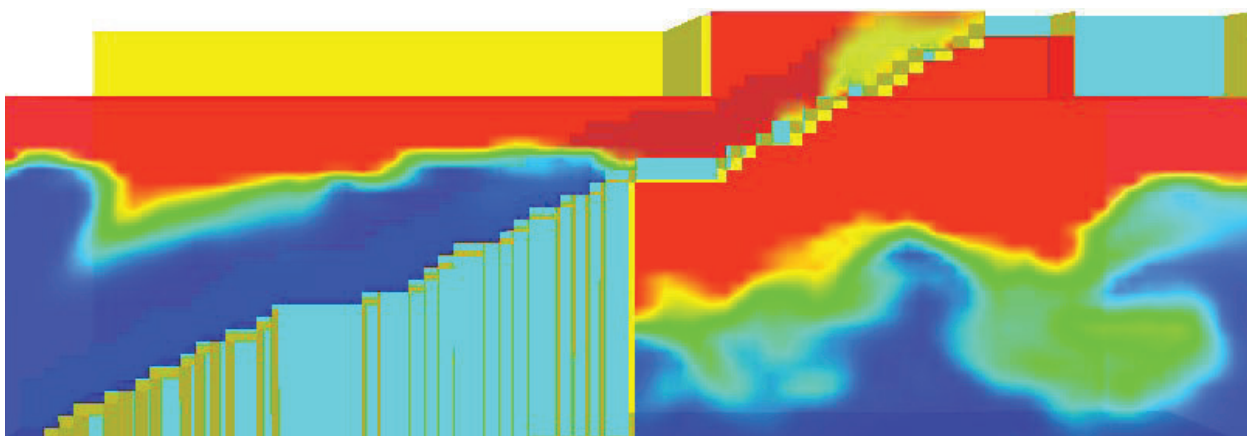


Bild 27: Verteilung der Optischen Dichte im Längsschnitt im Bereich der Treppe West nach 25,5 Minuten Brand; Szenario 1B (rot: „verrauchter Bereich“)

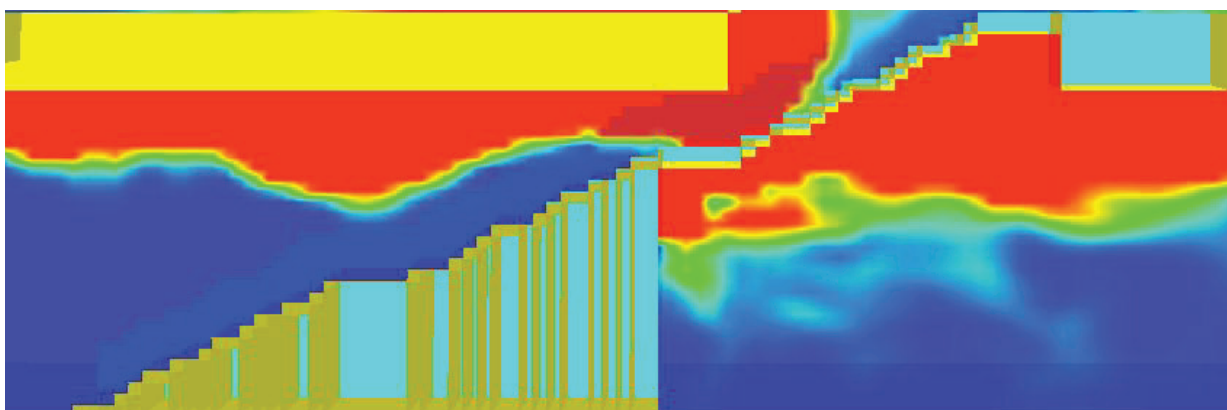


Bild 28: Verteilung der Optischen Dichte im Längsschnitt im Bereich der Treppe West nach 25,5 Minuten Brand; Szenario 3B (rot: „verrauchter Bereich“)

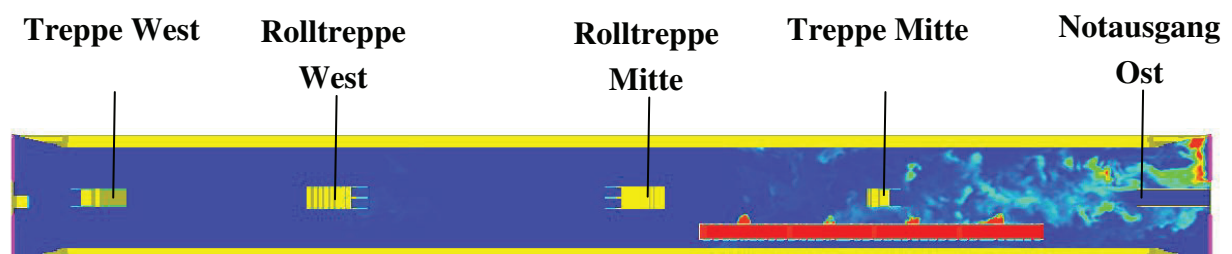


Bild 29: Verteilung der Optischen Dichte im Querschnitt nach 15,0 Minuten Brand;
Szenario 1B (rot: „verrauchter Bereich“)

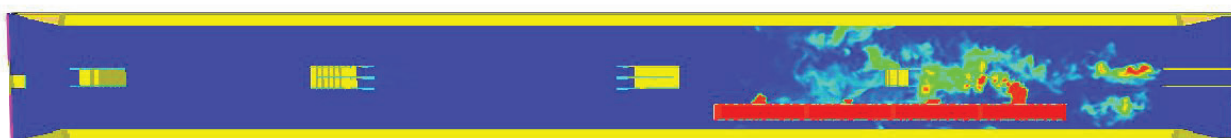


Bild 30: Verteilung der Optischen Dichte im Querschnitt nach 15,0 Minuten Brand;
Szenario 3B (rot: „verrauchter Bereich“)



