

Erörterung Planfeststellungsabschnitt PFA 1.3b „Gäubahnführung“

27. April 2021

4. Brandschutz und Rettungskonzept

Evakuierungssimulation im Brandschutzkonzept

„Brandschutz bestanden?“:

Für die Fluchtwege muss gelten

Zeitdauer für Rauchfreiheit > Zeitdauer für Evakuierung

Im Brandschutzkonzept BPK-PFA 1.3 (PFA 1.1) erfolgte die Evakuierungs-Simulation mit der Software **„buildingEXODUS“**

Software building Exodus: Zwei mögliche Treppenmodelle: **Staggerd** (default) und **packed** (gestaffelt) gepackt

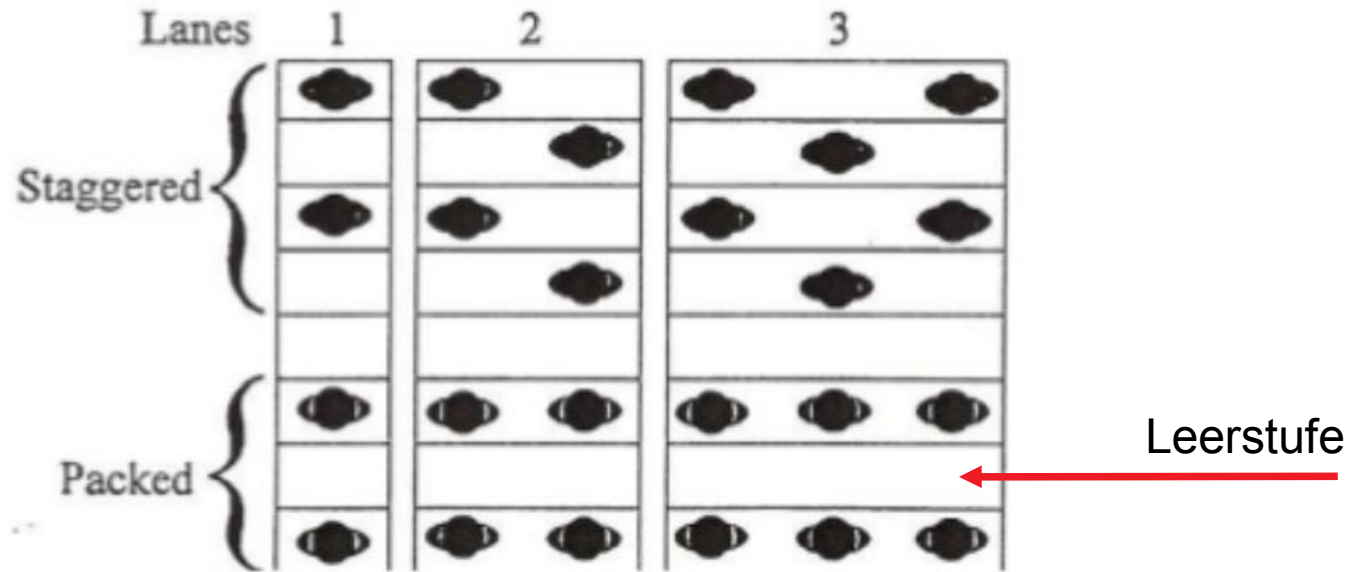


Bild 8.11: Treppennutzungsarten

Bezeichnung	Erklärung
Stair Packed gepackt	Die Personen auf einer Treppe befinden sich nebeneinander auf einer Stufe und lassen eine Stufe frei bis zur nächsten belegten Stufe
Stair Edge (Staggered) gestaffelt	Die Personen auf einer Treppe befinden sich schräg voneinander versetzt auf jeder Stufe.

