Düsseldorf
Frankfurt a. M.
Remscheid

Vertraulicher Entwurf

Brandschutz
Planung
Klingsch GmbH

BPK

Ganzheitliches Brandschutzkonzept

BPK-G 083D/2012

Bauherr	**:**	**Deutsche Bahn AG** **vertreten durch die** **DB Projektbau GmbH** **Großprojekte Stuttgart 21** **Wendlingen-Ulm** **Räpplenstr. 17** **70191 Stuttgart**
Generalplaner	**:**	**ingenhoven architects GmbH** **Plange Mühle 1** **40221 Düsseldorf**
Bauvorhaben	**:**	**Neubau Hauptbahnhof Stuttgart** **Verkehrsprojekt Deutsche Bahn AG** **„Stuttgart 21“** **Planfeststelungsabschnitt 1.1, TEH 103** **Brandschutzkonzept Bahnhofshalle**

Stand 08.03.2013

Dieses Brandschutzkonzept umfasst 274 Seiten
und 8 Anlagen

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:
Commerzbank AG Wuppertal
BLZ: 330 800 30
Konto Nr. 57 67 684 00
UST-Id.Nr.: DE 189458715

Vertraulicher Entwurf

INDEX

Vorlage	Brandschutzkonzept	Datum
1. Vorlage	BPK-G 06A/2002	31.01.2002
2. Vorlage	BPK-G 083/2012	30.06.2012
3. Vorlage	BPK-G 083A/2012	29.08.2012
4. Vorlage	BPK-G 083B/2012	08.10.2012
5. Vorlage	BPK-G 083C/2012	16.10.2012
6. Vorlage	BPK-G 083D/2012	08.03.2013 Vorabzug

Vertraulicher Entwurf

1 INHALTSVERZEICHNIS

1 INHALTSVERZEICHNIS 3

1.1 Abkürzungen 16

1.2 Begriffe 16

2 ZWECK DER BEAUFTRAGUNG / VORBEMERKUNG 17

3 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN 18

3.1 Angewandte gesetzliche Vorschriften, Richtlinien und Normen 18

3.2 Angewandte DB Richtlinien 20

3.3 Orts- und Besprechungstermine 20

3.4 Verwendete Unterlagen 20

3.5 Angewandte Berechnungsverfahren und Simulationen 21

4 SACH- UND PLANFESTSTELLUNGEN 22

4.1 Grundstück 22

4.1.1 Angrenzende Gebäude / Gebäudeabstände auf dem Grundstück und zu Nachbarn 23

4.1.2 Erschließung / Zugänglichkeit, Feuerwehrzufahrt und –umfahrt 25

4.1.3 Rettungswegführung im Gebäude 28

4.2 Objektdaten 29

4.3 Objektbeschreibung 30

4.4 Nutzungen 33

4.4.1 Nutzung der Gebäudeteile 33

4.4.2 Nutzung der Räume 33

4.4.3 Bahnsteige 33

4.4.4 Kreuzungsbauwerke 34

5 BRANDGEFAHREN, SCHUTZZIELE UND RISIKOBEWERTUNG 35

5.1 Vorgehensweise 35

5.2 Schutzziele 36

5.3 Risikobewertung 40

5.3.1 Allgemein 40

5.3.2 Bewertung gemäß EBA-Leitfaden 40

Vertraulicher Entwurf

5.4 Brandszenarien 41
5.4.1 Brandszenario Bahnsteigebene 41
5.4.2 Brandpositionen 44
5.5 Abschaltung/ Erdung der Fahrstromanlage 45

6 EINSATZWERT DER ÖRTLICH ZUSTÄNDIGEN FEUERWEHR 46

7 BAULICHER BRANDSCHUTZ 48

7.1 Brand- und Brandbekämpfungsabschnitte 48
7.2 Rauchabschnitte 51
7.3 Anforderungen an einzelne Bauteile hinsichtlich des Brandschutzes 51
7.3.1 Tragende und raumabschließende Wände, Pfeiler und Stützen 51
7.3.2 Raumabschließende Bauteile / Trennwände 53
7.3.3 Außenwände / Außenwandkonstruktionen 54
7.3.4 Decken 54
7.3.5 Unterdecken in Flucht- und Rettungswegen 54
7.3.6 Dächer 55
7.3.7 Systemböden 56
7.4 Bauprodukte in / an raumabschließenden Bauteilen 57
7.4.1 Brandschutztüren 57
7.4.2 Rauchschutztüren 57
7.4.3 Bauaufsichtlich zugelassene Feststelleinrichtungen 57
7.4.4 Lichtkuppeln und Lichtbänder 57
7.4.5 Verglasungen 58
7.4.6 Bekleidung für Decken und Wände 58
7.4.7 Dämmschichten 58
7.4.8 Dehnungsfugen 59
7.4.9 Schottungen 59

8 RETTUNGSWEGEKONZEPT 60

8.1 Rettungswegeführung 60
8.1.1 Schnittstellen 61
8.2 Personenstromanalyse 62
8.2.1 Einholung der Personenzahlen 62
8.2.2 Evakuierungsnachweis 62
8.2.3 Nachweis der raucharmen Schicht bzw. der Rauchfreihaltung 151

Vertraulicher Entwurf

8.2.4 Ergebnisse ... 223
8.3 Anforderungen an Rettungswege ... 240
8.3.1 Allgemein ... 240
8.3.2 Gitterschalen ... 242
8.3.3 Stege ... 242
8.3.4 Trogwandzwischenräume ... 243
8.3.5 Lokale Einengungen ... 243
8.3.6 Treppenaufgänge ... 244
8.3.7 Fluchttreppenhäuser ... 244
8.4 Kennzeichnung der Rettungswege ... 244

9 FÖRDERTECHNIK ... 246

9.1 Personenaufzüge ... 246
9.2 Feuerwehraufzüge ... 246
9.3 Lastenaufzüge ... 246
9.4 Fahrtreppen ... 247
9.5 Förderbänder ... 247

10 ELEKTRISCHE LEITUNGEN UND ANLAGEN ... 248

10.1 Elektrische Leitungen ... 248
10.1.1 Einzelne und gebündelte Kabel ... 248
10.1.2 Kabeltragekonstruktionen ... 248
10.1.3 Installationsschächte ... 248
10.1.4 Funktionserhalt ... 249
10.2 Elektrische Anlagen ... 250
10.2.1 Strom-/Ersatzstromversorgung ... 250
10.2.2 Sicherheitsbeleuchtung ... 250
10.2.3 Blitzschutz ... 250
10.3 Telekommunikations- und Informationstechnische Anlagen ... 251

11 HEIZUNG / LÜFTUNG / SANITÄR ... 252

11.1 Allgemein ... 252
11.2 Rohrleitungen ... 252
11.3 Lüftung ... 252

12 ANLAGENTECHNISCHER BRANDSCHUTZ ... 254

Vertraulicher Entwurf

12.1 Notrufeinrichtungen 254
12.2 Gefahrenmeldeanlage 254
12.3 Alarmierungsanlage 259
12.3.1 Beschallungsanlage 259
12.3.2 Sprachalarmanlage (SAA), Elektroakustisches Notfallwarnsystem (ENS) 259
12.4 Lösch- / Inertisierungsanlagen 259
12.5 Anlagen zur Rauchgasabführung 260
12.5.1 Natürliche Entrauchung 260
12.5.2 Maschinelle Entrauchung 263
12.5.3 Differenzdruckanlagen 264
12.6 Gebäudefunkanlage 264

13 MASSNAHMEN ZUR BRANDBEKÄMPFUNG 265

13.1 Einrichtung zur Selbsthilfe 265
13.1.1 Trag- und fahrbare Feuerlöscher 265
13.1.2 Wandhydranten als Selbsthilfeeinrichtungen an nassen Steigleitungen 265
13.2 Einrichtungen für die Feuerwehr 265
13.2.1 Wandhydranten an trockenen / nassen Steigleitungen 265
13.2.2 Feuerwehr-Schlüssel-Depot 266
13.2.3 Löschwasserversorgung 266
13.2.4 Feuerwehr-Einsatzmöglichkeiten 266

14 ORGANISATORISCHER BRANDSCHUTZ 268

14.1 Verantwortlichkeiten und Aufgabenteilung 268
14.1.1 Allgemein 268
14.1.2 DB Station & Service AG 268
14.1.3 DB Netz AG 268
14.1.4 Notfallmanagement 268
14.2 Rettungswegpläne 269
14.3 Feuerwehrpläne nach DIN 14095 269
14.4 Brandschutzordnung nach DIN 14096 269
14.5 Festlegungen von Anforderungen und besonderen Maßnahmen 269

15 ZUSAMMENFASSUNG 270

15.1 Abweichungen 270

Vertraulicher Entwurf

15.1.1 Auflistung der Abweichungen von den allgemein anerkannten Regeln der Technik 270
15.1.2 Maßnahmen.....272

16 UNTERSCHRIFT DES ERSTELLERS 273

Vertraulicher Entwurf

Abbildungsverzeichnis

Bild 4.1: Übersichtsplan (informative Darstellung) 22
Bild 4.2: Lage Brandabfrageschrank 25
Bild 4.3: Statische Belastung der Platte Straßburger Platz, Lastenplan E+1 26
Bild 4.4: Erreichbarkeit der Feuerwehrzugänge (schematisch) 27
Bild 4.5: Systemübersicht Gebäudeteile (aus Planfeststellungsbeschluss) 30
Bild 4.6: Systemschnitt 31
Bild 4.7: Übersicht Planungsbereich 32
Bild 5.1: Brandverlauf nach DB Anwenderhandbuch 43
Bild 5.2: Brandpositionen Bild 44
Bild 6.1: Löschzugkonzept der Berufsfeuerwehrstuttgart, Präsentation vom 07.12.12....46
Bild 7.1: Lounge Abtrennung zur Bahnhofshalle (Systemdarstellung) 49
Bild 7.2: Lounge Verglasung 49
Bild 7.3: Mittlere maximale Temperatur in Abhängigkeit, von der Höhe über dem Bahnsteig....52
Bild 7.4: Schnitt Stegoberfläche 53
Bild 8.1: Bahnsteigebene E-1 64
Bild 8.2: Übersicht Treppenanlage Bahnsteigebene 0 66
Bild 8.3: Übersicht Ausgänge Stegebene E0 67
Bild 8.4: Verkehrsstation E-2....71
Bild 8.5: Übersicht Ausgänge und Zähllinien Stegebene E0 71
Bild 8.6: Übersicht Ausgänge Bonatzbau E+1 72
Bild 8.7: Maßstabsverhältnis der Nodes und Arcs 78
Bild 8.8: Node Eigenschaften 78
Bild 8.9: Bildschirmoberfläche im Population-Modus (Personenumrisse) 80
Bild 8.10: Potenzialdarstellung der Ausgänge 86
Bild 8.11: Treppennutzungsarten 88
Bild 8.12: Realversuche zur Personenstromdynamik BMBF Projekt HERMES (Keip&Ries,2009)..90
Bild 8.13: Simulation (Engstellen Experimente, BMBF Projekt HERMES (Keip & Ries,2009) 90
Bild 8.14: Relation nach P-M....91
Bild 8.15: Aufzugsnutzung / Kapazitätsabschätzung....93
Bild 8.16: Szenario ohne Brand (Fremdrettung –Brand 0) „Stair edge“ 96
Bild 8.17: Szenario ohne Brand (Fremdrettung –Brand 0) „Stair packed“....97
Bild 8.18: Fremdrettung Feuerwehrzugang ohne Brand 0 (Simulationsmodus „Stair edge“)....98
Bild 8.19: Brand zw. Steg A und Tunnel (Selbstrettung –Brand 1) „Stair edge“....101
Bild 8.20: Brand zw. Steg A und Tunnel (Selbstrettung – Brand 1) „Stair packed“....102
Bild 8.21: Brand zw. Steg A und Tunnel (Fremdrettung -Brand 1) "Stair edge" 103
Bild 8.22: Brand zw. Steg A und Tunnel (Fremdrettung – Brand 1) „Stair packed“ 104

Vertraulicher Entwurf

Bild 8.23: Fremdrettung Feuerwehrzugang Brandort 1 (Simulationsmodus „Stair edge“) 105
Bild 8.24: Brand zw. Steg A und Steg B (Selbstrettung – Brand 2) „Stair edge“ 108
Bild 8.25: Brand zw. Steg A und Steg B (Selbstrettung – Brand 2) „Stair packed“ 109
Bild 8.26: Brand zw. Steg A und Steg B (Fremdrettung – Brand 2) „Stair edge“ 110
Bild 8.27: Brand zw. Steg A und Steg B (Fremdrettung – Brand 2) „Stair packed“ 111
Bild 8.28: Fremdrettung Feuerwehrzugang Brandort 2 (Simulationsmodus „stair edge“) 112
Bild 8.29: Brand unter Steg B (Selbstrettung – Brand 3) „Stair edge“ 115
Bild 8.30: Brand unter Steg B (Selbstrettung – Brand 3) „Stair packed“ 116
Bild 8.31: Brand unter Steg B (Fremdrettung – Brand 3) „Stair edge“ 117
Bild 8.32: Brand unter Steg B (Fremdrettung – Brand 3) „Stair packed“ 118
Bild 8.33: Fremdrettung Feuerwehrzugang Brandort 3 (Simulationsmodus „stair edge“) 119
Bild 8.34: Brand vor Steg C (Selbstrettung – Brand 4) „Stair edge“ 122
Bild 8.35: Brand vor Steg C (Selbstrettung – Brand 4) „Stair packed“ 123
Bild 8.36: Brand vor Steg C (Fremdrettung - Brand 4) „stair edge“ 124
Bild 8.37: Brand vor Steg C (Fremdrettung – Brand 4) „stair packed“ 125
Bild 8.38: Fremdrettung Feuerwehrzugang Brandort 4 (Simulationsmodus „stair edge“) 126
Bild 8.39: Vergleich gesamt Evakuierungszeit Brand 0 bis Brand 4 130
Bild 8.40: Personenstandorte 1 – 14 für Tracking-Analyse 131
Bild 8.41: Abgang Tunnel S-Bahn 132
Bild 8.42: Personenlaufweg Nr. 12 137
Bild 8.43: Personenlaufweg Nr. 10 138
Bild 8.44: Personendichte Bahnsteig Startverteilung Minute 0 139
Bild 8.45: Personendichte Bahnsteig Startverteilung Minute 4 139
Bild 8.46: Rauchdetektion 152
Bild 8.47: Detektionsbereiche 155
Bild 8.48: Grundriss der Bahnhofshalle (Schnitt unterhalb der Decke) 159
Bild 8.49: Grundriss der Bahnhofshalle (Aufsicht des Schalendachs) 159
Bild 8.50: Bezeichnung der öffenbaren Lichtaugen (NRWG) 159
Bild 8.51: Richtung der Luftströmung aus den angrenzenden Tunnelbereichen 160
Bild 8.52: Untersuchte Brandherdpositionen (Festlegung nach Kap. 5.4.2). 160
Bild 8.53: Zusammenhang zwischen Sichtweite und optische Dichte 163
Bild 8.54: Bemessungsbrand „gemischter Reisezugverkehr“ gemäß Anwenderhandbuch 163
Bild 8.55: Maßgebliche Zeitschritte im Brandverlauf 164
Bild 8.56: Häufigkeit der sich einstellenden Windrichtungen (www.stadtklima-stuttgart.de) 165
Bild 8.57: Anordnung öffenbarer Flächen in den Lichtaugen [ia] 167
Bild 8.58: Grundriss der Bahnhofshalle (Schnitt unterhalb der Decke) 169
Bild 8.59: Modellgrenzen im Grundriss: Modellerweiterung zur Abbildung der Zuluftstrecken 169

Vertraulicher Entwurf

Bild 8.60: Übersicht Stege und Abgänge zu den Fluchttunneln 171
Bild 8.61: Erläuterung zur Darstellung der Horizontalschnitt 171
Bild 8.62: Veränderung der qualitativen Rauchdichteverteilung im Längsschnitte Brand 1....174
Bild 8.63: Steg A: h = 2,5 m, t = 420s 175
Bild 8.64: Steg A: h = 2,5 m, t = 480s 175
Bild 8.65: t = 600s , Steg A – Vertikalschnitt mittig....175
Bild 8.66: t = 900s, Steg A – Vertikalschnitt mittig....175
Bild 8.67: t = 1.800s , Steg A – Vertikalschnitt mittig....176
Bild 8.68: Steg B: h = 2,5m, t = 1.140s....176
Bild 8.69: Steg B: h = 2,5m, t = 1.200s....176
Bild 8.70: Steg B: h = 2,5m, t = 1.260s....177
Bild 8.71: Steg B: h = 2,5 m, t = 1.320s....177
Bild 8.72: Steg B: h = 2,5 m, t = 1.380s....177
Bild 8.73: Steg B: h = 2,5 m, t = 1.440s....177
Bild 8.74: Steg B: t = 1.500s, Vertikalschnitt mittig....178
Bild 8.75: Steg B: t = 1.800s, Vertikalschnitt mittig....178
Bild 8.76: Steg B: t = 2.700s, Vertikalschnitt mittig....178
Bild 8.77: Steg C: h = 2,5 m, t = 2.400s....179
Bild 8.78: Steg C: h = 2,5 m, t = 2.700s....179
Bild 8.79: Steg C: t = 2.400s , Vertikalschnitt mittig....179
Bild 8.80: Steg C: t = 960s 180
Bild 8.81: Steg C: t = 1.020s 180
Bild 8.82: Steg C: t = 1.080s 180
Bild 8.83: Achse 6.1/6.2: h = 2,5 m, t = 1.500s 181
Bild 8.84: Achse 6.1/6.2: h = 2,5 m, t = 1.560s 181
Bild 8.85: Achse 6.1/6.2: h = 2,5 m, t = 1.620s 181
Bild 8.86: Achse 10/11: h = 2,5 m, t = 1.560s 182
Bild 8.87: Achse 10/11: h = 2,5 m, t = 1.620s 182
Bild 8.88: Achse 10/11: h = 2,5 m, t = 1.680s 182
Bild 8.89: Veränderung qualitativen Rauchdichteverteilung (Brand 2 zw. Steg A und B) 184
Bild 8.90: Steg A: t = 540s....185
Bild 8.91: Steg A: t = 600s....185
Bild 8.92: Steg A: t = 900s....185
Bild 8.93: t = 600s , Steg A – Vertikalschnitt mittig....185
Bild 8.94: t = 900s , Steg A – Vertikalschnitt mittig....186
Bild 8.95: t = 2.400s , Steg A – Vertikalschnitt mittig....186
Bild 8.96: t = 780s , Steg B bei h = 2,5 m....187

Vertraulicher Entwurf

Bild 8.97: t = 840s , Steg B bei h = 2,5 m 187
Bild 8.98: t = 780s , Steg B – Vertikalschnitt mittig 187
Bild 8.99: t = 900s, Steg B – Vertikalschnitt mittig 187
Bild 8.100: t = 2.460s , Steg B – Vertikalschnitt mittig 188
Bild 8.101: S-Bahn Abgang t = 1.560s. 189
Bild 8.102: S-Bahn Abgang t = 1.620s 189
Bild 8.103: S-Bahn Abgang t = 1.800s 189
Bild 8.104: Achse 6.1/6.2, t = 2.460 Sek 190
Bild 8.105: Achse 10/11, t = 2.460 Sek. 190
Bild 8.106: Veränderung qualitativen Rauchdichteverteilung im Längsschnitt Brand 3 193
Bild 8.107: Steg B: t = 420s 194
Bild 8.108: Steg B: t = 480s 194
Bild 8.109: Steg B: t = 540s 194
Bild 8.110: Steg B: t = 600s 194
Bild 8.111: Steg B: t = 660s, Vertikalschnitt mittig 195
Bild 8.112: Steg B: t = 720s, Vertikalschnitt mittig 195
Bild 8.113: Steg A: t = 1.020s 197
Bild 8.114: Steg A: t = 1.080s 197
Bild 8.115: Steg A: t = 1.140s 197
Bild 8.116: Steg A: t = 1.200s (Ende Nutzbarkeit) 197
Bild 8.117: Steg A: t = 1.260s 197
Bild 8.118: Steg A: t = 1.500s 197
Bild 8.119: t = 1.200s (Ende der Nutzbarkeit), Steg A – Vertikalschnitt mittig 198
Bild 8.120: t = 1.260s , Steg A – Vertikalschnitt mittig 198
Bild 8.121: t = 1.500s , Steg A – Vertikalschnitt mittig 198
Bild 8.122: Darstellung der Optischen Dichte im Horizontalschnitt 2,5 m oberhalb Bahnsteig im Bereich des S-Bahn Abgangs zum Zeitpunkt t = 1.920 s (32 Minuten) 199
Bild 8.123: Optische Dichte im Bereich der Treppenraumzugänge 200
Bild 8.124: Veränderung qualitativen Rauchdichteverteilung im Längsschnitt Brand 4 203
Bild 8.125: Steg C: h = 2,5 m, t = 420s 204
Bild 8.126: Steg C: h = 2,5 m, t = 600s 204
Bild 8.127: Steg C: t = 600s, Vertikalschnitt mittig 204
Bild 8.128: Steg C: t = 1.500s, Vertikalschnitt mittig 204
Bild 8.129: Steg B: h = 2,5 m, t = 1.020s 205
Bild 8.130: Steg B: h = 2,5 m, t = 1.080s 205
Bild 8.131: Steg B: h = 2,5 m, t = 1.140s 205
Bild 8.132: Steg B: t = 1.140s, Vertikalschnitt mittig 205

Vertraulicher Entwurf

Bild 8.133: Steg B: t = 1.320s, Vertikalschnitt mittig 205
Bild 8.134: Steg B: t = 1.500s, Vertikalschnitt mittig 206
Bild 8.135: Steg A: h = 2,5 m, t = 1.350s 206
Bild 8.136: Steg A: h = 2,5 m, t = 1.440s 206
Bild 8.137: Steg A: h = 2,5 m, t = 1.500s 206
Bild 8.138: Steg A: t = 1.500s, Vertikalschnitt mittig 207
Bild 8.139: Steg A: t = 1.800s, Vertikalschnitt mittig 207
Bild 8.140: Steg A: t = 2.400s, Vertikalschnitt mittig 207
Bild 8.141: S-Bahn Abgang: h = 2,5 m, t = 1.320s.....208
Bild 8.142: Achse 10/11: h = 2,5 m, t = 1.380s 208
Bild 8.143: Achse 6.1/6.2: h = 2,5 m, t = 1.320s 208
Bild 8.144: Achse 6.1/6.2: h = 2,5 m, t = 1.380s 208
Bild 8.145: Achse 10/11: h = 2,5 m, t = 1.080s 209
Bild 8.146: Achse 10/11: h = 2,5 m, t = 1.140s 209
Bild 8.147: Verteilung der Optischen Dichte zw. den Stegen A und B, t = 1.370 s.....211
Bild 8.148: Verteilung der Optischen Dichte zw. den Stegen B und C, t = 1370 s 211
Bild 8.149: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 1 nach 19 Minuten 212
Bild 8.150: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 2 nach 19 Minuten 213
Bild 8.151: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 3 nach 19 Minuten 214
Bild 8.152: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 4 nach 19 Minuten 215
Bild 8.153: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 1 nach 29 Minuten 216
Bild 8.1544: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 2 nach 29 Minuten 217
Bild 8.155: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 3 nach 29 Minuten 218
Bild 8.156: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 4 nach 29 Minuten 219
Bild 8.157: Zeitstrahl Fremdrettungsphase 221
Bild 8.158: Verteilung der Optischen Dichte (Rot: DL ≥ 1,0 m-1) im Längsschnitt zwischen den Stegen A und B, t = 2.640 s (Brand vor Steg C).....221
Bild 8.159: Verteilung der Optischen Dichte (Rot: DL ≥ 1,0 m-1) im Längsschnitt zwischen den Stegen A und B, t = 4.740 s Ende der Simulation (Brand vor Steg C) 222
Bild 8.160: P-t_P Koordinatensystem.....224
Bild 8.161: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand 1 zw. Steg A und Tunnel Selbstrettung)228
Bild 8.16262: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand 1 zw. Steg A und Tunnel Fremdrettung) 229
Bild 8.163: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand zw. Steg A und Steg B -Selbstrettung)..231
Bild 8.164: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand zw. Steg A und Steg B -Fremdrettung) .232
Bild 8.165: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand unter Steg B -Selbstrettung) 234
Bild 8.166: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand unter Steg B -Fremdrettung).....235

Vertraulicher Entwurf

Bild 8.167: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand 4 vor Steg C -Selbstrettung) 237
Bild 8.168: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand 4 vor Steg C -Fremdrettung) 238
Bild 8.169: Fluchtweglänge 241
Bild 8.170: Glasbetonflächen 242
Bild 8.171: Steg C- Detail 243
Bild 12.1: Lage Feuerwehrinformationsstelle 254
Bild 12.2: Visualisierung Lichtauge ia 260
Bild 12.3: Anordnung öffenbarer Flächen in den Lichtaugen [ia] 261
Bild 12.4: Auszug aus dem I.F.I Bericht STG33-2-2 vom 21.07.2011 262
Bild 12.5: Richtung der Luftströmung aus den angrenzenden Tunnelbereichen 263

Vertraulicher Entwurf

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Richtlinie / Verordnungen 18
Tabelle 2: Planstand 2012 21
Tabelle 3: Übersicht worst case Annahmen 38
Tabelle 4: Schnittstellen 61
Tabelle 5: Fluchtwegbreiten im Verlauf der Rettungswege 69
Tabelle 6: Fluchtwegbreiten im Verlauf der Rettungswege 70
Tabelle 7: Ausgangsbreiten Bonatzbau 71
Tabelle 8: Personenbelegung Evakuierungssimulation 73
Tabelle 9: Vorberichte Evakuierungssimulationen 74
Tabelle 10: Planstand Simulation buildingEXODUS 75
Tabelle 11: Körperliche Eigenschaften 81
Tabelle 12: Bewegungsgeschwindigkeiten 81
Tabelle 13: Psychologische Personeneigenschaften 81
Tabelle 14: Positionseigenschaften 82
Tabelle 15: Zusammenfassung Personeneigenschaften 83
Tabelle 16: Durchflussraten von Türen 86
Tabelle 17: Treppennutzungsarten 88
Tabelle 18: Laufgeschwindigkeiten auf Treppen 88
Tabelle 20: Hauptszenarien Nr. I / Ia: Personenverteilung 95
Tabelle 21: Hauptszenarien Nr. II / III:Brand zwischen Steg A und Tunnel (Brillenwand Nord) 99
Tabelle 22: Hauptszenarien Nr. I1 / III – Personenverteilung 100
Tabelle 23: Hauptszenarien Nr. IV / V: Brand zwischen Steg A und Steg B 106
Tabelle 24: Hauptszenarien Nr. IV / V: Personenverteilung 107
Tabelle 25: Hauptszenarien: Brand unter Steg B, Szenarien Nr. VI / VII - Personenverteilung 113
Tabelle 26: Hauptszenarien Nr. VI / VII: Personenverteilung 114
Tabelle 27: Hauptszenarien: Brand vor Steg C, Szenario Nr. VIII und IX - Personenverteilung 120
Tabelle 28: Hauptszenarien Nr. VIII / IX: Personenverteilung 121
Tabelle 29: Maßgebende Ausgänge (bottleneck) 127
Tabelle 30: Personenmerkmale buildingEXODUS (Szenario VII) 133
Tabelle 31: Personenstandzeiten Bahnsteig (exemplarisch) 135
Tabelle 32: Gegenüberstellung Detektionsebene 153
Tabelle 33: Voruntersuchungen 156
Tabelle 34: Größen der öffenbaren Flächen in Abhängigkeit von der Windrichtung 167
Tabelle 35: Überblick Simulationseckdaten 170
Tabelle 36: Übersicht der Verrauchungszeitpunkte der Abgänge / Zugänge 179
Tabelle 37: Übersicht der Verrauchungszeitpunkte der Abgänge / Zugänge 188

Vertraulicher Entwurf

Tabelle 38: Übersicht der Öffnungszeitpunkte der einzelnen NRWG.....190
Tabelle 39: Übersicht der Verrauchungszeitpunkte der Abgänge / Zugänge 200
Tabelle 40: Übersicht der Öffnungszeitpunkte der einzelnen NRWG.....201
Tabelle 41: Übersicht der Verrauchungszeitpunkte der Abgänge / Zugänge 207
Tabelle 42: Zusammenfassung Ergebnisse Evakuierungssimulationen Brandort 1 227
Tabelle 43: Zusammenfassung Ergebnisse Evakuierungssimulationen Brandort 2 230
Tabelle 44: Zusammenfassung Ergebnisse Evakuierungssimulationen Brandort 3 233
Tabelle 45: Zusammenfassung Ergebnisse Evakuierungssimulationen 236
Tabelle 46: Melderarten 256
Tabelle 47:öffenbare Flächen.....261
Tabelle 48: Brandschutzvisualisierung Anlagen 274

Vertraulicher Entwurf

1.1 Abkürzungen

BGV	= Berufsgenossenschaftliche Vorschriften
BMA	= Brandmeldeanlage
BMZ	= Brandmelderzentrale
BOS	= Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
CFD	= Computer Fluid Dynamics
DB AG	= Deutsche Bahn AG
FDS	= Fire Dynamics Simulator
EBA	= Eisenbahn-Bundesamt
ENS	= Elektroakustisches Notfall Warnsystem
LBO	= Landesbauordnung
LüAR	= Lüftungsanlagenrichtlinie
LAR	= Leitungsanlagenrichtlinie
NRWG	= Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsgeräte
OLSP	= Oberleitung-Spannungs-Prüfeinrichtung
RAS	= Rauch-Ansaugsystem
RS	= Rauchschutz
SAA	= Sprach-Alarmierungs-Anlage
uPva	= unterirdische Personenverkehrsanlage
VBG	= Verwaltung-Berufsgenossenschaft
VSG	= Verbund-Sicherheits-Glas

1.2 Begriffe

Siehe Kapitel 1.1

Vertraulicher Entwurf

2 ZWECK DER BEAUFTRAGUNG / VORBEMERKUNG

Im Rahmen des Projektes Stuttgart 21 wurde das Unterzeichnerbüro durch das Büro ingenhoven architects bereits im Rahmen der Planfeststellung mit der Erstellung eines ganzheitlichen Brandschutzkonzeptes beauftragt. Dieses Brandschutzkonzept BPK-G 06A/2002 vom 31.01.2002 ist Bestandteil des Planfeststellungsbeschlusses.
Im Zuge der weiteren planerischen Bearbeitung des Projektes in 2009 wurde das Brandschutzkonzept aus 2002 einer fachtechnischen Prüfung auf Basis aktueller Vorgaben der DB AG unterzogen. Aufgrund der Weiterentwicklung der einschlägigen Regelwerke war eine redaktionelle Überarbeitung des Brandschutzkonzeptes im Rahmen der Entwurfsplanerstellung erforderlich.
Die Novellierung der DB-Brandbemessungskurven im Jahre 2010 hatte zur Folge, dass der Nachweis der raucharmen Rettungswege für die Evakuierungszeit erneut geführt werden musste und somit das Brandschutzkonzept auch in Bezug auf diese Erkenntnisse zu überarbeiten war.
Die neuen Anforderungen von DB Station & Service AG an ganzheitliche Brandschutzkonzepte von 2012 für Personenverkehrsanlagen bedingte eine weitgehende Umstrukturierung und Überarbeitung des Brandschutzkonzeptes.
Im Zuge dieser Überarbeitung wurde das ursprüngliche Brandschutzkonzept, welches alle Teilprojekte des Gesamtprojektes Stuttgart 21 Hauptbahnhof beinhaltete, in Einzelkonzepte aufgeteilt. Das hier vorliegende Brandschutzkonzept befasst sich ausschließlich mit der Bahnhofshalle (einschließlich der Einbauten) und der Lounge, da diese als ein zusammenhängender Projektteil definiert sind.
Für die angrenzenden Teilbereiche, Bonatzbau, Technikgebäude und S-Bahnhof, werden die Schnittstellen definiert und die entsprechenden brandschutztechnischen Anforderungen an diese formuliert. Diese Bereiche werden in eigenen Brandschutzkonzepten betrachtet. Alle Brandschutzkonzepte werden am Ende der Baumaßnahme über ein Mantelkonzept zusammengeführt.

Die aktuelle Überarbeitung mit Index D erfolgte aufgrund der Anmerkungen und Hinweise des fachtechnischen Prüfberichtes Nr. 12-004-15/10/2012 vom 15.10.2012, ergänzender Anforderungen der DB PB und Hinweisen aus der Abstimmung des Brandschutzkonzeptes mit der Branddirektion Stuttgart.

Vertraulicher Entwurf

3 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN

3.1 Angewandte gesetzliche Vorschriften, Richtlinien und Normen

Für das Projekt Stuttgart 21 wurden die Schutzzielanforderungen der maßgebenden baurechtlichen Vorschriften - primär Einhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen - zugrunde gelegt. Folgende bauordnungsrechtliche sowie bahnspezifische Grundlagen wurden berücksichtigt:

Richtlinie/Verordnung	Stand	Bemerkung
AEG	09/2012	Allgemeines Eisenbahngesetz,
EBO	03/2008	Eisenbahnbetriebsordnung
Leitfaden EBA	01.03.2011	Leitfaden für den Brandschutz in Personenverkehrsanlagen (PVA)
Erläuterungen zum EBA Leitfaden	Stand März 2005	Erläuterungen nicht aktualisiert
LBO-BW	01.03.2010	Landesbauordnung Baden-Württemberg
VStättVO	25.01.2011	Versammlungsstättenverordnung
SysBöR	29.11.2006	Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Systemböden
LüAR	Fassung November 2006	Lüftungsanlagenrichtlinie
LAR	29.11.2006	Leitungsanlagenrichtlinie
VkVO	11.02.1997	Verkaufsstättenverordnung

Tabelle 1: Richtlinie / Verordnungen

Vertraulicher Entwurf

Sowie die derzeit gültigen DIN Normen, u.a:

DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Stand 2004-11
DIN 4844	Flucht- und Rettungspläne, 2005-05
DIN 14 095	Feuerwehrpläne, 2007-05
DIN 14 096	Brandschutzordnungen, 2001-01
DIN 14 675/A2	Brandmeldeanlagen, 2009-06
DIN EN 3	Tragbare Feuerlöscher, 2007-10
DIN VDE 0108	Starkstromanlagen und Sicherheitsstromversorgung in baulichen Anlagen für Menschenansammlungen, 2010-08
DIN EN 54	Brandmeldeanlagen, 2011-06
BGV A8	Fluchtwegkennzeichnung, 2005-11
DIN EN 12 101	Rauch- und Wärmefreihaltung 2011-08

Vertraulicher Entwurf

3.2 Angewandte DB Richtlinien

Weiterhin wurden die folgenden DB Regelwerke im Hinblick auf zusätzliche brandschutztechnische Anforderungen überprüft:

- Brandschutz Ril 813.0105 vom 01.05.2012
- Notfallmanagement und Brandschutz in Personenverkehrsanlagen Ril 123.0112 vom 01.01.2006
- Vorbeugender Brandschutz; Grundsätze Ril 123.0105 vom 01.04.2009
- Anforderungen der DB Station & Service AG an ganzheitliche Brandschutzkonzepte für Personenverkehrsanlagen vom 01.06.2012
- Anwenderhandbuch: Bemessungsbrände für S-Bahnen und gemischten Reisezugverkehr vom 21.06.2010
- Planungsvorgaben für die brandschutztechnische Ausstattung unterirdischer Personenverkehrsanlagen, Stand 15.04.2011

3.3 Orts- und Besprechungstermine

Während der Bearbeitungsphase des Brandschutzkonzeptes erfolgte eine kontinuierliche Abstimmung mit dem Bauherrn und den Planern. Notwendige Randbedingungen wurden festgelegt. Es erfolgte eine kontinuierliche Beratung der Architekten und der technischen Fachplaner in Bezug auf die Integration der notwendigen brandschutztechnischen Maßnahmen.
Im Rahmen der Bearbeitung der bisherigen Brandschutzkonzeptversion fanden Ortsbegehungen und Vorgespräche mit verschiedenen Stellen der DB AG statt. Die hieraus resultierenden Ergebnisse wurden im vorliegenden Brandschutzkonzept berücksichtigt.
Seit Herbst 2012 wurden auch Abstimmungstermine mit der Feuerwehr durchgeführt.

