
ANLAGE 12.9.4

SIMULATIONSBERICHT
BPK-G 054/2010

Auftraggeber:

Planungs-ARGE IBV-Pöyry
c/o Ing.-Büro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH
Brunnenstr. 29-31

40223 Düsseldorf

Inhalt der Fachplanung:

DYNAMISCHE EVAKUIERUNGSSIMULATION
S-Bahnhof, Frankfurt am Main Ost

Der Bericht umfasst 18 Seiten

09.06.2010

BPK Düsseldorf

Telefon:
Telefax:
Internet:
e-mail:

Wahlerstraße 32
40472 Düsseldorf
0211 - 43 61 83-0
0211 - 43 61 83-83
<http://www.bpk-fire.de>
office-dus@bpk-mail.de

Amtsgericht Wuppertal
HRB 11923
Geschäftsführer:
Prof. Dr.-Ing. Wolfram Klingsch
Liselotte Klingsch-Alswede

Bankverbindung:
Dresdner Bank Wuppertal
BLZ: 330 800 30
Konto Nr. 57 67 684 00
UST-Id.Nr.: DE 184458715

INHALTSVERZEICHNIS

1	VORBEMERKUNG	3
2	BASISPARAMETER	4
3	PERSONENBELEGUNG UND -VERHALTEN	5
4	SIMULATIONSREIHEN UND EVAKUIERUNGSZEITEN	8
5	DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE.....	10
6	ZUSAMMENFASSUNG	18

Alle Rechte vorbehalten

© 2010 by BPK,
Brandschutz Planung 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 June 2010

1 VORBEMERKUNG

Der vorliegende Bericht fasst die im Auftrag der Planungs-ARGE IBV-Pöyry durchgeführten dynamischen Evakuierungssimulationen zusammen. Diese Untersuchungen sind Bestandteil des Programms des ganzheitlichen Brandschutzkonzeptes für den S-Bahnhof Ost in Frankfurt am Main.

Die zu betrachtenden Flächen wurden in Abstimmung mit den an der Planung Beteiligten hinsichtlich der zusammenhängenden Nutzbereiche und der brandschutztechnisch qualifizierten Abtrennungen festgelegt. Die Implementierung der erforderlichen Geometrien in die Software erfolgte anhand der übergebenen Planunterlagen vom 18.02.2010 bzw. 25.02.2010. Die Einhausungen der Treppenaufgänge wurden aus Zeitersparnisgründen anhand der Planunterlagen vom 10.05.2010 nachträglich in die Simulationsgeometrie eingearbeitet.

Ziel dieser Simulationsrechnungen war der Vergleich der Evakuierungszeiten mit den durch die CFD-Simulation ermittelten Zeiten einer raucharmen Begehrbarkeit der Rettungswege.

Die in diesem Bereich anzunehmende Personenzahl war vom RMV mit Mitteilung vom 16.11.2010 mit 1.100 Personen vorgegeben.

Ziel der durchgeführten dynamischen Evakuierungssimulationen ist, durch bauliche, anlagentechnische und organisatorische Brandschutzmaßnahmen eine möglichst ruhige und geordnete Evakuierung sicher zu stellen, damit sogenannte Paniksituationen nicht entstehen.

2 BASISPARAMETER

Bereichsabgrenzung

Die Geometrieimplementierung erfolgte anhand der von der Planungs-ARGE IBV-Pöyry übergebenen DXF-Datensätzen in das Programm.

Folgende Annahmen bzw. Grundlagen wurden festgelegt:

- Es wurden nur die öffentlichen, d.h. die für Fahrgäste zugänglichen Bereiche betrachtet.
- Als „sicherer Bereich“ wird das Freie betrachtet, für den Zeitpunkt wenn die letzte Person die oberste Treppenstufe erreicht hat. Da Personen nach Durchschreiten der F30/T30RS Abtrennung auf dem Bahnsteig an den Treppenantritten einen „temporär-sicheren“ Bereich erreichen, werden die Zeiten, nachdem die letzte Person diese Stelle durchschreitet, auch gemessen.
- Die Personen befinden sich auf dem Bahnsteig.
- Es werden entsprechend der Vorgaben der Deutschen Bahn AG keine Personen in haltenden Zügen an den Bahnsteigen betrachtet, d.h. die Personen befinden sich zu Beginn der Simulation bereits alle auf dem Bahnsteig.
- Entsprechend den Vorgaben des RMV vom 16.11.2010 wurden 1.100 Personen auf dem Bahnsteig mit der programmeigenen Zufallsverteilung angenommen.
- Entsprechend den Vorgaben der DB werden auch Fahrtreppen als Rettungswege berücksichtigt, wobei mindestens eine Fahrtreppe aufgrund von Wartungsarbeiten nicht als Rettungsweg nutzbar ist und alle Fahrtreppen als stehend angenommen werden.
- Als Ausgang zählt die oberste Stufe der Treppen (sicherer Bereich). Um auch Rückstauungen auf der Treppe zu berücksichtigen, welche Einfluss auf die Personen auf dem Bahnsteig und die Evakuierungszeit haben, wurden die Treppenläufe auch mit simuliert.
- Als Evakuierungszeit zählt der Zeitraum bis zu dem die letzte Person vom Bahnsteig die oberste Treppenstufe erreicht. Als Zwischenzeit wurde auch das Betreten der Treppeanlagen durch die letzte Person vom Bahnsteig gemessen.
- Bei der Simulationssoftware buildingEXODUS ist für die Türen/Ausgänge eine Durchflussrate von 1,33 (occ/m/s) (Personen/Meter/Sekunde) als Voreinstellung festgelegt. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen und Erkenntnisse blieb dieser Wert auch als Grundlage für die durchgeführten Simulationen unverändert.