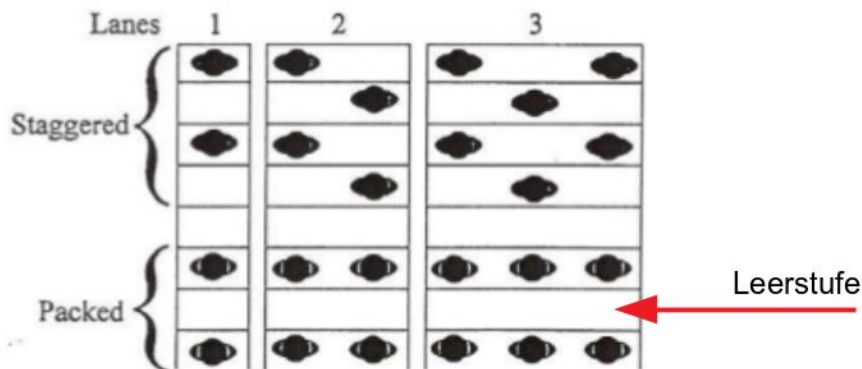
Tabelle 17: Treppennutzungsarten

Begründung für „stair packed“

Seite 39 BPK-FSC G2016039 Station 3-Gleis

Treppenlaufverhalten (Stair Packed)

„Für Evakuierungssituationen ist der „gepackte“ „Stair packed“ Modus realistisch, da hier das primäre Bestreben, den Gefahrenbereich schnell zu verlassen, dominiert und Distanz-Probleme zurücktreten. Die Verwendung der verdichteten Nutzung der Treppenläufe wurde im Projekt beschlossen und vorgegeben“.



Begründung für „stair packed“

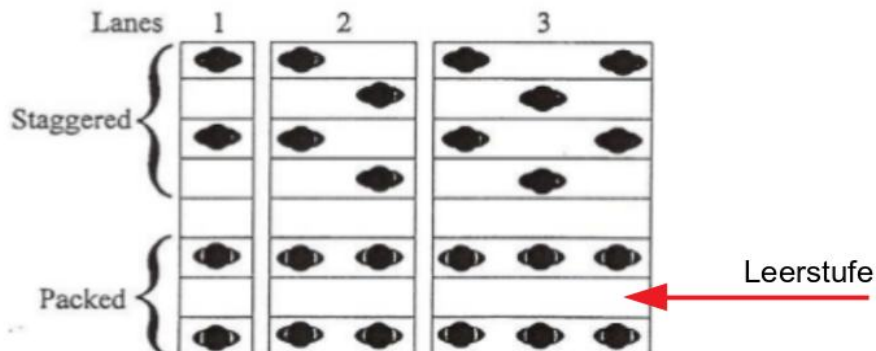
Seite 39 BPK-FSC G2016039

Treppenlaufverhalten (Stair Packed)

„Für Evakuierungssituationen ist der „gepackte“ „Stair packed“ Modus realistisch, da hier das primäre Bestreben, den Gefahrenbereich schnell zu verlassen, dominiert und Distanz-Probleme zurücktreten. Die Verwendung der verdichteten Nutzung der Treppenläufe wurde im Projekt beschlossen und vorgegeben“.

BPK-G 083F/2012 22.04.2016 – PFA 1.1

Altersgruppen / Geschlecht	Personen	Gesamt [%]
	n _P = 4.568	n% = 100
Männer 05 - 20 Jahre	1.358	08,5
Männer 20 - 40 Jahre	1.940	12,0
Männer 40 - 60 Jahre	2.425	15,0
Männer 60 - 85 Jahre	1.940	12,0
Frauen 05 - 20 Jahre	1.616	10,0
Frauen 20 - 40 Jahre	2.004	12,5
Frauen 40 - 60 Jahre	2.602	16,0
Frauen 60 - 85 Jahre	2.279	14,0
Summe	16.146	100



Erörterung PFA 1.3b, Dipl.-Ing. H. Schorr

BPK-FSC G2016039 15.09.2016 - PFA 1.3

Population Editor

Panels 100.0% 3166 People

Males_5-25.pan	13.0	411
Males26-45.pan	14.0	443
Males26-45.pan	13.0	412
Males65-85.pan	8.0	253
Females5-25.pan	13.0	412
Females_26-45.pan	14.0	443
Females45-65.pan	13.0	412
Females65-85.pan	12.0	380

Kritikpunkt
Altersstruktur beim
Bewegungsverhalten **Stair
Packed** nicht beachtet

Keine Verifizierung

Kritikpunkt

Im BSK wird fälschlicherweise suggeriert, dass auch der Treppenmodus „stair packed“ (für vorliegende Anwendung/Altersverteilung) verifiziert wurde.