3.4 Verwendete Unterlagen

Für das Brandschutzkonzept standen die nachfolgend benannten Zeichnungen und Unterlagen des Büros ingenhoven architects, Düsseldorf, zur Verfügung. Es handelt sich hierbei um jene Planunterlagen, die Grundlage der brandschutztechnischen Visualisierung sind.

Vertraulicher Entwurf

Nr.	Planbezeichnung	Datum
1	anl551_01ha2030-20_53MW_Endz	13.07.2012
2	anl551_02ha2030-10_53MW_Endz	13.07.2012
3	anl551_03ha203000_53MW_Endz	13.07.2012
4	anl551_04ha203010_53MW_Endz	13.07.2012

Tabelle 2: Planstand 2012

Für die Simulationen (Entrauchung und Evakuierung) wurden entsprechende frühere Planstände verwendet (2010 und 2011), welche im Hinblick auf die erforderliche Randbedingungen für die jeweiligen Untersuchungen mit dem für die Brandschutzvisualisierung verwendeten Planstand vergleichbar sind. Bei den für die Simulationen verwendeten Planständen kann eine hinreichend genaue Übereinstimmung zu dem hier benannten Planstand bestätigt werden, da lediglich für die Simulationen unwesentliche Veränderungen, wie z.B. Verschiebung von Treppen um max. 1,8 m, Veränderung der Querneigung der Bahnsteige, geringfügige geometrische Veränderung von Steg B, vorgenommen wurden.
Die zusätzlichen Fluchttreppenhäuser auf den Bahnsteigen sind für die Entrauchungssimulation nicht relevant und für die Evakuierungssimulation wurden diese in die vorhandenen Simulationsgeometrien eingefügt.
Die zwischenzeitlich noch vorgenommenen geometrischen Veränderungen im Zuge der Planfortschreibung haben keinen Einfluss auf die diesem Brandschutzkonzept zu Grunde liegenden Simulationen (vergl. Kapitel 8.2.2 und 8.2.3).

3.5 Angewandte Berechnungsverfahren und Simulationen

Im Rahmen der Erstellung des ganzheitlichen Brandschutzkonzeptes wurden dynamische Evakuierungssimulationen mit der Computer Software „Building EXODUS 4.08i“ zur Ermittlung der Entleerungszeiten durchgeführt.
Weiterhin wurden von BPK, auf Basis der neuen Brandverlaufskurve für gemischten Reisezugverkehr, Anwenderhandbuch vom 21. Juni 2010, FDS-Simulationen (Version 5.5.3) zur Dimensionierung der Entrauchungsanlage durchgeführt.
Die relevanten Ergebnisse der Entrauchungs- und Evakuierungsuntersuchungen aus den Berichten Evakuierungssicherheit BPK-G 181/2011 vom 20.12.2011 und BPK-G 024/2012 vom 09.05.2012 sind in den Kapiteln 8.2.2 und 8.2.3 zu diesem Brandschutzkonzept zusammengefasst und erläutert.

Vertraulicher Entwurf

4 SACH- UND PLANFESTSTELLUNGEN

4.1 Grundstück

Im Folgenden sind die Grenzen des Projektes Stuttgart 21 Hauptbahnhof dargestellt.
Auf dem Grundstück befinden sich, neben der in diesem Brandschutzkonzept betrachteten Bahnhofshalle mit den Zuwegungen der Verkehrsstation im Bonatzbau, die kommerziellen Flächen im Bonatzbau, das Technikgebäude und der Übergang zur Stadtbahnhaltestelle.
Die Bahnhofshalle liegt im Endzustand unterhalb des Straßburger Platzes und des Kurt-Georg-Kiesinger-Platzes und hat somit, mit Ausnahme der Lichtaugen und Gitterschalen, sowie der Ausgänge der Fluchttreppenhäuser, keinen direkten Einfluss auf die Oberflächenstruktur des Grundstücks.

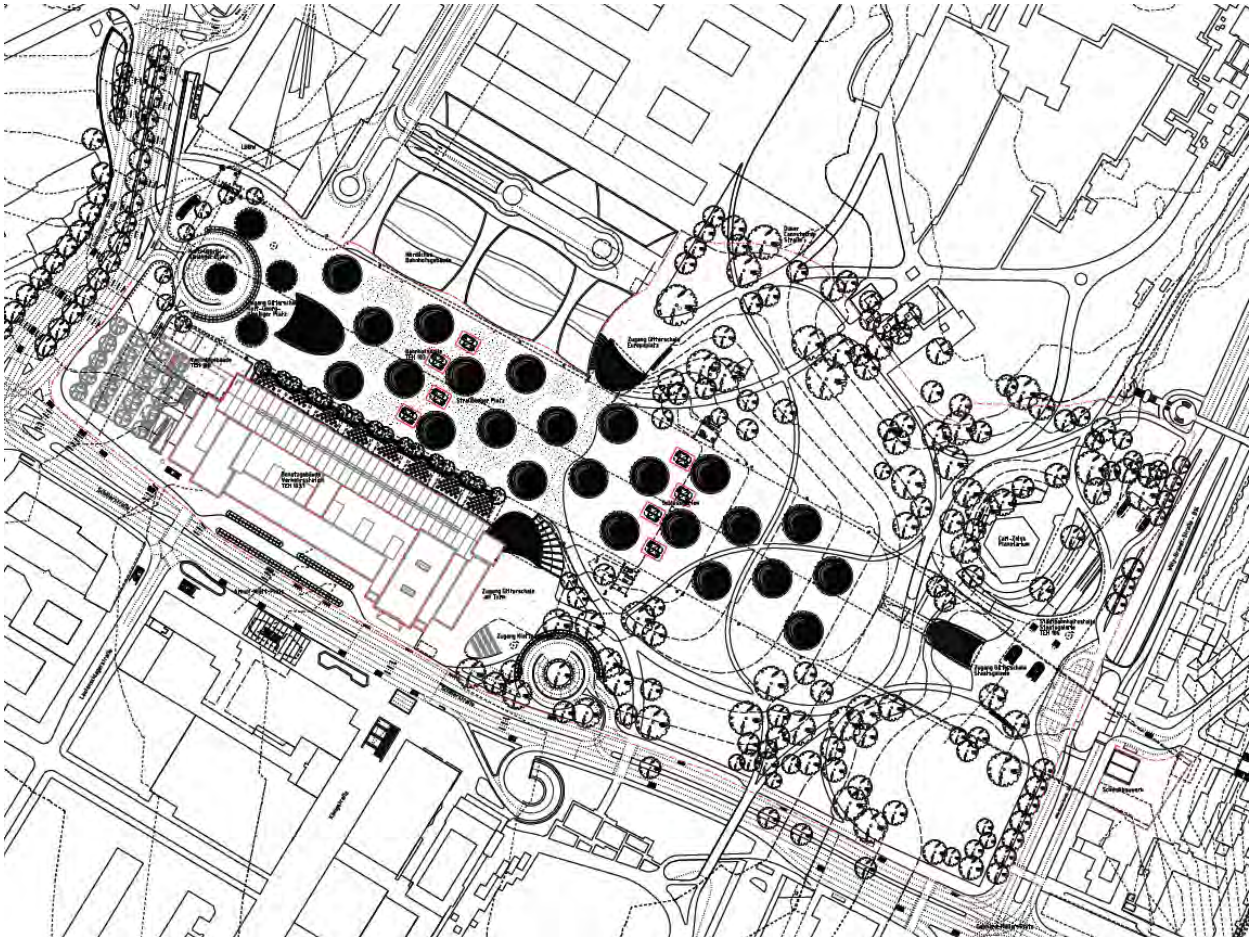


Bild 4.1: Übersichtsplan (informative Darstellung)

Vertraulicher Entwurf

4.1.1 Angrenzende Gebäude / Gebäudeabstände auf dem Grundstück und zu Nachbarn

Bei der Bahnhofshalle des Stuttgarter Hauptbahnhofes handelt es sich um eine unterirdische Personenverkehrsanlage, nutzungsbedingte Schnittstellen ergeben sich für die Anbindungen an das Bonatzgebäude, die S-Bahn, das Technikgebäude, das nördliche Bahnhofsgebäude (planfestgestellt, aber derzeit nicht in Planung) und an die Tunnelröhren. Gebäudeabstände im Sinne des Bauordungsrechts werden zu diesen Nutzungen nicht realisiert. Die brandschutztechnisch erforderlichen Abtrennungen zwischen unterschiedlichen Nutzungen werden hergestellt. Diese Schnittstellen werden in den folgenden Kapiteln betrachtet.
Die erforderlichen Abstände zu anderen Gebäuden, die nicht Bestandteil des Gebäudekomplexes Stuttgart Hauptbahnhof sind, werden eingehalten.

Schnittstelle Bonatzbau

Der Bonatzbau ist über die Stege A und B mit der Bahnhofshalle verbunden. Weiterhin liegt die Lounge zwischen der Bahnhofshalle und dem Bonatzbau.
Die trapezförmige Lounge befindet sich zwischen den Achsen A 4.2-A.7.1/ AA und hat eine Länge von ca. 80 m und eine Breite zwischen ca. 13 m und ca. 16,50 m. Die so vorhandene Fläche von ca. 1.180 m², kann zukünftig entweder in einzelne Ladenlokale unterteilt werden oder als eine Verkaufsstätte oder Gastronomieeinheit betrachtet werden.
Bei einem Ereignis in der Bahnhofshalle führen von dort auch Rettungswege über die Zuwegungen im Bonatzbau. Dies gilt auch umgekehrt, indem dann die Rettungswege aus dem Bonatzbau über die Bahnhofshalle führen.
Durch die mit autarken Meldern angesteuerten T30RS Türanlagen im Übergangsbereich zwischen den Stegen und dem Bonatzbau wird im Brandfall sichergestellt, dass es zu keinem planmäßigen Rauch- und Brandeintrag kommt. Dies gilt wechselseitig.
Die Lounge hat keine brandschutztechnisch qualifizierte Abtrennung zur Bahnhofshalle, allerdings ist sie gesprinklert und maschinell entraucht, so dass die VSG-Verglasung als brandschutztechnisch ausreichend bewertet wird: Bei einem Brand in der Lounge ist mit keinem Versagen der besprinklerten Verglasung zu rechnen, wie experimentelle Untersuchungen gezeigt haben. Bei einem Brand in der Bahnhofshalle erfolgt eine frühzeitige Evakuierung der Lounge, durch die vollflächige Sprinklerung dieser Flächen wird eine weitere Brandausbreitung in den Bonatzbau verhindert; vergl. hierzu auch Kap. 7.4.5
Die Entrauchung des Bonatzbaus erfolgt unabhängig von der Bahnhofshalle.

Vertraulicher Entwurf

Schnittstelle S-Bahn

Der S-Bahnhof ist über den Personengang und Treppenanlagen mit den Bahnsteigen verbunden.
Es ist eine psychologisch belegte Erkenntnis, dass Personen im Ereignisfall bevorzugt bekannte Wege nutzen, hier den Weg aus der Bahnhofshalle in den S-Bahnhof, um in einen sicheren Bereich zu gelangen. Dieser Rettungsweg ist daher im Brandschutzkonzept zu bewerten (vergl. Kap. 8.1).
Der S-Bahnhof wird auf Bahnsteigebene durch F30/T30RS Abschlüsse baulich von der Bahnhofshalle getrennt. Die Türen schließen autark bei Raucheintrag.

Schnittstelle Technikgebäude

Das in F90A zu allen angrenzenden Bauwerken ausgebildete Technikgebäude wird nur durch eingewiesenes Personal genutzt. Für diese Personen gibt es sowohl in der Ebene E0 als auch in der Ebene E-1 eine Fluchtweg-Verbindung zum Bonatzbau. Zur Bahnhofshalle hat es keine direkte Verbindung. Lediglich Medien werden durch die Brandwand in den Bereich unter den Gleisen und in die Trogwandzwischenräume eingefädelt. Diese werden im Bereich der Durchdringung der Brandwand in S90 und R90 geschottet.
Die Entrauchung des Technikgebäudes erfolgt unabhängig von der Bahnhofshalle.

Schnittstelle Tunnel

Die angrenzenden Tunnelabschnitte werden entsprechend der TSI Sicherheit in Eisenbahntunneln und der EBA Tunnel-Sicherheitsrichtlinie errichtet und ausgerüstet und sind nicht Bestandteil dieses Brandschutzkonzeptes für die Bahnhofshalle.
Allerdings wird die Wechselwirkung aus den Tunneln insofern betrachtet, dass bei einem Eisenbahnfahrzeugbrand im Tunnelabschnitt vor dem Bahnhof ein möglicher Raucheintrag aus dem Tunnel in den Bahnhof durch die untersuchten Entrauchungsszenarien des Bahnhofs abgedeckt ist.
Durch die Entrauchungsbauwerke in den Tunneln, die auch zur Entrauchung von tunnelnahen Bränden in der Bahnhofshalle dienen, wird sichergestellt, dass der Rauch eines im Tunnel fahrenden brennenden Eisenbahnfahrzeugs so abgeführt wird, dass es zu keiner, für die Evakuierungssicherheit im Bahnhof, wesentlichen Verrauchung kommt.
Die Rauchführung innerhalb der Tunnelanlagen wird im Rahmen des Sicherheitskonzeptes für die Tunnel abgehandelt.

Vertraulicher Entwurf

4.1.2 Erschließung / Zugänglichkeit, Feuerwehrzufahrt und –umfahrt, Flächen für die Feuerwehr

Die Feuerwehrbewegungsflächen liegen im Bereich der Vorfahrt auf dem Arnulf-Klett-Platz (Bild 4.4) Der planmäßige Angriffsweg für die Feuerwehr ist die Große Schalterhalle des Bonatzbaus auf der Südseite. In diesem Bereich wird auch das Feuerwehrtableau / Brandabfrageschrank untergebracht. Diese Festlegungen resultieren aus den Abstimmungen mit der Branddirektion im Rahmen der Planfeststellung.

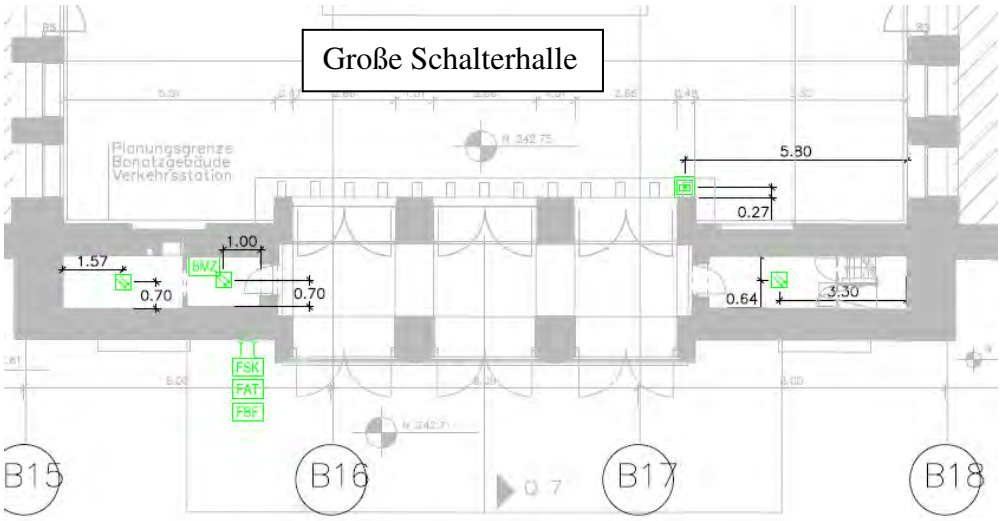


Bild 4.2: Lage Brandabfrageschrank

Es sind folgende Installationen im Brandabfrageschrank vorgesehen:

- Feuerwehrbedienfeld
- Feuerwehrlaufkarten und Feuerwehrpläne
- Entrauchungstableau
- Einsprechstelle, BOS
- Feuerwehrschlüsseldepot
- Einsprechstelle SAA
- Rundumkennleuchte im Zugangsbereich zum Bonatzbau, Große Schalterhalle
- Monitore mit Aufschaltung auf alle Bahnhof-Überwachungskameras
- Dynamisches Anzeigetableau zur Kennzeichnung der Rauchausbreitung
- Zusätzliche Freigabeeinrichtungen für Fluchttreppen auf der Platzebene

Vertraulicher Entwurf

Damit ist die Große Schalterhalle des Bonatzbaus die primäre Anfahrtstelle für die Feuerwehr, unabhängig davon, ob es sich um ein Ereignis im Bonatzbaus oder in der Bahnhofshalle handelt.
Die übrigen Zugänge zur Bahnhofshalle, z.B. über die Gitterschalen und die Fluchttreppenhäuser, können durch die Feuerwehr auch genutzt werden, sind aber hinsichtlich ihrer Ausführung (z.B. Anfahrbarkeit, Befahrbarkeit...) z. T. mit Einschränkungen versehen.

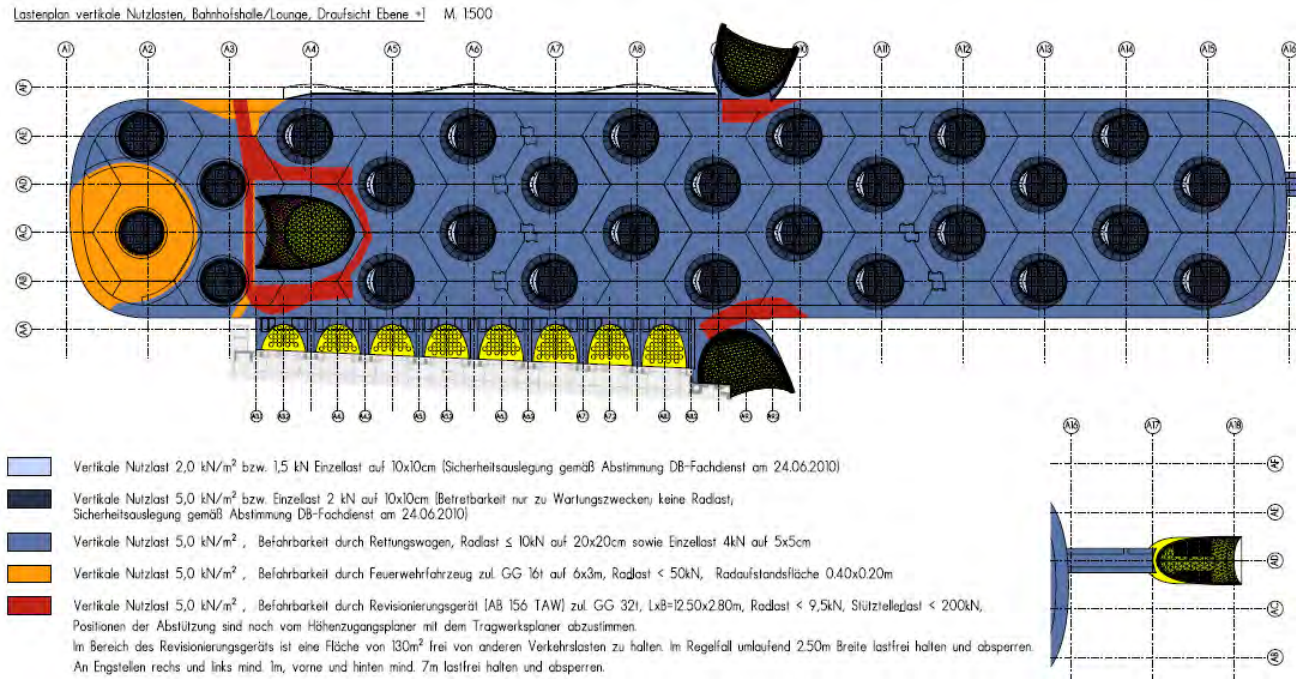


Bild 4.3: Statische Belastung der Platte Straßburger Platz, Lastenplan E+1

Vertraulicher Entwurf

Folgende Flächen für die Feuerwehr sind vor dem Gebäude frei zu halten:
Die blau markierten Flächen zeigen die Aufstell- und Bewegungsflächen für die Feuerwehr (L/B = 60m/7m)

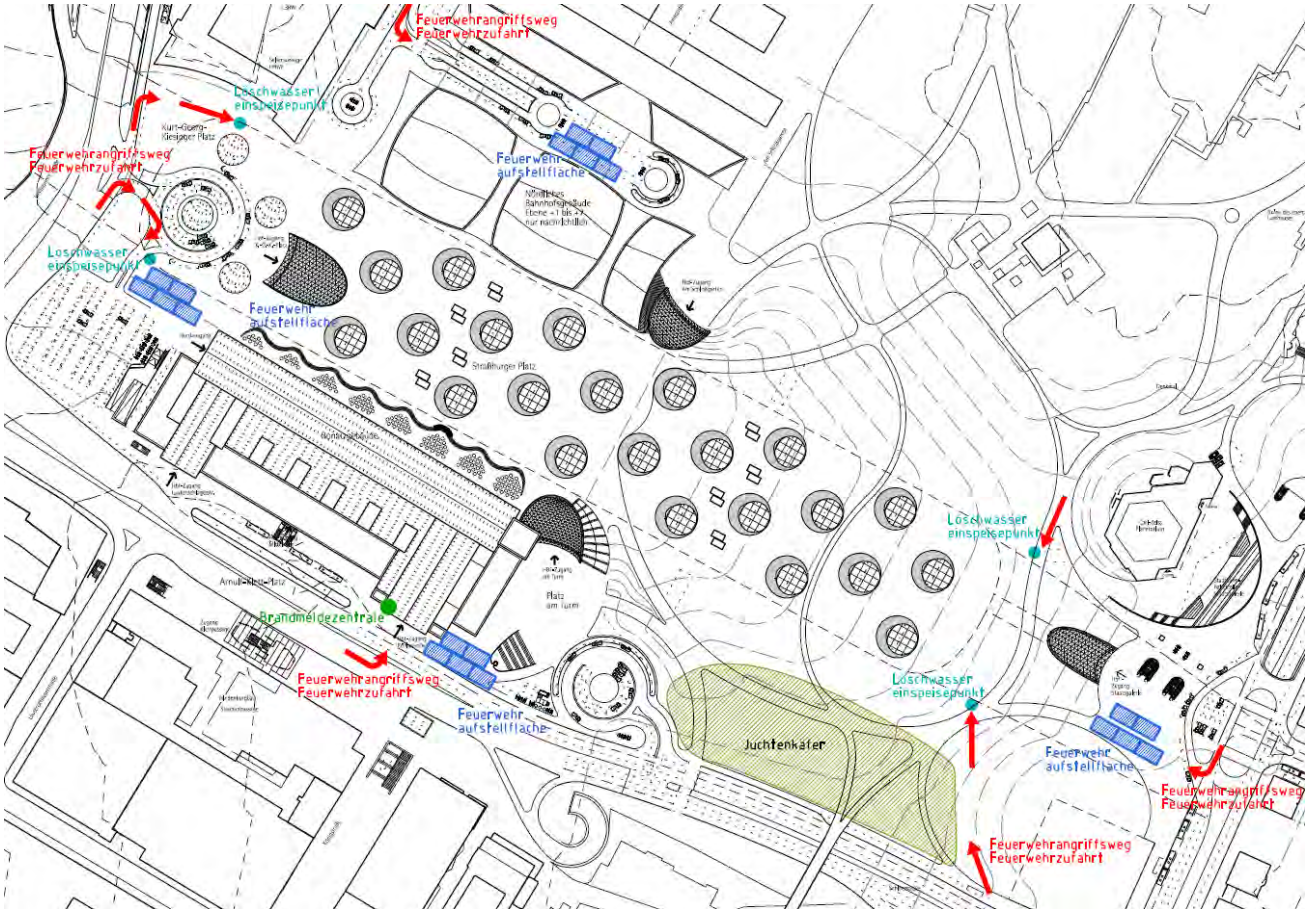


Bild 4.4: Erreichbarkeit der Feuerwehrzugänge (schematisch, entsprechend Planfeststellungsbeschluss)

.

Vertraulicher Entwurf

Bei einer Alarmierung der Feuerwehr wird zunächst der Arnulf-Klett-Platz angefahren, auf welchem sich ausreichende Bewegungsflächen im öffentlichen Verkehrsraum befinden. Von dort erreichen die Einsatzkräfte der Feuerwehr den Brandabfrageschrank in der Großen Schalterhalle. In Abhängigkeit von der Lage und Größe des Brandereignisses können weitere Feuerwehraufstellflächen angefahren werden, welche sich auf dem Parkplatz oberhalb des Technikgebäudes und im Bereich Zugang Athener Straße, wie auch im Bereich der Stadtbahnhaltestelle Staatsgalerie befinden (Bild 4.4). Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Einspeissstellen für die Löschwasserversorgung der Trograumzwischenwände auf dem Straßburgerplatz und Kurt-Georg-Kiesinger-Platz zu erreichen.
Über die Gitterschalen und den Zugang Athener Straße können die Einsatzkräfte der Feuerwehr die Bahnhofshalle erreichen und von dort über die Stege auf die Bahnsteige gelangen.
Die Lounge und Teile der Zuwegung der Verkehrsstation durch den Bonatzbau können direkt über die Große Schalterhalle oder über die anderen Zugänge zum Bonatzbau erreicht werden.
Eine weitere Zugänglichkeit, direkt bis auf die Bahnsteige, führt über die Fluchttreppenräume. Weitergehende Aussagen zur FW-Zugänglichkeit sind in Kapitel 13.2.4 zusammengestellt.
Bild 4.4 verdeutlicht die FW-Zugänglichkeiten.

4.1.3 Rettungswegführung im Gebäude

Die Rettungswege führen innerhalb der Bahnhofshalle von den Bahnsteigen auf die Stege und von dort über die Ausgänge der Gitterschalen direkt ins Freie auf öffentliche Verkehrsflächen oder über die Zuwegungen der Verkehrsstation im Bonatzbau in Richtung Arnulf-Klett-Platz.
Es gibt folgende Gitterschalen (Ausgänge):

- Gitterschale Am Schlossgarten
- Gitterschale Staatsgalerie
- Gitterschale Platz am Turm
- Gitterschale Kurt-Georg-Kiesinger-Platz

Weiterhin stehen noch der Ausgang Athener Straße und die Ausgänge der Fluchttreppenhäuser auf dem Straßburger-Platz zur Verfügung.
Der Fluchtweg in die S-Bahn führt weiter in die Klettpassage/Kronenpassage.

Vertraulicher Entwurf

4.2 Objektdaten

Diese Personenverkehrsanlage ist ein unterirdisches Bauwerk (uPva), welches nach den Vorgaben des „Leitfadens für den Brandschutz in Personenverkehrsanlagen“ des EBA in die

Gefährdungsstufe 3

einzuordnen ist.
Die geplante Bahnhofshalle des Hauptbahnhofs Stuttgart hat eine Fläche von etwa 35.000 m². Die Ausdehnung der Bahnhofshalle beträgt etwa 440 m in Längsrichtung und ca. 80 m in Querrichtung bei einer mittleren lichten Höhe von ca. 11,50 m.
Als zu berücksichtigende Fahrgastzahlen im Hauptbahnhof wurden in Abstimmung mit dem EBA 16.164 Personen (DB-Schreiben vom 31.07.2003) für den Evakuierungsfall angenommen.
Dieser Wert gibt entsprechend dem EBA-Leitfaden alle im Bahnhof befindlichen Personen wieder. Für die Evakuierungssimulationen wurden die Personen gemäß der Vorgaben alle auf den 4 Bahnsteigen verteilt.

Die uPva Hauptbahnhof Stuttgart dient der Abwicklung des öffentlichen Personenverkehrs. Es schließen 4 Tunnel in unterschiedliche Richtungen an den Bahnhof an.

Im Bahnhof verkehren Züge des Nahverkehrs und Fernverkehrs. Es ist kein Güterverkehr im Bahnhof vorgesehen und erlaubt.

Vertraulicher Entwurf

4.3 Objektbeschreibung

Das Projekt Stuttgart 21 beinhaltet umfangreiche Neu- und Umbaumaßnahmen. Im Mittelpunkt steht der Neubau der tiefer liegenden Bahnhofshalle als uPva mit 8 Gleisen und 4 Mittelbahnsteigen. Das gesamte Tragwerk der uPva wird in Stahlbeton in der Qualität F90-A errichtet. Die 3 Stege werden als Mischkonstruktion aus Stahlträgern, -stützen und –zugstangen mit einer F30-Platte aus Stahlbeton und teilweise Glasbausteinen als Bodenbelag hergestellt. Die Stahltragkonstruktion der Stege wird durch eine Brandschutzbeschichtung in F30 ertüchtigt.

Die Bahnsteige befinden sich auf der Ebene E-1. Die Stege oberhalb der Bahnsteige verlaufen auf der Ebene E0. Die Fluchttreppenhäuser auf den Bahnsteigen führen auf die Ebene des Straßburger Platzes (E+1). Sie werden in F30/T30RS Qualität errichtet.
Am südlichen Bahnhofshallenende wird über Steg C ein Verbindungsgang ins Freie erreicht und von dort gelangt man auch zur Stadtbahnhaltestelle Staatsgalerie.
Über die S-Bahn-Verteilebene in der Ebene E-2 im nördlichen Bereich der Bahnhofshalle wird der Abgang zum S-Bahnhof in der Ebene E-3 erreicht.
Der Steg A mündet östlich im Bonatzbau westlich im Ausgang Athener Straße, mittig ist ein Aufgang zum Kurt-Georg-Kiesinger-Platz, der Steg B führt im Westen zum Ausgang „Am Schlossgarten“ und am östlichen Ende zum Ausgang „Am Turm“; der Steg B ist auch an den Bonatzbau angebunden.

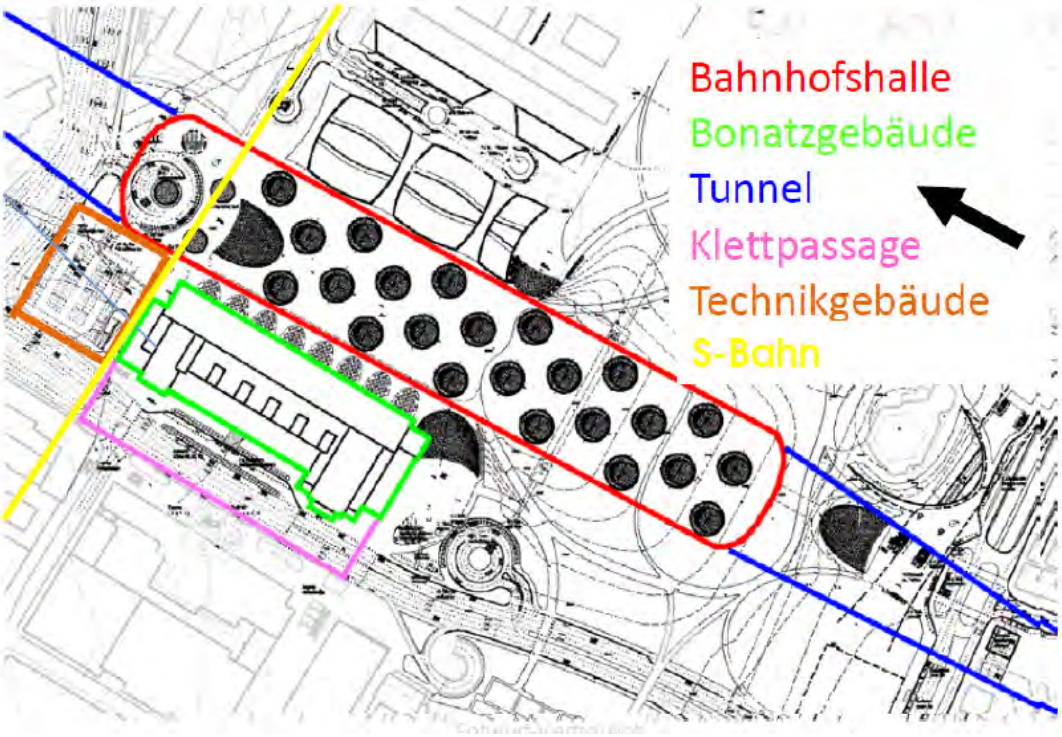


Bild 4.5: Systemübersicht Gebäudeteile (aus Planfeststellungsbeschluss)

Vertraulicher Entwurf

Die Höhe der Bahnhofshalle variiert aufgrund des Gefälles im Bahnhof und auch der Deckenkubatur und kann somit nicht einheitlich angegeben werden, daher wurde in den CFD-Simulationen das genaue 3D Modell verwendet (lichte Hallenhöhe (OK Gleisbett-Rohdecke) am Nordtunnel ca. 8,5 m, am Südtunnel ca. 10 m).

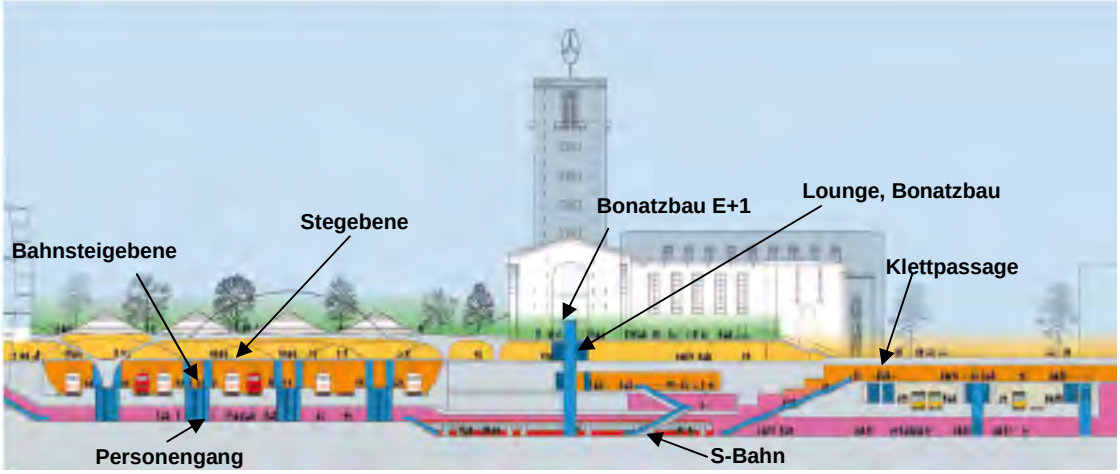


Bild 4.6: Systemschnitt

Die 4 Bahnsteige haben eine Länge von ca. 440 m. Die Breite der Bahnsteige beträgt je ca. 10 m.

Im Luftraum der Bahnsteighalle verlaufen 3 Stege orthogonal zu den Bahnsteigen. Diese liegen in einer Höhe von ca. 6,30 m bis 7,00 m über den Bahnsteigen. Es führen Treppenanlagen mit Fest- und Fahrtreppen von den Bahnsteigen auf die Stege. Weiterhin stehen pro Bahnsteig zwei Fluchttreppenräume mit einer lichten Durchgangsbreite von jeweils 2 x 2,40 m zur Verfügung. Diese werden als Konstruktionen in F30/T30RS auf den Bahnsteigen zwischen Steg A und B und Steg B und C vorgesehen.

In der Achse A4.1 schließt die S-Bahn-Verteilebene auf der Ebene E-2 über Treppen an die Bahnsteige an. An deren Ende führt eine Treppe zum S-Bahnhof in der Ebene E-3. Am anderen Ende des Ganges befindet sich der Ausgang Athener Straße auf Ebene E-2.
Am südlichen Ende der Bahnhofshalle ist der Steg C über einen Personentunnel mit einer Länge von ca. 30 m mit dem Ausgangsbereich der Gitterschale Staatsgalerie verbunden.
Die Übergänge zum Bonatzbau befinden sich im Bereich der Stege A und B.

Weiterhin befindet sich die Lounge im Planungsbereich der Bahnhofshalle. Sie liegt auf der Ebene 0 des Bonatzbaus zwischen den Übergangsbereichen zu den Stegen A und B. Diese Fläche wird zukünftig für kommerzielle Zwecke genutzt.