3 PERSONENBELEGUNG UND -VERHALTEN

Die Personenverteilung erfolgt entsprechend der folgenden Tabelle. Diese Verteilung stellt einen repräsentativen Bevölkerungsdurchschnitt dar, welcher durch das Programm voreingestellt ist und für die Betrachtungen eines Bahnhofes verwendet werden kann.

Die Angaben entstammen dem USER GUIDE AND TECHNICAL MANUAL, building EXODUS V4.0, Revision 1.0, February 2004

Geschlecht	Alter [Jahre]	Prozentualer Anteil [%]
Männlich	17-29	8
Männlich	30-50	30
Männlich	51-80	22
Weiblich	17-29	7
Weiblich	30-50	20
Weiblich	51-80	13

Physische Parameter

Hiermit werden die körperlichen Eigenschaften einer Person beschrieben.

Bezeichnung	Eingabewerte
Alter (Jahre)	1-100
Geschlecht	männlich-weiblich
Gewicht (kg)	1,0-200
Agilität	3-7 (gering-hoch)
Laufgeschwindigkeit (m/s)	0-10
Beweglichkeit	0-1 (gering-hoch)

Die Bewegungsgeschwindigkeiten sind nach den Forschungsergebnissen von Fruin definiert. Folgende Werte gelten auf ebener Strecke:

Bewegungsgeschwindigkeit	Voreinstellung (m/s)
Schnelles Gehen	1,5
Gehen	$1,5 \times 0,9 = 1,35$
Springen (über Hindernisse)	$1,5 \times 0,8 = 1,2$
Kriechen	$1,5 \times 0,2 = 0,3$

Laufgeschwindigkeiten auf Treppen

Für diesen Zustand werden die Daten nach “Fruin” verwendet.

Das Überholen auf Treppen ist möglich, wenn die freie Stufe vor der überholenden Person bestehen bleibt.

Geschlecht	Alter	abwärts (m/sec.)	aufwärts (m/sec.)
Männlich	< 30	1,01	0,67
Weiblich	< 30	0,755	0,635
Männlich	30 – 50	0,86	0,63
Weiblich	30 – 50	0,665	0,59
Männlich	> 50	0,67	0,51
Weiblich	> 50	0,595	0,485

Psychologische Parameter

Diese Werte geben die verschiedenen psychologischen Faktoren an, durch die eine Person in einer Paniksituation beeinflusst wird.

Bezeichnung	Eingabewerte
Geduld (sec.)	1-1000
Durchsetzungsvermögen	1-15 (niedrig-hoch)
Reaktionszeit (sec.)	0-10000

Als Reaktionszeit wird eine Zeitspanne von 0-60 Sekunden angenommen.

Die Zuordnung aller vorstehend benannten Personeneigenschaften erfolgt durch einen Zufallsmodus, wobei bestimmte Abhängigkeiten, z.B. zwischen Alter und Agilität o.ä., berücksichtigt werden.

Innerhalb der Evakuierungssimulationsreihen wird das gleichzeitige Bestreben aller Personen, möglichst schnell und auf direktem Weg im Alarmierungsfall zum nächsten Ausgang zu gelangen, als Grundlage angenommen. Ein darüber hinaus gehendes unkontrolliertes Verhalten im Sinne von „Panik“ kann grundsätzlich nicht wirklichkeitsnah simuliert werden, da es irrational situations- und personenabhängig ist.

Die Vermeidung von Panik ist eines der Ziele eines effektiven Evakuierungskonzeptes, so dass durch geplante organisatorische und anlagentechnische Maßnahmen (Personal, Information, Fluchtwegleitsystem, wirkungsvolle Entrauchung, Rettungswegekapaazität etc.) eine gezielte und geordnete Lenkung der flüchtenden Personen in die sicheren Bereiche erfolgen soll.

Personenbelegungsverteilung

Entsprechend dem Schreiben des RMV vom 16.11.2010 ist mit einer Belegung von 1.100 Personen zu rechnen. Diesem Wert wurde vorab auch als Basiswert vom Eisenbahn Bundesamt zugestimmt.

4 SIMULATIONSREIHEN UND EVAKUIERUNGSZEITEN

Im Rahmen der dynamischen Evakuierungssimulationen wurden je Szenario bzw. Simulationsvariante ca. 20 Durchläufe mit unterschiedlichen, vom Zufallsgenerator festgelegten Personenausgangspositionen simuliert. Hiervon sind 5 Ergebnisse in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

Als Grenze für die Ermittlung der **Zwischenzeit** wurde der Treppenantritt auf der Bahnsteigebene festgelegt, d.h. wenn die letzte Person eine Treppe erreicht hat, ist die Evakuierung abgeschlossen. Um den Rückstau auf den Bahnsteig realitätsnah wiederzugeben, wurden die Treppen im Modell mit generiert, so dass Stauungen auf der Treppe sich auf dem Bahnsteig fortsetzten.

Für die Ermittlung der **Evakuierungszeit** wurde die Zeit gemessen, zu der die letzte Person das Freie erreicht.