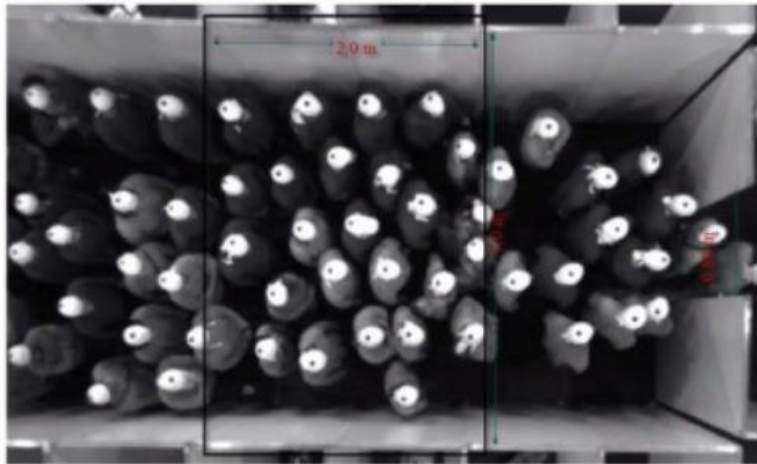
Aus Klingsch BPK-G083F-2012

Das benutzte Programmsystem EXODUS ist eines der **umfassend verifizierten und dokumentierten Programme zur dynamischen Evakuierungssimulation**. Umfangreiche experimentelle Untersuchungen haben eine hohe Realitätsnähe bestätigt. Exemplarisch zeigt Bild 8.12 einen Versuchsausschnitt und Bild 8.13 die zugehörige Simulation aus Untersuchungen des Unterzeichners.

Engstellen-Experiment

Klingsch (HERMES) 2009

ESPRIT arena in Düsseldorf

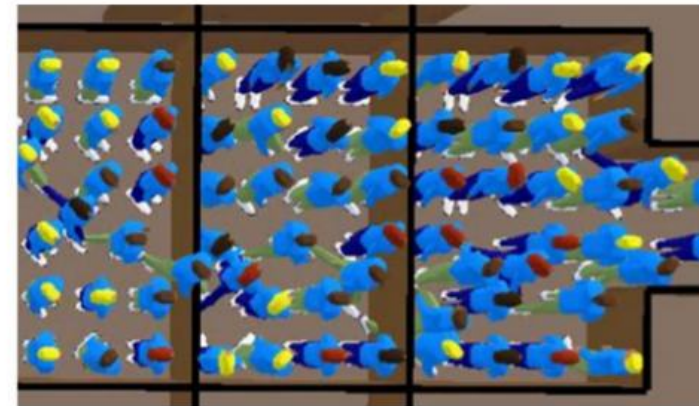


Referenzfläche $A = 6,0 \text{ m}^2$

Personenzahl $P = 25$

Personendichte $\rho = 4,2$

Simulation des Engstellen-Experiments (Exodus)



$\rho = 4,2$ im Referenzbereich

Dichte-Verteilung

Bild 8.13: Simulation (Engstellen Experimente, BMBF Projekt HERMES (Keip & Ries,2009))

Bild 8.12: Realversuche zur Personenstromdynamik BMBF Projekt HERMES (Keip & Ries,2009)

Es stellt sich die Frage: Was bringt der packed Modus zeitlich für den Wert Entfluchtungszeit“