Bild 31: Verteilung der Optischen Dichte im Querschnitt nach 20,0 Minuten Brand;
Szenario 1B (rot: „verrauchter Bereich“)



Bild 32: Verteilung der Optischen Dichte im Querschnitt nach 20,0 Minuten Brand;
Szenario 3B (rot: „verrauchter Bereich“)

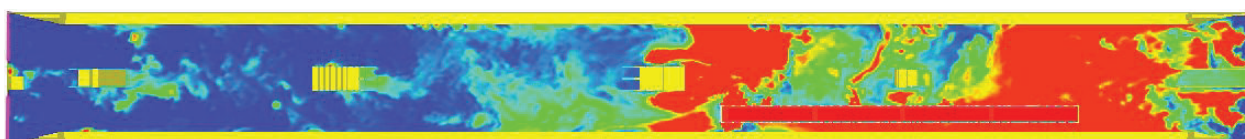
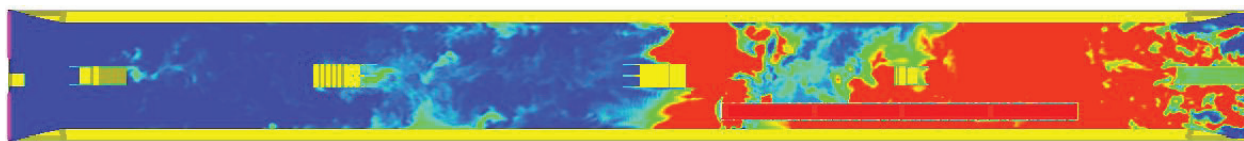
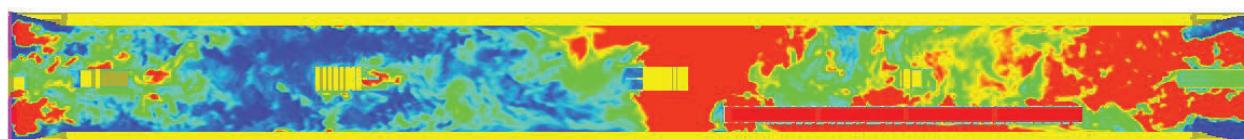


Bild 33: Verteilung der Optischen Dichte im Querschnitt nach 26,0 Minuten Brand;
Szenario 1B (rot: „verrauchter Bereich“)



**Bild 34: Verteilung der Optischen Dichte im Querschnitt nach 26,0 Minuten Brand;
Szenario 3B (rot: „verrauchter Bereich“)**



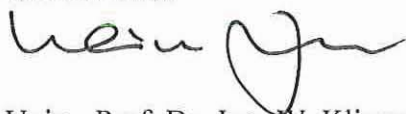
**Bild 35: Verteilung der Optischen Dichte im Querschnitt nach 27,0 Minuten Brand;
Szenario 1B (rot: „verrauchter Bereich“)**



**Bild 36: Verteilung der Optischen Dichte im Querschnitt nach 30,0 Minuten Brand;
Szenario 1B (rot: „verrauchter Bereich“)**

6 ZUSAMMENFASSUNG UND STELLUNGNAHME

Für die Untersuchung der Wirksamkeit der maschinellen Entrauchung der unterirdischen Pva Frankfurt am Main Ost, wurden mit einem Feldmodell Vorlaufrechnungen für verschiedene Brandherdpositionen und Windrandbedingungen durchgeführt. Für die kritischeren Szenarien wurden Auswertungen über die Selbstrettungs- bis in die Fremdrettungsphase hinein vorgenommen um die verfügbaren Zeiten abschätzen zu können. Die Ergebnisse zeigen, dass die Windeinwirkung zu keiner deutlichen Beeinträchtigung der Verrauchung, insbesondere des brandfernen Stationsabschnittes führt. Weiterhin kann festgestellt werden, dass bei einer, im ungünstigsten Fall, 12 Minuten dauernden Selbstrettungsphase, die brandfernen Zugänge zur Ebene C der Station und damit zu deren Ausgänge ins Freie, während dieser Zeitspanne, im Sinne einer Begrenzung der optischen Dichte auf $0,13 \text{ m}^{-1}$ raucharm und damit nutzbar bleiben. Für die Fremdrettungsphase erwies sich, bei dem kritischen Szenario (Brand vor Ausgang Mitte), die Treppe West als der maßgebende Zugang zur Station. Der Zugang zur Bahnsteigebene, über diesen Ausgang, bleibt bis zur 24,5 Brandminute nutzbar. Damit ist die Zugänglichkeit über einen längeren Zeitbereich nach der Ankunft der Feuerwehr gesichert. Auf der Bahnsteigebene bleibt die Rauchkonzentration hinsichtlich der Sichtweitenbeeinträchtigung in diesem Fall, innerhalb der Mindesthöhe von 1,5 m über OK Bahnsteig, im westlichen Stationsabschnitt bis zur 27. Brandminute und damit während der Fremdrettungsphase (15 Minuten) unterhalb des Grenzwertes.



Univ.- Prof. Dr.-Ing. W. Klingsch
Düsseldorf, den 11.12.2012



Dipl.-Ing. D. Toris