Es wurden folgende 4 Szenarien untersucht:

Szenario 1 (SZ11): alle Treppen und Fahrtreppen (stehend) sind nutzbar

Szenario 2 (SZ22): alle Treppen und Fahrtreppe (stehend) mit Ausnahme einer
(DB-Szenario) Fahrtreppe am Aufgang Mitte sind nutzbar

Szenario 3 (SZ2): Treppen Aufgang West nicht nutzbar, alle übrigen Treppen können genutzt werden und alle Fahrtreppen (stehend) im Bahnhof können genutzt werden (auch Fahrtreppe Aufgang West)

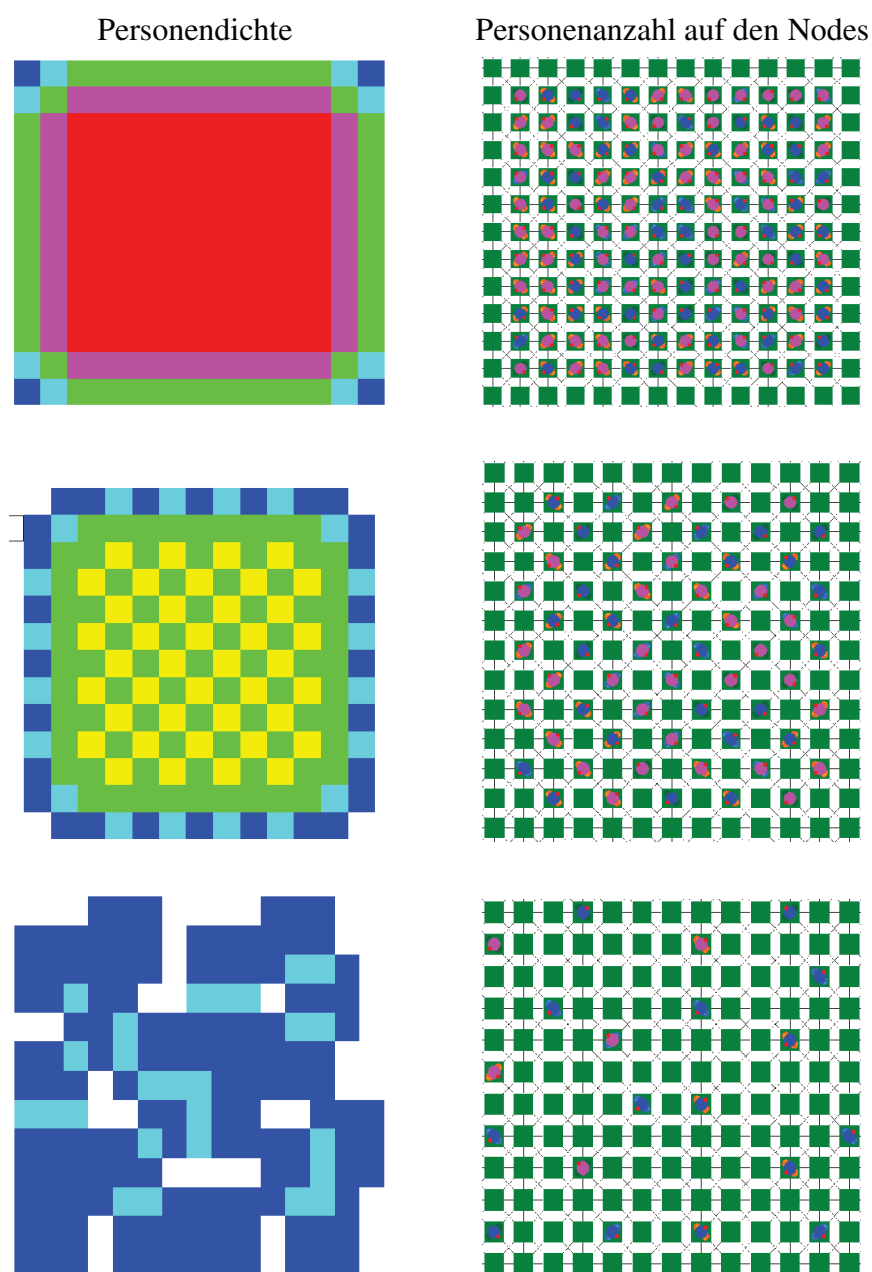
Szenario 4 (SZ3): Worst-Case Betrachtung – gesamter Aufgang West nicht nutzbar (Treppe + Fahrtreppe), alle übrigen Aufgänge stehen zur Verfügung.

Ergebnisse:

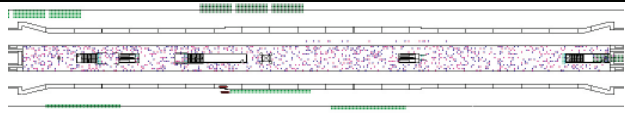
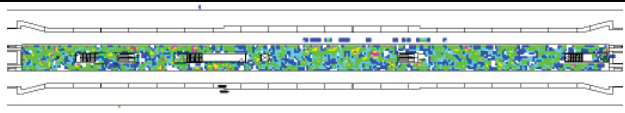
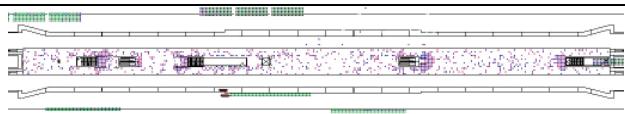
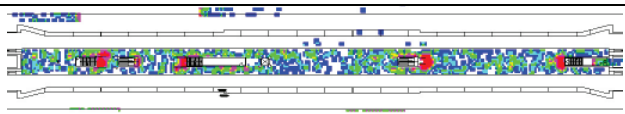
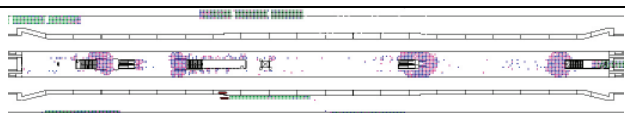
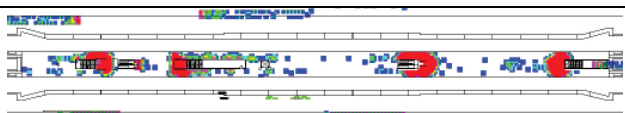
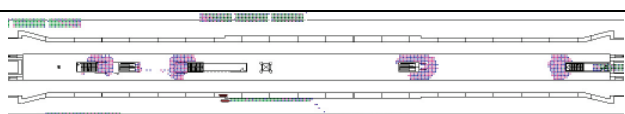
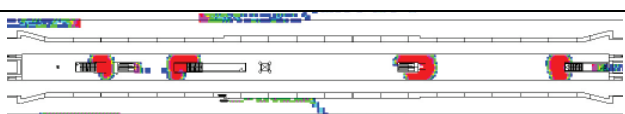
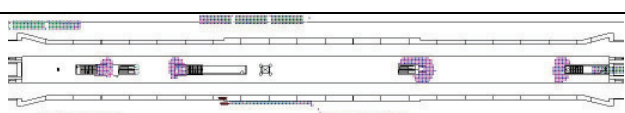
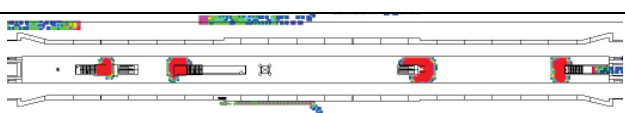
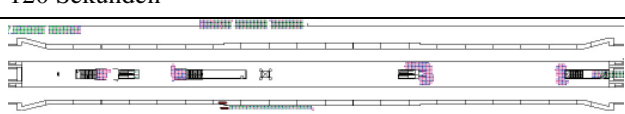
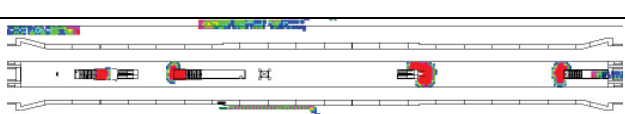
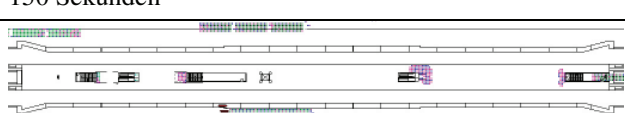
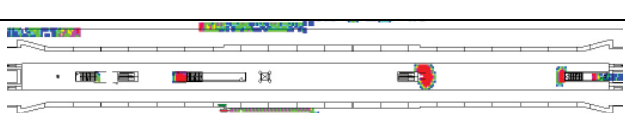
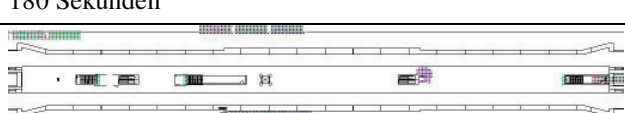
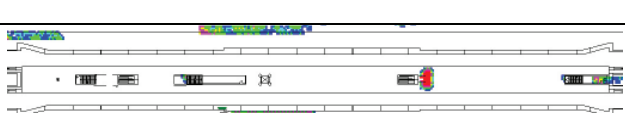


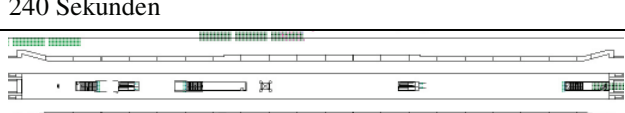

	Bahnsteig (Zwischenzeit) [min:sec]	Freies (Evakuierungszeit) [min:sec]	Reaktionszeit [sec]	Personen
Szenario 1	4:16	6:07	0-60	1.100
	4:44	6:10	0-60	1.100
	4:19	6:22	0-60	1.100
	4:20	6:37	0-60	1.100
	3:48	6:30	0-60	1.100
Szenario 2	6:11	7:42	0-60	1.100
	6:24	7:56	0-60	1.100
	5:38	7:09	0-60	1.100
	5:39	7:10	0-60	1.100
	6:37	7:33	0-60	1.100
Szenario 3	4:33	7:50	0-60	1.100
	4:53	8:15	0-60	1.100
	4:49	8:12	0-60	1.100
	4:20	7:39	0-60	1.100
	4:34	7:25	0-60	1.100
Szenario 4	6:17	8:45	0-60	1.100
	6:26	9:15	0-60	1.100
	6:38	9:23	0-60	1.100
	6:07	9:14	0-60	1.100
	6:17	8:42	0-60	1.100

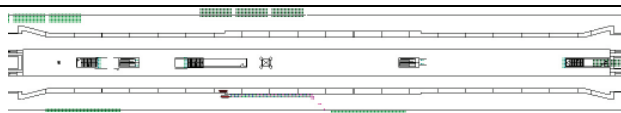
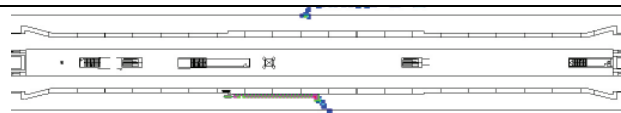
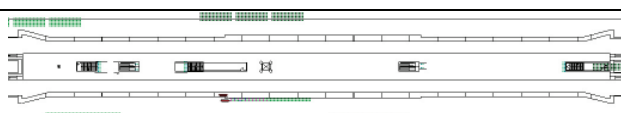

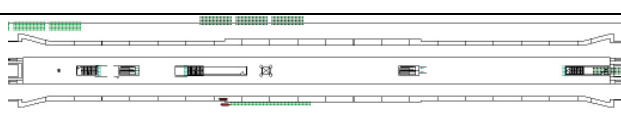
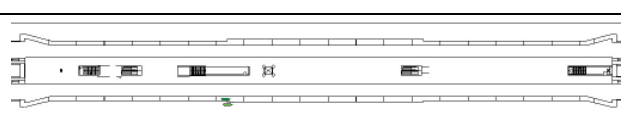
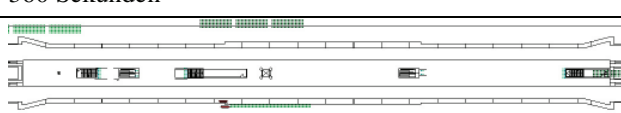
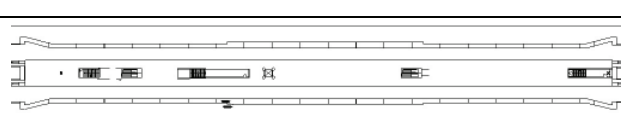
5 DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