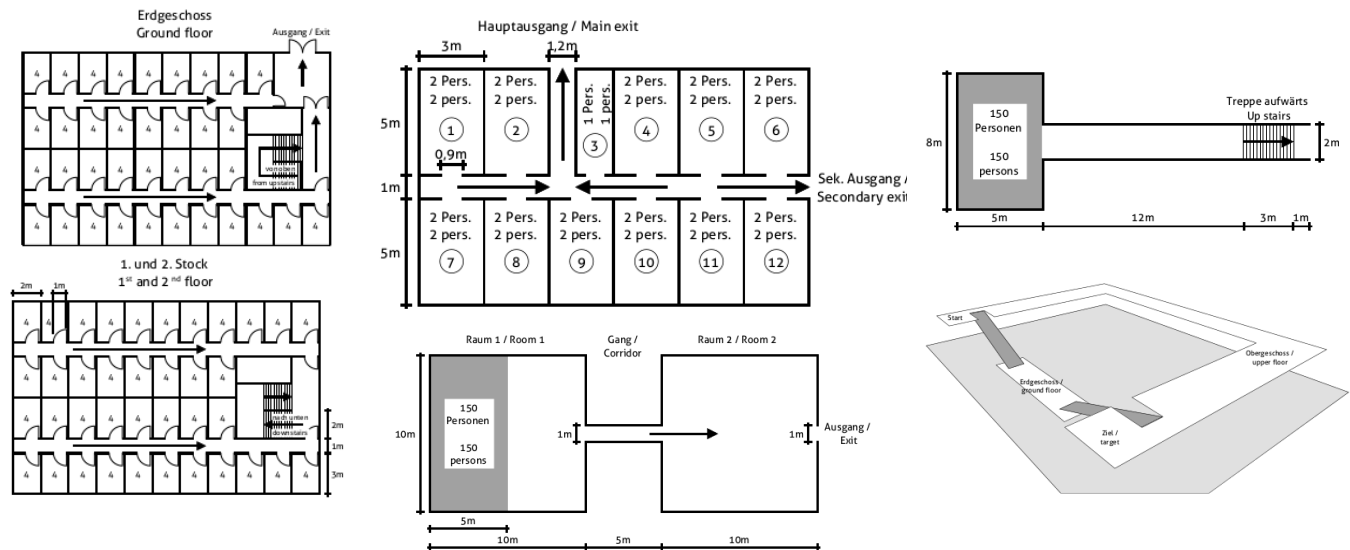


Ziel des RiMEA Vereins ist es eine Richtlinie für simulationsgestützte Entfluchtungsanalysen zu erstellen und weiterzuentwickeln.

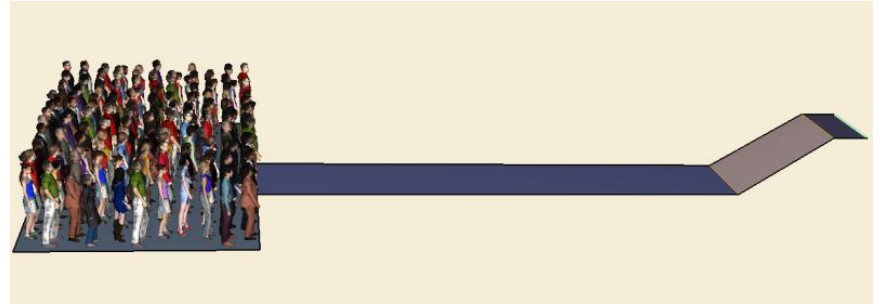
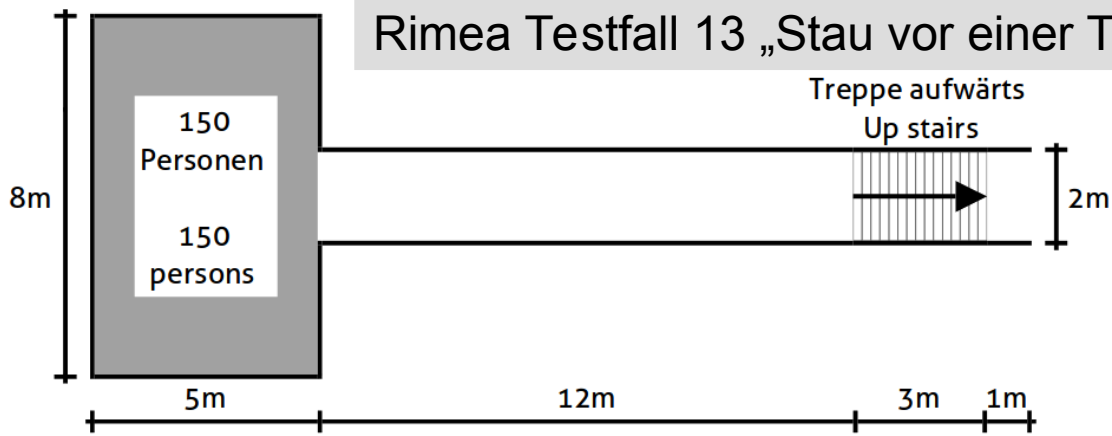
Die vom RiMEA-Verein herausgegebene Richtlinie zum Nachweis einer sicheren Evakuierung soll in der praktischen Anwendung die Akzeptanz der ingenieurmäßigen Verfahren weiter erhöhen.