Vertraulicher Entwurf

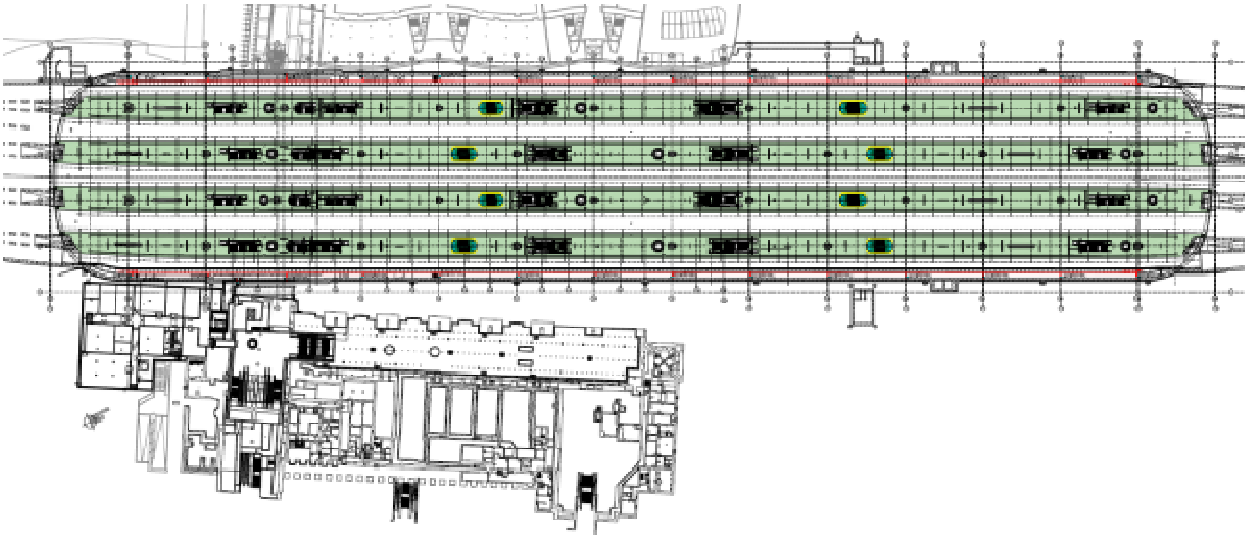


Bild 4.7: Übersicht Planungsbereich

An beiden Längsseiten der Bahnhofshalle sind Trogwandzwischenräume vorgesehen, in welchen ein Teil der Versorgungsmedien für den Bahnhof verlegt wird. Diese sind in F90/T30RS zur Bahnhofshalle abgetrennt.
Weiterhin befinden sich unterhalb der Bahnsteige Medienkanäle für die Bahn- und Haustechnik, die Abtrennung zur Bahnhofshalle erfolgt in F90/T30 Qualität.

Als Schnittstellen zu benachbarten Gebäuden sind definiert (vergl. Bild 4.6):

- Anschluss Bahnhofshalle an das Bonatzgebäude,
- Anschluss Bahnhofshalle an das Technikgebäude
- Anschluss Bahnhofshalle an das nördliche Bahnhofsgebäude (derzeit nicht geplant)
- Anschluss Bahnhofshalle an die Tunnelbereiche,
- Treppenabgang zum S-Bahnhof

Vertraulicher Entwurf

4.4 Nutzungen

4.4.1 Nutzung der Gebäudeteile

Die gesamte Bahnhofshalle, der S-Bahn-Verbindungstunnel Ebene E-2 und die Ebene E0 werden durch Reisende, Beschäftigte der DB AG und andere Personen genutzt.
Untergeordnete Nutzungen im Bereich der Bahnhofshalle sind die Medienkanäle und Maschinenräume unterhalb der Bahnsteige, Räume unterhalb der Treppenanlagen und die Trogwandzwischenräume. Diese untergeordneten Technikflächen, die Medienkanäle, die Trogwandzwischenräume und die Maschinenräume werden in F90/T30 zur Bahnhofshalle abgetrennt.
Die Lounge befindet sich in der Ebene E0. Hier ist eine Nutzung durch Ladengeschäfte oder durch Lokalitäten vorgesehen. Die Fläche kann als eine Einheit oder in einzelne Läden unterteilt genutzt werden.
Die Bahnsteige sind Verkehrswege und Flucht- und Rettungsweg. Sie sind keine notwendigen Flure im Sinne der Leitungsanlagenrichtlinie. Gleiches gilt für die Stege und die weiteren Fluchtwegführungen ins Freie.
Hingegen sind die S-Bahn-Verteilebene E-2 und der Personentunnel hinter Steg C im Hinblick auf die Beschränkung von Brandlasten als notwendige Flure zu betrachten.

4.4.2 Nutzung der Räume

Die Bahnhofshalle ist eine öffentlich zugängliche Nutzungseinheit. Innerhalb dieser öffentlichen Nutzung befinden sich untergeordnete Räume für Technik, z.B. unterhalb der Fahrtreppen, in den Medienkanälen unter den Bahnsteigen und in den Trogwandzwischenräumen. Diese Bereiche sind nur für das Betriebspersonal zu Wartungszwecken zugänglich.
Die vorhandenen Technikräume fallen nicht in den Geltungsbereich der EltBauVO.
Siehe auch Plan 5.5.4.2 hp 203-1M der Brandschutzvisualisierung.

4.4.3 Bahnsteige

4.4.3.1 Bahnsteige außerhalb geschlossener Hallen und Bauwerke

Im Hauptbahnhof Stuttgart existieren keine Bahnsteige außerhalb geschlossener Hallen und Bauwerke.

Vertraulicher Entwurf

4.4.3.2 Bahnsteige innerhalb geschlossener Hallen und Bauwerke sowie deren Zu- und Abgänge

Innerhalb des Bahnhofs befinden sich 4 Mittelbahnsteige mit 8 Gleisen, welche über Treppenaufgänge (Treppen, Fahrtreppen) mit den Stegen verbunden sind. Von den Stegen führen die Rettungswege direkt ins Freie. Weiterhin sind pro Bahnsteig zwei Fluchttreppenräume in F30/T30RS Qualität geplant, über welche die Reisenden im Evakuierungsfall direkt das Freie auf dem Straßburger Platz erreichen können.

4.4.4 Kreuzungsbauwerke

Im Hauptbahnhof Stuttgart existieren keine Kreuzungsbauwerke.

Vertraulicher Entwurf

5 BRANDGEFAHREN, SCHUTZZIELE UND RISIKOBEWERTUNG

5.1 Vorgehensweise

Bei der Bahnhofshalle des neuen Stuttgarter Hauptbahnhofes handelt es sich um einen ungeregelten Sonderbau. Der Nachweis der Sicherheit wird im Rahmen des Brandschutzkonzeptes durch die Anwendung von Ingenieurmethoden geführt.
Die Personensicherheit innerhalb der uPva Hauptbahnhof Stuttgart 21 wurde durch CFD Simulationen zur Entrauchung mit der Software FDS und durch dynamische Evakuierungssimulationen mit der Software „building EXODUS“ unter Beachtung der mit dem EBA abgestimmten DB-Vorgaben nachgewiesen.
Die brandschutztechnischen Qualitäten der Baustoffe und Bauteile entsprechen den DB-Richtlinien und den darin genannten normativen Vorgaben, gleiches gilt für die Abmessungen der Rettungswege.

Die Bewertung erfolgte auf Basis der Ril 123 und Ril 813.0105, bei welchen es sich um DB interne Regelwerke handelt.

In der Landesbauordnung für Baden – Württemberg wird unter §1 (2) der Anwendungsbereich dieses Gesetzes wie folgt eingeschränkt:

§1(2) „Dieses Gesetz gilt bei öffentlichen Verkehrsanlagen nur für Gebäude…“
Damit folgt die BauO BW der Musterbauordnung MBO, die in § 1 (2) formuliert: „Dieses Gesetz gilt nicht für Anlagen des öffentlichen Verkehrs, … ausgenommen Gebäude.“
Die Landesbauordnung, einschließlich der zugeordneten Sonderbauverordnungen, gilt somit nicht für eine uPva, hier gelten die speziellen Regelwerke der DB und des EBA.

Vertraulicher Entwurf

5.2 Schutzziele

Wegen der speziellen Randbedingungen und Sicherheitsanforderungen für Bahnbauten gelten die Regelwerke der DB und des EBA.
Deren Anforderungen werden im vorliegenden Brandschutzkonzept auf Grundlage der folgenden Randbedigungen erfüllt.

Die Schutzziele lassen sich in Bezug auf den Brandschutznachweis gemäß Ril 123 bzw. Ril 813.0105 wie folgt umschreiben:

- Personenschutz

Unversehrtheit von Fahrgästen, Beschäftigten, Anwohnern und Rettungskräften

- Sach- und Objektschutz

Schadenbegrenzung an Bauwerken, technischen Einrichtungen und Fahrzeugen

Der Personenschutz hat uneingeschränkte Priorität, eine sichere Evakuierung ist nachzuweisen (Selbstrettung).
Zudem ist auch die Schaffung von Randbedingungen, die einen schnellen und wirkungsvollen Einsatz von Rettungskräften ermöglichen von Bedeutung (Fremdrettung).
Zur Gewährleistung dieser Schutzziele werden aufeinander abgestimmte bauliche, anlagentechnische und organisatorische Maßnahmen vorgesehen.

Für jedes, der als maßgebend identifizierten Brandszenarien (vergl. Kap. 5.4) ist die raucharme Nutzbarkeit von mindestens zwei unabhängigen Rettungswegen für die gesamte erforderliche Evakuierungsdauer nachzuweisen. Die Nachweise erfolgen unter Verwendung hochwertiger Simulations-Software, die wirklichkeitsnahe Beurteilungen zulassen. Hierbei werden die von DB und EBA vorgegebenen Standards und Kriterien zugrunde gelegt.

Die erforderliche Evakuierungszeit t_{EV} wird mittels des Rechenprogramms EXODUS bestimmt. Die verfügbare Evakuierungszeit t_{RA} wird mittels des Rechenprogramms FDS als die Zeit ermittelt, für welche die raucharme Zone ($D_L = 0{,}13\ m^{-1}$, siehe Pkt. 8.2.3.2) den Wert von $z = 2{,}50$ m nicht unterschreitet.
Eine sichere Evakuierung ist dann nachgewiesen, wenn die Bedingung

$$t_{RA} > t_{EV}$$

erfüllt ist. Da in den Annahmen zur Simulation und zu den Eingangsparametern alle normativen Sicherheiten bereits berücksichtigt wurden, sind zusätzliche Reserven bei der o. g. Nachweisführung

Vertraulicher Entwurf

nicht mehr erforderlich. Wegen der Vielzahl von sich überlagernden wost case Annahmen (vergl. Tabelle 3) beinhaltet selbst das Grenzfall-Ergebnis t_{RA} / t_{EV} = 1,0 noch erhebliche Sicherheitsreserven.

Sicherheiten und Annahmen

Für die in Kap. 8.1.1 benannten Nachweise werden Randbedingungen gewählt, die wost case Szenarien entsprechen und es werden bestimmungsgemäß vorgeschriebene Eingangsparameter berücksichtigt, die jeweils eigene Sicherheitszuschläge haben. Jedem dieser einzelnen Parameter kann eine eigene Auftretenswahrscheinlichkeit ψ_i zugeordnet werden. Da diese Auftretenswahrscheinlichkeiten unabhängig sind, ergeben sich bei Überlagerungen multiplikative Verknüpfungen. Diese Form eines probabilistisch basierten Sicherheitsnachweises ist internationaler Standard.
Erhält beispielsweise die Auftretenswahrscheinlichkeit der Bemessungs-Personenzahl nach EBA den Wert ψ_P und die Auftretenswahrscheinlichkeit des DB-Bemessungsbrandes den Wert ψ_{BB}, so beträgt die resultierende Wahrscheinlichkeit für das gleichzeitige Auftreten dieser beiden unabhängigen Ereignisse

$$\psi_{res} = \psi_P \cdot \psi_{BB}$$

Da die ψ_i -Werte im Bereich < 10^{-n} liegen, führt diese Überlagerung sehr schnell zu minimalen Auftretenswahrscheinlichkeiten, bzw. zu Sicherheiten, die signifikant höher liegen als normativ gefordert. In den normativ geregelten Sicherheitsnachweisen, nach z. B. EuroCode wird daher ein Korrekturfaktor α_i < 1,0 für einwirkende Variable eingeführt. Im konkreten Fall wäre dies z. B. eine Abminderung der Personenzahl gegenüber EBA-Vorgaben.. Da es für die in Kapitel 8.2 geführten Evakuierungsnachweise keine normativen Regelungen bezüglich probabilistischer Annahmen gibt, werden alle Korrekturfaktoren auf α_i = 1,0 gesetzt. Dies hat zur Konsequenz, dass alle Ergebnisse erhebliche Reserven in Bezug auf die berechneten Sicherheiten haben.

Vertraulicher Entwurf

DB-Bemessungsbrand	Der DB-Bemessungsbrand ist ein Extrembrandereignis, welches weder bei bislang aufgetretenen realen Bränden, noch bei Brandversuchen beobachtet wurde; neuere recnerische Untersuchen lassen zudem eine ventilationsbedingte Begrenzung auf deutlich niedrigerem Niveau erkennen. In der Terminologie der DIN 50126 ist die Auftretenswahrscheinlichkeit des DB-Bemessungsbrandes „unvorstellbar“
Brandposition	Die gewählte Position des Zugbrandes an einem Stegaufgang hat eine Auftretenswahrscheinlichkeit von weniger als 20%.
Tunnelfahrzeit	Die vorgegebene Tunnelfahrzeit von 7:41 Minuten ist die 95%-Fraktile für eine Fahrzeit im längsten Tunnel und unter Berücksichtigung von Betriebsstörungen. Die Regelfahrzeit beträgt im längsten Tunnel 4-6 Minuten.
Brandbeginn	Für die Zündung wurde der Beginn der Fahrt durch den längsten Tunnel angenommen (vergl. Tunnelfahrzeit).
Brandventilation	Die nach DB-Anwenderhandbuch vorgegebenen Ventilationsbedingungen (offene Türen und berstende Scheiben) sind infolge der organisatorischen Maßnahmen und der heutigen modernen Fahrzeugbauweise im Kontext der DIN 50126 „unwahrscheinlich“. Dies führt in der Realität zu einer deutlich reduzierten Brandintensität.
Personenzahl	Das rechnerische Personen-Maximum für den gesamten Bahnhof nach EBA-Vorgabe wurde ausschließlich auf die Bahnsteige verteilt angenommen.
Windrichtung	Es wurde die Windrichtung angenommen, welche zu einem Minimum an NRWG-Öffnungsflächen in den Lichtaugen führt; diese Windrichtung hat eine statistisch minimale Auftretenshäufigkeit.

Tabelle 3: Übersicht worst case Annahmen

Evakuierungsqualität

Vorgaben für einzuhaltende Evakuierungszeiten gibt es für Bahnhöfe, wie grundsätzlich für alle Bauwerke, nicht. Es ist vielmehr die notwendige Dauer der Nutzbarkeit raucharmer Rettungswege nachzuweisen, welche für die sichere Evakuierung der anzunehmenden maximalen Personenzahl erforderlich ist.

Vertraulicher Entwurf

Bei uPva mit S-Bahnverkehr ist eine Orientierungswert von 15 Minuten angegeben, für den raucharme Rettungswege nachzuweisen sind (Selbstrettungsphase). Ist die Evakuierung während dieser Zeit nicht abgeschlossen, ist die raucharme Nutzbarkeit der erforderlichen Rettungswege für die notwendige längere Zeit sicher zu stellen. Die „Selbstrettungsphase“ ist somit keine Vorgabe einer maximalen Evakuierungszeit.

Ausgehend von einer Belegung mit 16.164 Personen (vergl. Kap. 8.2.1) , entsprechend 4.041 Personen pro Bahnsteig, wurde, für die mit der Simulationssoftware Building EXODUS 4.08i ermittelten Evakuierungszeiten, die erforderliche raucharme Schicht von 2,5 m Höhe im Bereich der Bahnsteigebene und der Stege, mit Ausnahme des Brandnahbereichs, für die vier als maßgeblich identifizierten Brandorte (Brand zwischen Steg A und dem Tunnel sowie Brand zwischen Steg A und B, unter Steg B und vor Steg C) durch eine Feldmodellanalyse für die neue DB-Bemessungsbrandkurve für gemischten Reisezugverkehr nachgewiesen. Weiterhin wurde die Fremdrettungsphase betrachtet, für die eine raucharme Schicht von 1,5 m Höhe gewährleistet werden muss.

Für diese maßgebenden Brandorte wurden im Hinblick auf das zu berücksichtigende Brandszenarios „Gemischter Reisezugverkehr“ die Evakuierungszeiten in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Ausgänge ermittelt.
Es war nachzuweisen, dass die Reisenden sicher den Brandnahbereich verlassen können und die anschließenden Rettungswege während der Evakuierungszeit ausreichend lange raucharm bleiben und somit die Personen ungefährdet das Freie oder einen sicheren Bereich erreichen können.

Für die ermittelte Gesamtevakuierungszeit von ca. 11-23 Minuten nach Halt eines brennenden Zuges (abhängig vom Brandort, Geh- und Standzeit, bis die letzte Person das Freie erreicht), wurde der Nachweis der geforderten raucharmen Schicht von 2,5 m im Bereich der erforderlichen Rettungswege (Stege und Fluchttreppenhäuser) und der Bahnsteige erbracht. Eine lokale Verrauchung im Brandnahbereich ist vertretbar, da eine 2,5 m raucharme Schicht im Brandnahbereich aus physikalischen Gründen grundsätzlich nicht möglich ist und in diesem Bereich sich keine Personen aufhalten und auch keine Personen durch diesen Bereich flüchten. Entsprechend der allgemein anerkannten Sicherheitsstandards (vergl. u. a. auch die entsprechenden Regelungen in der BauO BW) beträgt dieser Brandnahbereich ca. 5 m. Bei ca. 10 m bereiten Bahnsteigen ist somit ein Passieren dieser Zone für ausreichende Zeit möglich.

Vertraulicher Entwurf

5.3 Risikobewertung

5.3.1 Allgemein

Die Bahnhofshalle des Hauptbahnhofs Stuttgart ist eine unterirdische Personenverkehrsanlage (uP-va), welche Schnittstellen zu diversen angrenzenden Nutzungen hat. Bauordnungsrechtlich ist die Bahnhofshalle, besonders im Hinblick auf die Anzahl der Nutzer und die Schnittstellen zu anderen Gebäudebereichen, als ungeregelter Sonderbau zu betrachten, es gelten somit gesondert geregelte Sicherheitsvorgaben, hier die der DB und des EBA.
Innerhalb der Bahnhofshalle ergeben sich die maßgeblichen Risiken aus dem Eisenbahnverkehr. Hierbei stellt das maßgebliche Brandrisiko ein Eisenbahnfahrzeugbrand dar. Weiterhin besteht noch die Möglichkeit, dass die vorhandene Technik oder ein Mülleimer auf dem Bahnsteig in Brand gerät.

An die Bahnhofshalle grenzt der Bonatzbau mit Verkaufsflächen, Tagungsräumen und einer Hotelnutzung an. Weiterhin stehen das Technikgebäude, das optionale nördliche Bahnhofsgebäude und der S-Bahnhof im räumlichen Zusammenhang zur Bahnhofshalle. Diese Flächen sind baulich brandschutztechnisch zur Bahnhofshalle abgetrennt.

Die Lounge befindet sich oberhalb der Bahnsteigebene und ist vollflächig gesprinklert. Die Glasfassade zur Bahnhofshalle wird als VSG-Verglasung ohne Brandschutzanforderung ausgeführt. Aus brandschutztechnischer Sicht bestehen im Hinblick auf den Personenschutz keine Bedenken gegen die F0-Qualität dieser Verglasung (siehe auch Kapitel 15.1 Pkt. 1).

5.3.2 Bewertung gemäß EBA-Leitfaden

Es handelt sich um eine unterirdische Personenverkehrsanlage, die nach den Vorgaben des „Leitfadens für den Brandschutz in Personenverkehrsanlagen“ des EBA in die

Gefährdungsstufe 3

einzuordnen ist.

Es ist kein Güterverkehr im Hauptbahnhof zugelassen.

Vertraulicher Entwurf

5.4 Brandszenarien

5.4.1 Brandszenario Bahnsteigebene

Folgende Brandszenarien sind in der Bahnhofshalle möglich und werden mit dem Brandschutzkonzept abgedeckt:

Kleinbrand

Diese Brandszenarien, wie z. B. der Brand eines Abfalleimers oder ein Brand in einem Technikraum/Medienkanal im Bereich eines Bahnsteiges, können als untergeordnet und unkritisch eingeschätzt werden. Es werden hierdurch weder die Brandintensität noch eine Verrauchung vergleichbar dem den folgenden Nachweisverfahren zu Grunde liegenden Bemessungsbrand (Fahrzeugbrand) entstehen, die Personengefährdung ist somit wesentlich geringer. Durch die flächendeckende Rauchmelderüberwachung wird sichergestellt, dass jeder relevante Brand frühzeitig detektiert wird und somit auch bei einem Kleinbrand wirkungsvolle Erstlöschmaßnahmen mit Handfeuerlöschern durch das DB Personal und durch Reisende ergriffen werden können.

Kleinbrände mit geringer Rauchentwicklung führen aufgrund der Verdünnung des Rauches auf unkritische Werte zu keiner relevanten Gefährdungslage. Der Rauch wird über die natürliche Lüftung abgeführt. Bei größeren Rauchmengen wird die Entrauchung entsprechend dem Brandszenario „Gemischter Reisezugverkehr“ aktiviert.

Durch die Sensitivitätseinstellung der Rauchdetektion ist in Abstimmung mit der ausführenden Firma sicher zu stellen, dass Kleinbrände nicht zur Auslösung des Evakuierungsalarms führen (z. B. 2 Linien / 2 Ebenen Detektion) vgl. Tabelle 32.

Technikbrand im Trogwand-Zwischenraum

Bei einem Brandereignis in einem Trogwand-Zwischenraum wird dieses über die darin installierten Rauchmelder detektiert und die Feuerwehr automatisch alarmiert. Durch die F90/T30RS Abtrennung wird sichergestellt, dass es zunächst keinen Raucheintrag in die Bahnhofshalle gibt und somit keine Gefährdung der Reisenden erfolgt. Durch die Unterteilung der Trogwand-Zwischenräume in max. 41 m lange F90/T30RS Abschnitte besteht für die Feuerwehr die Möglichkeit, den Löschangriff über sichere Bereiche durchzuführen. Nach Löschen des Brandes kann der Rauch über die manuelle Abluftschaltung der Belüftungsanlage in den Trogwand-Zwischenräumen in die Bahnhofshalle abströmen und von dort über die vorhandenen NRWG abgeführt werden. Bei einer stärkeren Verrauchung besteht für die Feuerwehr die Möglichkeit, die Entrauchung der Bahnhofshalle über das Entrauchungstableau manuell zu aktivieren.

Eine fehlerhafte Auslösung des Evakuierungsalarms wird durch den Detektionsalgorithmus (Steuermatrix) vermieden.

Vertraulicher Entwurf

Brand im Tunnel

Ein möglicher Raucheintrag aus dem Tunnel in die Bahnhofshalle, aufgrund einer Rauchfreisetzung, ist durch die betrachteten Entrauchungsszenarien im Bahnhof mit abgedeckt. Sofern ein Eisenbahnfahrzeug zwischen dem Bahnhof und dem Entrauchungsbauwerk brennt, muss die Entrauchung entsprechend dem Szenario eines Brandes am nördlichen oder südlichen Bahnhofsende geschaltet werden. Dabei wird über den Bahnhof und das entgegengesetzte Entrauchungsbauwerk Zuluft nachgeführt, das an den Brand angrenzende Entrauchungsbauwerk führt über die Entrauchungsventilatoren den Brandrauch ab.

Hinweis: Das Szenario „Brand im Tunnel“ ist Bestandteil des Sicherheitskonzeptes der Tunnelanlagen.

Fahrzeugbrand

Entsprechend der Abstimmung mit der DB AG ist als maßgebendes Brandereignis in der Bahnhofshalle ist ein Eisenbahnfahrzeugbrand anzunehmen, entsprechend Bild 5.1.

Dieser „DB-Bemessungsbrand für gemischten Reisezugverkehr“ ist eine Hüllkurve, die andere Zugbrände mit abdeckt, so z.B. auch einen Unterflurbrand, einen Lokbrand o.ä..

Die bisherige Entrauchungsstudie (IFI-Modelluntersuchungen vom 10.06.2003) erstellt im Rahmen der Planfeststellung) ist wegen der geänderten Randbedingungen des neuen Bemessungsbrandes „Gemischter Reisezugverkehr“ nach DB-Anwenderhandbuch (21. Juni 2010) nicht mehr ausreichend. Zur Überprüfung und Konkretisierung des Entrauchungskonzeptes für die uPva wurde daher die Entrauchung für alle maßgeblichen Brandpositionen mittels CFD-Simulation neu untersucht (vergl. Kap. 8.2.3). Bild 5.1 zeigt den Verlauf der neuen DB-Bemessungsbrandkurven. Für diesen Brand sind ausreichend raucharme Rettungswege für die Gesamtdauer der Evakuierung nachzuweisen.

Der DB-Bemessungsbrand ist eine worst case-Annahme auf der Grundlage von experimentellen Untersuchungen zum Brandverhalten der Ausbaumaterialien von Eisenbahnfahrzeugen und von CFD-Simulationen zur Brandentwicklung in einem Großraum-Waggon. Hierbei wurde angenommen, dass jeweils zwei Türen des Eisenbahnfahrzeugs öffnen sobald der Zug im Bahnhof steht. Die Annahmen zur Ventilation gehen zudem davon aus, dass die Fenster brandbedingt progressiv versagen und dadurch eine optimale Ventilation erreicht wird. Das Brandinitial (Brandstiftung) und der Beitrag von Gepäck zur Brandlast wurden gleichfalls unter worst case Annahmen berücksichtigt.

Der neue DB-Bemessungsbrand deckt als Hüllkurve eine Vielzahl vorstellbarer Zugbrandszenarien ab und wurde von einem theoretischen Vollbrand eines Reisezugwagens abgeleitet. Eine Brandausbreitung in angrenzende Wagen des selben Zuges muss nicht angenommen werden, da die Türen an

Vertraulicher Entwurf

den Wagenenden infolge ihrer Brandschutzqualität die weitere Brandausbreitung maßgeblich behindern. Eine Brandübertragung auf einen benachbarten Zug kann ausgeschlossen werden, da das dafür erforderliche Bersten der Verglasungen mit erheblichen zeitlichen Verzögerungen erfolgt und wenn möglich nicht vom Brand betroffene Züge aus dem Bahnhof herausfahren bzw. bereits in der Tunnelzulaufstrecke gestoppt werden.

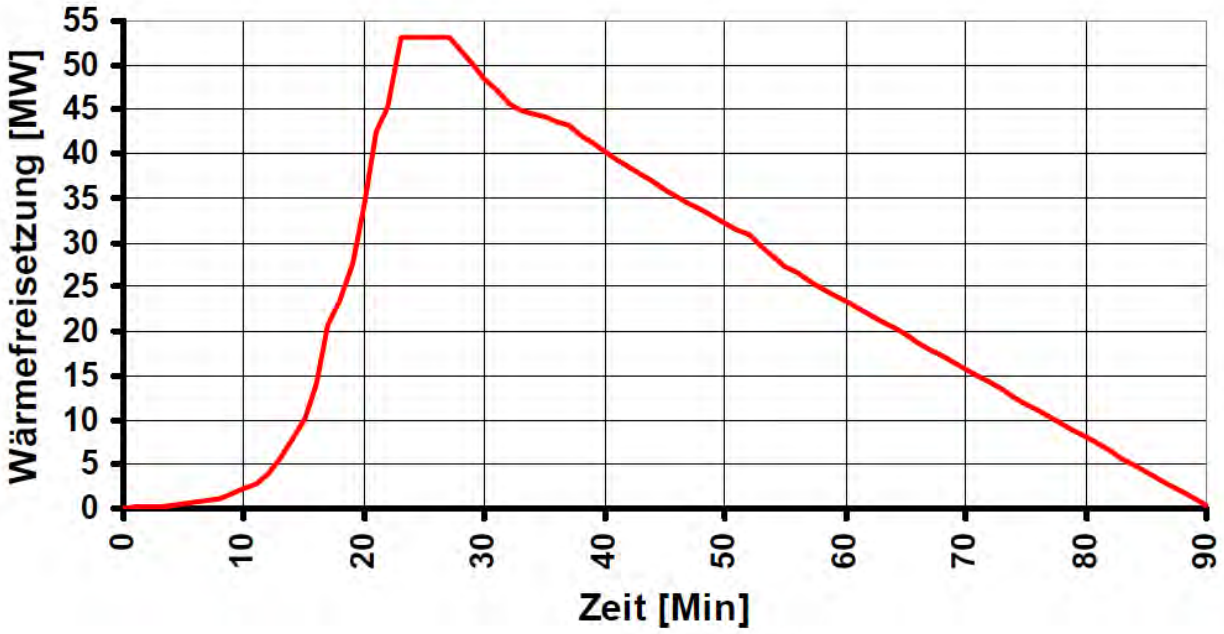


Bild 5.1: Brandverlauf nach DB Anwenderhandbuch

Vertraulicher Entwurf

5.4.2 Brandpositionen

Der Bemessungsbrandverlauf nach Bild 5.1 wurde für die als maßgebend festgestellten vier Brandorte nach Bild 5.2 untersucht (vergl. Kap. 8.2.4).

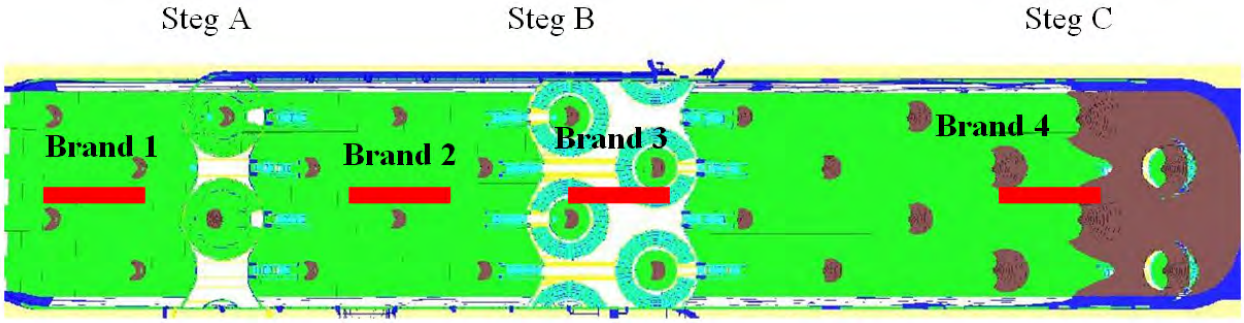


Bild 5.2: Brandpositionen Bild

Brand-Pos. 1. Brand zwischen Steg A und dem Tunnelmund (Brillenwand Nord)
Brand-Pos. 2. Brand zwischen Steg A und Steg B
Brand-Pos. 3. Brand unter Steg B
Brand-Pos. 4. Brand vor Steg C

Die vorstehend benannten, als sicherheitstechnisch maßgebend identifizierten Brand-Positionen wurden mittels umfangreicher CFD-Simulationen ermittelt. Das Beurteilungskriterium hierfür war die Sensitivität der Rauchfreisetzung und –ausbreitung bezüglich der Evakuierung.
Folgende Rückschlüsse führten zu dieser Betrachtung:

Brand-Pos. 1 ist mit der Annahme einer sofortigen Sperrung von Steg A verbunden; wegen des geringen Abstandes zum Tunnelmund hat eine Lagevariation des Brandortes in diesem Bereich keine relevanten Auswirkungen.
Brand-Pos. 2 führt, mit Verzögerung, zum Ausfall der Stege A und B. Diese stehen nicht für die Evakuierung zur Verfügung. Brandpositionen näher an den Stegen A und B führen zwar zu einem anteilig früheren Ausfall des nahen Steges, der entferntere Steg bleibt dafür länger nutzbar; insofern sind diese alternativen Positionen weniger kritisch.
Brand-Pos. 3 ist a priori eine kritische Position, da ein Brand dort zum sofortigen Ausfall des Stegs B führt und dieser Steg die höchste Personenbelegung hat.
Brand-Pos. 4 ist mit der Annahme einer sofortigen Sperrung von Steg C verbunden. Eine Brandherdverschiebung in Richtung B verzögert die Verrauchung von Steg C und dadurch weniger kritisch.

Vertraulicher Entwurf

Ergänzende Untersuchungen zeigten, dass eine Verlagerung der Brand-Positionen 1 – 4 aus der mittleren Gleisachse hin zu den Seitengleisen nur minimale Veränderungen des zeitlichen Verlaufs der Rauchausbreitung bewirkt.
Dies wirkt sich in einer etwas beschleunigten Rauchausbreitung in Längsrichtung aus, ohne jedoch eine zeitlich relevante Veränderung der Verrauchung anderer Stege oder der Bahnsteige zu ergeben.
Stege, welche sich im direkten Brandnahbereich befinden, wurden bei den Evakuierungsuntersuchungen bereits ab Beginn der Evakuierung (t = 0) als gesperrt und nicht nutzbar angenommen.
Aufgrund dieser worst case Annahme ergibt sich aus diesem verzögerten Raucheintrag keine wesentliche Beeinflussung der Evakuierung.

5.5 Abschaltung/ Erdung der Fahrstromanlage

Die Abschaltung der Oberleitung und das Bahnerden sind in der Richtlinie 123.0141 geregelt. Die entsprechenden Anforderungen sind zu beachten und einzuhalten. Es ist eine OLSP vorgesehen.

Vertraulicher Entwurf

6 EINSATZWERT DER ÖRTLICH ZUSTÄNDIGEN FEUERWEHR

Die Zuständigkeit für den neuen Hauptbahnhof Stuttgart liegt bei der Branddirektion (bestehend aus Berufsfeuerwehr + Freiwilligen Feuerwehr) der Stadt Stuttgart. Die nächstgelegene Feuerwache der Berufsfeuerwehr ist die Hauptwache 1, welche sich in ca. 5 Kilometer Entfernung zum Bahnhof befindet.
Durch die flächendeckende Brandmeldeanlage ist eine kurzfristige Alarmierung der Feuerwehr gewährleistet.
Die Berufsfeuerwehr Stuttgart wird über einen Hauptmelder alarmiert.
Nach Angabe der Berufsfeuerwehr Stuttgart kann ein wirksamer Löschangriff spätestens 30 Minuten (10 Minuten = Anfahrt, 10 Minuten = Erkundung, 10 Minuten = Aufbau und Durchführung Löschangriff) nach Branddetektion auf der Bahnsteigebene erfolgen (siehe Abstimmungsgespräch vom 09.09.2010 BPK Protokoll vom 30.09.2010).

Entsprechend den Angaben der Branddirektion Stuttgart vom 07.12.12 fahren nach Alarmierung als Ersteinheit an mindestens zwei Zugänge zum Objekt Löschzüge bestehend aus vier Fahrzeugen mit jeweils 12 Einsatzkräften (Funktionen) + Sicherung.