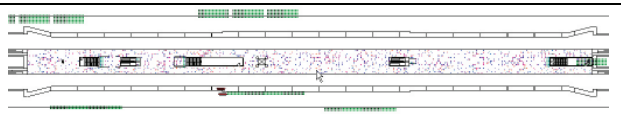
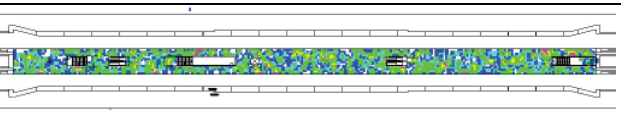
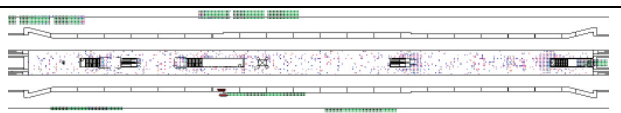
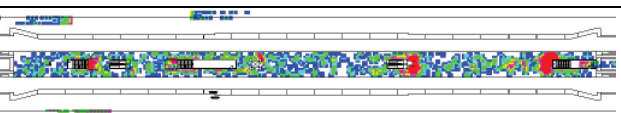
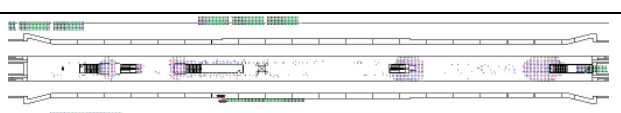
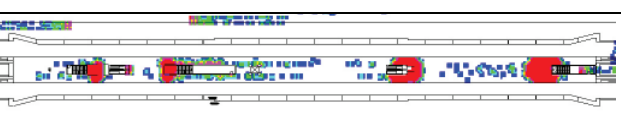
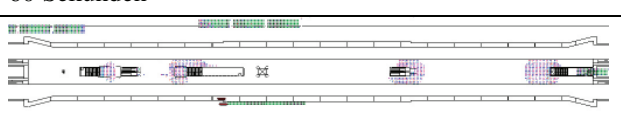
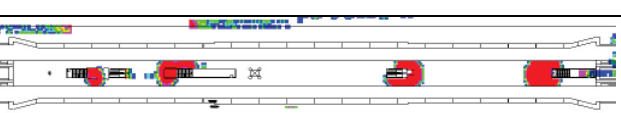
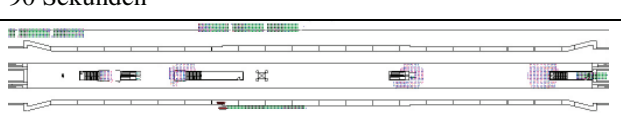
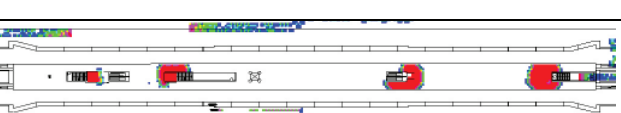
Die Personendichten werden in Abhängigkeit von der Personenbelegung folgendermaßen dargestellt:



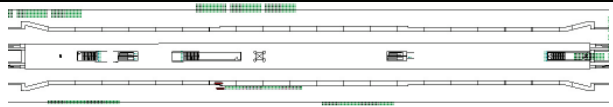
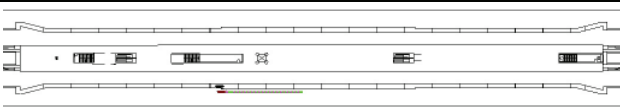
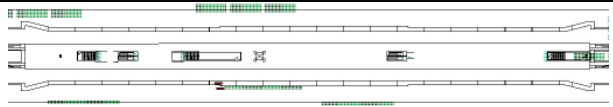
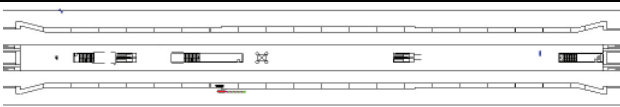
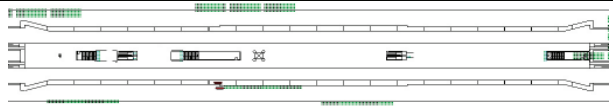
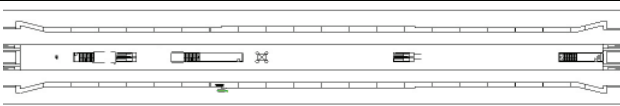
Rote Bereiche symbolisieren hohe Personendichten, blaue Bereiche symbolisieren geringe Personendichten.