15 Testfälle dienen zur Bewertung der Software. BuildingExodus wurde bis dato nicht bewertet.

- ASERI
- crowd:it
- FDS+Evac
- PedGo
- Viswalk
- Pathfinder



Rimea Testfall 13 „Stau vor einer Treppe“



Rimea Testfall 13 in BuildingExodus

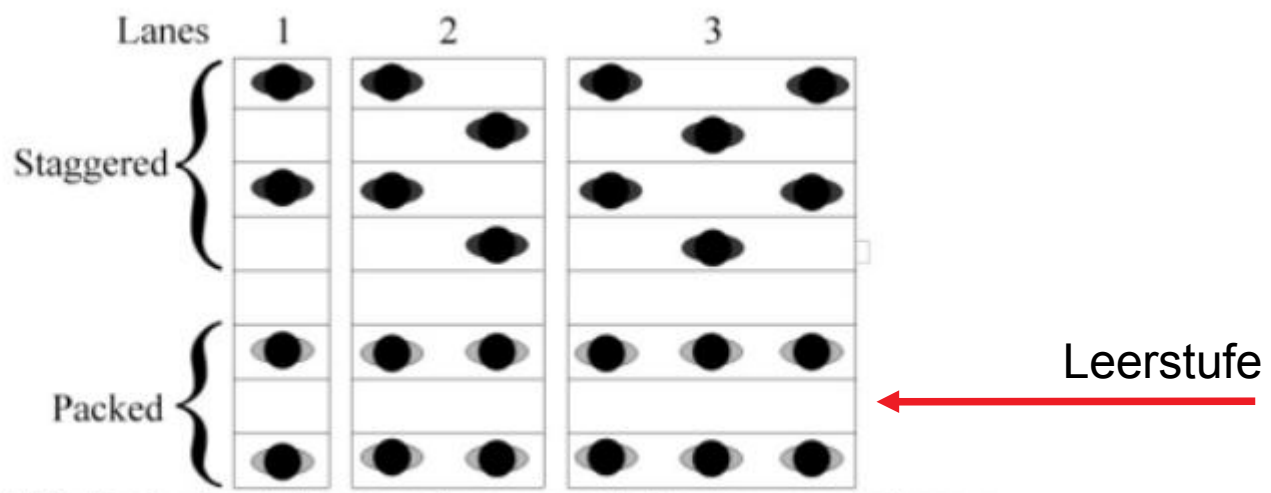
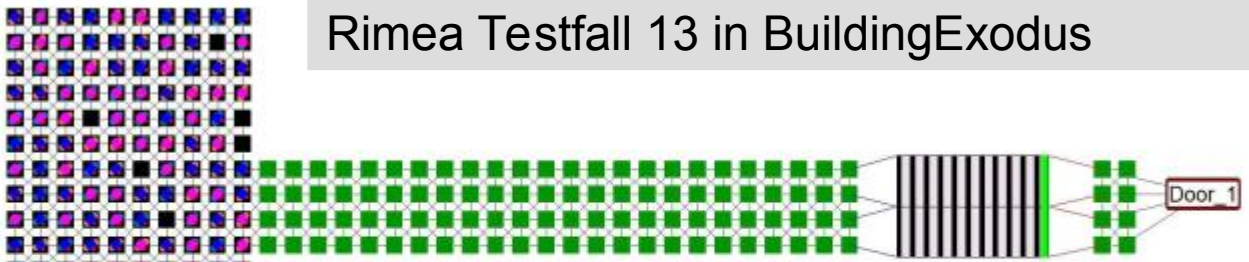
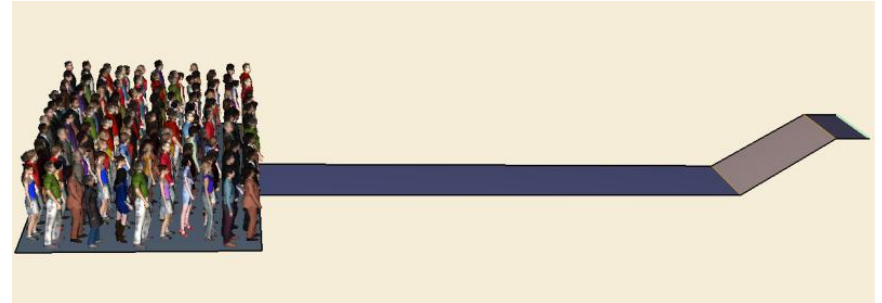