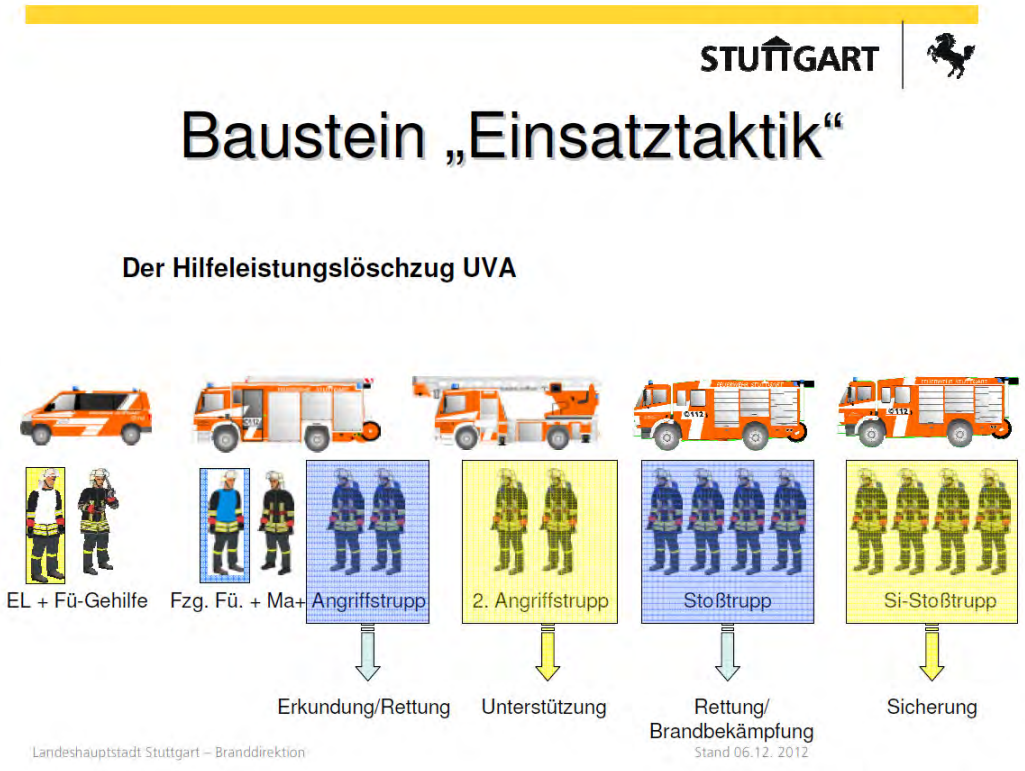


Bild 6.1: Löschzugkonzept der Berufsfeuerwehrstuttgart, Präsentation vom 07.12.12

Vertraulicher Entwurf

Die Erkundungs- und Stoßtrupptaktik sieht vor, dass der Angriffstrupp mit Pressluft und der Stoßtrupp mit Regenerationsgeräten ausgestattet ist.
Die Branddirektion empfiehlt einen technisch-qualifizierte Feuerwehr-Einsatzführungsraum (in der BMZ), aus welcher eine Einsatzführung und –lenkung erfolgen kann.

Zur Unterstützung der Feuerwehr sind verschiedene zusätzliche Maßnahmen vorgesehen, die über den heute üblichen technischen Standard hinausgehen:
In die Feuerwehr-Einsatzführungsraum (in der BMZ) (vergl. Bild 4.2) im Bonatzbau werden die Video-Überwachungen der Bahnsteige aufgeschaltet; dies ermöglicht eine schnelle Information über die Brandposition, den Umfang der Verrauchung und den Zustand der Evakuierung. Hierzu werden ausreichend Bildschirme vorgehalten, die eine Gesamtübersicht ermöglichen.
Das Feuerwehr-Informationstableau informiert zusätzlich über die Art der Entrauchung (natürlich/maschinell, vergl. Bild 8.44) und die Lage der aktivierten NRWG Flächen (vergl. Bild 8.46). Die Anzeige ist dynamisch vorgesehen, um die Rauchausbreitung darzustellen.
Details sind gemeinsam mit der Branddirektion Stuttgart zu planen.

Vertraulicher Entwurf

7 BAULICHER BRANDSCHUTZ

Bei allen Baumaßnahmen ist eine brandschutztechnische Qualitätssicherung zu gewährleisten, damit das Brandschutzkonzept schutzzielorientiert richtig umgesetzt wird. Hierfür ist eine Fachbauleitung Brandschutz zu installieren. Die im Brandschutzkonzept vorgeschlagenen baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen sind in der Brandschutzvisualisierung (Anlage 1) dargestellt.

7.1 Brand- und Brandbekämpfungsabschnitte

Eine Unterteilung in Rauch- und Brandabschnitte innerhalb der Bahnhofshalle ist technisch und nutzungsbedingt nicht möglich.
Daher werden für die vorgegebenen planerischen und nutzungsspezifischen Rahmenbedingungen angepasste Anforderungen formuliert.

- Aus betrieblichen Gründen ist die gesamte unterirdische Personenverkehrsanlage „Bahnhofshalle“ sowie die Trogwandzwischenräume als ein Brand- bzw. -bekämpfungsabschnitt zu betrachten.
- Die Technikräume werden in F90/T30 abgetrennt.
- Die Abtrennung der Bahnhofshalle zur Lounge im Bonatzbau erfolgt in der Ebene E0 mittels einer geschlossenen Isolierverglasung (VSG). In Bereichen der Stegzugänge (A und B) ist die Lounge durch eine F30-Verglasung abgetrennt. Die Stegzugangstüren haben die Qualität T30 RS. Die Loungefläche ist vollflächig gesprinklert und maschinell entraucht. Dadurch kann eine Brandweiterleitung in den Bonatzbau hinein bei einem Versagen der Verglasung aufgrund eines Zugbrandes in direkter Nähe ausgeschlossen werden (Bild 7.1und Bild 7.2).
- Die an die Lounge angrenzenden Verkehrswege des Bonatzbaus sind in der Ebene E+1 durch Seitenwandsprinkler geschützt und durch NRWG Flächen im Dach natürlich entraucht.

Vertraulicher Entwurf

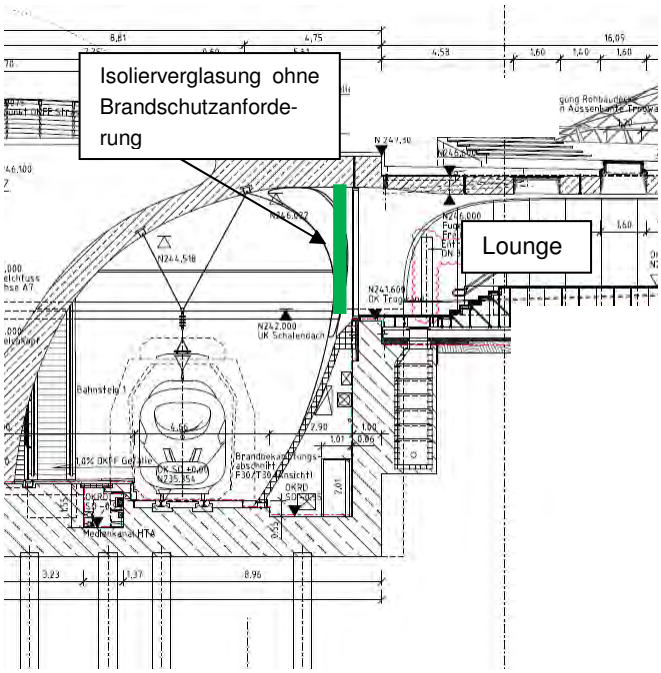


Bild 7.1: Lounge Abtrennung zur Bahnhofshalle (Systemdarstellung)

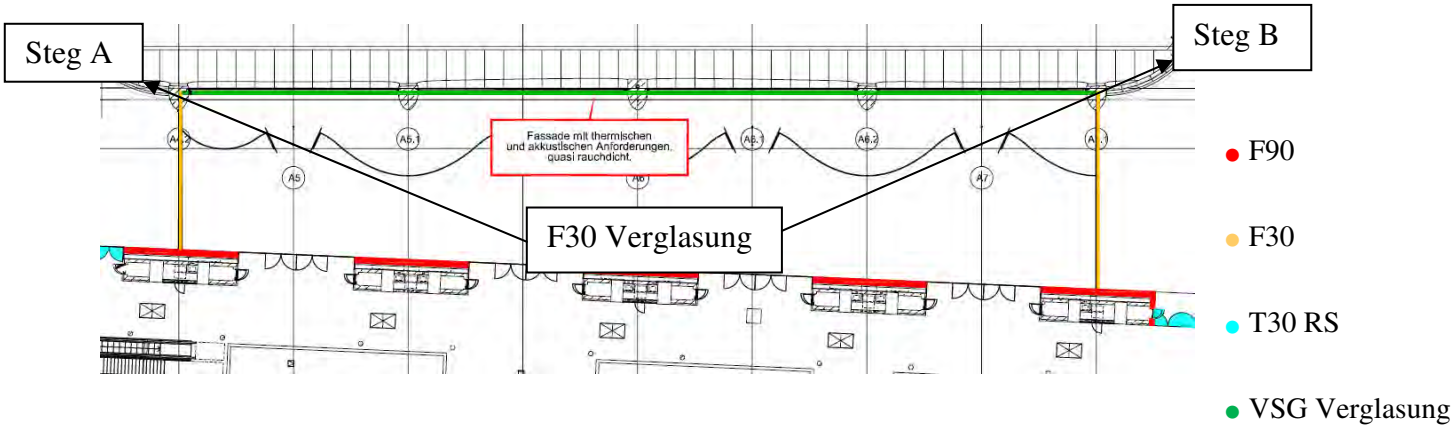


Bild 7.2: Lounge Verglasung

- Zwischen der Lounge und den Verkehrswegen des Bonatzbaus wird entsprechend dem Sicherheitskonzept einer Ladenstraße (vergl. VkVO) keine Brandschutzqualität der Fassaden vorgesehen. Aufgrund der brandschutztechnischen Infrastruktur der Lounge und der baulichen Höhenunterschiede bestehen aus brandschutztechnischer Sicht keine Bedenken, die Lounge zur Bahnhofshalle und zu den Verkehrswegen im Bonatzbau ohne bauliche brandschutztechnische Qualität abzutrennen; dies gilt auch für die alternative Nutzung dieser Flächen als Ladenbereich mit Unterteilungen in einzelne Ladengeschäfte.

Vertraulicher Entwurf

- Im Übergangsbereich von Steg A und B zum Bonatzbau (Steg A und Steg B) sind zur Lounge F30 Verglasungen vorgesehen. Die Abtrennung des Bonatzbaus zu den Stegen erfolgt mit T30RS Türanlagen sowie F90 Massivbauteilen.
  Im Normalbetrieb werden die Türen durch bauaufsichtlich zugelassene Feststellanlagen offen gehalten und nur bei einem lokalen Raucheintrag durch die autarken Türmelder geschlossen.

- Technikräume im Bereich der Bahnsteigebene (Fahrtreppentechnik, o.ä.) sind feuerbeständig (F90/T30) gegen den übrigen Bereich abgetrennt.

- Die Medienkanäle unter den Bahnsteigen sind F90/T30 von der Bahnhofshalle abgetrennt. Die Lüftungsöffnungen der Medienkanäle zum Bahnsteig sind mit Brandschutzsteinen ausgestattet. Diese schließen, je nach Bauart, spätestens bei einer Temperatureinwirkung von 72°C.
  Eine Abschnittsbildung in den Medienkanälen ist aus geometrischen Gründen fachgerecht nicht möglich. Auch aus brandschutztechnischer Sicht ist dies bei einem Abstand der Ausstiegsluken von max. 55 m nicht erforderlich. Es ergeben sich Fluchtweglängen < 30 m. Bei Wartungsarbeiten werden immer 2 Ausstiegsluken geöffnet und es müssen stets 2 Mitarbeiter vor Ort sein.

- Die Trogwandzwischenräume werden in F90/T30RS zur Bahnhofshalle abgetrennt. Die Lüftungsöffnungen sind ebenfalls mit Bandschutzsteinen (72 °C Auslösetemperatur) abgetrennt. Die Trogwandzwischenräume sind zudem durch F90/T30RS Unterteilungen in Abschnitte von maximal 41 m untergliedert.

- S-Bahn
  Auf der S-Bahnsteigebene wird durch eine F30/T30RS Konstruktion die S-Bahn-Verteilebene von der Bahnhofshalle abgetrennt.

- Technikgebäude
  Das Technikgebäude wird durch eine F90 Wand in Brandwandqualität mit S90 Schottungen von der Bahnhofshalle abgetrennt.

- Nördliches Bahnhofsgebäude (z. Z. nicht beplant)
  F90/T30RS Abtrennung gemäß Planfeststellung

Brand- bzw. Rauchabschnitte sind der brandschutztechnischen Visualisierung zu entnehmen.

Vertraulicher Entwurf

7.2 Rauchabschnitte

In der Bahnhofshalle gibt es mit Ausnahme der Trogwandzwischenräume keine Rauchabschnitte.

Die Tunnel können aus funktionalen Gründen nicht baulich von der Bahnhofshalle getrennt werden. Bei einem Brand in der Bahnhofshalle nahe einem Tunnelmund wird der Rauch durch die Entrauchungsschaltung der Ventilatoren im Entrauchungsbauwerk über den angrenzenden Tunnelabschnitt bis zum entsprechenden Entrauchungsbauwerk geführt; somit kommt es zu einer planmäßigen Verrauchung dieser Bereiche.
Die Rauchführung in den Tunnelanlagen wird im Sicherheitskonzept der Tunnel behandelt.
Beim Brand in einem Tunnelabschnitt vor dem Bahnhof ist somit durch die vorhandene Entrauchung sichergestellt, dass es zu keinem wesentlichen Raucheintrag in den Bahnhof kommt.

7.3 Anforderungen an einzelne Bauteile hinsichtlich des Brandschutzes

7.3.1 Tragende und raumabschließende Wände, Pfeiler und Stützen

In einer unterirdischen Personenverkehrsanlage dürfen nur nichtbrennbare Baustoffe der Klasse A nach DIN 4102 Teil 1 verwendet werden. Pfeiler und Stützen müssen mindestens der Feuerwiderstandsklasse F90-A entsprechen.

Die gesamte Tragstruktur der Bahnhofshalle wird in der brandschutztechnischen Mindestqualität F90-A (DIN 4102 Teil 2) errichtet.

Die Fluchttreppenhäuser werden als F30/T30RS Konstruktionen innerhalb der Bahnhofshalle errichtet. Eine F30 Qualität ist im Hinblick auf die Tatsache, dass Fluchttreppenhäuser für die Evakuierung und auch für den Feuerwehrangriff nur im nicht brandbeaufschlagten Bereich genutzt werden, vertretbar.

Die Stahl-Tragkonstruktion der Stege (Zugstangen, Stützen, Stegträger, Stegplatte) werden in F30-A ausgebildet (vergl. Pkt. 4.3). Die Stahlbauteile werden hierfür mit einer F30-Brandschutzbeschichtung ertüchtigt. Für die Stahl-Abhänger, deren Ausführung nicht in allen Punkten durch den Anwendungsbereich der bauaufsichtlichen Zulassung der Brandschutzbeschichtung abgedeckt ist, wurde eine Beurteilung durch die MPA Braunschweig „Brandschutztechnischen Beurteilung von Stahlzuggliedern und Randträgern aus Hohlkastenprofilen mit einer dämmschichtbildenden Brandschutzbeschichtung nach DIN 4102-2: 1977-09 bei mehrseitiger Brandbeanspruchung“

Vertraulicher Entwurf

(Schreiben 14137/2011 vom 15.09.2011) durchgeführt, da hierfür eine Zustimmung im Einzelfall erwirkt werden soll. Im Rahmen der Prüfungen durch die MPA Braunschweig wurde auch die Tatsache bewertet, dass die Anschlussgelenke im Dach aus Edelstahl sind und im Bereich der sichtbaren Teile mit dem Brandschutzanstrich versehen werden

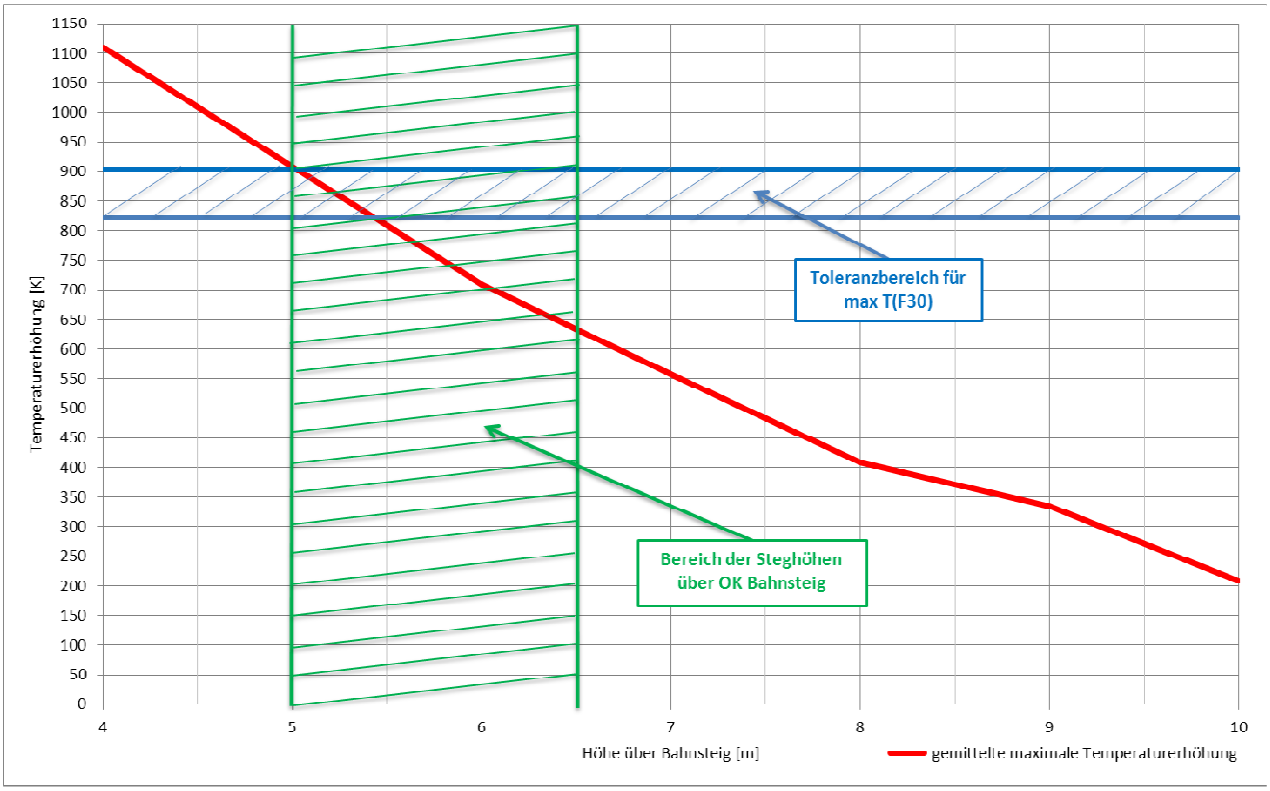


Bild 7.3: Mittlere maximale Temperatur in Abhängigkeit, von der Höhe über dem Bahnsteig

Bild 7.4 zeigt die maßgebende maximale Temperatur T (z) mit dem Referenzwert OK Bahnsteig für die „thermisch effektive Ersatzfläche“ des brennenden Wagens. Infolge des Gefälles der Bahnhofshalle ergibt sich eine kritische Höhe von 5,0 < z < 6,5 m über OK Bahnsteig als maßgebender Bereich des Abstandes bis UK Steg. Die in diesem Bereich auftretende Temperaturspitzen T_{RW} sind mit der Bauteilqualität F30 abgedeckt sind (Hinweis: T_{RW} sind kurzfristige, sich wiederholende Temperaturspitzen in der 53 MW-Vollbrandphase). Details der entsprechenden Untersuchung sind im Bericht BPK-G 155/2009 vom 20.11.2009 dokumentiert.

In die Stahlbetonplatte der Stege werden runde Glassteine eingelassen, bei der hier nur möglichen Plattendicke werden die Einbaukriterien für bauaufsichtliche zugelassene F30-Glasbausteine nicht eingehalten. Bild 7.4 verdeutlicht die Einbausituation

Vertraulicher Entwurf

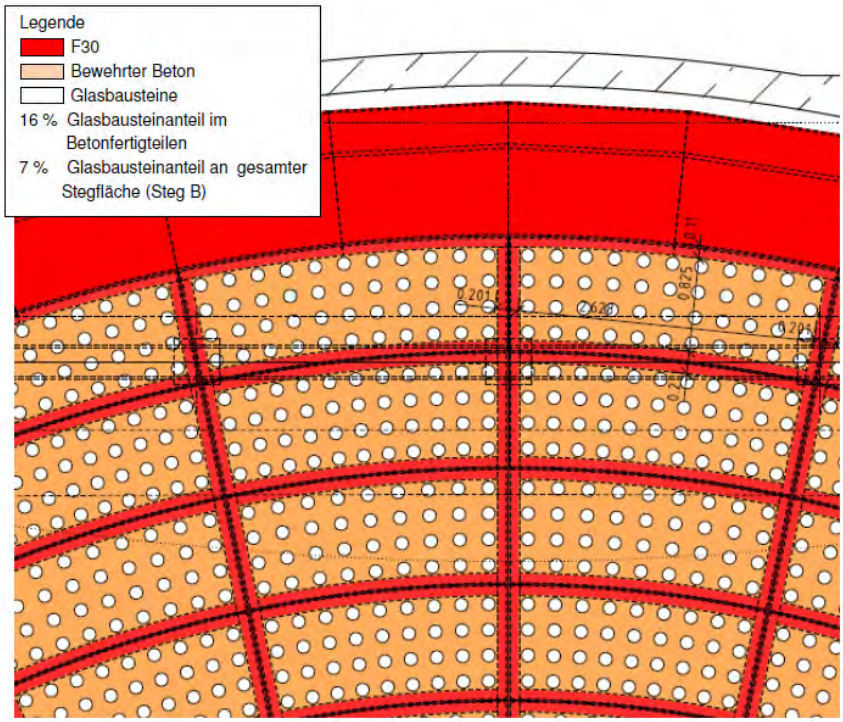


Bild 7.4: Schnitt Stegoberfläche

Die Glasbausteine sind in ein F30-Stahlbetongerüst eingebettet, auch sind sie nur in lokalen Bereichen der Lauffläche verlegt. Ein brandbedingtes Versagen der Glasbausteine ist als ein „Zerspringen“ der Gläser zu erwarten, nicht als ein „Herausfallen“. Bei der postulierten Temperatureinwirkung handelt es sich um eine direkte Beflammung, in diesen Fällen ist der Steg von Anfang an als Rettungsweg gesperrt. Nach Aussage der Feuerwehr wird ein solcher Steg auch nicht als Angriffsweg genutzt.

Eine Personengefährdung durch die Glasbausteine ist daher nicht zu befürchten.

7.3.2 Raumabschließende Bauteile / Trennwände

Im Bereich der Bahnsteigebenen E-01 und E 00 werden die Technikräume feuerbeständig gegen die übrigen Bereiche abgetrennt. Die Innenwände innerhalb der Nutzung werden mit Materialien der Baustoffklasse A gemäß DIN 4102 errichtet. Die Qualität der Trennwände ist der Brandschutzvisualisierung zu entnehmen (Anlage 1).

Die Trogwandzwischenräume werden in F90/T30RS zur Bahnhofshalle abgetrennt bzw. S90 abgeschottet. Weiterhin werden die beiden Trogwandzwischenräume in F90/T30RS in Abschnitte von ca.

Vertraulicher Entwurf

30 m unterteilt, wobei die Endabschnitte 36 m - 41 m lang sind. Die Aufschlagrichtung der Türen erfolgt in Richtung des nächstgelegenen Ausganges an den Enden der Trogwände.

7.3.3 Außenwände / Außenwandkonstruktionen

Die Gitterschalen sind die Zugänge zur Bahnhofshalle und somit Teil der Rettungswege. Diese müssen daher aus nichtbrennbaren Materialien (Baustoffklasse A) errichtet werden. Die verwendeten Dichtungen müssen mindestens schwer entflammbar sein.
Aufgrund der geplanten Glas-Rahmen-Konstruktion werden diese Anforderungen erfüllt.

Die Massivwände der Bahnhofshalle zum Erdreich, zum Technikgebäude und zum optionalen „nördlichen Bahnhofsgebäude“ werden als F90 Wände in Brandwandqualität errichtet.

7.3.4 Decken

Die massive Deckenkonstruktion der Bahnhofshalle entspricht einer F90-A Qualität gemäß DIN 4102 Teil 2, da sie gleichzeitig den oberen Abschluss der Bahnhofshalle und die Verkehrsfläche des Straßburger Platzes darstellt. Der Straßburger Platz ist teilweise befahrbar.

7.3.5 Unterdecken in Flucht- und Rettungswegen

Die Unterdecken und die Unterkonstruktion im Bereich unterhalb der Stege müssen der Baustoffklasse A gemäß DIN 4102 Teil 1 entsprechen.

Kabel können unterhalb der Stege ungeschützt verlegt werden, wenn die allgemeingültigen Regeln der Technik eingehalten werden (Verlegung als Einzelinstallationen oder auf Kabelpritschen, Beachtung der zulässigen Belegungsdichte usw.). Grundsätzlich sind die Anforderungen der Leistungsanlagenrichtlinie zu berücksichtigen.
Im Hinblick auf das für die Entrauchung maßgebende Brandszenario „Bemessungsbrand gemischter Reisezugverkehr unterhalb eines Steges“, wird die Brandintensität aufgrund von Kabeln unterhalb eines Steges als gering eingestuft. Somit ergeben sich lediglich Beschränkungen für die verlegten Kabel aufgrund der Statik und der Platzverhältnisse. Die geplante Brandlast aufgrund der Kabel wird als nicht kritisch bewertet.

Die in geschlossenen Zwischendecken verlegten Kabel müssen zur schnellen und effektiven Brandfrüherkennung mit Rauchmeldern überwacht werden.

Vertraulicher Entwurf

Es gelten die Anforderungen und Ausnahmen der VDE 0833 Teil 2.

7.3.6 Dächer

Die Platte des Straßburger Platzes stellt das Dach der Bahnhofshalle dar und entspricht F90.

Aus brandschutztechnischer Sicht werden keine Anforderungen an den Feuerwiderstand der Lichtaugen gestellt. Dieser Sachverhalt begründet sich wie folgt:
Um die Temperaturen oberhalb des Eisenbahnfahrzeugs zu ermitteln, wurde der Eisenbahnfahrzeugbrand mit dem DB-Bemessungsbrand mittels FDS simuliert, wobei lediglich die Phase der maximalen Wärmefreisetzungsrate von 53,3 MW betrachtete wurde, da dann die höchsten Temperaturen herrschen.
Die Dynamik eines realen Brandes unterscheidet sich deutlich von der wesentlich homogeneren und stetigen Temperaturentwicklung bei Brandprüfungen nach DIN 4102 Teil 2. Diese Dynamik zeigt sich in ausgeprägten Fluktuationen der lokalen Temperaturspitzen, wodurch Temperaturschwankungen von deutlich mehr als 100 K innerhalb von deutlich weniger als 20 sec. an der gleichen Stelle auftreten können. Auch die räumliche Lage solcher Temperaturspitzen ändert sich kurzfristig. Solche nur temporär auftretenden lokalen Temperaturspitzen haben einen nur geringen Einfluss auf die Bauteilerwärmung und sind daher nicht im Sinne von Bemessungstemperaturen T_{RW} zu verstehen.
Als solche wurden die Mittelwerte der Spitzentemperaturen $T_{max}(t)$ in einem Zeitintervall von $\Delta t = 25$ Sekunden berechnet, die sich in der jeweiligen Höhe z innerhalb der „thermisch effektiven Ersatzfläche“ ergeben. Diese Ersatzfläche A` berücksichtigt die horizontale Ausbreitung des aufsteigenden Heißgas-Plumes:

$4{,}0 \leq z \leq 10{,}0$ m	Höhe über OK Bahnsteig z = 4,0 m entspricht 1,0 m über OK Dach des brennenden Eisenbahnfahrzeugs
$A` = L_0 \cdot b`$ [m²]	thermisch effektive Ersatzfläche L_0 = Eisenbahnfahrzeuglänge b_0 = 2,6 m Eisenbahnfahrzeugbreite $b` = b_0 + 2b``$ $= 2{,}6 + 2 \cdot 1{,}7 = 6{,}0$ m

$T_{RW}(z) = T_{max}(z) \mid_{\Delta t, A`}$

Vertraulicher Entwurf

Die Referenztemperatur für eine F30-Bemessung ergibt sich nach DIN 4102 Teil 2, 6.2.4 zu

$\Delta T = 822\ K \pm 10\ \%$ (Integralwert)

entsprechend

$\Delta T\ (F30) \leq 904\ K$

$T\ (t) = T_0 + \Delta T$

T_0 Umgebungstemperatur vor dem Brand

$T_{RW}\ (z) \leq 904 + T_0\ [°C]$

In Bild 7.3 ist dieser Sachverhalt dargestellt. Die Höhe der Lichtaugen über den Bahnsteigen beträgt ca. 10 m und liegt somit im brandschutztechnisch unkritischen Bereich.
Aufgrund der vorhandenen Temperaturen von ca. < 200 °C ist keine F-Qualifizierung der Lichtaugen erforderlich.
Bei der weiteren Planung der Lichtaugen ist ein Temperatureintrag von 200°C bezüglich möglicher Zwängungen zu berücksichtigen.

7.3.7 Systemböden

Doppelböden gibt es im Bereich der Bahnhofshalle nicht. Im Bahnhofsbereich befinden sich Medienkanälen unterhalb der Bahnsteige. Über sie werden die Versorgungsmedien geführt. Sie sind zur Bahnsteigfläche in F90/T30 abgetrennt.
Die Lüftungsöffnungen der Medienkanäle zum Bahnsteig sind mit Brandschutz-Lüftungssteinen ausgestattet.
In der Lounge ist ein F30 Doppelboden geplant, welcher aufgrund seiner Höhe zwischen 0,5 und 1,5 m mit Rauchansaugsystem und Sprinklerung ausgestattet wird.

Vertraulicher Entwurf

7.4 Bauprodukte in / an raumabschließenden Bauteilen

7.4.1 Brandschutztüren

In folgenden Bereichen sind Brandschutztüren vorgesehen:

- T30: Abtrennung von Sonderräumen, z.B. Medienkanäle, Technikräume, Zentralen usw..
- T30RS: Abschluss und Unterteilung der Trogwandzwischenräume
  Abtrennung zwischen Bahnhofshalle und dem Bonatzbau bei den Stegen A und B
  Abtrennung zwischen S-Bahnhof und S-Bahn-Verteilebene
  Zugangstüren der Fluchttreppenhäuser auf den Bahnsteigen

7.4.2 Rauchschutztüren

In der Bahnhofshalle sind keine Rauchschutztüren geplant.

7.4.3 Bauaufsichtlich zugelassene Feststelleinrichtungen

Alle Brandschutztüren in Bereichen mit häufiger Nutzung sind mit einer bauaufsichtlich zugelassenen Feststelleinrichtung zu versehen, um ein Verkeilen oder Blockieren der Türen zu vermeiden. Im betrachteten Bereich sind mit Ausnahme der Türen auf den Stegen zum Bonatzbau keine entsprechenden Türen vorhanden.
Die Türen im Verlauf der Hauptfluchtwege müssen in Fluchtrichtung öffnen.
Ausgangstüren in das Freie werden bei Brandalarm automatisch geöffnet und offen arretiert.

7.4.4 Lichtkuppeln und Lichtbänder

Zur Belichtung werden im Dach der Bahnhofshalle 27 Lichtaugen angeordnet. Von denen erhalten 23 Stück eine NRWG-Funktion.
Alle Lichtaugen bestehen in den wesentlichen Bestandteilen aus nichtbrennbaren Bauteilen, weitergehende Brandschutzanforderungen werden nicht gestellt (siehe auch Kapitel 7.3.6).

Vertraulicher Entwurf

7.4.5 Verglasungen

Die Verglasung zwischen Bahnhofshalle und DB-Lounge wird als geschlossene VSG-Isolierverglasung ausgeführt. Es werden keine erhöhten brandschutztechnischen Anforderungen an die Gläser, einschließlich der Dichtungen o.ä. gestellt, da sich die Fassade bahnhofshallenseitig auf einer Höhe von > 6 m über OK Gleis befindet und einen seitlichen Abstand von ca. 3,5 m zum Gleis hat, und somit eine direkte Brandbeaufschlagung nicht zu erwarten ist. Nach ergibt sich für die minimale Raumdiagonale von ca. 6,5 m (OK geborstenes Fenster bis OK Glasfassade, siehe Bild 7.4) ein rechnerischer Temperaturwert von ca. 650 °C. Im Hinblick auf die Personensicherheit bestehen aus brandschutztechnischer Sicht keine Bedenken gegen die F0 Verglasung.
Eine direkte Brandbeaufschlagung und kritische thermische Beeinträchtigung der Fassade infolge eines Brandes in der Lounge wird durch die geplante vollflächige Sprinklerung verhindert. Der aufgrund baulicher Zwänge erforderliche Abstand von 1,10 m zwischen Glasfassade und der 1. Sprinklerreihe wird als brandschutztechnisch unbedenklich bewertet, wie entsprechende Fassaden-Sprinkler Versuche bestätigen.
Eventuelle Rauchübertragung aus der Bahnhofshalle in den Bonatzbau wird durch die maschinelle Entrauchung der Lounge kompensiert.

Zwischen den Zugangsbereichen zu den Stegen A und B und der Lounge wird die Fassade als F30 Verglasung ausgeführt.

7.4.6 Bekleidung für Decken und Wände

Die Verkleidungen der Wände und Decken und ihre Halterungen im Bereich der Verkehrsstation müssen grundsätzlich der Baustoffklasse A nach DIN 4102 entsprechen.
Die geplanten abgehängten Decken unterhalb der Stege entsprechen diesen Anforderungen.
Darüber hinaus sind in der Bahnhofshalle, aufgrund der Sichtbetonausführung, keine Bekleidungen vorgesehen.
Innerhalb der Lounge sind im Hinblick auf die Nutzung die Anforderungen der Verkaufsstättenverordnung maßgebend.

7.4.7 Dämmschichten

Es sind ausschließlich Dämm- und Isolierstoffe der Brandschutzklasse A nach DIN 4102 zu verwenden.

Vertraulicher Entwurf

7.4.8 Dehnungsfugen

Dehnungsfugen müssen mit Baustoffen der Baustoffklasse A, min. jedoch B1 nach DIN 4102 Teil1 errichtet werden. Sofern sie nicht aus A-Materialien errichtet werden können, sind sie brandschutztechnisch mit A-Baustoffen zu kapseln.

7.4.9 Schottungen

Mediendurchführungen durch brandschutztechnisch klassifizierte Wände und Decken werden in der entsprechenden Bauteilqualität geschottet.
Alle den Brand- bzw. Brandbekämpfungsabschnitt übergreifenden Kabel, Kanäle, Lüftungskanäle und Rohre werden mit zugelassenen Schottungssystemen in der geforderten Feuerwiderstandsklasse (S90, K90, R90) geschlossen.
Dies gilt auch für Bestandsinstallationen und Medien, die aus angrenzenden Gebäudeteilen in die Bahnhofshalle geführt werden.
Durchführungen von Leitungsanlagen sind gemäß LAR bzw. LüAR auszuführen.
Alle brandabschnittsübergreifenden Rohre sind mit zugelassenen Schottungssystemen in der geforderten Feuerwiderstandsklasse zu schließen. Die Anforderungen der Leitungsanlagenrichtlinie sind zu beachten.
Offen verlegte brennbare Rohre sind in dieser uPva nicht zulässig und nicht geplant. Brennbare Rohre dürfen nur in gekapselten Bereichen installiert werden.

Vertraulicher Entwurf

8 RETTUNGSWEGEKONZEPT

8.1 Rettungswegeführung

Die notwendigen Rettungswege müssen in ihrer geplanten Breite immer frei begehbar sein und ungehindert zur Verfügung stehen. Da unvermeidlich einzelne Rettungswege infolge thermischer Einwirkungen eines nahen Brandes oder infolge Rauchausbreitung unbenutzbar sein können, sind mindestens zwei unabhängige Rettungswege zu fordern, die für die gesamte rechnerisch benötigte Evakuierungsdauer des jeweiligen Rettungsweges raucharm bleiben.
Zur Optimierung des Evakuierungsvorganges wird ein dynamisches Rettungswege-Leitsystem installiert. Dies besteht aus den Komponenten

- Richtungsvariable Fluchtweg-Piktogramme
  (hinterleuchtet, szenarioabhängige automatische Ansteuerung der sicheren Rettungswege),
- Grüne Flashlights
  (optische Signalisierung der sicheren Stegaufgänge und der Ausgänge),
- Optische Rettungsweg-Sperrschilder
  (hinterleuchtet, szenarioabhängige automatische Sperrung gefährdeter Rettungswege).