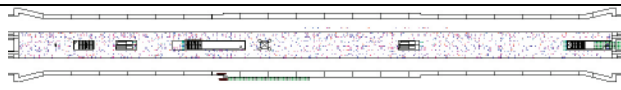
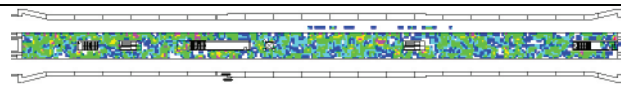
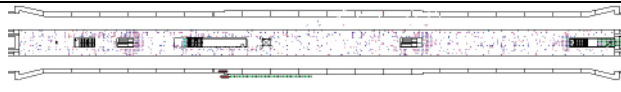
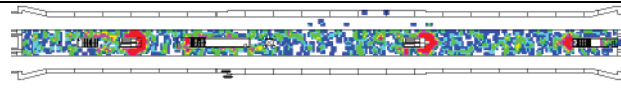
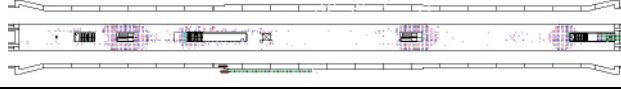
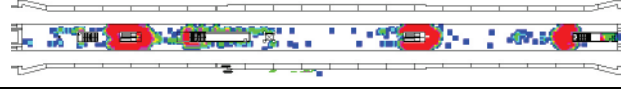
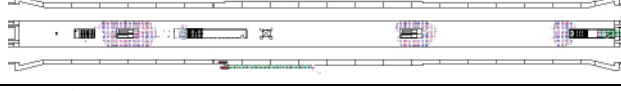
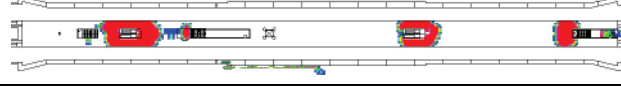
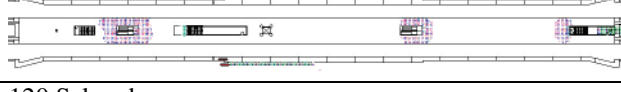
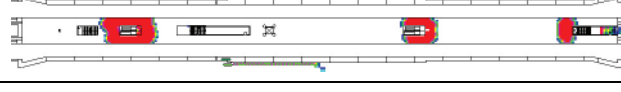
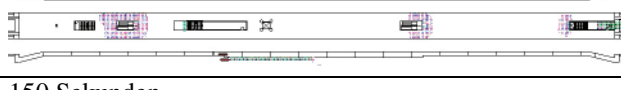

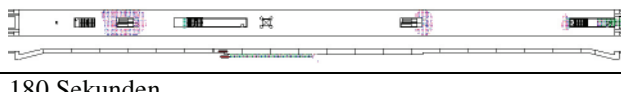
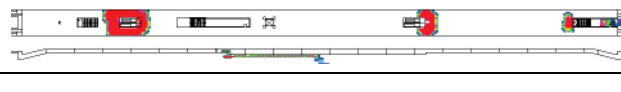
Szenario 1:	
Personenströme	Personendichte
	
Simulationsbeginn	
	
30 Sekunden	
	
60 Sekunden	
	
90 Sekunden	
	
120 Sekunden	
	
150 Sekunden	
	
180 Sekunden	
	
210 Sekunden	
	
240 Sekunden	
	
270 Sekunden	


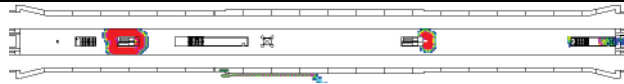
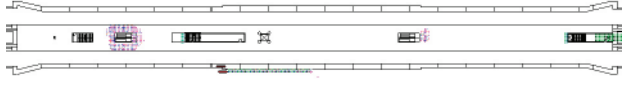
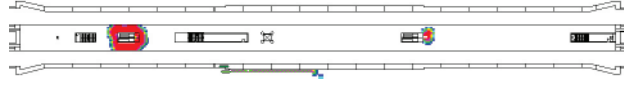
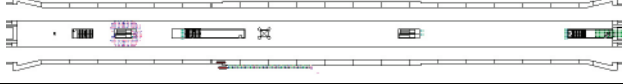

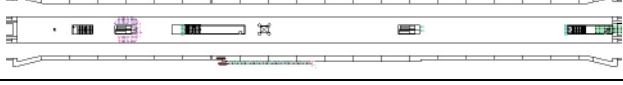


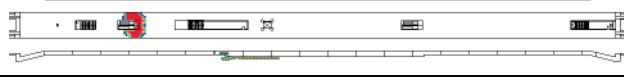
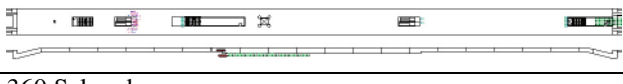
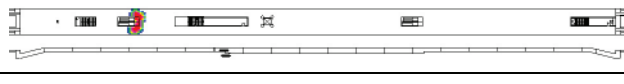

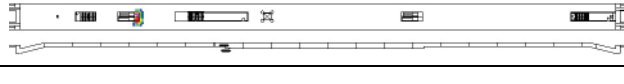
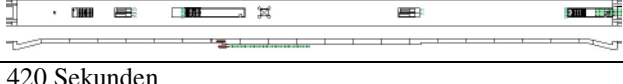
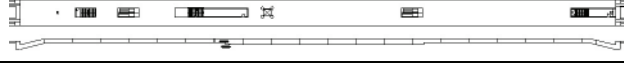
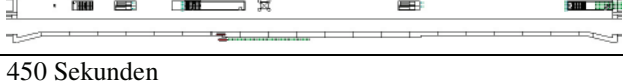
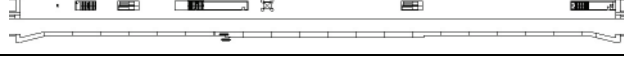
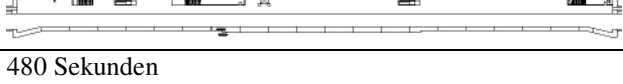
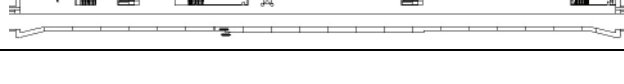
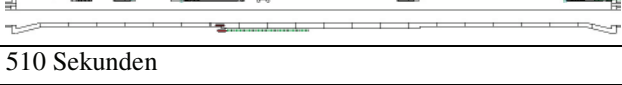
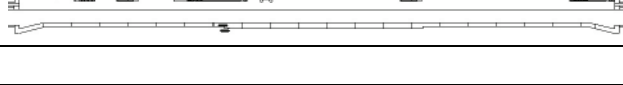
Szenario 1:	
Personenströme	Personendichte
	