Figure 7-28: Packed and Staggered occupant behaviour on staircases

Rimea Testfall 13 mit buildingExodus

Vergleich „staggered“ mit „packed“



Rimea Testfall 13:

Dauer bis letzte Person den Ausgang / Zielfläche (Door_1) erreicht hat

3 Laufspuren auf der Treppe:

Paul/Fruin	Mittelwert	174 Sekunden	(170 ... 177)
Modus „Staggered“	Mittelwert	171 Sekunden	(167 ... 174)
Modus „Packed“	Mittelwert	106 Sekunden	(105 ... 108)
		Delta: 61 %	

Klingsch-Brandschutzkonzept BPK PFA 1.1 (BPK-G083D-2012)

Vergleich „staggered“ mit „packed“

Brandort	Maßgebender Ausgang	Gesamt Personenzahl Ausgang	Gesamt- Evakuierungszeit	delta
Brand 0 „Ohne Brand“ „stair edge“	Steg C	2.685	14 Minuten	27.2 %
Brand 0 „Ohne Brand“ „stair packed“		2.686	11 Minuten	
Brand 1 „stair edge“	Fluchttreppen 6.1/6.2	6.643	18 Minuten	44.0 %
Brand 1 „stair packed“		6.938	12,5 Minuten	
Brand 2 „stair edge“	Fluchttreppen 10/11	4.465	23 Minuten	43.8 %
Brand 2 „stair packed“		4.460	16 Minuten	
Brand 3 „stair edge“	Steg C	2.686	14 Minuten	27.2 %
Brand 3 „stair packed“		2.686	11 Minuten	
Brand 4 „stair edge“	Fluchttreppen 6.1/6.2	5.732	17 Minuten	54,5 %
Brand 4 „stair packed“		6.399	11 Minuten	

**** Im „stair edged“ (weites Gehen) Modus würden die Personen nicht in der zur Verfügung stehenden Zeit den Bereich verlassen können. Im „stair packed“ (enges Gehen) Modus können die Personen (siehe auch 8.2.2.7.4 Verhalten auf Treppen) den Bereich ausreichend sicher verlassen.

Klingsch-Brandschutzkonzept BPK PFA 1.1 (BPK-G083D-2012)

Vergleich „staggered“ mit „packed“

Evakuierungssimulationen Brandort vor Steg C

Hauptszenarien: Brand vor Steg C [min]									
Brandort 4	Evakuierung / Szenario	Abgang S - Bahn	Steg A	Fluchttreppen 6.1 / 6.2	Steg B	Flucht- treppen 10 / 11	Steg C	Gesamt Evaku- ierungszeit	Trep- pen Modus
Position: Brand vor Steg C	Nr. VIII (Sim N011) Erforderliche max. Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene - (Stegebene / Freie) (EXODUS)	8 (-/11)	11 (12/13,5*)	15,5 (-/17)****	Gesperrt**	7 (-/9)	Gesperrt**	17 Minuten***	Stair Edge
	Nr. IX (Sim N011a) Erforderliche max. Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene - (Stegebene / Freie) (EXODUS)	5 (-/7)	7,5* (8/10)	9,5 (-/11)****	Gesperrt**	5,5* (-/7)	Gesperrt**	11 Minuten***	Stair Packed

**** Im „stair edged“ (weites Gehen) Modus würden die Personen nicht in der zur Verfügung stehenden Zeit den Bereich verlassen können. Im „stair packed“ (enges Gehen) Modus können die Personen (siehe auch 8.2.2.7.4 Verhalten auf Treppen) den Bereich ausreichend sicher verlassen.