Die Installationen befinden sich innerhalb der 2,5 m raucharmen Zone und sind somit während der gesamten Selbstrettungsphase sichtbar.

Das für die Evakuierung maßgebliche Szenario ist der DB Bemessungsbrand für gemischten Reisezugverkehr. Kleine Brände (Abfallbehälter, Reisegepäck…) führen nicht zu einem Personenrisiko, aufgrund dessen eine Fluchtweglenkung erforderlich wäre, so dass in diesem Fall alle in der Bahnhofshalle möglichen Fluchtwege ausgewiesen und gekennzeichnet werden.

Abhängig von Brandort eines Eisenbahnfahrtzeugss werden die ggf. beeinträchtigten Fluchtwege für die Evakuierung als gesperrt angezeigt. Die zur Verfügung stehenden Rettungswege werden ebenfalls gekennzeichnet und deutlich hervorgehoben. Auf diese Weise werden die Reisenden zu den nächsten sicheren Treppenaufgängen, auf die Stege oder zum Abgang zur S-Bahn oder in die Fluchttreppenhäuser geleitet.
Sofern Personen ein Fluchttreppenhaus nutzen, werden sie den Bahnhof direkt ins Freie auf den Straßburger Platz verlassen.

Vertraulicher Entwurf

Personen die über die Stege flüchten, erreichen über den Steg A entweder den Ausgang Athener Straße oder den Kurt-Georg-Kiesinger-Platz, alternativ können sie auch über die den Bonatzbau das Freie erreichen.
Der Fluchtweg über Steg B führt entweder über die Gitterschale „Am Schlossgarten“ oder alternativ über die Gitterschale „Am Turm“ ins Freie.
Flüchtenden erreichen über Steg C den Personentunnel und daran im Anschluss über eine Treppenanlage das Freie im Bereich der Staatsgalerie.
Sofern sich Personen über die Abgänge von den vier Bahnsteigen in den Personengang zur S-Bahn aus der Bahnhofshalle entfernen, werden sie entweder direkt über den Ausgang Athener Straße ins Freie geleitet oder alternativ über den S-Bahnhof und von dort über die zur Verfügung stehenden Rettungswege in die Klettpassage und dann ins Freie geführt.

8.1.1 Schnittstellen

Das Evakuierungskonzept für die Bahnhofshalle ist über mehrere Schnittstellen verknüpft mit angrenzenden Bauwerken oder Nutzungsbereichen (Tabelle 3). Diese Schnittstellen beeinflussen explizit die notwendigen Qualitäten von Entrauchung und Evakuierung. Die damit verbundenen baulichen, gebäudetechnischen und organisatorischen Anforderungen sind im vorliegenden Brandschutzkonzept abgehandelt.

Schnittstelle	Grenzen	Randbedingungen
Tunnel	Brillenwand N Brillenwand S	Zu- und Abluft Reversibel 1,2 x 10^6 m^3/h je Seite
S-Bahn	ein Treppenabgang je Bahnsteig	Entfluchtung
Bonatzbau	Brandabschnitts-begrenzung	Entfluchtung
Ausgänge von Stegen A, B, C und aus Treppenräumen	Ausgänge in das Freie	Entfluchtung

Tabelle 4: Schnittstellen

Vertraulicher Entwurf

8.2 Personenstromanalyse

8.2.1 Einholung der Personenzahlen

In Abstimmung mit dem EBA wurden von der DB AG die folgende Ermittlung der Reisendenzahlen an BPK übergeben (Email DS-Infra vom 31.07.2003 zur EBA Besprechung am 23.04.2003). Als Grundlage für alle Evakuierungsnachweise wurden die vorgegebenen 16.164 Personen berücksichtigt.
Die Gesamt-Personenzahl P im Bahnhof wird nach EBA-Vorgaben wie folgt ermittelt (Tabelle 6):

P_B = $n (P_1 + P_2) + P_3$
m = Zahl der Bahnsteige
n = Zahl der Gleise am Bahnsteig
P_B = max. Personen/Bahnsteig
P_1 = max. Sitzplätze der am Bahnsteig haltenden größten Zugeinheit
P_2 = max. Stehplätze der am Bahnsteig haltenden größten Zugeinheit
P_3 = Wartende auf dem Bahnsteig
P_3 = 0,3 (P1 + P2)

DB-Vorgabe für S21:
Maximalwert P1 + P2 = 1.757 Personen (Regionalzug)

m = 4
n = 2
P_3 = 0,3 x 1.757 = 527 Personen/Bahnsteig
P_B = 2 x 1.757 + 527 = 4.041 Personen/Bahnsteig
P = 4 x 4.041 = 16.164 Personen

Die Gesamtheit der Personen P wird nur auf den Bahnsteigen verteilt angenommen (worst case).

8.2.2 Evakuierungsnachweis

8.2.2.1 Allgemein

Zur Gewährleistung einer hohen Personensicherheit erlangt im Gefahrenfall die frühzeitige und gezielte Personenalarmierung große Bedeutung. Nur so kann in einer noch unkritischen Initialbrandphase eine gezielte Evakuierung veranlasst werden. In Verbindung mit dem brandschutztechnischen

Vertraulicher Entwurf

Sicherheitskonzept, insbesondere den Installationen zur automatischen Brandfrüherkennung, ist bei lokalen Bränden eine abschnittsweise Personenalarmierung und -evakuierung möglich. Bei einem Großbrandereignis, z. B. einem Eisenbahnfahrzeugbrand, erfolgt eine Alarmierung der gesamten uPva und auch angrenzender Bereiche, wie z. B. der S-Bahn.

Für das Bauvorhaben Stuttgart 21 – Bahnhofshalle wurden im Rahmen der Planung in 2011 umfangreiche Sonderuntersuchungen zur Evakuierungsqualität durchgeführt.
Die relevanten Ergebnisse dieser Evakuierungssimulationen im Kapitel 8.2.4 dieses Brandschutzkonzeptes zusammengefasst.

Die Bahnsteigebene E-1 kann über die 20 Aufgänge (Treppen und Fahrtreppen) zu den drei Stegen (A / B / C) E0 ins Freie oder in den Bonatzbau verlassen werden.

In Achse 4 bindet jeder Bahnsteig über eine Treppenanlage mit Fahrtreppen an die S-Bahn-Verteilebene an, welcher in den S-Bahnhof in der Ebene E-3 führt, alternativ steht ein Ausgang in Richtung Athener Straße zur Verfügung. Über diese Wege kann dann das Freie erreicht werden.

Zur Unterstützung der Gebäudeevakuierung sind in den Achsen 6.1-6.2 und 10-11 auf jedem Bahnsteig Fluchttreppenhäuser mit direktem Zugang ins Freie vorgesehen. Bild 8.1 verdeutlicht diese Ausgangssituation.

Vertraulicher Entwurf

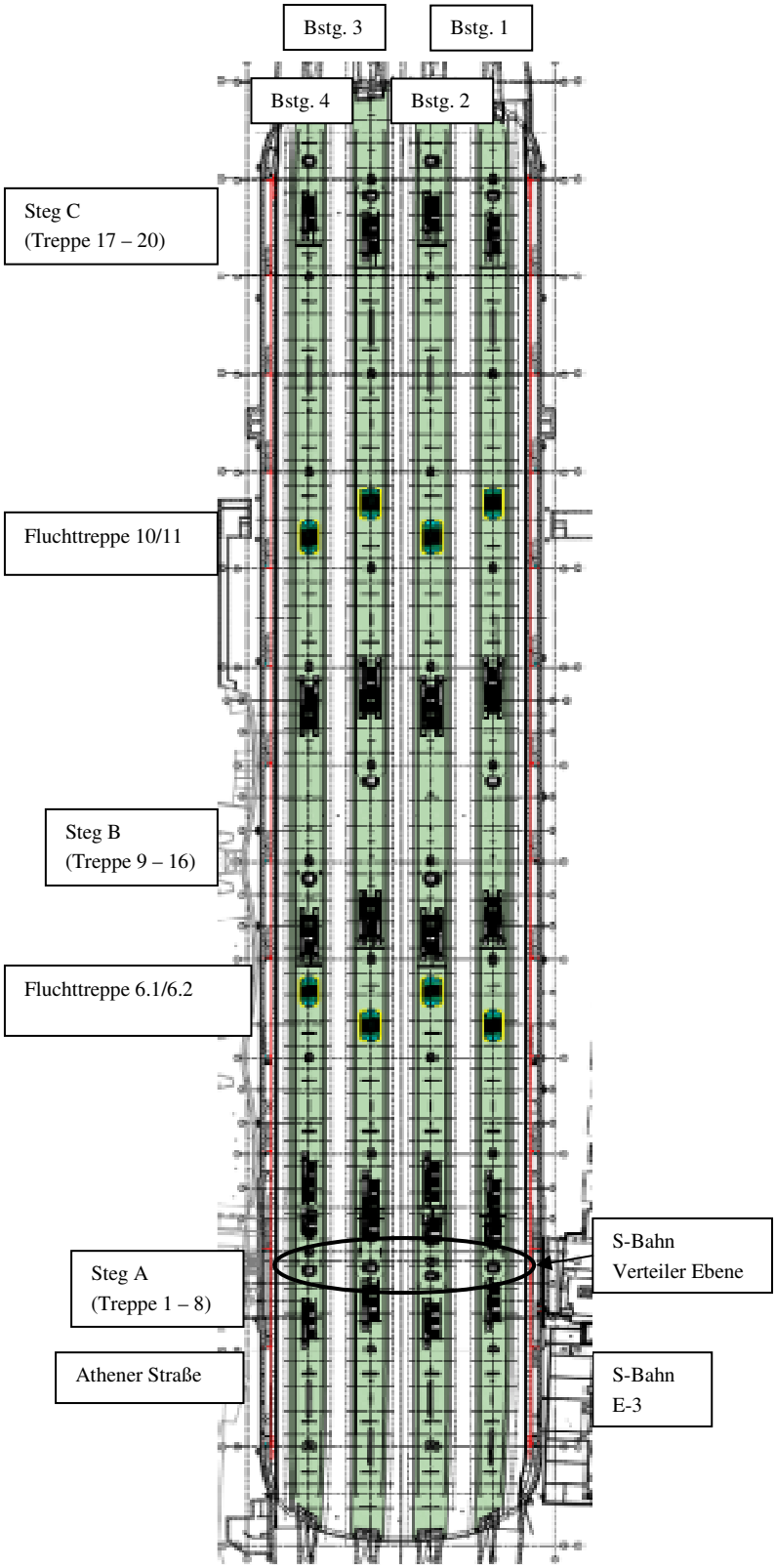


Bild 8.1: Bahnsteigebene E-1

Vertraulicher Entwurf

8.2.2.2 Ausgänge

Aus Feldstudien zur Evakuierungsdynamik ist bekannt, dass im Falle einer Evakuierungsaufforderung zunächst die bekannten Wege ins Freie oder in andere, als sicher bekannte Bereiche gewählt werden. Bei der uPva Stuttgart 21 sind das alle Ausgänge, mit Ausnahme der Treppenräume auf den Bahnsteigen. Diese müssen daher im Evakuierungsfall deutlich als Rettungswege erkennbar gemacht werden, was mittels der vorgesehenen, optisch auffälligen Markierung wirkunsvoll geschieht (s. Kap. 8.1).

Zur Unterstützung einer konfliktfreien und damit zügigen Evakuierung kommt der Lenkung der Personenströme hin zu sicheren Ausgängen gleichfalls eine besondere Bedeutung zu. Die hierfür vorgesehenen Maßnahmen (vergl. Kap. 8.1) gewährleisten einen Standard, der deutlich über die heute geforderten Qualitäten hinaus geht. Die Komplexität dieses Bauwerks erfordert eine solche Installation.

Die vier Doppelbahnsteige werden über Treppenanlagen (feste Treppen und Fahrtreppen) mit den 3 Stegen (A, B und C), welche orthogonal zu den Bahnsteigen verlaufen, verbunden, von dort können dann die Ausgänge direkt ins Freie erreicht werden. Ebenso sind die Bahnsteige mit dem Personentunnel verbunden, welcher in die S-Bahn und zu einem Ausgang in Richtung Athener Straße führt. Zudem verbinden zwei zusätzliche Fluchttreppenräume jeden Bahnsteig direkt mit dem Freien.

Für die dynamische Evakuierungssimulation wurden die Bahnsteigebene, die Stegebene sowie die Ebene E+1 des Bonatzbaus maßstäblich nachgebildet und mit den jeweiligen Treppenanlagen, Gangverbindungen usw. verbunden.

Eine Übersicht aller modellierten Treppen der Stege A, B und C zeigt das Bild 8.2

Vertraulicher Entwurf

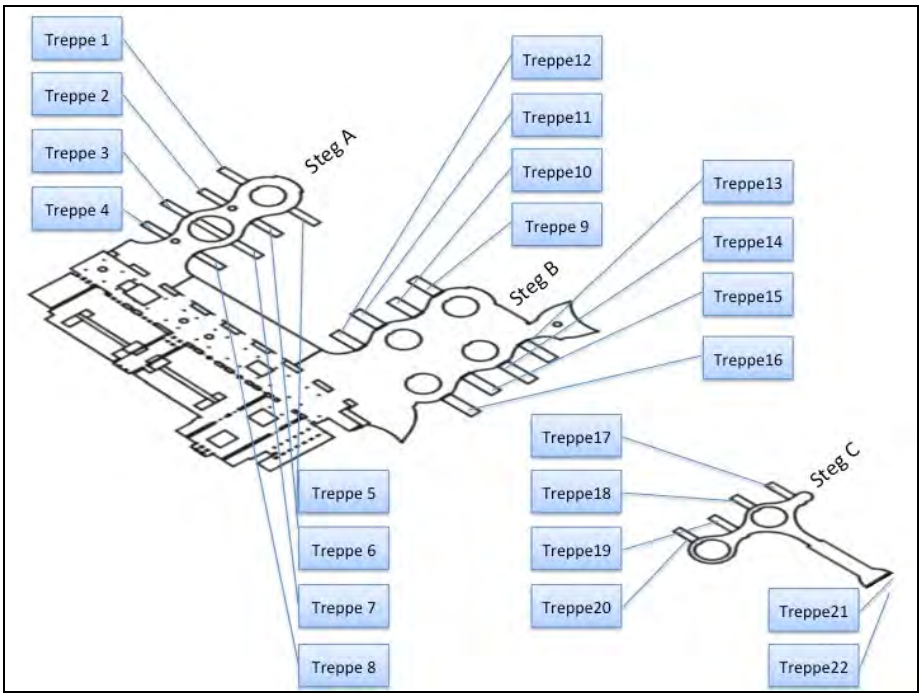


Bild 8.2: Übersicht Treppenanlage Bahnsteigebene 0

Es gibt insgesamt 8 direkte Ausgänge aus der uPva (Bild 8.3): Von den vier Bahnsteigen in den Personentunnel und von dort in die S-Bahn oder in Richtung Athener Straße (insgesamt 4 Abgänge). Jeweils drei vom Steg A (zum Bonatzbau, Ausg. 1 zum Kurt-Georg-Kiesinger Platz und Ausg. 2a zur Athener Straße) und vom Steg B (Ausg. 2 zum Schlossgarten und zum Ausgang Ausg. 3 „Am Turm“), weiterhin der Ausgang Ausg. 4 in Richtung Staatsgalerie für Steg C.
Die Fahrtreppen werden entsprechend dem Regelwerk der DB AG als Teil der Rettungswege mitbetrachtet, hier ist auch geregelt, dass jeweils einen Fahrtreppe pro Bahnsteig im Revisionszustand ist und somit insgesamt vier Fahrtreppen als Fluchtweg nicht zur Verfügung stehen.

Die Ausgangssituation ist in Bild 8.3 für die Ebene E 0 in der Simulationsgeometrie dargestellt.

Vertraulicher Entwurf

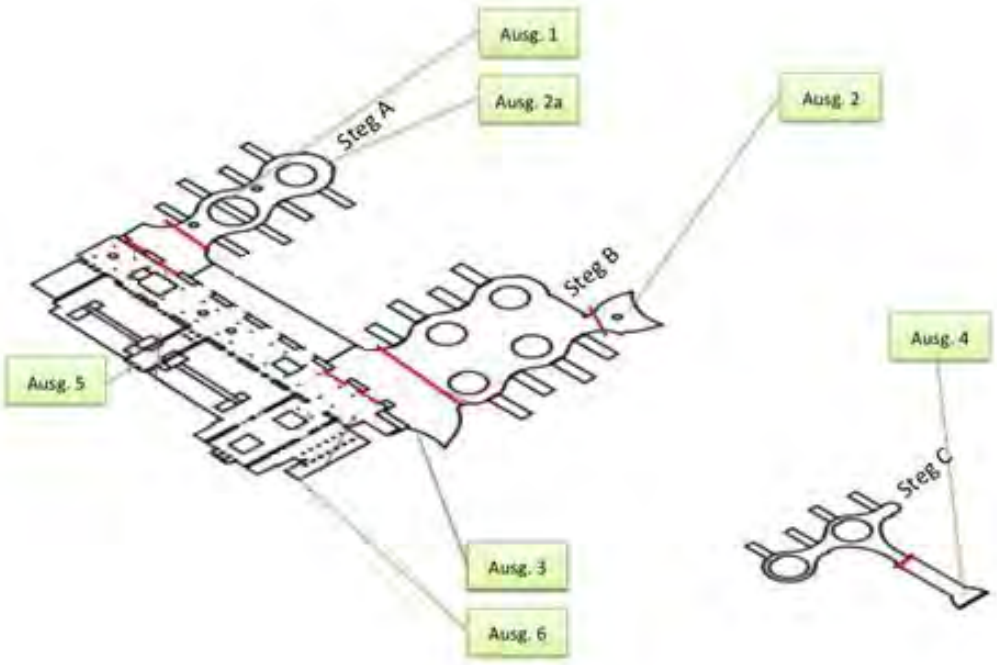


Bild 8.3: Übersicht Ausgänge Stegebene E0

Abgang S-Bahn

Die Simulationen zur Evakuierung und Entrauchung zeigten, dass infolge des neuen 53 MW DB-Bemessungsbrandes auch die Nutzung der Abgänge zur S-Bahn als Fluchtwege mitbetrachtet werden müssen.

Aufgrund der Tatsache, dass diese Verbindungen im täglichen Bahnhofsbetrieb eine der Hauptverbindungsstrecken sind, ist davon auszugehen, dass ortskundige Personen diesen Verkehrsweg im Gefahrenfall nutzen werden, obwohl dieser entgegen „normalen“ Rettungswegen in einer uPva zunächst nach unten führt. Die Abgänge zur S-Bahn wurden daher bei den aktuellen Evakuierungssimulationen als planmäßige Rettungswege mit berücksichtigt. Die Nutzung dieser Rettungswege wird durch das dynamische Rettungswege-Leitsystem unterstützt (vergl. Kap. 8.1).

Der Abgang des Personengangs zum S-Bahnsteig hat eine lichte Breite von 3,25 m und wurde aus rechentechnischen Gründen mit einer nutzbaren Breite von 3,00 m bei den dynamischen Evakuierungssimulationen berücksichtigt.

Die Simulationsergebnisse zeigten, dass, abhängig vom Brandszenario, bis zu 1.700 Personen diese Fluchtwege nutzen.

Hinsichtlich der Frequentierung des S-Bahnhofs durch max. 1.700 Personen bei einer Evakuierung der Bahnhofhalle bestehen keine brandschutztechnischen Bedenken, da bei einem Brand in der

Vertraulicher Entwurf

Bahnhofshalle kein gleichzeitiges Brandereignis im S-Bahnhof anzunehmen ist. Die Personen evakuieren über die 3,25 m breite Treppe und verteilen sich dann im S-Bahnhof auf die dort vorhandenen Aufgänge in die Klettpassage. Bei einer Räumung der Bahnhofshalle muss aus Sicherheitsgründen auch zeitgleich der S-Bahnhof evakuiert werden und die Personen aus dem S-Bahnhof dürfen nicht in Richtung Bahnhofshalle geleitet werden; dies ist durch optische und akustische Hinweise und organisatorische Maßnahmen zu regeln (Kap. 8.1).

Da die Ausgänge aus dem S-Bahnhof in Summe eine weit größere Breite haben als die Zugangstreppen, über welche Personen aus der Bahnhofshalle zuströmen, und im Hinblick auf die Distanzen im Bereich des S-Bahnhofes, welche zur Entzerrung der Personenströme führen, wird dieses Szenario als unkritisch bewertet.

Bezugnehmend auf das Drees & Sommer Ergebnisprotokoll Nr. 1185 zu einer Besprechung vom 07.02.2013, Pkt. 1, bei welcher die Evakuierungssimulationsergebnisse des Sachverständigenbüros Endreß für die zusätzlich zu berücksichtigenden 1.700 Personen aus der Bahnhofshalle besprochen wurden, kann für Szenario 3 (Brand in der Bahnhofshalle, Räumung der S-Bahn) entnommen werden:

Räumung der Haltestelle S-Bahn Hbf. Stgt. Tief unter Berücksichtigung des Eintrages von 1.700 Personen aus der Bahnhofshalle/Verteilerebene E-2. Die Evakuierungszeit (Bewegungszeit) wurde mit 6:28 Minuten nachgewiesen (Endreß Ingenieurgesellschaft mbH, 2013) *Der S-Bahn Betrieb muss eingestellt werden.*

Vertraulicher Entwurf

8.2.2.3 Statische Ermittlung der erforderlichen Ausgangsbreiten

Die folgenden Tabellen 4 – 5, 6 benennen die in den Simulationen berücksichtigten Ausgangs- oder Treppenbreiten. Maßgebend sind jeweils die Stellen mit den geringsten lichten Weiten (Ausgänge oder Zuführung durch Treppen und Personengänge):

Die Anwendung der VStättVO ist für Bahnhöfe explizit nicht zur Bewertung der Rettungswege vorgesehen. Nachfolgend wird daher lediglich informativ das Ergebnis einer solchen Analyse mitgeteilt.

Entsprechend VStättVO sind für 200 Personen 1,20 m Ausgangsbreite erforderlich, wobei breitere Ausgänge in 0,6 m Schritten gestaffelt werden.
Weiterhin wurden die Fahrtreppen, welche eine lichte Breite von 1,0 m besitzen, nur mit 0,6 m Rettungswegbreite und demzufolge 100 Personen zum Ansatz gebracht.

Folgende Fluchtwegbreiten stehen im Verlauf der Rettungswege je Bahnsteig zur Verfügung:

Bereich	**Lichte Breite [m]**	**Anzahl**
Treppen zu Stegen	2,40	5
Fahrtreppen (eine FT in Wartung)	1,00	6
Personentunnel Steg C (Engstelle)	5,5	1
S-Bahn-Verteilebene (Engstelle)	6,25	1
Fluchttreppenhäuser Achsen 11 und 6.1/6.2	2 x 2,40	2

Tabelle 5: Fluchtwegbreiten im Verlauf der Rettungswege

Ausgangsbreiten/Personenkapazitäten nach VStättVO pro Bahnsteig:

Feste Treppe: 9 x 2,40 + 2,40 (S-Bahn)

⇨ VStättVO (1,20 m/200 Personen) = 20 x 200 Personen = 4.000 Personen

Fahrtreppe (eine in Wartung): 7 x 1 = 7 m

⇨ VStättVO (0,60 m /100 Personen) = 6 x 100 Personen = 600 Personen

IST: 4.600 Personen

SOLL: 4.041 Personen

Entfluchtung Bahnsteige: IST Breite > SOLL Breite

Vertraulicher Entwurf

Ausgangsbreiten / Personenkapazitäten nach Versammlungsstättenverordnung für die Bahnsteighalle insgesamt (Ausgänge ins Freie oder in andere Brandabschnitte):

Ebene	Ausgang (vergl. Bilder 8.4/8.5)	Ausgang	Vorhandene Breite [m]	Anrechenbare Breite nach VStättVO [m]	Personen
Ebene -2	s. Bild 7.19	Athener Straße /S-Bahnabgang (Engstelle)	6,25	6,0	1.000
Ebene 0	2a	Athener Straße	4,0	3,6	600
	2	Schlossgarten / Europaplatz	8,00	7,80	1.300
	3	Am Turm	6,2	6,0	1.000
	Bild 7.6	Übergang Bonatzbau bei Steg A	20,0	19,2	3.200
	Bild 7.6	Übergangs Bonatzbau bei Steg B	20,0	19,2	3.200
Ebene +1	s. Bild 8.1	Fluchttreppenhäuser	38,4	38,4	6.200
	1	Kurt-Georg-Kiesinger Platz Treppe	4,40	4,20	700
	1	Kurt-Georg-Kiesinger Platz Fahrtreppe (eine FT in Wartung	2 x 1,0	1 x 0,6	100
	4	Staatsgalerie (Personengang Steg C - Engstelle)	5,50	5,40	900
GESAMT				**IST**	**18.200**
				SOLL	**16.164**

Tabelle 6: Fluchtwegbreiten im Verlauf der Rettungswege

Entfluchtung Gesamt-Bahnhof: IST-Breite > SOLL-Breite

Vertraulicher Entwurf

Ausgänge Bonatzbau (vergl. Bilder 8.4/8.5)	Nummer	Lichte Treppenbreite	Fahrtreppen à 1,00 m
Bonatzbau, Kommerz E+1	7-14	14,0 m	-
Bonatzbau, Mittelhalle	5	8,70 m	-
Bonatzbau, große Schalterhalle	6	7,98 m	-

Tabelle 7: Ausgangsbreiten Bonatzbau

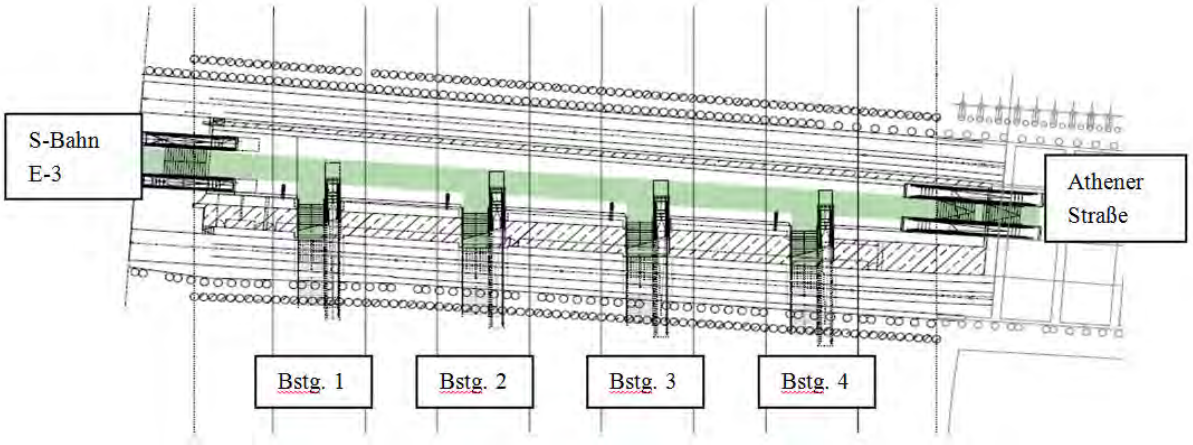


Bild 8.4: Verkehrsstation E-2

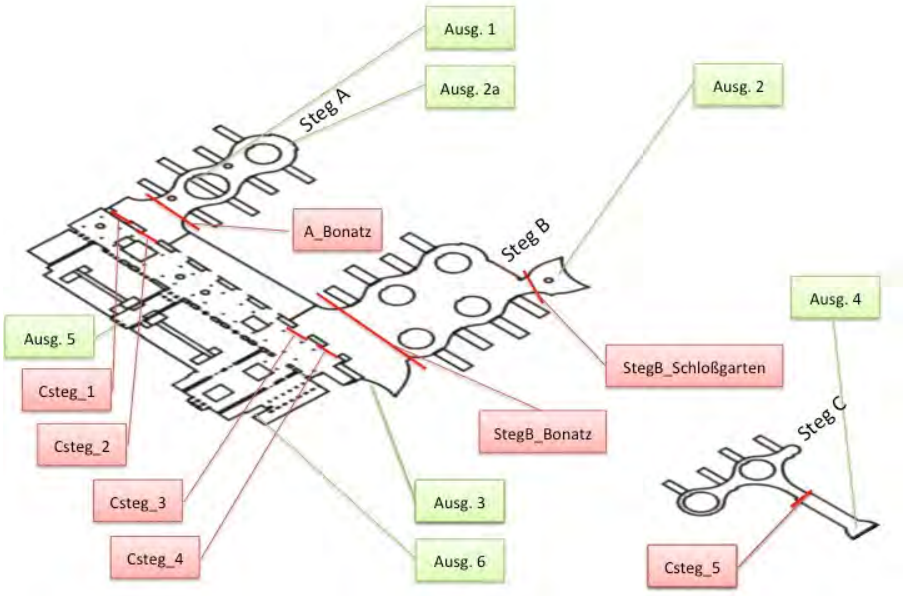


Bild 8.5: Übersicht Ausgänge und Zähllinien Stegebene E0

Vertraulicher Entwurf

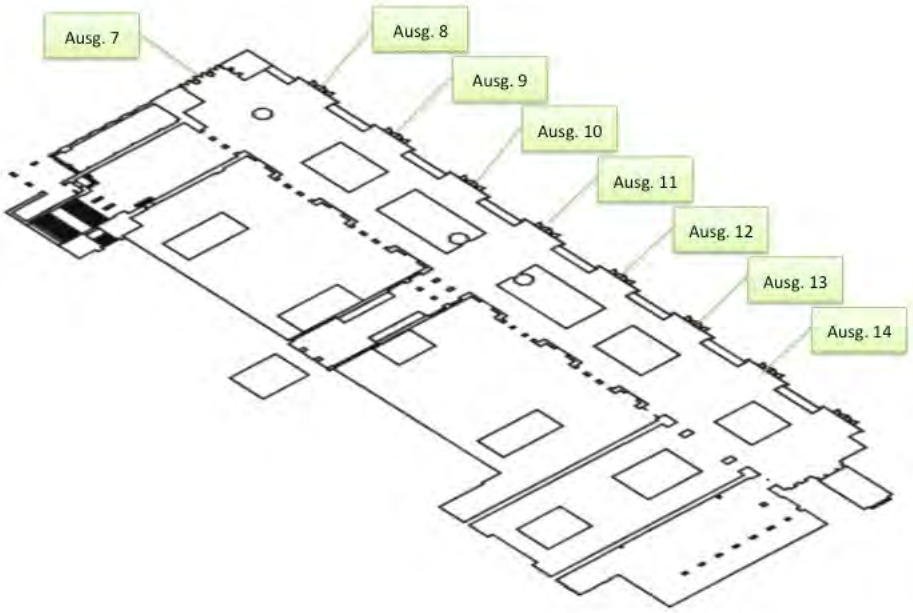


Bild 8.6: Übersicht Ausgänge Bonatzbau E+1

Die festen Treppen (Verbindung Bahnsteigebene/Steg) haben jeweils eine lichte Breite von 2,40 m. Die Fahrtreppen werden entsprechend den Vorgaben der DB AG aufgrund ihrer Breite von 1,0 m mit nur einer Laufspur berücksichtigt.

8.2.2.4 Personenbelegung

Für die Bahnsteige wird entsprechend EBA Regelung eine Personenbelegung (Gäste und Personal) von 4.041 Personen pro Bahnsteig angenommen (Kap. 8.2.1). Das ergibt für die vier Bahnsteige eine Gesamtpersonenzahl im Bahnsteigbereich von

$Pmax_{Bahnsteig} = Pmax_{Bahnsteig} \times 4 = 4.041 \times 4 =$ **<u>16.164 Personen</u>**

Als Worst-Case Betrachtung befinden sich die Personen entsprechend den Bahnvorgaben nur auf den Bahnsteigen und sind nicht im gesamten Bereich der Bahnhofshalle verteilt.

Vertraulicher Entwurf

Weiterhin wurde untersucht, welche Abhängigkeiten entstehen, wenn sich zusätzlich im Bereich des Bonatzbaus weitere 4.219 Personen aufhalten. Diese Personenbelegung wurde bezugnehmend auf die Verkaufs-/Versammlungsstättenverordnung im Rahmen der brandschutztechnischen Betrachtung der Verkaufsflächen als konservative Abschätzung ermittelt.
Ziel dieser Untersuchungen war festzustellen, ob nach Auslösen der Evakuierungsdurchsage, sowohl in der Bahnhofshalle als auch im Bonatzbau, die Personen im Bonatzbau diesen bereits verlassen haben, ehe die flüchtenden Personen aus der Bahnhofshalle die Fluchtwege der Verkehrsstation nutzen. Dieser Nachweis wurde positiv erbracht.

Bereich	**Personenbelegung**
Bahnsteigebene, Ebene -1 (gemäß Absatz Personenbelegung Bahnsteigebene)	16.164 Personen
Versammlungsstätte Bonatzbau, Ebene 00	800 Personen
Verkaufsstätten, Bonatzbau, Ebene 00	1.015 Personen
Verkaufsstätten, Bonatzbau, Ebene 01	2.404 Personen
Gesamt	20.383 Personen

Tabelle 8: Personenbelegung Evakuierungssimulation

Die vorhandenen Durchgangsbreiten im Verlauf der Rettungswege sind in Kapitel **8.3.1** erläutert.

8.2.2.5 Grundlagen Evakuierung

Gemäß dem DB Anwenderhandbuch muss im Brandschutzkonzept der Nachweis einer mindestens 2,5 m hohen raucharmen Schicht in der Selbstrettungsphase zeit- und ortsabhängig in den einzelnen Rettungswegabschnitten geführt werden, bis die Flüchtenden einen temporär sicheren Bereich (Bonatzbau/S-Bahnsteig) oder das Freie erreicht haben.
Dementsprechend wurde für die Bahnhofshalle die Dauer der Selbstrettungsphase für die maßgebenden Brandszenarien/Verrauchungen ermittelt.

Zunächst wurde mit FDS die Verrauchungssituation im Bahnhof für die vier maßgebenden Brandorte ermittelt (vergl. Kap. 5.4.2).

1. Brand zwischen Steg A und dem Tunnelmund (Brillenwand Nord)
2. Brand zwischen Steg A und Steg B
3. Brand unter Steg B
4. Brand vor Steg C

Vertraulicher Entwurf

Danach wurden in Abhängigkeit von den Verrauchungszeiten die zur Verfügung stehenden raucharmen Fluchtwege untersucht und hierfür dynamische Evakuierungssimulationen durchgeführt.
Hierbei stellte sich heraus, dass folgende Szenarien für den Evakuierungsnachweis maßgebend sind:

1. Brand zwischen Steg A und dem Tunnelmund (Brillenwand Nord)
2. Brand zwischen Steg A und Steg B

Es wurden die Evakuierungszeiten jeweils für die Referenzsituation „Entfluchtung ohne Brand“ und für die Brandszenarien mit nur eingeschränkt zur Verfügung stehenden Fluchtwegen, ermittelt.
Alle berechneten Evakuierungszeiten betrachten die Entleerung der unterirdischen Bahnsteiganlage bis zum Erreichen der Freiflächen hinter den Ausgängen auf Höhe der jeweiligen Geländeoberfläche oder bis in einen temporär sicheren Bereich (Bonatzbau, S-Bahn). Als „temporär sicher“ werden baulich ausreichend von der Bahnhofshalle abgetrennte sichere Bereich bezeichnet, die jedoch nicht das Freie sind. Mit dem Erreichen dieser Bereiche ist der Gefahrenbereich verlassen, ein Verbleiben in diesen Bereichen wäre unbedenklich.
Auf Basis der durchgeführten Entrauchungssimulationen (Kapitel 8.2.3) können auch Aussagen zur Fremdrettungsphase gemacht werden.