300 Sekunden	
	
330 Sekunden	
	
360 Sekunden	
	
370 Sekunden	

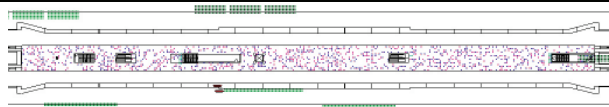
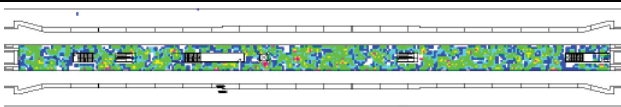
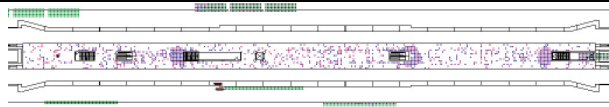
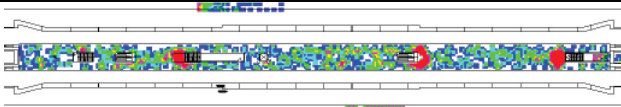
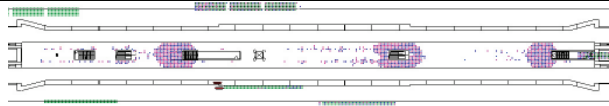
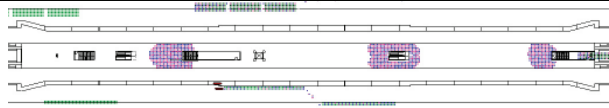
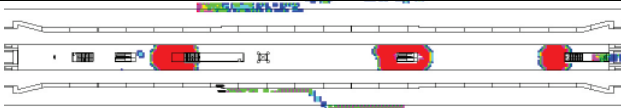
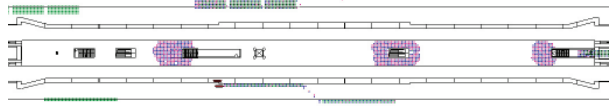
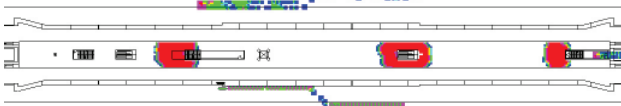


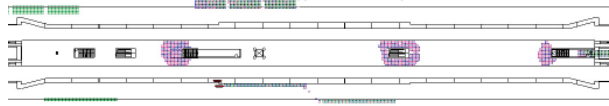
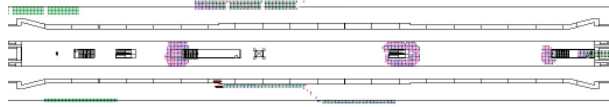

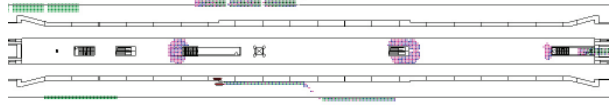
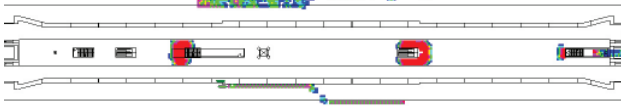


Szenario 2:	
Personenströme	Personendichte
	
Simulationsbeginn	
	
30 Sekunden	
	
60 Sekunden	
	
90 Sekunden	
	
120 Sekunden	

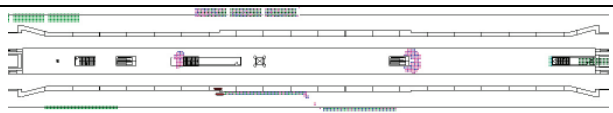
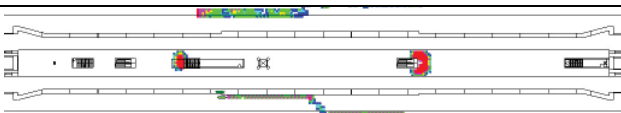
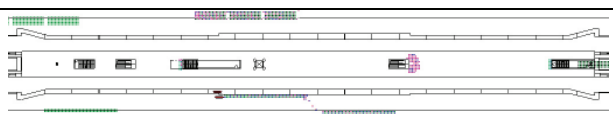
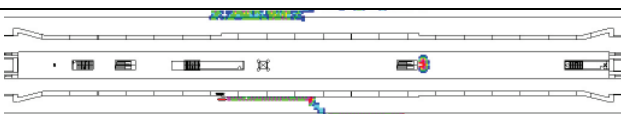
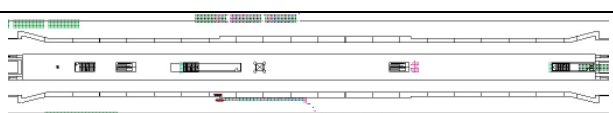
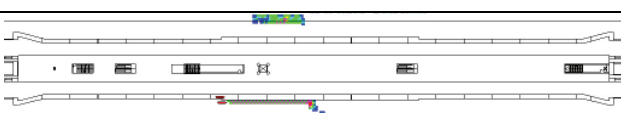
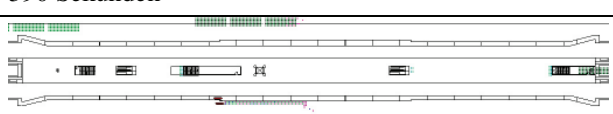
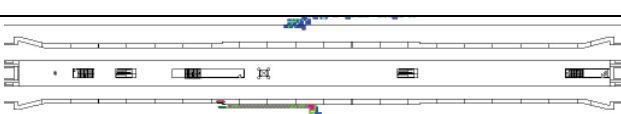
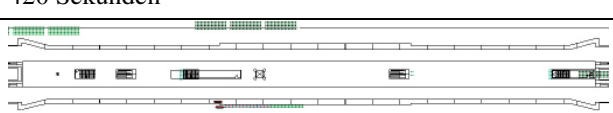