Was sagt der Entwickler von buildingExodus zur Verifizierung des „packed“ Modus

University of Greenwich, Prof. Ed Galea



Mail Information ergab:

- Galea hat bei „packed“ keine eigene Verifizierung durchgeführt, im Gegensatz zu default Modus „staggered“.
- Galea verweist auf seine Studie 9 -11 WTC
„Galea, E.R., Sharp, G., Lawrence, P.J., Holden, R.,
Approximating the Evacuation of the World Trade Center North Tower using Computer Simulation,
Journal of Fire Protection Engineering, Vol 18 (2), 85-115, 2008“

Analyse dieser Studie zeigt, dass der Modus packed **nicht** betrachtet wurde, ferner die Entfluchtung der Personen „nach unten / downstairs“ erfolgt und somit nicht vergleichbar ist mit PFA 1.3b und auch PFA 1.1, bei denen die Entfluchtung treppauf erfolgt.

Auf den publizierten Bildern der WTC-Entfluchtung ist der „packed Modus“ (Leerstufe) nicht vorhanden.



Beispiele: Bewegung auf Treppen bei WTC Entfluchtung



Was sagt Prof. Dr.-Ing. Hosser (*) zu „packed“ Modus

(*) Hosser: Herausgeber vfdb Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes, 419 Seiten

Markus Ehm, Jan Linxweiler
Braunschweig August 2004, Prof. Dr.-Ing. D. Hosser

Berechnung der Evakuierung bei Sonderbauten mit dem Programm building exodus

Seite 60 (Zitat):

„Stair Packing ist eine andere Art der Fortbewegung auf den Treppen....

Das Verhalten ist während der Simulation deutlich zu erkennen, da die Treppen ohne Freiräume mit Personen gefüllt sind. Als Ergebnis entstehen wesentlich kleinere Warteschlangen an den Treppenhäusern, was die Entfluchtungszeit deutlich reduziert.

*Für das Projekt Goya Hauptstadtclub ergeben sich Evakuierungszeiten von ca. **4 Minuten** gegenüber **8-9 Minuten bei Simulation ohne Stair Packing**. **Es kann jedoch bezweifelt werden, dass dieser Zeitunterschied realistisch ist.** Die theoretischen Grundlagen für die Entfluchtung von Gebäuden z.B. nach Predtetschenski beschreiben in jedem Fall das Entstehen von Warteschlangen oberhalb von Treppen, da die Geschwindigkeiten der Personen dort deutlich abnehmen. Diese Personenansammlungen sind bei aktiver Funktion Stair Packing nicht mehr zu beobachten“.*

Ergebnis BPK PFA 1.3 b BPK-FSC G2016039

Packed Modus

Die maximale **Evakuierungszeit** für die Bahnsteigebene der Station 3. Gleis **8,5 Minuten**.

Zeitdauer für Rauchfreiheit
11,5 Minuten

Bedingung

Zeitdauer für Rauchfreiheit > Zeitdauer für Evakuierung

formal erfüllt,

bei der notwendigen Korrektur im Modus staggered jedoch nicht mehr.

Resümee

Bei dem im Brandschutzkonzept BPK-FSC G2016039 vom 15.09.2016 verwendete Treppenmodell "Stair packed"

1. ist Altersstruktur 5 bis 85 Jahre nicht berücksichtigt: Der Treppen-Fortbewegungsmodus „jede 2 Stufe leer“ geht an der Realität der Fortbewegung dieser Altersgruppe vorbei.
2. ist nicht verifiziert (Prof. Galea, Prof. Hosser)
3. ist wissenschaftlich nicht dokumentiert, keine wissenschaftlichen Literatur / keine Publikation vorhanden.
4. ist keine Bewertung bezüglich Rimea Richtlinie vorhanden.
5. Die Aussage im Brandschutzkonzept „Die Verwendung der verdichteten Nutzung der Treppenläufe wurde im Projekt beschlossen und vorgegeben“ ist fachlich nicht nachvollziehbar.

Es ist notwendig die Entfluchtungsanalyse im verifizierten Modus staggered durchzuführen

Die aufgezeigten Fehler / Unstimmigkeiten sind planfeststellungsrelevant,