Die Entrauchungsuntersuchungen der Bahnhofshalle für die neue DB-Bemessungsbrandkurve ergaben, dass es erforderlich ist, gegenüber der Planfeststellung zusätzliche Rettungswege zur Verfügung zu stellen. Aus diesem Grund wurden zwei zusätzliche Fluchttreppenhäuser auf jedem Bahnsteig vorgesehen.
Pro Hauptszenario befinden sich 16.164 Personen auf der Bahnsteigebene, je 4.041 Personen pro Bahnsteig. Alle Stege mit Zugängen und alle Ausgänge stehen zur Verfügung, vier Fahrtreppen (eine pro Bahnsteig) werden als im Revisionszustand (DB Standard-Anforderung) angenommen.
Die umfangreichen Untersuchungen zur Evakuierung wurden in mehreren Simulationsberichten umfassend dokumentiert.

Titel	**BPK Bericht**
Evakuierungssimulation	BPK G 133/2011
Evakuierungssicherheit der Bahnhofshalle	BPK G 181/2011
Ergänzung Evakuierungssicherheit	BPK G 024-2012

Tabelle 9: Vorberichte Evakuierungssimulationen

Vertraulicher Entwurf

Im folgenden Kapitel sind die wesentlichen Ergebnisse und Nachweise für die Sicherstellung der Entfluchtung für die Brandorte 1-4 als Auszug (Simulationen Nr. I – VIII) aus diesen Untersuchungen dargestellt.
Die Simulationen zeigen die zeitlichen und räumlichen Evakuierungsabläufe.
Basis zur quantitativen Beurteilung der Evakuierungsabläufe im Brandfall ist die Komplett-Evakuierung ohne Brand (Referenzsimulation), da für diesen Fall von der Verfügbarkeit aller Rettungswege ausgegangen werden kann, während bei Brandeinwirkung diese teilweise ausfallen können.
Für die in Kap. 5.4.2 als kritisch identifizierten Brandszenarien (Brandpositionen) wurden zunächst die jeweiligen Verrauchungsabläufe simuliert (vergl. Kap. 8.2.3). Auf Basis dieser Ergebnisse konnte festgelegt werden, welche Rettungswege – gegebenenfalls ab wann – sich nicht mehr in der geforderten raucharmen Qualität befinden. Diese Rettungswege wurden dann bei der Evakuierungssimulation als gesperrt berücksichtigt.
In den „Brandsimulationen“ wurden für alle festgelegten Brandszenarien die Evakuierungszeiten unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Ausgänge ermittelt; hierbei wurden auch das Personenverhalten hinsichtlich „freiem Gehen“ und „engem Gehen“ variiert (vgl. 8.2.2.7.4).
Die durchgeführten Simulationen wurden auch hinsichtlich der Wartezeiten von Personen in Stauzonen untersucht.

8.2.2.6 Planstand

Für die Gebäudemodellierung der dynamischen Evakuierungssimulationen standen folgende Pläne von ingenhoven architects vom Mai 2011 zur Verfügung:

Dateiname	Planinhalt	Datum	Maßstab
anl551_03_ha203-10__.dwg	Bahnsteigebene	11.05.2011	1 : 250
anl551_04_ha203-10__.dwg	Stegebene, Gesamt	11.05.2011	1 : 250
174_3e00_bonatz.dwg	Bonatzbau, Ebene 0	02.05.2011	1 : 300
174_3e01_bonatz.dwg	Bonatzbau, Ebene +1	02.05.2011	1 : 300
A-01-10-13002-09-ID-L00.dwg A-01-10-13002-09-ID-L01.dwg A-01-10-13002-09-ID-L02.dwg	Treppenanlagen, Längsschnitte	06.05.2011	1 : 250

Tabelle 10: Planstand Simulation buildingEXODUS

Der für die Evakuierungssimulationen verwendete Planstand (Tabelle 10) wurde um die insgesamt 8 Fluchttreppenhäuser in den Achsen A6.1/6.2 und A10/11 ergänzt.

Vertraulicher Entwurf

Bei den für die Evakuierungssimulationen verwendeten o. g. Planständen kann eine hinreichend genaue Übereinstimmung zum derzeitigen aktuellen Planstand bestätigt werden, da es lediglich für die Simulationen unwesentliche Veränderungen gab, wie z.B. Verschiebung von 4 der 8 Treppen am Steg B (Achsen A7/AB, A7/AD, A10/AC und A10/AE) um max. 1,8 m, Veränderung der Querneigung der Bahnsteige, geringfügige geometrische Veränderung von Steg B. Diese zwischenzeitlich vorgenommen Veränderungen haben keine wesentlichen Einflüsse auf Staubildungen, Evakuierungszeiten.
Eine Beeinflussung der Simulationsergebnisse kann insofern ausgeschlossen werden.

8.2.2.7 Simulationssoftware

8.2.2.7.1 Programmbeschreibung

Die Simulationssoftware buildingEXODUS wurde für die Berechnung von Evakuierungszeiten für komplexe Raumgeometrien unter Einbeziehung unterschiedlicher Randbedingungen von der Fire Safety Engineering Group der University of Greenwich entwickelt und eignet sich besonders vorteilhaft für die hier vorliegenden speziellen Fragestellungen.
Die durch den Anwender definierbaren Randbedingungen sind die dreidimensionalen Gebäudestrukturen mit Durchgängen und Ausgängen, Treppenräume oder offenen Geschossverbindungen. Möblierung und sonstige Hindernisse wie Trennwände usw. können ebenfalls berücksichtigt werden.
Weitere Randbedingungen werden für die Personen definiert, so z. B. Geschlecht, Alter, Gewicht, körperlicher Zustand (Mobilität), Geh- und Laufgeschwindigkeiten sowie Reaktionszeiten.
Diese Angaben können jeder Person einzeln zugeordnet werden oder aber statistisch strukturiert mit Zufallsgenerator-Verteilung. Bei einer großen Anzahl von Personen werden daher Varianzbereiche für Personengruppen angegeben, aus denen nach einem Zufallsprinzip die individuellen Personeneigenschaften zugewiesen werden.

Grundlage der Evakuierungssimulation mit EXODUS ist eine raumdiskrete Simulationsmethode (sog. „zellularer Automat“). Dazu werden die komplexen Geometrien mit 0,5 x 0,5 m großen Feldern (Nodes) nachgebildet, auf die Personen platziert werden können. Die Bewegungsfreiheiten werden durch frei definierbare Verbindungen (in buildingEXODUS „Arcs“ genannt) der Nodes untereinander nachgebildet. Das Programm bietet für die Nachbildung von Treppen, Stühle, Randflächen entsprechende Node-Typen an, die Einfluss auf Verhalten und Geschwindigkeiten der Personen haben. Türen und Ausgänge können frei gesetzt und definiert werden. Die bevorzugten Laufwege werden durch Unterschiede eines Potentialfeldes zu den Ausgängen hin definiert („Attraktivität“, Nutzbarkeit, Entfernung, …), die im Vorfeld berechnet und über die Flächen gespannt werden.

Vertraulicher Entwurf

Personengruppen können individuell gewählt und mit Eigenschaften definiert werden, die entsprechende Einflüsse auf das Verhalten der einzelnen Personen haben. Demografische und somatische Parameter werden bei Bedarf berücksichtigt. Die Verteilung der Personen in den nachgebildeten Gebäudegrundrissen ist beliebig. Jedes Node kann hierzu mit einer Person belegt werden. Daraus ergibt sich eine maximal mögliche Belegung der Laufflächen von 4 Personen/m^2.
Für die Personenspezifikationen werden die Voreinstellungen des Programms verwendet (Kap. 8.2.2.7.3).

8.2.2.7.2 Spezifikationen für die Geometrie

Zunächst ist bei der Anwendung von buildingEXODUS die Geometrie eines Gebäudes oder Raumes, d.h. der Grundriss, zu definieren. Dies kann unter Zuhilfenahme von z. B. CAD-Daten oder programmintern geschehen.
Nach dem Einlesen der CAD-Daten wird die gesamte Fläche mit sogenannten Nodes (rechteckigen Knoten) gefüllt. Diese Nodes sind untereinander mit Arcs (Verbindungspfeilen zwischen den Nodes) verbunden.
Die Nodes können vertikal, horizontal und auch diagonal durch Arcs miteinander verbunden werden. Ein Node hat keine bestimmte Abmessung, sondern entspricht ungefähr dem Platz, den ein erwachsener Mensch einnimmt.
Die kürzeste Verbindung zwischen zwei Nodes entspricht einer Länge von 0,5 m. Die diagonale Verbindung entspricht 0,7071 m langen Arcs. Durch diese Verbindungen wird eine freie Beweglichkeit der Personen im Raum ermöglicht.
Durch die Verbindungen der Nodes untereinander wird sichergestellt, dass die Personen sich ungehindert von Node zu Node in allen Richtungen bewegen können. Es kann sich aber jeweils nur eine Person auf einem Node befinden, da dieser ungefähr den Platzbedarf einer Person darstellt.

Vertraulicher Entwurf

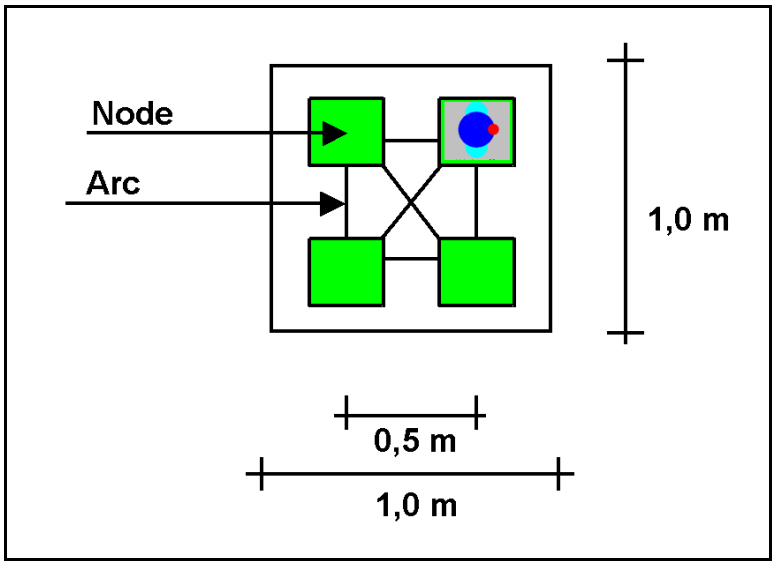


Bild 8.7: Maßstabsverhältnis der Nodes und Arcs

Den Nodes und Arcs können über Submodelle bestimmte Eigenschaften zugeordnet werden.

Node-Eigenschaften

Node-Gruppen können als Sitzreihen, Treppenpodeste, freie Flächen, Türen, etc. definiert werden. Außerdem ist es auch möglich, Treppen zu simulieren, wobei jeder Node eine Treppenstufe darstellt.

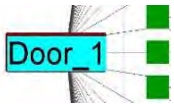
	Treppen (stair)
	Freier Raum (Free Space)
	Ausgangstüren (Doors)

Bild 8.8: Node Eigenschaften

Vertraulicher Entwurf

Node - Potenzial

Das Potenzial beschreibt die Zuordnung einer natürlichen Zahl zu jedem Node, entsprechend seinem Abstand zum nächsten Ausgang. Je weiter ein Node von einem Ausgang entfernt ist, umso höher ist sein Wert, also weniger attraktiv, d. h. Personen streben immer Nodes mit einem geringeren Potenzial an.

Potenzial = 10 $\Rightarrow$ attraktiver Fluchtweg

Potenzial = 100 $\Rightarrow$ unattraktiver Fluchtweg

Arc-Eigenschaften

Die Längeneinstellung kann auch benutzerdefiniert vorgenommen werden. Wenn z. B. zwei Geschosse über Treppen miteinander verbunden sind und diese Treppen ein Podest haben, kann die Arc-Länge entsprechend der Podestlänge eingestellt werden. Es können aber auch durch Nodes sogenannte „Landings“ (Podeste) erzeugt werden. Geschossverbindungen werden über sogenannte Links erzeugt. Hierbei werden Link-Nodes auf zwei Ebenen gesetzt und diese mit Arcs verbunden.

Tür-Eigenschaften

Türen können ebenfalls definiert werden. Sie werden im Geometry Mode mit den verschiedenen Attributen wie Abmessungen, Öffnungs- und Schließzeiten, Attraktivität, Durchflussrate usw. erfasst.

Mittels der Attraktivität einer Tür kann unterschieden werden, ob es sich um einen Haupteingang, einen Nebeneingang oder nur um einen Fluchtweg für den Notfall handelt. Dies besagt, dass ein Haupteingang eine höhere Attraktivität als ein Nebeneingang oder ein reiner Fluchtweg besitzt, da Gebäude von ortsfremden Personen meist nur durch die Haupteingänge betreten oder verlassen werden.

8.2.2.7.3 Spezifikationen für die Personen

In diesem Modus können einzelne Personen individuell oder als ganze Personengruppen definiert werden, wobei auf jedem Node nur eine Person zu platzieren ist. Eine Überbelegung lässt das Programm nicht zu.

Die einzelnen Personen werden durch einen Kreis mit zwei Halbkreisen (Ellipse) dargestellt, was ungefähr den Umfang eines menschlichen Körpers widerspiegelt.

Die unterschiedliche Farbgebung beschreibt Alter und Geschlecht der entsprechenden Person.

Vertraulicher Entwurf

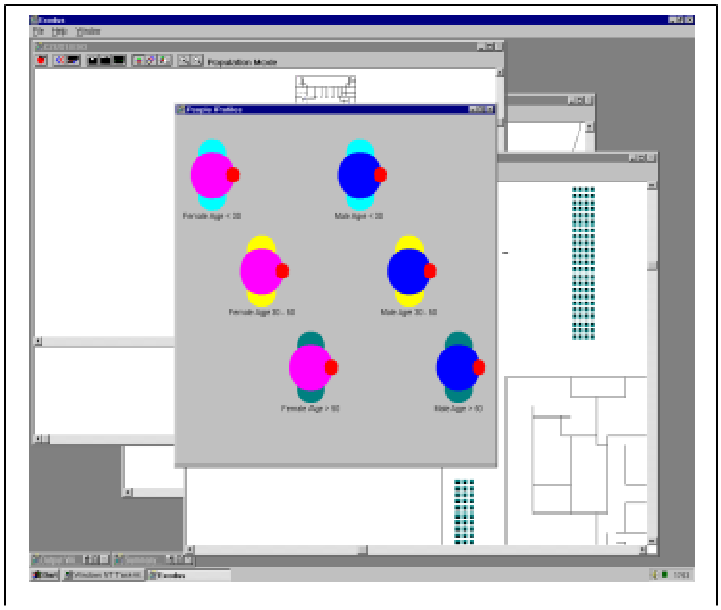


Bild 8.9: Bildschirmoberfläche im Population-Modus (Personenumrisse)

Es ist möglich, einzelne Personen oder auch ganze Gruppen in einem Gebäude oder Raum zu verteilen. Diese Verteilung kann zufällig oder genau platziert erfolgen. Einem Submodell können Personen mit verschiedenen Attributen zugeteilt werden. Das Submodell berücksichtigt hierbei u.a. folgende Merkmale:

- Physikalische Parameter,
- Psychologische Parameter,
- Positionsparameter.

In buildingEXODUS kann es in Einzelfällen durch das Importieren der Population in die Geometrie zum Platzwechsel einzelner Personen kommen. Hierdurch befinden sich Personen beim Start der Simulation z. B. auf bahnsteigseitig gesperrten Treppen (Tabelle 22– Tabelle 28) und tauchen somit in der Ergebnissdarstellung bei einem Ausgang auf, an welchem aufgrund der Sperrung des Rettungsweges eigentlich keine Personen auftauchen dürften. Hierbei haldelt es sich um sehr geringe Personenzahlen (üblicherweise < 10), welche keinen Einfluss auf die maßgebende Evakuierungszeit haben.

Vertraulicher Entwurf

Physikalische 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)
Bewegungsgeschwindigkeit (m/s)	0-10
Beweglichkeit	0-1 (gering-hoch)

Tabelle 11: Körperliche Eigenschaften

Die Bewegungsgeschwindigkeiten sind nach den Forschungsergebnissen von Fruin definiert. Folgende Werte gelten auf ebener Strecke (siehe auch Tabelle 12 und Tabelle 15):

Bewegungsgeschwindigkeit	Voreinstellung (m/s)
Schnelles Gehen	1,5
Gehen	1,5 x 0,9
Springen (über Hindernisse)	1,5 x 0,8
Kriechen	1,5 x 0,2

Tabelle 12: Bewegungsgeschwindigkeiten

Psychologische Parameter

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

Bezeichnung	Erklärung	Eingabewerte
Patience	Geduld (Sek.)	1-1000
Drive	Durchsetzungsvermögen	1-15 (niedrig-hoch)
Response Time	Reaktionszeit (Sek.)	0-10000

Tabelle 13: Psychologische Personeneigenschaften

Vertraulicher Entwurf

Positionsparameter

Durch diese Output-Parameter werden verschiedene Zeiträume beschrieben, die bei der Evakuierung eine Rolle spielen.

Bezeichnung	Eingabewerte
Zurückgelegter Weg (m)	➢ 0
Reststrecke bevor der Ausgang erreicht wurde, bei erfolgreicher Evakuierung = 0 (Sek.)	➢ 0
Zeitspanne vom Stillstand bis zum Einsetzen von Bewegung (Sek.)	➢ 0
Gesamtwartezeit bis zum Erreichen des Ausgangs (Sek.)	➢ 0

Tabelle 14: Positionseigenschaften

Alternativ können auch sämtliche Eigenschaften einer Population durch den Anwender frei definiert werden

Parameter	Einheit	Definitionsbereich
Geschlecht	-	männlich / weiblich
Alter	Jahre	1 – 100
Körpergewicht	kg	1,0-200
Reaktionszeit	s	0-10000
Beweglichkeit Mobilität	-	0-1 (gering-hoch)
Agilität	-	3-7 (gering-hoch)
Schnelle Gehgeschwindigkeit	(m/s)	0,8 – 1,5
Gehgeschwindigkeit	(m/s)	90 % der schnellen Gehgeschwindigkeit
Springgeschwindigkeit	(m/s)	80 % der schnellen Gehgeschwindigkeit
Kriechgeschwindigkeit	(m/s)	20 % der schnellen Gehgeschwindigkeit

Vertraulicher Entwurf

Parameter	Einheit	Definitionsbereich
Geschwindigkeit auf Treppen aufwärts	(m/s)	männlich 0,67 – 0,51 weiblich 0,635 – 0,485
Geschwindigkeit auf Treppen abwärts	(m/s)	männlich 1,01 – 0,67 weiblich 0,775 – 0,595
Eigenantrieb	-	männlich 5 – 15 weiblich 0 – 10 (gering-hoch)
Geduld	s	1-1000 (gering-hoch)

Tabelle 15: Zusammenfassung Personeneigenschaften

Es ist sinnvoll, sich im Normalfall des Zufallsmodus zu bedienen, da diese Daten auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen und den Durchschnitt der Bevölkerung widerspiegeln.
Die benutzerdefinierte Eingabe ist nur sinnvoll, wenn zum Beispiel Sondersituationen wie Altenheime oder Krankenhäuser untersucht werden sollen, da es sich in diesem Fall um besondere Personengruppen handelt. Für die Untersuchungen wurden bis auf die Berücksichtigung von Gehbehinderten Personen die vom Programm vorgegebenen Einstellungen übernommen.

8.2.2.7.4 Beschreibung wichtiger Submodelle

Personenverhalten

Jeder Einzelperson oder einer Gruppe von Personen kann mit diesem Submodell ein individuelles Verhalten zugeordnet werden.
Es werden das globale und das lokale Verhalten unterschieden.

Globales Verhalten

Die Flucht erfolgt in der Regel über den naheliegenden, bekannten und leicht erreichbaren Fluchtweg. Die Personen flüchten unter dem Einfluss des Node-Potentials über die Nodes mit dem geringsten Widerstand.
Dieses Verhalten entspricht der Grundeinstellung.

Lokales Verhalten

In diesem Modul wird das Verhalten einer Person für die jeweilige lokale Situation definiert. Die Problemsituationen werden z.B. durch Treppen oder Hindernisse innerhalb des Fluchtweges bestimmt. Einen Einfluss haben aber auch andere Personen, wenn z.B. Überholvorgänge erforderlich sind.

Vertraulicher Entwurf

Starken Einfluss haben Nutzer-Eigenschaften und Verhaltensregeln (Bsp.: Durchsetzungsvermögen), die probabilistischer Natur sind und deshalb keine identischen Simulationsläufe erlauben.

Konfliktlösung

Konfliktsituationen können entstehen, da immer nur eine Person einen Node passieren bzw. benutzen kann. Es ist aber möglich, dass die Wege oder die Geschwindigkeit der beteiligten Personen nicht unterschiedlich genug sind, um eine Person zu bevorzugen, dann wird über die Größe des Attributes "Drive" entschieden, wer Vorrang bekommt. Wenn zwei Personen einen identischen Wert für dieses Attribut haben, so wird nach dem Zufallsprinzip entschieden, wer den Vortritt bekommt, die andere Person bekommt eine "Zeitstrafe".

Richtungswechsel

Normalerweise erfolgt die Bewegung in gerader Linie. Ist der Weg allerdings versperrt, so werden alternative Möglichkeiten für den Verlauf des Weges, unter Berücksichtigung der Prioritätenfolge gewählt.

Überholen

Überholvorgänge ergeben sich als natürliche Konsequenz aus den Bewegungsregeln.

Ausgang

Es werden zwei Arten von Ausgängen unterschieden:

- Externe Ausgänge
  Ausgänge, die direkt ins Freie oder in einen sicheren Bereich führen.
- Interne Ausgänge
  Ausgänge innerhalb eines Gebäudes, diese verbinden Räume untereinander.

Aktivität des Ausganges

Das Deaktivieren eines Ausgangs hat zur Folge, dass dieser als solcher von der Person als nicht benutzbar angesehen wird.

Deaktivierte Ausgänge werden immer ignoriert, unabhängig davon ob sie geöffnet oder geschlossen sind. Durch den Benutzter kann die Aktivität eines Ausganges vorgegeben werden.

Ausgangspotenzial

Die aus den Architekturzeichnungen importierten Gebäudegeometrien werden mit Flächenelementen (Nodes) gefüllt. Die Raumaufteilungen und als Hindernisse in den Zeichnungen dargestellten Elemente, wie z.B. Abschrankungen und Inventarisierungen, werden bei der automatischen Generierung

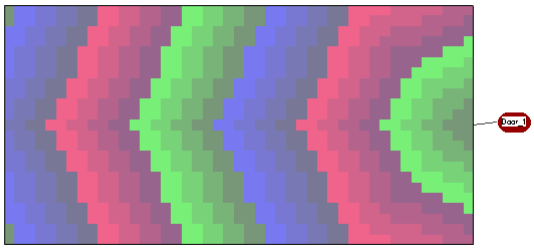
Vertraulicher Entwurf

der Nodes mitberücksichtigt. Weiterhin werden im Rahmen der Geometriebearbeitung die erforderlichen Geschoss- und Treppenverbindungen eingefügt.
Die unmittelbar ins Freie führenden Ausgänge werden ebenfalls als Geometriedaten in das Programm eingegeben.

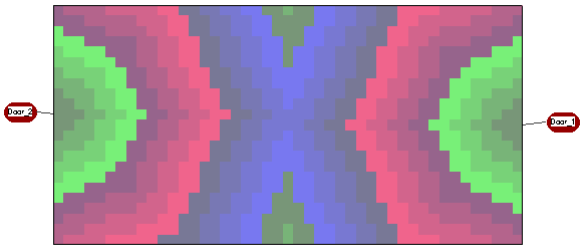
Die Evakuierungssimulation erfolgt auf der Basis von Potenzialen. Die Nodes erhalten in Abhängigkeit der Entfernung zu den Ausgängen einen Potenzialwert, der die Aktion und Reaktion der Personen während der Evakuierung beeinflusst. Die Ausgänge besitzen die niedrigsten Potenzialwerte. Die anbindenden Nodes erhöhen ihr Potenzial mit zunehmender Entfernung zum Ausgang. Die in der Geometrie verteilten Personen versuchen während der Simulation sich von dem Ausgangspunkt immer in Richtung niedriger Potenziale zu bewegen. Dem Potenzialgefälle in der Raumgeometrie folgend erreichen alle Personen den nächsten Ausgang ins Freie und verlassen somit das Gebäude. Die Potenzialrichtungen führen auch über mehrere Geschosse immer zu den Ausgängen durch die Treppenräume auf die Ausgangs-Ebene.

Potenziale verlaufen in einer Geometrie innerhalb ihrer wechselnden Potenzialabstufungen (Potentialwellen) zu dem Punkt mit dem geringsten Wert. Mehrere Ausgänge auf einer Fläche überlagern die Potenzialwellen und die Personen haben dadurch mehrere Möglichkeiten sich zu den Ausgängen zu orientieren. Ein Richtungswechsel innerhalb einer Potenzialwelle oder eine Entscheidung, sich zu einem anderen Ausgang zu bewegen, kann aus programmtechnischen Gründen nicht erfolgen. Eine Entscheidungsmöglichkeit haben die Personen nur, wenn Sie sich innerhalb einer Geometrie auf einer Schnittstelle von mehreren Potenzialwellen mit identischen Werten befinden.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen für eine einfache Geometrie die Ausbildung der Potenziale und deren Visualisierungsmöglichkeiten.



1 Ausgang



2 Ausgänge

Vertraulicher Entwurf

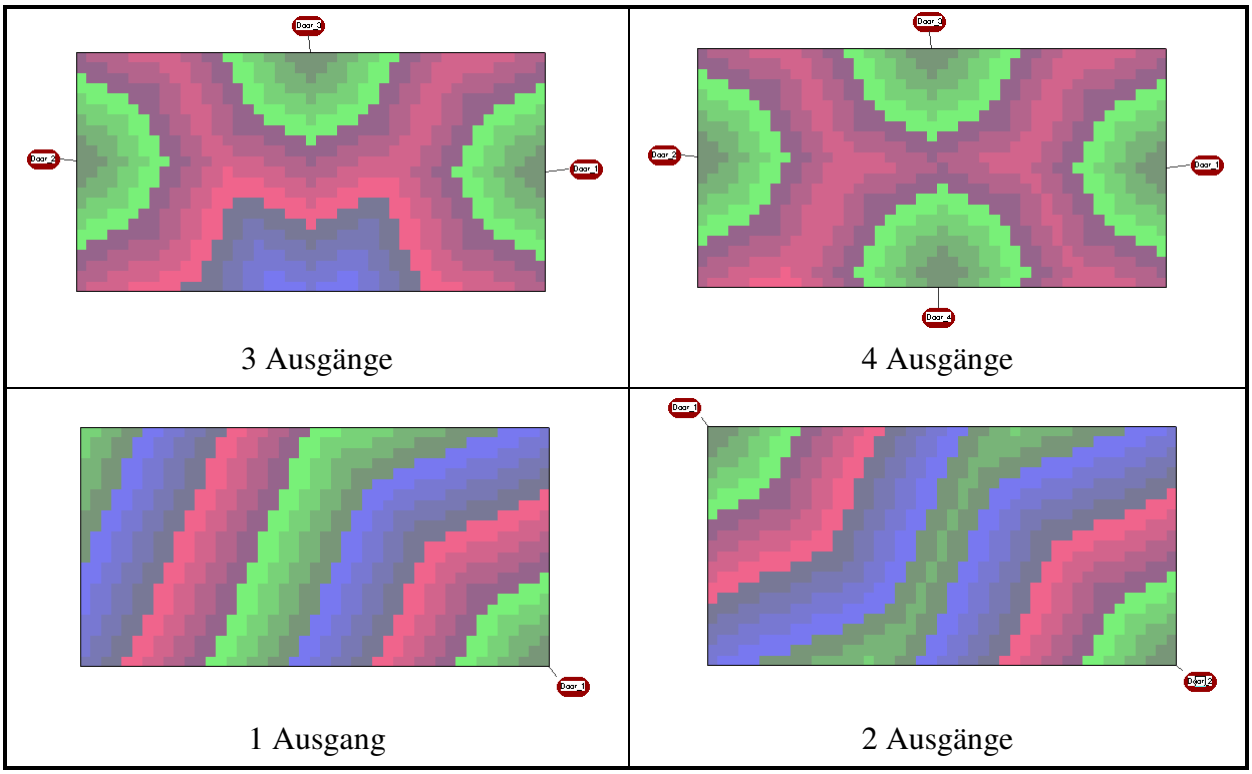


Bild 8.10: Potenzialdarstellung der Ausgänge

Ausgangsbreite

Zwei Nodes ergeben einen Meter Ausgangsbreite. Zwischenwerte werden durch den Nutzer gerundet. Dies ist durch die Arc-Länge (0,5 m) begründet.

Durchflussrate der Türen

Sie wird im Scenario-Mode festgelegt. Sie ist das Maß für die Anzahl an Personen pro Meter und Sekunde, die den Ausgang passieren können. Die Durchflussrate des Ausganges wird ermittelt, indem die Türbreite mit dem Durchflusswert multipliziert wird. Es kann zwischen drei verschiedenen, wissenschaftlich begründeten Ansätzen für die Durchflussrate ausgewählt werden.

Ansatz nach:	Durchflussrate Min (Pers./m/sek.)	Durchflussrate Max (Pers./m/sek.)
Hankin	1,46	1,46
Polus	1,25	1,58
Fruin	1,33	2,0

Tabelle 16: Durchflussraten von Türen

Vertraulicher Entwurf

Bei buildingEXODUS ist eine Durchflussrate von 1,33 (occ/m/s) (Personen/Meter/Sekunde) als Voreinstellung festgelegt und auch für die durchgeführten Simulationen genutzt.

Ausgangsart

Unterschiedliche Türarten (Standard, Drehtür, Drehkreuz oder Schwingtür) haben unterschiedliche Durchflussraten.

Verhalten auf Treppen

Jede Stufe wird, bezogen auf die Stufentiefe, als einzelner Node dargestellt. Die Anzahl der Personen auf einer Stufe ist abhängig von der Breite (Voreinstellung für die beanspruchte Weite einer Person: (0,73 m)), d.h. jede Personenspur wird durch eine Node-Spur dargestellt.

Es gibt zwei grundlegende Verhaltensparameter in buildingEXODUS, die auf Treppen angewandt werden können.

Das Gepackte (stair packed) und Gestaffelt „stair edge“ (Staggered) Verhalten.

Diese Parameter kontrollieren die Personendichte sowie die Bewegungen der Personen auf den Stufen und im Grenzbereich der Treppen (Geländer).

Die Abbildung 7.12 zeigt den Hauptunterschied zwischen den Verhaltensparametern.

Im Gepackten Modus (stair packed) wird den Personen erlaubt, jede Stufe zu verwenden, die für sie verfügbar ist. Die Personen sind bestrebt einen Stufenabstand zur nächsten Person einzuhalten, was eine maximale Belegung der Treppenstufen ohne freie Zellen erlaubt. Die Personen fließen angelehnt an einem fluiden System von Zelle zu Zelle ohne Behinderung. Verzögerungen ergeben sich evtl. im Zu-/ und Abgangsbereich der Treppen.

Im Gestaffelten Modus „stair edge“ (Staggered) versuchen die Personen, einen Stufenabstand pro Person und Stufe für schmale Treppen (eine oder zwei Gassen breit) und mindestens einen Stufenabstand für breitere Treppen (zwei Gassen oder mehr) aufrechtzuerhalten. Die Personen springen nur auf Zellen, welche mindestens einen Abstand von einer Zelle zur nächten Person aufweist. Bilden sich Stauungen, haben die Personen das Bestreben diagonal freie Zellen zu belegen, welches zu Verzögerungen (Stau-Wellen) führt.

Vertraulicher Entwurf

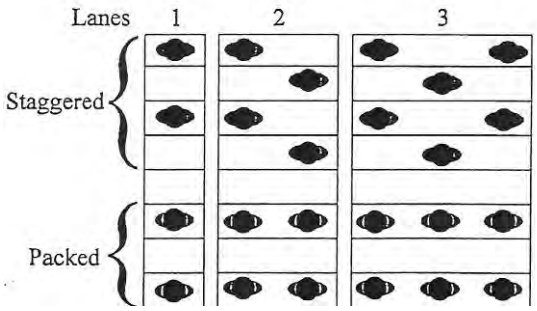


Bild 8.11: Treppennutzungsarten

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

Geschwindigkeit 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/Sek.)	aufwärts (m/Sek.)
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

Tabelle 18: Laufgeschwindigkeiten auf Treppen

Die beiden optionalen Modi „Stair edge" und „Stair packed" für die Bewegung auf Treppen, unterscheiden sich nicht in der Personendichte [P/m²]. Stair packed nutzt lediglich eine optimalen Bewegungsablauf, was zu einer verbesserten Durchflusskapazität führt.

Vertraulicher Entwurf

In den nachfolgend dargelegten Simulationen werden beide Modi untersucht.
Während für „normale“ Personenströme der „Stair edge“ Modus die Bewegungen realistisch wiedergibt (social distance), ist für Evakuierungssituationen der „Stair packed“ Modus realistisch, da hier das primäre Bestreben, den Gefahrenbereich schnell zu verlassen, dominiert und Distanz-Probleme zurücktreten.
Zur Beurteilung der Evakuierungszeiten ist es daher begründet, den Modus „Stair packed“ heranzuziehen.

8.2.2.7.5 Programmversion

Alle für dieses Gutachten erstellten Simulationen wurden mit der Software buildingEXODUS von der Fire Safety Engineering Group, University of Greenwich, in der Version V4.08i (Programmstand September 2011) berechnet.

8.2.2.7.6 Realitätsnähe, Modellierungseffekte

Verifizierung
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.

Vertraulicher Entwurf

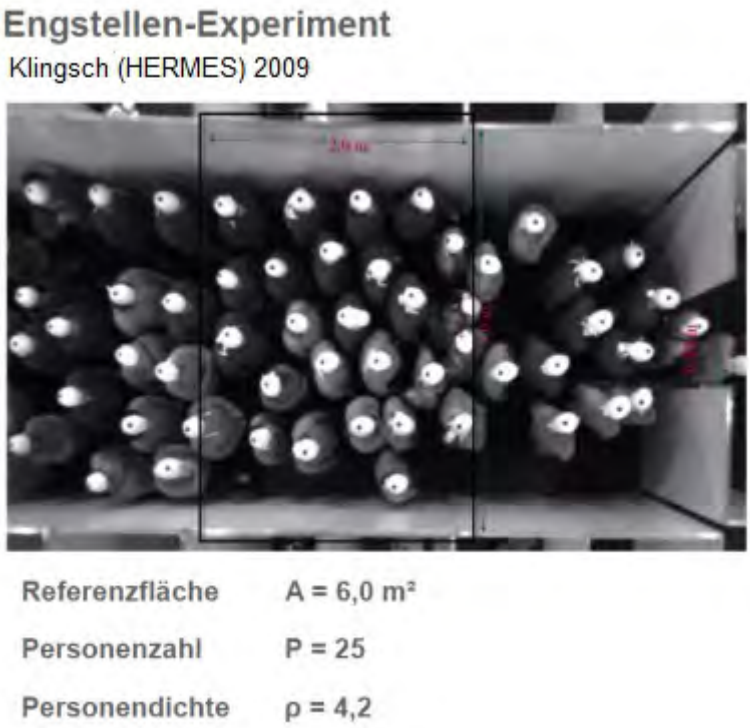


Bild 8.12: Realversuche zur Personenstromdynamik BMBF Projekt HERMES (Keip & Ries,2009)

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

Vertraulicher Entwurf

Geometrie – Modellierung

Die Diskretisierung der Grundfläche mit den definierten Nodes bedingt eine Begrenzung der Geometrie auf das Vielfache von 0,50 m. Dies führt zu einem Modellierungseffekt, dessen Auswirkungen auf der sicheren Seite lägen.