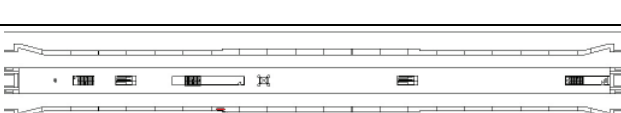
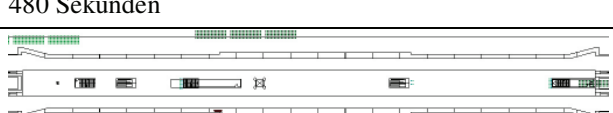
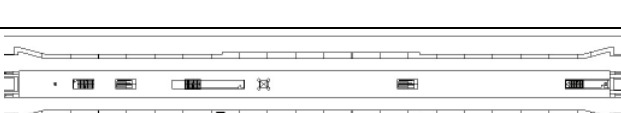
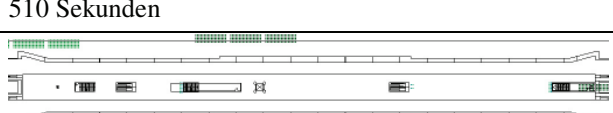
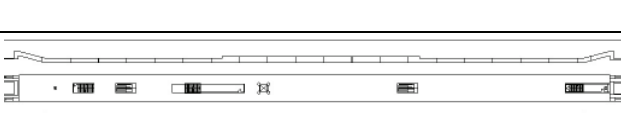
Szenario 2:	
Personenströme	Personendichte
	
150 Sekunden	
	
180 Sekunden	
	
210 Sekunden	
	
240 Sekunden	
	
270 Sekunden	
	
300 Sekunden	
	
330 Sekunden	
	
360 Sekunden	
	
390 Sekunden	
	
420 Sekunden	

Szenario 2:	
Personenströme	Personendichte
	
450 Sekunden	
	
480 Sekunden	
	
487 Sekunden	

Szenario 3	
Personenströme	Personendichte
	
Simulationsbeginn	
	
30 Sekunden	
	
60 Sekunden	
	
90 Sekunden	
	
120 Sekunden	
	
150 Sekunden	
	
180 Sekunden	

Szenario 3	
Personenströme	Personendichte
	
210 Sekunden	
	
240 Sekunden	
	
270 Sekunden	
	
300 Sekunden	
	
330 Sekunden	
	
360 Sekunden	
	
390 Sekunden	
	
420 Sekunden	
	
450 Sekunden	
	
480 Sekunden	
	
510 Sekunden	

Szenario 4: NMSSZ3 Treppe und Fahrtreppe links nicht nutzbar	
Personenströme	Personendichte
	
Simulationsbeginn	
	
30 Sekunden	
	
60 Sekunden	
	
90 Sekunden	
	
120 Sekunden	
	
150 Sekunden	
	
180 Sekunden	
	
210 Sekunden	
	
240 Sekunden	
	
270 Sekunden	

Szenario 4: NMSSZ3 Treppe und Fahrtreppe links nicht nutzbar	
Personenströme	Personendichte
	
300 Sekunden	
330 Sekunden	
	
360 Sekunden	
	
390 Sekunden	
	
420 Sekunden	
	
450 Sekunden	
	
480 Sekunden	
	
510 Sekunden	
	
520 Sekunden	

6 ZUSAMMENFASSUNG

Die dynamische Evakuierungssimulation ergab, dass unter Berücksichtigung des zuvor beschriebenen DB-Szenarios die reine Evakuierungszeit für die 1.100 Personen ca. 8 Minuten beträgt.

Für die Ermittlung der erforderlichen Zeitspanne für die Sicherstellung der raucharmen Schicht von 2,50 m wurden auf diese Zeit noch eine Tunnelfahrzeit von 2 Minuten und eine Erkundungszeit (Detektionszeit) von 1 Minute aufgeschlagen. Somit ergibt sich als maßgebliche Zeit für den Nachweis der Selbstrettungsphase eine Zeit von 11 Minuten.

Weiterhin wurde der Ausfall einer Treppe am Bahnsteigende Westseite simuliert, dies hat eine Verlängerung der Evakuierungszeit um ca. 1,0 Minute auf insgesamt ca. 12 Minuten zur Folge. Der temporär-sichere Bereich der Treppeneinhausung wurde nach max. 6,5 bzw. 9,5 Minuten inklusive Zuschlägen erreicht.

Als Worst-Case Betrachtung wurde der gesamte Aufgang West als nicht nutzbar angenommen, dies hatte eine Verlängerung der Evakuierungszeit um 0,5-1,0 Minuten zur Folge.

Diese Situationen wurden in gesonderten Simulationsreihen untersucht, die entsprechenden Ergebnisse sind in Kapitel 4 und 5 dokumentiert.

Die Sicherstellung der erforderlichen raucharmen Schicht für die Rettungswege über die ermittelten Evakuierungszeiten wurde in einer gesonderten CFD-Simulation untersucht und ist im Simulationsbericht BPK-G 056/2010 dokumentiert.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. Klingsch
Düsseldorf, den 09.06.2010



Dipl.-Ing. R. Rettner