Bsp.: Ist-Durchgangsbreite einer Tür b = 2,40 m.

Die Modellierung erlaubt 4 Nodes und führt dort zu einer simulierten Türbreite von b = 4 x 0,50 = 2,00 m.

Die Durchflusskapazität ergibt sich damit geringer als in der Realität. Die Simulationen liegen auf der sicheren Seite, in der Realität ist mit einer schnelleren Evakuierung zu rechnen.

Personendichten

Infolge der Node-Definition ergibt sich eine maximale Personendichte von 4 P/m² in der Simulation. In der Realität können höhere Personendichten auftreten, z. B. in Staubereichen vor Ausgängen.

Die Relation zwischen Dichte und Durchlasskapazität wird mit dem sogen. Fundamentaldiagram beschrieben. Bild 8.14 zeigt diese Relation nach Predtetschenski – Millinski, J_s ist der Durchlass, ρ ist die Personendichte. Es ist ersichtlich, dass mit ϱ = 4 der maximale Durchfluss noch nicht erreicht ist. Dieser wird erst mit ca. 6 P/m² erreicht und liegt dann um ca. 1/3 höher. Die Simulationen liegen damit auf der sicheren Seite, in der Realität ist mit einer schnelleren Evakuierung zu rechnen.

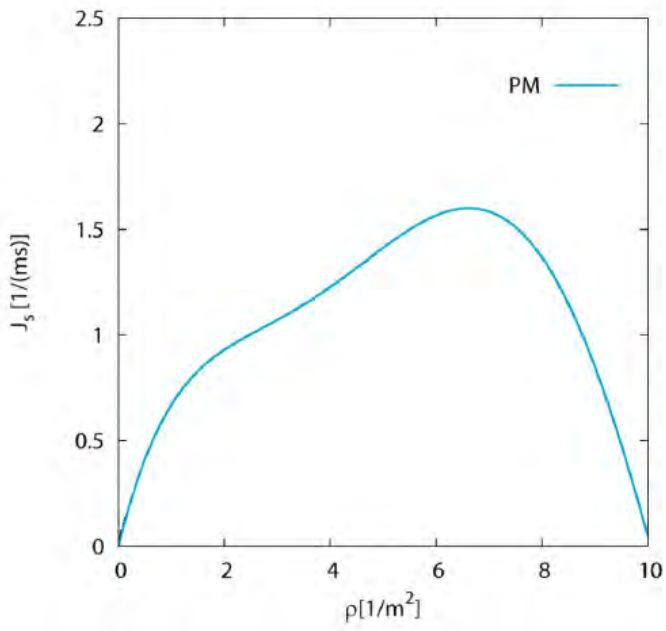


Bild 8.14: Relation nach P-M

Vertraulicher Entwurf

Demografische, statistische und probabilistische Einflüsse

Die Gesamtheit der in der uPva für die Evakuierung zu berücksichtigenden Personen werden bezüglich der individuellen Eigenschaften (vergl. Kap. 8.2.2.7.3) mittels eines programinternen Zufallsgenerators definiert, die Verteilung bezüglich Alter und Geschlecht berücksichtigt die Erkenntnisse des statistischen Bundesamtes. Die Simulationsergebnisse dürfen daher als repräsentativ angesehen werden.

Mittels Zufallsgenerator wird auch die Ausgangsposition aller Personen festgelegt. Insofern bezieht sich das jeweilige Simulationsergebnis auf eine spezielle Ausgangssituation, bei geänderten Parametern ergibt sich ein anderes Ergebnis. Um die Aussagen zur Evakuierungsqualität abzusichern, werden daher stets mehrere Simulationen für jedes Szenario durchgeführt. Bei den nachfolgend präsentierten Ergebnisse handelt es sich um den Mittelwert von n = 10 Simulation für jedes Szenario.

8.2.2.7.7 Mobilitätseingeschränkte Personen

Mobilitätseingeschränkte Personen werden bei der Beurteilung der Evakuierungsabläufe wie folgt berücksichtigt:

- Leicht mobilitätseingeschränkten Personen, die eigenständig geh fähig sind:
  Hierzu gehören z. B. Mütter mit Kleinkindern, Reisende mit sperrigem Gepäck, Schwangere, Personen mit Gehhilfe, sehr alte Personen.
  Diese Personengruppe ist mit der normalen Simulation abgedeckt über die Zuordnung der entsprechenden Parameter (Agilität, Beweglichkeit, Laufgeschwindigkeit, Durchsetzungsvermögen, Reaktionszeit).
  Zusätzlich ist von einer Unterstützung dieser Personen durch DB-Personal und Mitreisende auszugehen (s.a. Nachfolgende Hinweise).
- Stark mobilitätseingeschränkten Personen:
  Für diese Personengruppe, zu dieser gehören z.B. Rollstuhlfahrer, wurde ein gesonderter Nachweis geführt, da diese Personen sich nicht mit dem normalen Personenstrom bewegen.
  Rollstuhlfahrer werden von eigenen Begleitpersonen unterstützt oder können einen Mobilitätsservice der Bahn in Anspruch nehmen. Zudem wird der Ein- und Ausstieg durch das Servicepersonal und das Zugbegleitpersonal mittels technischer Hilfen ermöglicht.
  Nach DB-Erhebungen zu den Nutzerzahlen ist auf der sicheren Seite liegend auf Basis dieser Nutzungszahlerhebung von maximal 2-3 Rollstuhlfahrern pro Bahnsteig für den Evakuierungsfall auszugehen.
  Die Selbstrettung dieser Personen wird über den Weiterbetrieb der Aufzüge ermöglicht.

Vertraulicher Entwurf

Für die Aufzug-Evakuierung stehen je Bahnsteig drei Aufzüge zur Verfügung. Mittels Sonderschaltung sind diese auch im Brandfall dann nutzbar, wenn der Einzugsbereich des Aufzuges nicht durch Brand oder Rauch gefährdet ist (autarke RM-Überwachung, dynamische Rettungwegsignalisierung). Die Lage der Aufzüge gewährleistet, dass bei jedem Brandszenario während der erforderlichen Evakuierungszeit mindestens ein Aufzug sicher nutzbar ist. Eine Kapazitätsabschätzung für diese Aufzugsnutzung ergab folgende Werte:

Evakuierung erheblich mobilitätseingeschränkter Personen
Aufzugnutzung: Kapazitätsabschätzung

A-Kabine	=	3,8 m²	
v-Kabine	=	1,0 m/sec	t_{Fahrt}=1,5 x 12 = 18“
H	≤	12,0 m	
Beladung:		10 P / 7 P + 1 R / 3 P + 2 R	
		(1 R = 1 Rollstuhl + 1 Begleitperson (1 P))	
		Be- und Entladung: t = 85“	
Zykluszeit:		t = 85 + 18 + 85 + 18	
		t = 206“ ≈ 3,5‘	
Verfügbarkeit:		t = 11‘ (worst case)	
Kapazität:		N = 3 Fahrten (Minimum) 30 P / 6 R + 9 P / 3 R + 21 P je Aufzug	

Bild 8.15: Aufzugsnutzung / Kapazitätsabschätzung

Die aufzugsspezifischen Daten entsprechen der aktuellen Planung.
Die Abschätzung zeigt, dass selbst für den worst case Fall der zeitlichen Aufzugs-Verfügbarkeit eine sichere Evakuierung auch stark mobilitätseingeschränkter Personen gewährleistet ist.

8.2.2.8 Ergebnisse der Hauptszenarien Nr. I – Nr. VIII

Evakuierungssimulation ohne Brand

Hauptszenarien-Referenzzeiten [min]									
Brandort 0	**Evakuierung / Szenario**	**Abgang S - Bahn**	**Steg A**	**Flucht-treppen 6.1 / 6.2**	**Steg B**	**Fluchttreppen 10 / 11**	**Steg C**	**Gesamt Evaku-ierungszeit**	**Treppen Modus**
Ohne	**Nr. I (Sim N00)** Erforderliche max. Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene – (Stegebene / Freie) (EXODUS)	5 (--/8,5*)	6 (7,5*/9)	7,5* (--/9)	8 (9,5*/10,5)	4 (--/6,5*)	11 (12,5*/14)	14 Minuten****	Stair Edge**
Ohne	**Nr. Ia (Sim N00a)** Erforderliche max. Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene – (Stegebene / Freie) (EXODUS)	4 (--/6,5*)	5,5* (6/8)	5 (--/6,5*)	6 (7,5*/8)	3 (--/5)	7 (8,5*/11)	11 Minuten****	Stair packed***

Tabelle 19: Hauptszenarien Nr. I / Ia: Referenzsimulation

* Evakuierungszeiten Sekundengenau gerundet (← 1s – 20s, ↕ 21s – 39s, → 40s – 60s)

**„ Stair Edge“ = gestaffelte Personen, die Personen auf einer Treppe befinden sich schräg voneinander versetzt auf jeder Stufe (vgl. 8.2.2.7.4).
*** „Stair packed“ = gepackte Personen, die Personen auf einer Treppe befinden sich nebeneinander auf einer Stufe und lassen eine Stufe frei bis zur nächsten belegten Stufe vgl. 8.2.2.7.4).
****siehe auch Kapitel 8.2.2.9

Vertraulicher Entwurf

Brandort 0	Evakuierung / Szenario	Abgang Bahnsteige zur S - Bahn	Steg A	Steg A	Flucht-treppen 6.1 / 6.2	Steg B	Steg B	Flucht-treppen 10 / 11	Steg C
	Ausgang		Bonatzbau Mittelhalle	Athener Str E0 [1] Kurt-Georg-Kiesinger Platz [2]		Am Turm	Schlossgarten / Europaplatz		Staatsgalerie
Ohne	**Nr. I (Sim N00)** Personenanzahl** pro Ausgang (t = Freie [min]) EXODUS **„stair edge“**	Gesamt : 2.221** (8,5)*** davon *1.102* (8,5*) S-Bahn, *1.119* (8,5*) Athener Str.	1.060 (9)	1.276 [1] (7) 202 [2] (4)	2.213 (9)	2.283 (10)	2.306 (10,5)	1.919 (6,5*)	2.685 (14)
Ohne	**Nr. Ia (Sim N00a)** Personenanzahl** pro Ausgang (t = Freie [min]) EXODUS **„stair packed“**	Gesamt : 2.109** (6,5)*** davon 1.032 (6) S-Bahn, 1.077 (6,5*) Athener Str.	1.091 (8)	1.317 [1] (7,5*) 202 [2] (3)	2.220 (6,5*)	2.204 (8)	2.222 (8)	2.113 (5)	2.686 (11)

Tabelle 20: Hauptszenarien Nr. I / Ia: Personenverteilung

* Evakuierungszeiten Sekundengenau gerundet (← 1s – 20s, ↕ 21s – 39s, → 40s – 60s)

**Die gemittelten Personenzahlen pro Ausgang beziehen sich auf die Simulationsreihen im „stair packed“, bzw. „stair packed“ Modus.

***Evakuierungszeit pro Ausgang, an dem die letzte Person den Ausgang verlassen hat, in Minuten.

Vertraulicher Entwurf

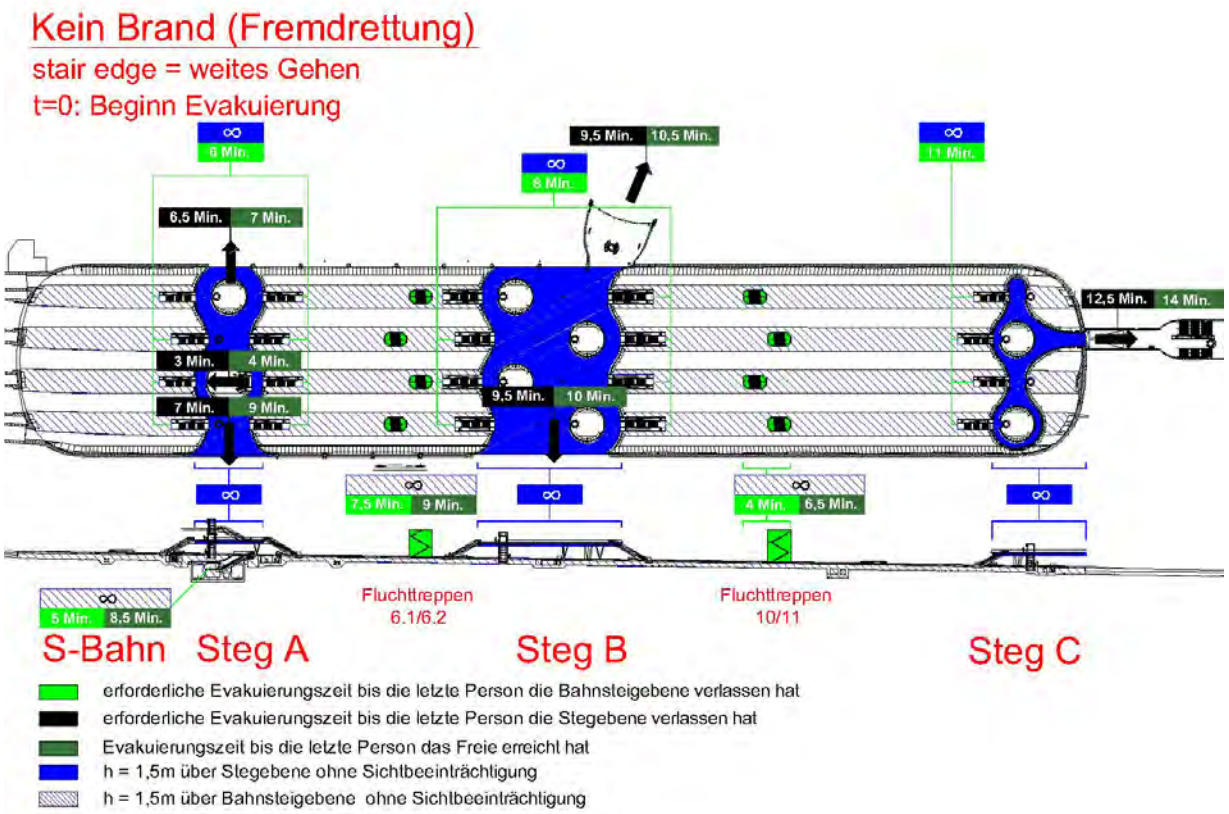


Bild 8.16: Szenario ohne Brand (Fremdrettung –Brand 0) „Stair edge“

Vertraulicher Entwurf

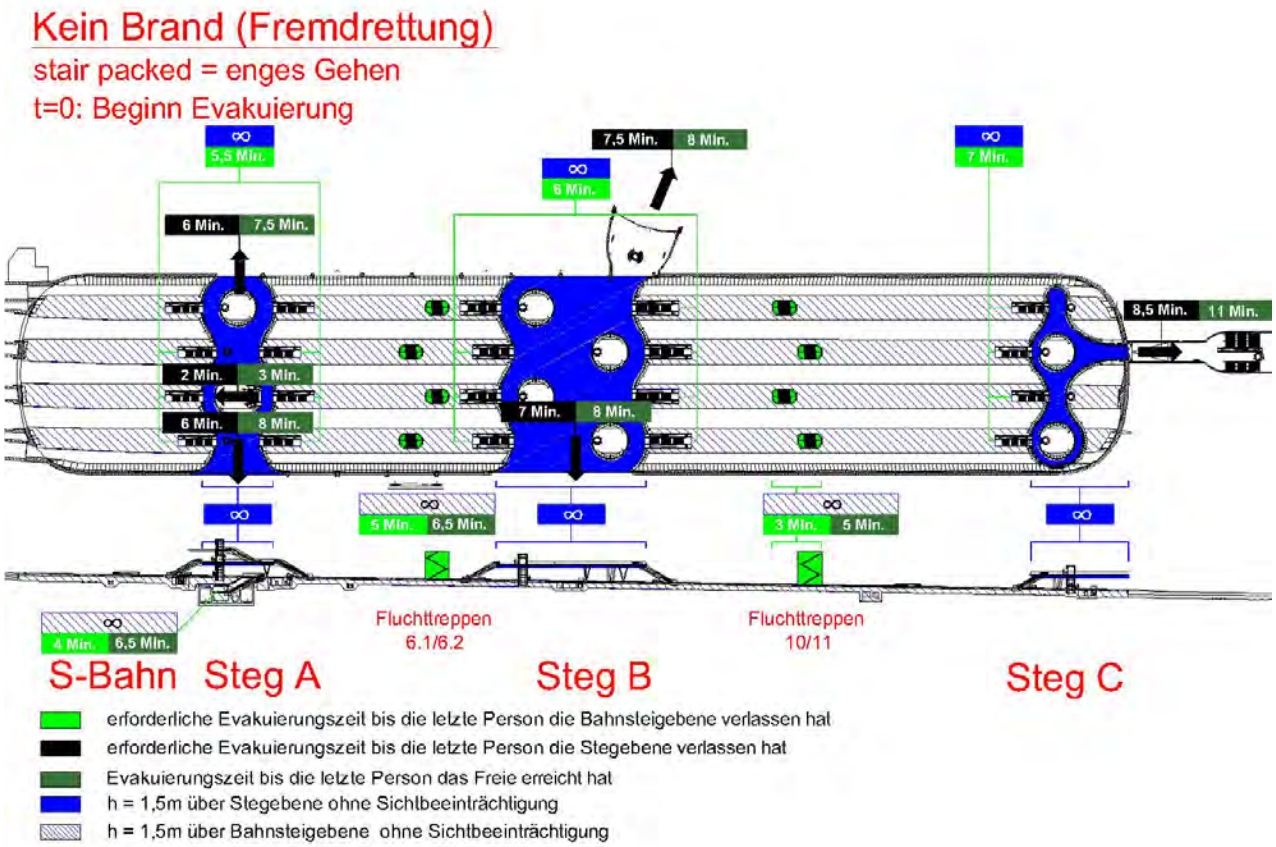


Bild 8.17: Szenario ohne Brand (Fremdrettung –Brand 0) „Stair packed“

Vertraulicher Entwurf

Bild 8.18 stellt die Zugänglichkeiten der Feuerwehr nach Abschluss der Selbstrettungsphase bei Komplettevakuierung ohne Brand dar.

Personenbelegung:
16.164 P

Gesamt Evakuierungszeit:
14 Minuten ab Alarmierung

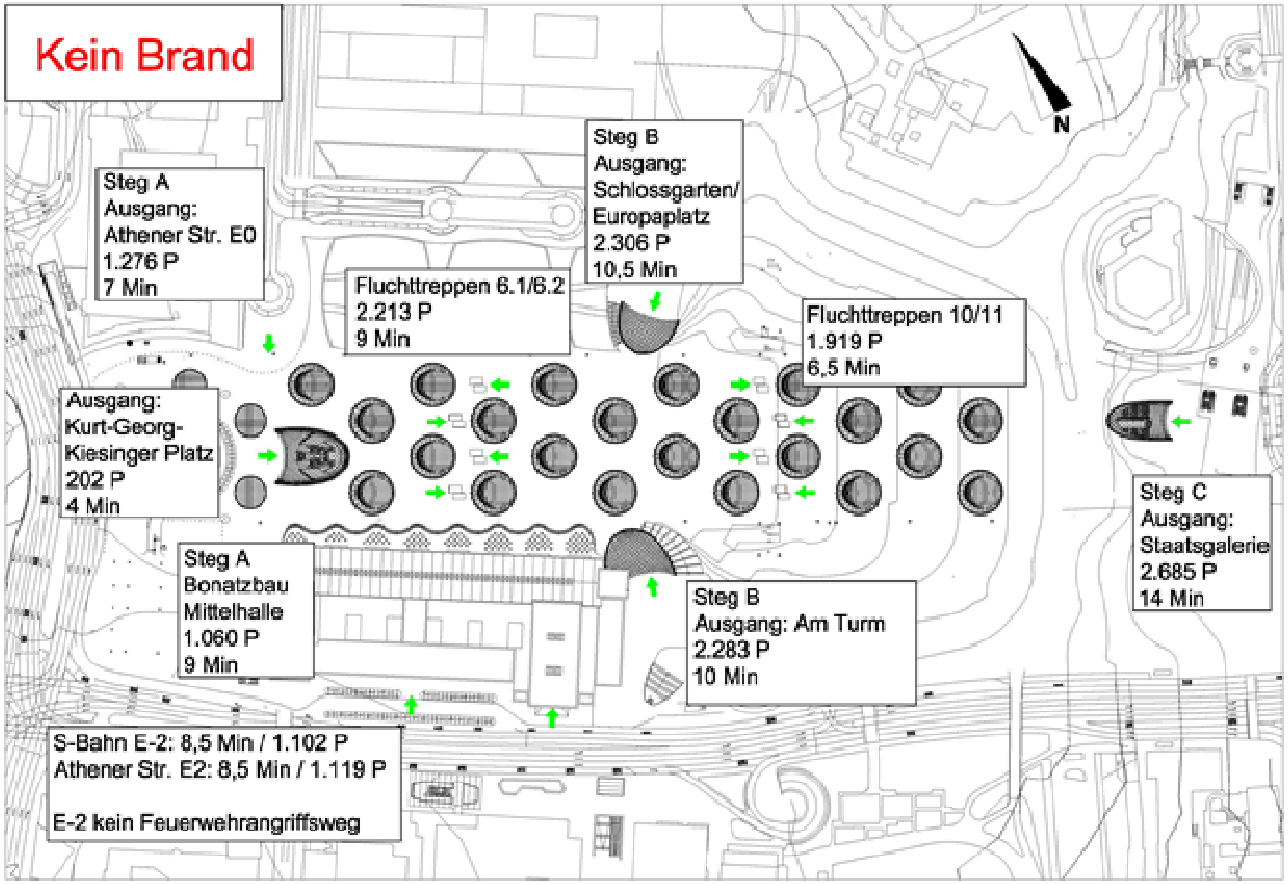


Bild 8.18: Fremdrettung Feuerwehrzugang ohne Brand 0 (Simulationsmodus „Stair edge“)

Vertraulicher Entwurf

Evakuierungssimulationen Brandort zwischen Steg A und der Brillwand Nord

Hauptszenarien: Brand zwischen Steg A und Tunnel (Brillenwand Nord) [min]									
Brandort 1	**Evakuierung Szenario**	**Abgang S - Bahn**	**Steg A**	**Flucht-treppen 6.1 / 6.2**	**Steg B**	**Flucht-treppen 10 / 11**	**Steg C**	**Gesamt Evaku-ierungszeit**	**Treppen Modus**
Position: Brand zwischen Steg A und Tunnel (Brillenwand Nord)	**Nr. II (Sim N03)** Erforderliche max. Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene - (Stegebene / Freie) (EXODUS)	Gesperrt**	Gesperrt**	15 (--/18)	8 (10/10,5*)	4,5 (--/6,5*)	11 (12,5*/14)	18 Minuten***	Stair Edge
	Nr. III (Sim N03a) Erforderliche max. Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene - (Stegebene / Freie) (EXODUS)	Gesperrt**	Gesperrt**	10,5 (--/12,5*)	6,5* (7,5*/8)	3 (--/5)	7 (8,5*/11)	12,5 Minuten***	Stair Packed

Tabelle 21: Hauptszenarien Nr. II / III:Brand zwischen Steg A und Tunnel (Brillenwand Nord)

* Evakuierungszeiten Sekundengenau gerundet (← 1s – 20s, ↕ 21s – 39s, → 40s – 60s)

**„Gesperrt“ = Treppen wegen Brandeinwirkung (Rauch) nicht nutzbar Brand zw. Steg A und Tunnel (Selbstrettung – Brand 1) „Stair edge“

***siehe auch Kapitel 8.2.2.9

Vertraulicher Entwurf

Brandort 1	Evakuierung / Szenario	Abgang Bahnsteige zur S - Bahn	Steg A	Steg A	Fluchttreppen 6.1 / 6.2	Steg B	Steg B	Flucht-treppen 10 / 11	Steg C
	Ausgang		**Bonatzbau Mittelhalle**	**Athener Str E0 [1] Kurt-Georg-Kiesinger Platz [2]**		**Am Turm**	**Schlossgarten / Europaplatz**		**Staatsgalerie**
1	**Nr. II (Sim N03)** Personenanzahl* pro Ausgang (t = Freie [min]) EXODUS **„stair edge“**	9 (0)	10*** (0)	6 [1] (0) 0 [2] (0)	6.643* (18)**	2.293 (10)	2.337 (10,5)	2.181 (6,5)	2.685 (14)
1	**Nr. III (Sim N03a)** Personenanzahl* pro Ausgang (t = Freie [min]) EXODUS **„stair packed“**	9 (0)	4*** (0)	6 [1] (0) 0 [2] (0)	6.938* (12,5)**	2.183 (8)	2226 (8)	2.113 (5)	2.685 (11)

Tabelle 22: Hauptszenarien Nr. I1 / III – Personenverteilung

*Die gemittelten Personenzahlen pro Ausgang beziehen sich auf die Simulationsreihen im „stair packed“, bzw. „stair packed“ Modus.

**Evakuierungszeit pro Ausgang, an dem die letzte Person den Ausgang verlassen hat, in Minuten.

***Programmspezifisch falsch platzierte Personen (buildingExodus) auf gesperrte Treppen. Evakuierungszeit ins Freie nicht ausgewertet (t = 0 min).

Vertraulicher Entwurf

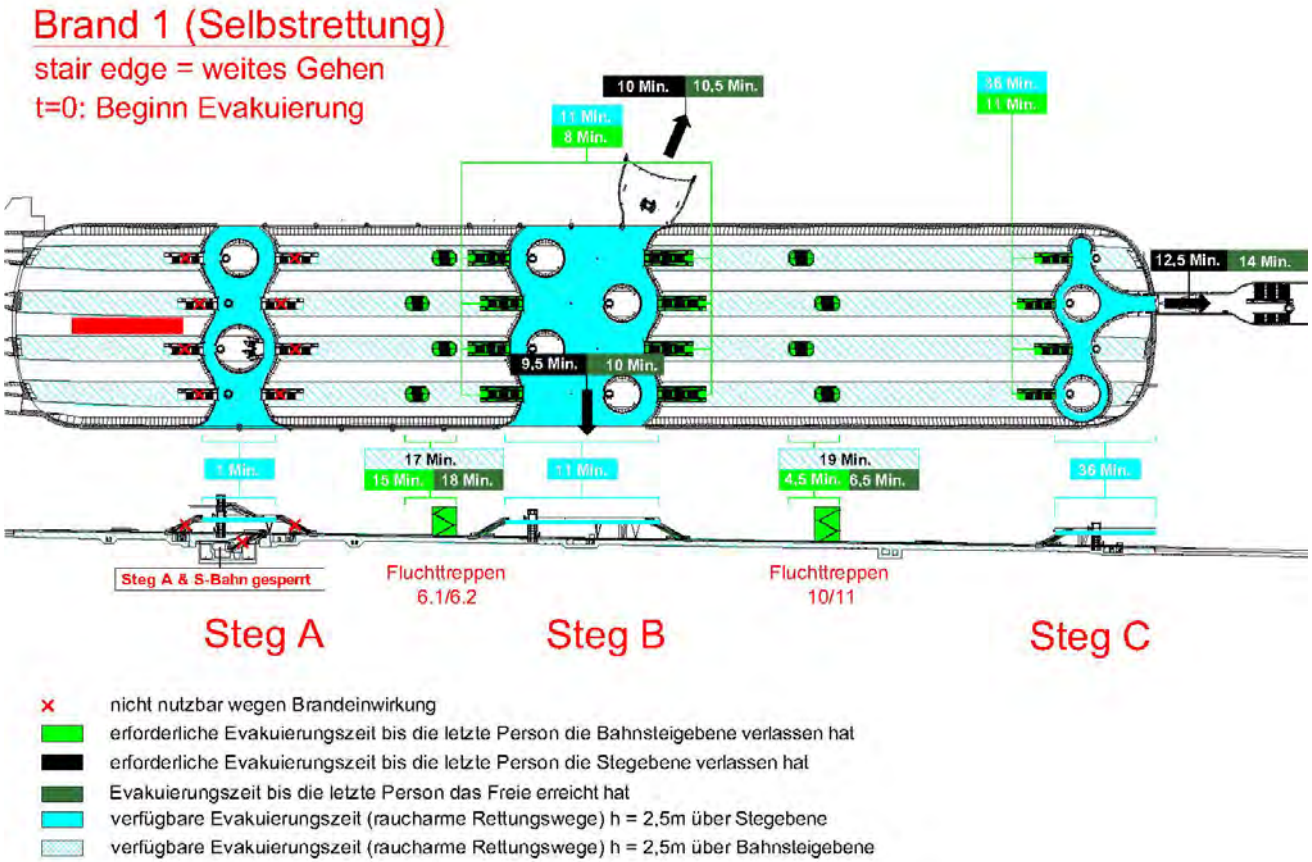


Bild 8.19: Brand zw. Steg A und Tunnel (Selbstrettung –Brand 1) „Stair edge“

Vertraulicher Entwurf

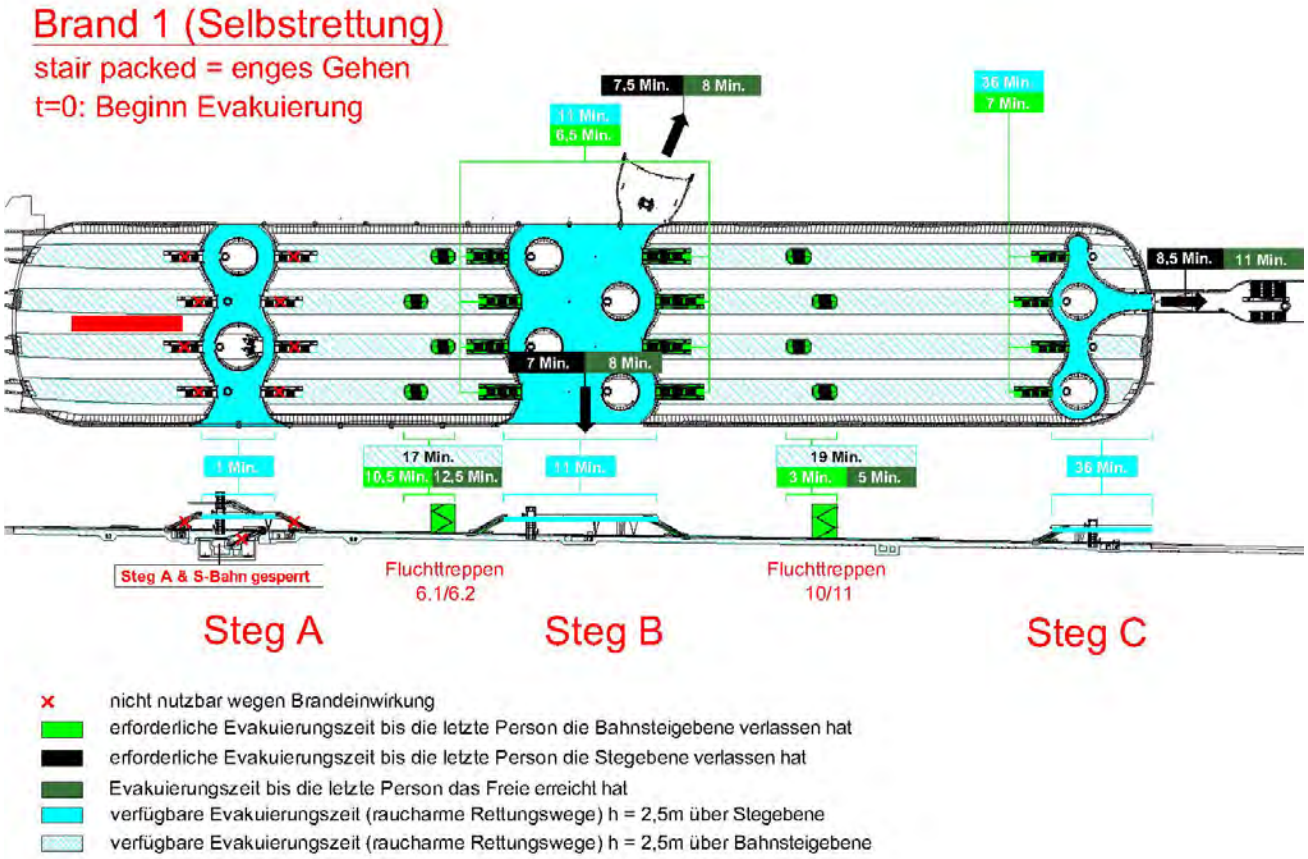


Bild 8.20: Brand zw. Steg A und Tunnel (Selbstrettung – Brand 1) „Stair packed“

Vertraulicher Entwurf

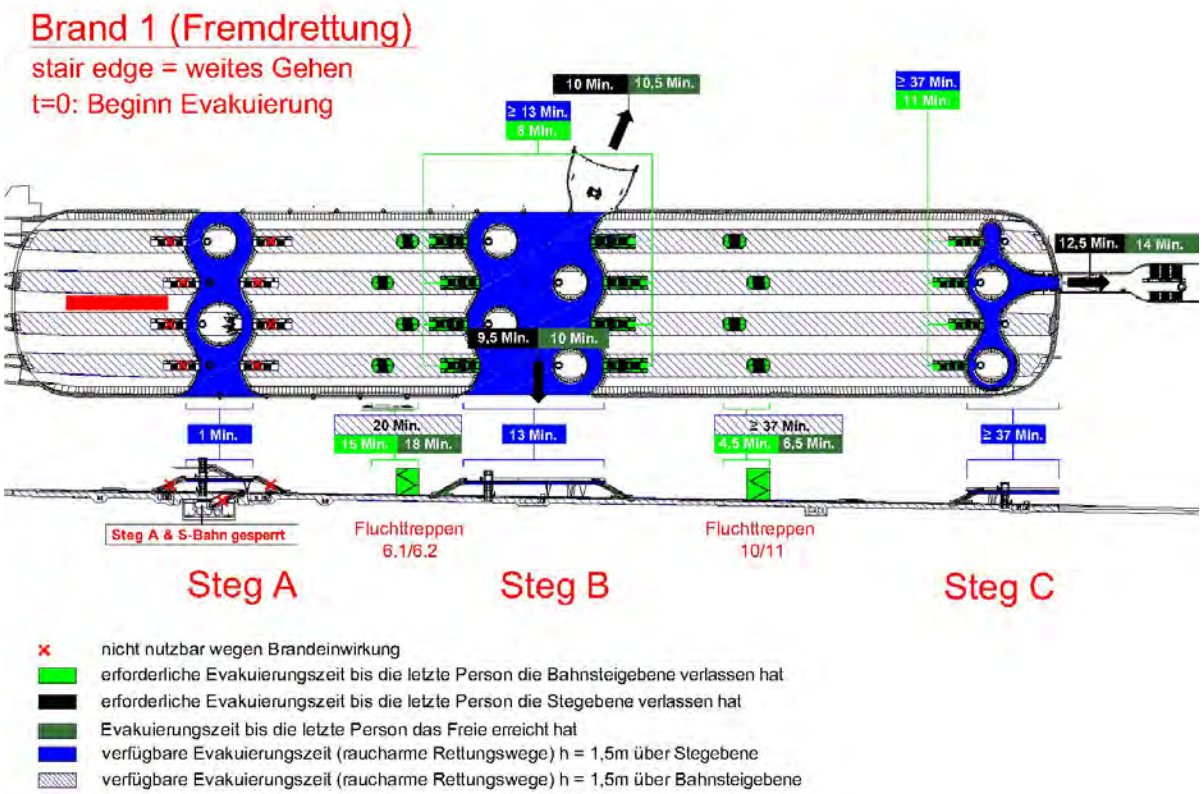


Bild 8.21: Brand zw. Steg A und Tunnel (Fremdrettung -Brand 1) "Stair edge"

Vertraulicher Entwurf

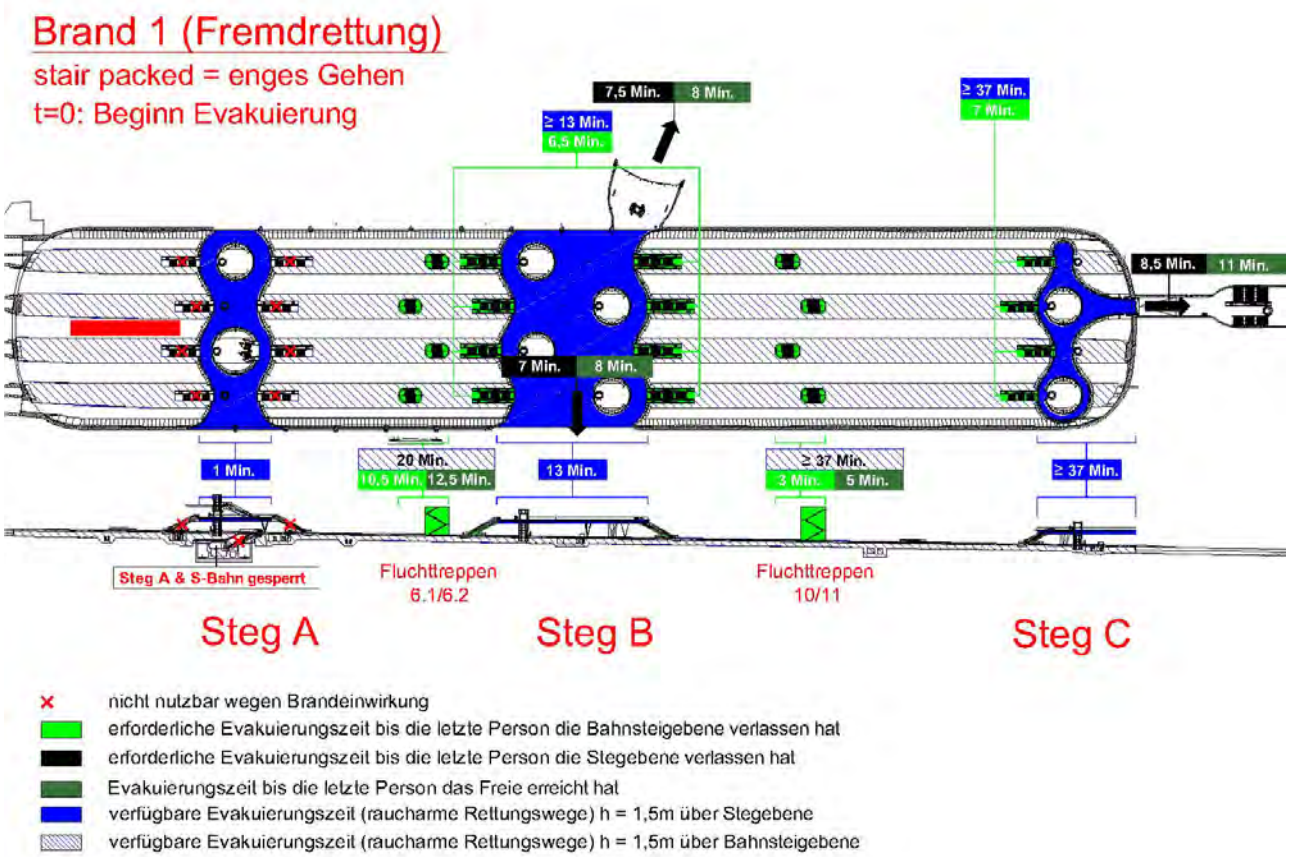


Bild 8.22: Brand zw. Steg A und Tunnel (Fremdrettung – Brand 1) „Stair packed“

Vertraulicher Entwurf

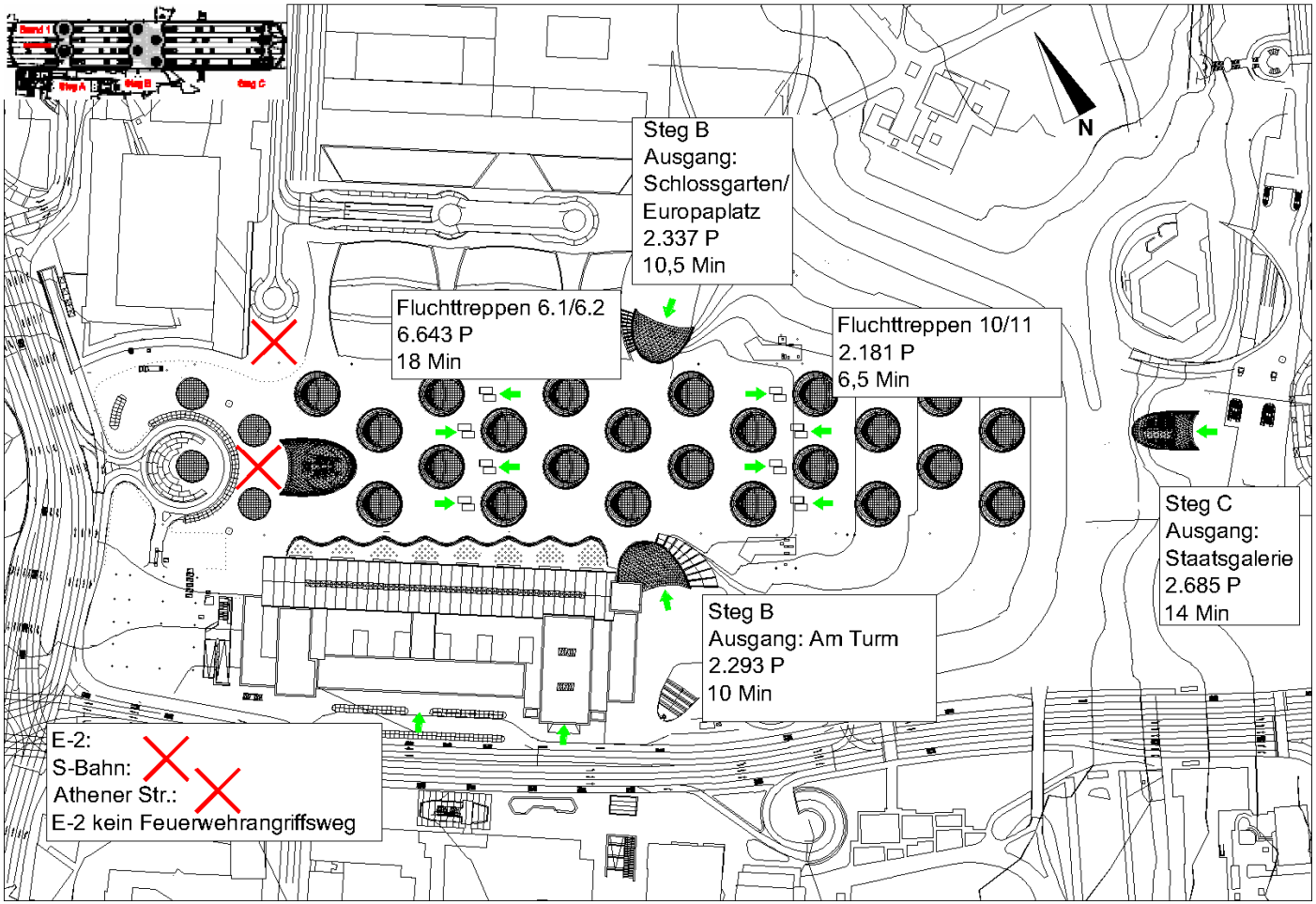


Bild 8.23: Fremdrettung Feuerwehrzugang Brandort 1 (Simulationsmodus „Stair edge“)

Vertraulicher Entwurf

Evakuierungssimulationen Brandort zwischen Steg A und Steg B

Hauptszenarien: Brand zwischen Steg A und Steg B [min.]									
Brandort 2	**Evakuierung Szenario**	**Abgang S - Bahn**	**Steg A**	**Flucht-treppen 6.1 / 6.2**	**Steg B**	**Flucht-treppen 10 / 11**	**Steg C**	**Gesamt Evaku-ierungszeit**	**Treppen Modus**
Position: Brand zwischen Steg A und B	**Nr. IV (Sim N04)** Erforderliche max. Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene - (Stegebene / Freie) (EXODUS)	8 (--/13)	Gesperrt**	Gesperrt**	Gesperrt**	18 (--/20,5*)	19 (20,5*/23)	23 Minuten***	Stair Edge
	Nr. V (Sim N04b) Erforderliche max. Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene - (Stegebene / Freie) (EXODUS)	7 (--/9)	Gesperrt**	Gesperrt**	Gesperrt**	12 (--/13,5*)	12 (13,5*/16)	16 Minuten***	Stair Packed

Tabelle 23: Hauptszenarien Nr. IV / V: Brand zwischen Steg A und Steg B

* Evakuierungszeiten Sekundengenau gerundet (← 1s – 20s, ↕ 21s – 39s, → 40s – 60s)
**„Gesperrt“ = Treppen wegen Brandeinwirkung (Rauch) nicht nutzbar
***siehe auch Kapitel 8.2.2.9

Vertraulicher Entwurf

Brandort 2	Evakuierung / Szenario Ausgang	Abgang Bahnsteige zur S - Bahn	Steg A Bonatzbau Mittelhalle	Steg A Athener Str E0 [1] Kurt-Georg-Kiesinger Platz [2]	Flucht-treppen 6.1 / 6.2	Steg B Am Turm	Steg B Schlossgarten / Europaplatz	Flucht-treppen 10 / 11	Steg C Staatsgalerie
2	**Nr. IV (Sim N04)** Personenanzahl * pro Ausgang (t = Freie [min]) EXODUS **„stair edge“**	Gesamt: 3.509 * (13)** davon 1.700 (11) S-Bahn, 1.809 (13) Athener Str.	7*** (0)	6 [1] (0) 0 [2] (0)	8 (0)	13 (0)	6 (0)	8.150 (20,5)	4.465 (23)
2	**Nr. V (Sim N04b)** Personenanzahl * pro Ausgang (t = Freie [min]) EXODUS **„stair packed“**	Gesamt : 3.567* (9)** davon 1.657 (8,5) S-Bahn, 1.9104(9) Athener Str.	7*** (0)	6 [1] (0) 0 [2] (0)	8 (0)	13 (0)	6 (0)	8.091 (13,5)	4.460 (16)

Tabelle 24: Hauptszenarien Nr. IV / V: Personenverteilung

*Die gemittelten Personenzahlen pro Ausgang beziehen sich auf die Simulationsreihen im „stair packed“, bzw. „stair packed“ Modus.

**Evakuierungszeit pro Ausgang, an dem die letzte Person den Ausgang verlassen hat, in Minuten.

***Programmspezifisch falsch platzierte Personen (buildingExodus) auf gesperrte Treppen. Evakuierungszeit ins Freie nicht ausgewertet (t = 0 min).

Vertraulicher Entwurf

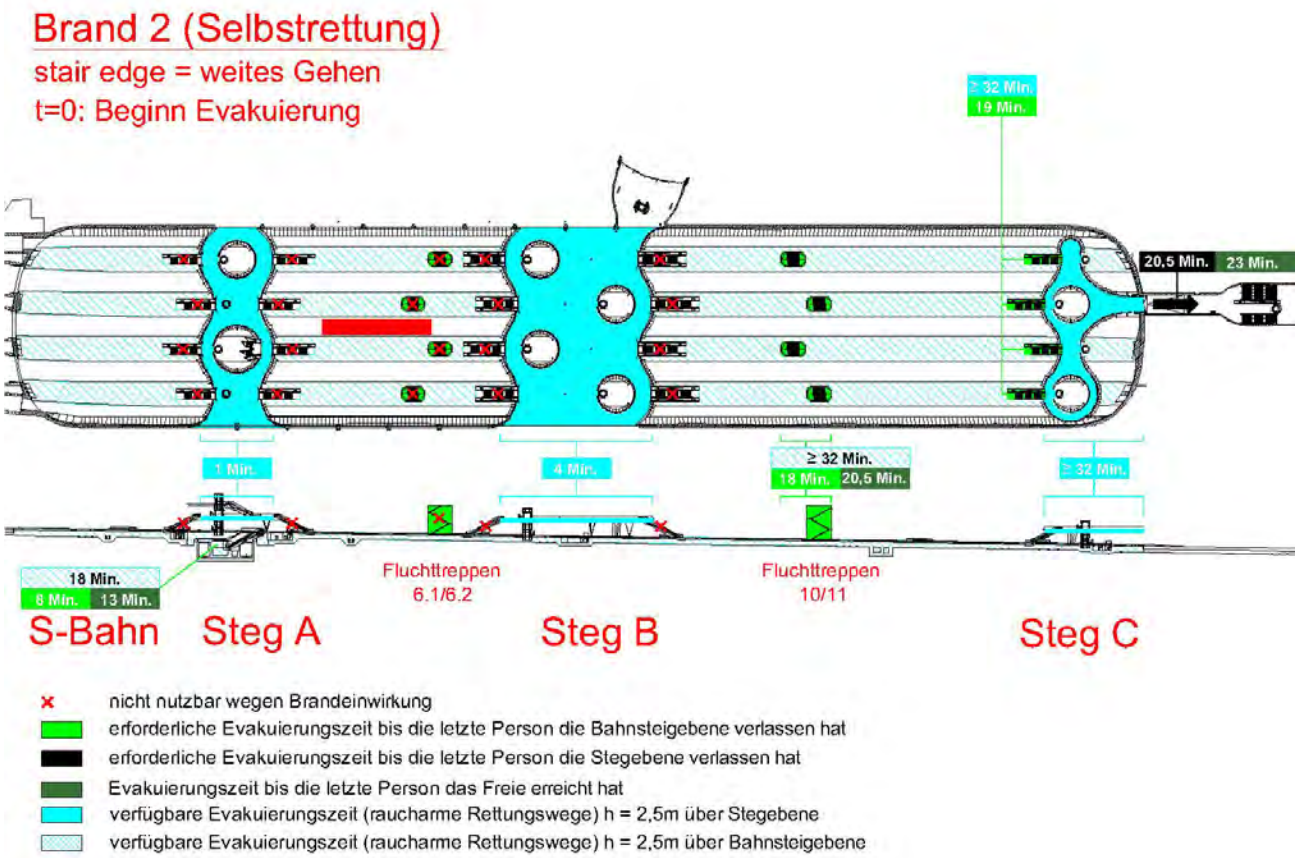


Bild 8.24: Brand zw. Steg A und Steg B (Selbstrettung – Brand 2) „Stair edge“

Vertraulicher Entwurf

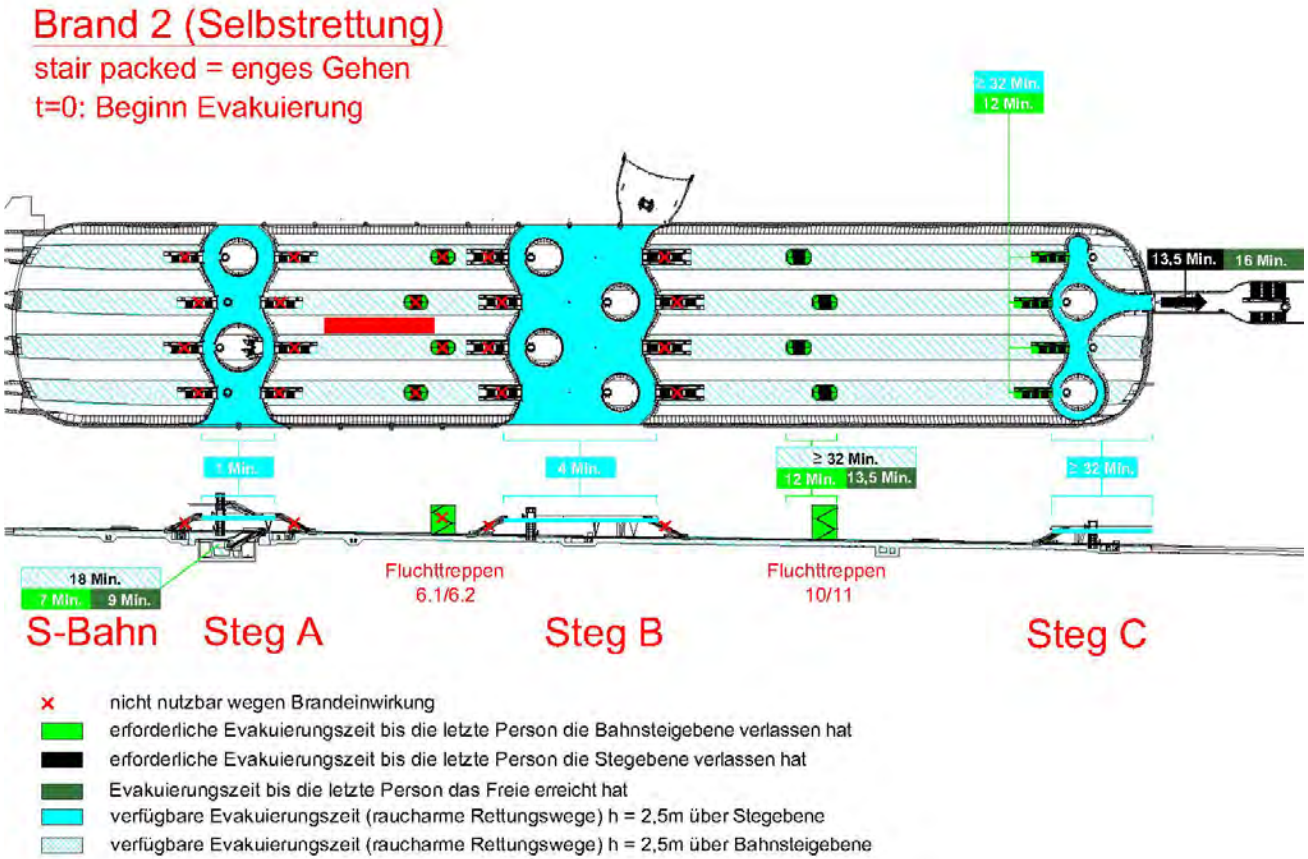


Bild 8.25: Brand zw. Steg A und Steg B (Selbstrettung – Brand 2) „Stair packed“

Vertraulicher Entwurf

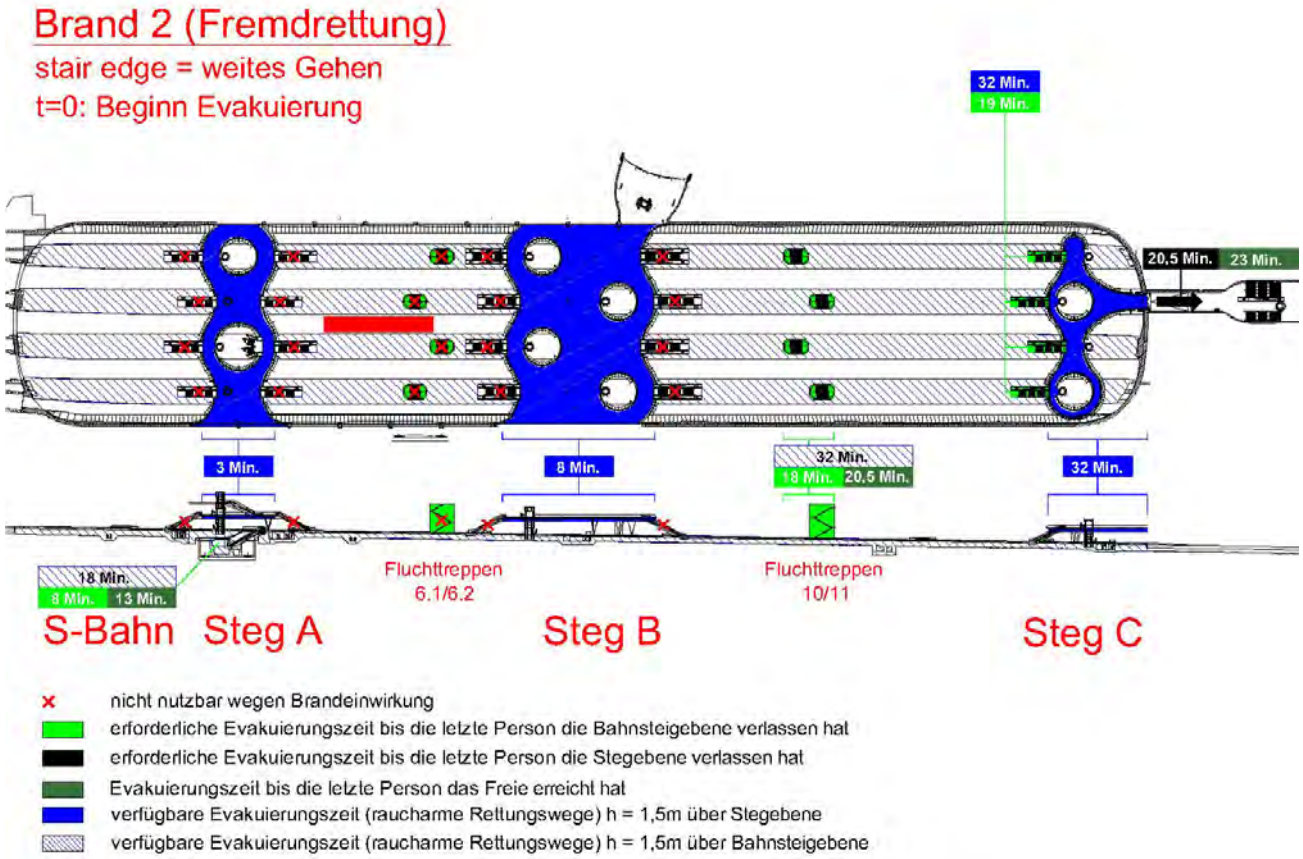


Bild 8.26: Brand zw. Steg A und Steg B (Fremdrettung – Brand 2) „Stair edge“

Vertraulicher Entwurf

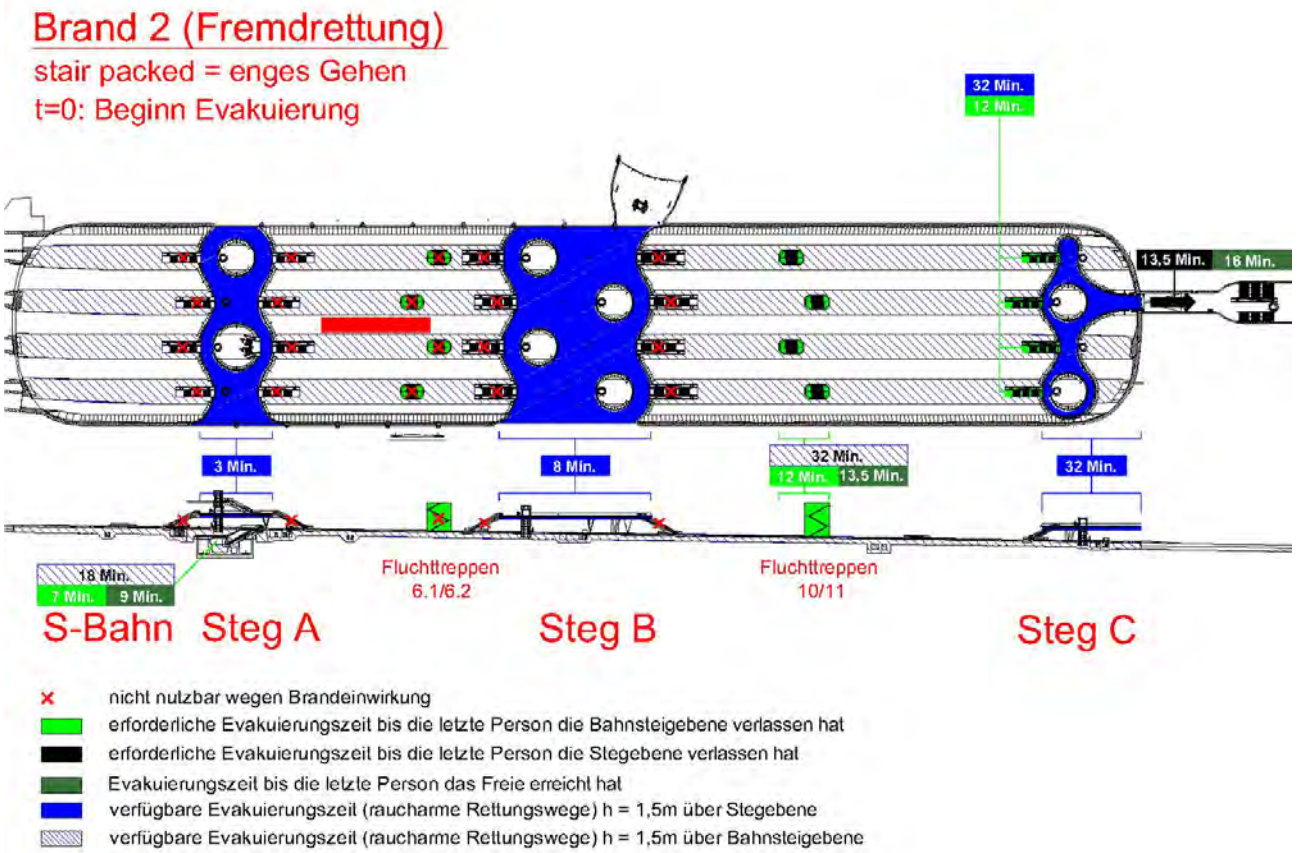


Bild 8.27: Brand zw. Steg A und Steg B (Fremdrettung – Brand 2) „Stair packed“

Vertraulicher Entwurf

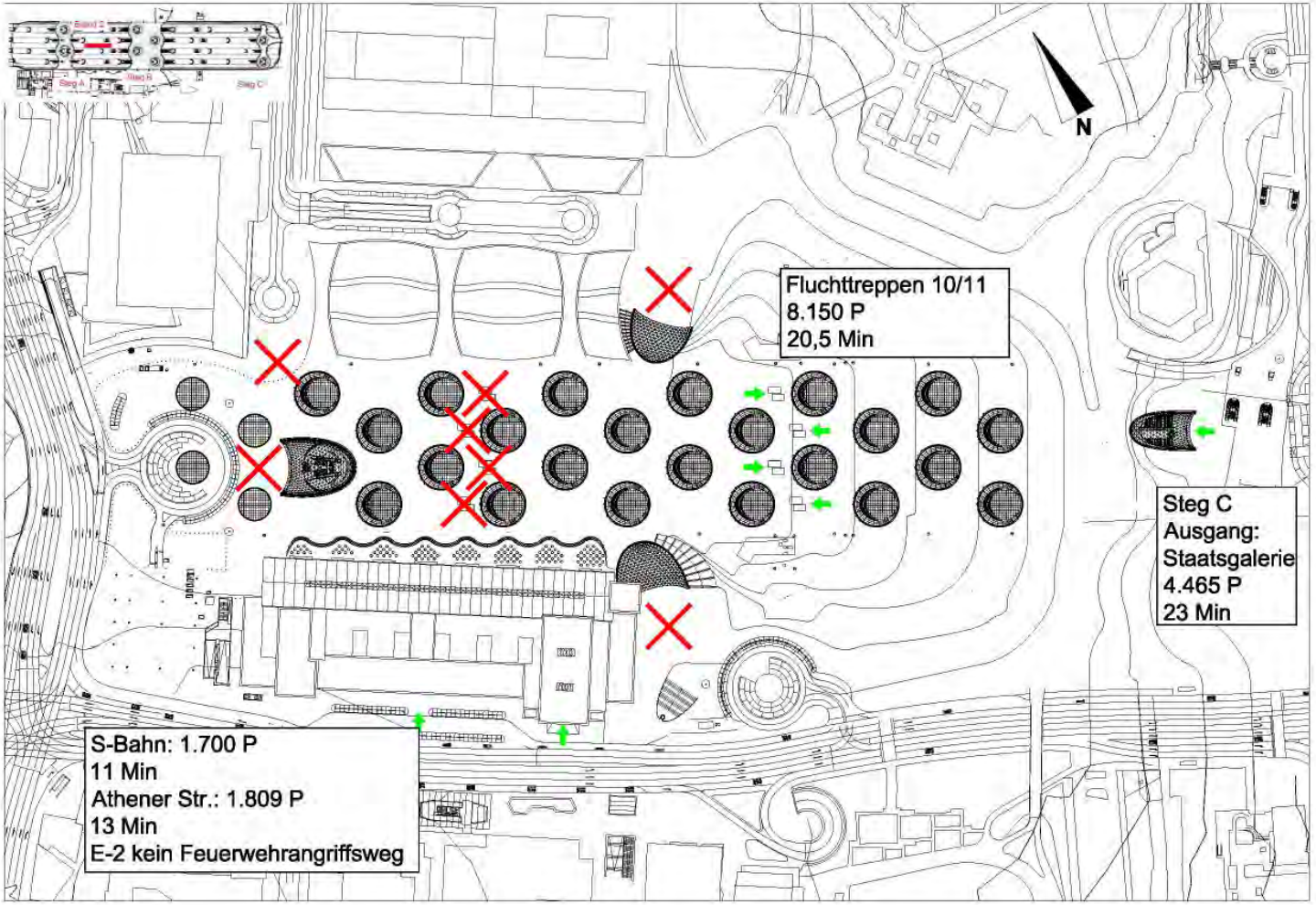


Bild 8.28: Fremdrettung Feuerwehrzugang Brandort 2 (Simulationsmodus „stair edge“)

Vertraulicher Entwurf

Evakuierungssimulationen Brandort unter Steg B

Hauptszenarien: Brand unter Steg B [min]									
Brandort 3	**Evakuierung / Szenario**	**Abgang S - Bahn**	**Steg A**	**Flucht-treppen 6.1 / 6.2**	**Steg B**	**Flucht-treppen 10 / 11**	**Steg C**	**Gesamt Evaku-ierungszeit**	**Treppen Modus**
Position: Brand unter Steg B	**Nr. VI (Sim N013)** Erforderliche max. Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene - (Stegebene / Freie) (EXODUS)	8 (--/12)	7 (8/10)	8 (--/10)	Gesperrt**	11 (--/13)	11 (12,5*/14)	14 Minuten***	Stair Edge
	Nr. VII (Sim N013a) Erforderliche max. Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene - (Stegebene / Freie) (EXODUS)	4,5 (--/7,5)	6 (6,5/8,5*)	6 (--/7,5*)	Gesperrt**	7 (--/9)	7 (8,5*/11)	11 Minuten***	Stair Packed

Tabelle 25: Hauptszenarien: Brand unter Steg B, Szenarien Nr. VI / VII - Personenverteilung

* Evakuierungszeiten Sekundengenau gerundet (← 1s – 20s, ↕ 21s – 39s, → 40s – 60s)
**„Gesperrt“ = wegen Brandeinwirkung (Rauch) nicht nutzbar
***siehe auch Kapitel 8.2.2.9

Vertraulicher Entwurf

Brandort 3	Evakuierung / Szenario Ausgang	Abgang Bahnsteige zur S - Bahn	Steg A Bonatzbau Mittelhalle	Steg A Athener Str E0 [1] Kurt-Georg-Kiesinger Platz [2]	Flucht-treppen 6.1 / 6.2	Steg B Am Turm	Steg B Schlossgarten / Europaplatz	Flucht-treppen 10 / 11	Steg C Staatsgalerie
3	**Nr. VI (Sim N013)** Personenanzahl* pro Ausgang (t = Freie [min]) EXODUS **„stair edge“**	Gesamt: 3.186* (12)** davon 1.536 (11) S-Bahn, 1.650 (12) Athener Str.	1.413 (10)	1.815 [1] (8,5) 413 [2] (6,5)	3.127 (10)	8 (0)	4*** (0)	3.503 (13)	2.686 (14)
3	**Nr. VII (Sim N013a)** Personenanzahl* pro Ausgang (t = Freie [min]) EXODUS **„stair packed“**	Gesamt : 2.620* (7,5)** davon 1.237 (6,5) S-Bahn, 1.383 (7,5) Athener Str.	1.574 (8,5)	1.948 [1] (8) 383 [2] (5,5)	2.672 (7,5)	8 (0)	4*** (0)	3.629 (9)	2.686 (11)

Tabelle 26: Hauptszenarien Nr. VI / VII: Personenverteilung

*Die gemittelten Personenzahlen pro Ausgang beziehen sich auf die Simulationsreihen im „stair packed“, bzw. „stair packed“ Modus.

**Evakuierungszeit pro Ausgang, an dem die letzte Person den Ausgang verlassen hat, in Minuten.

***Programmspezifisch falsch platzierte Personen (buildingExodus) auf gesperrte Treppen. Evakuierungszeit ins Freie nicht ausgewertet (t = 0 min).

Vertraulicher Entwurf

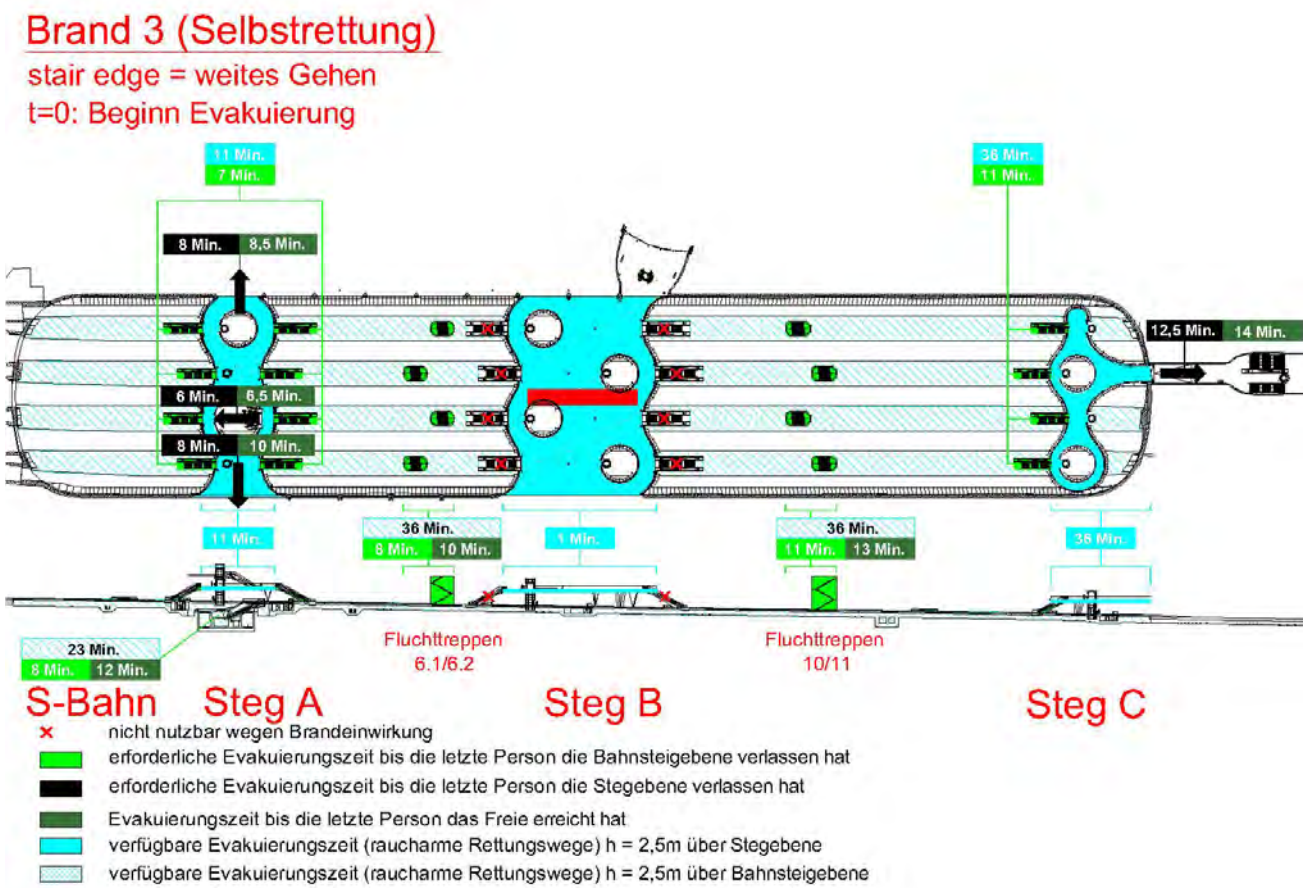


Bild 8.29: Brand unter Steg B (Selbstrettung – Brand 3) „Stair edge“

Vertraulicher Entwurf

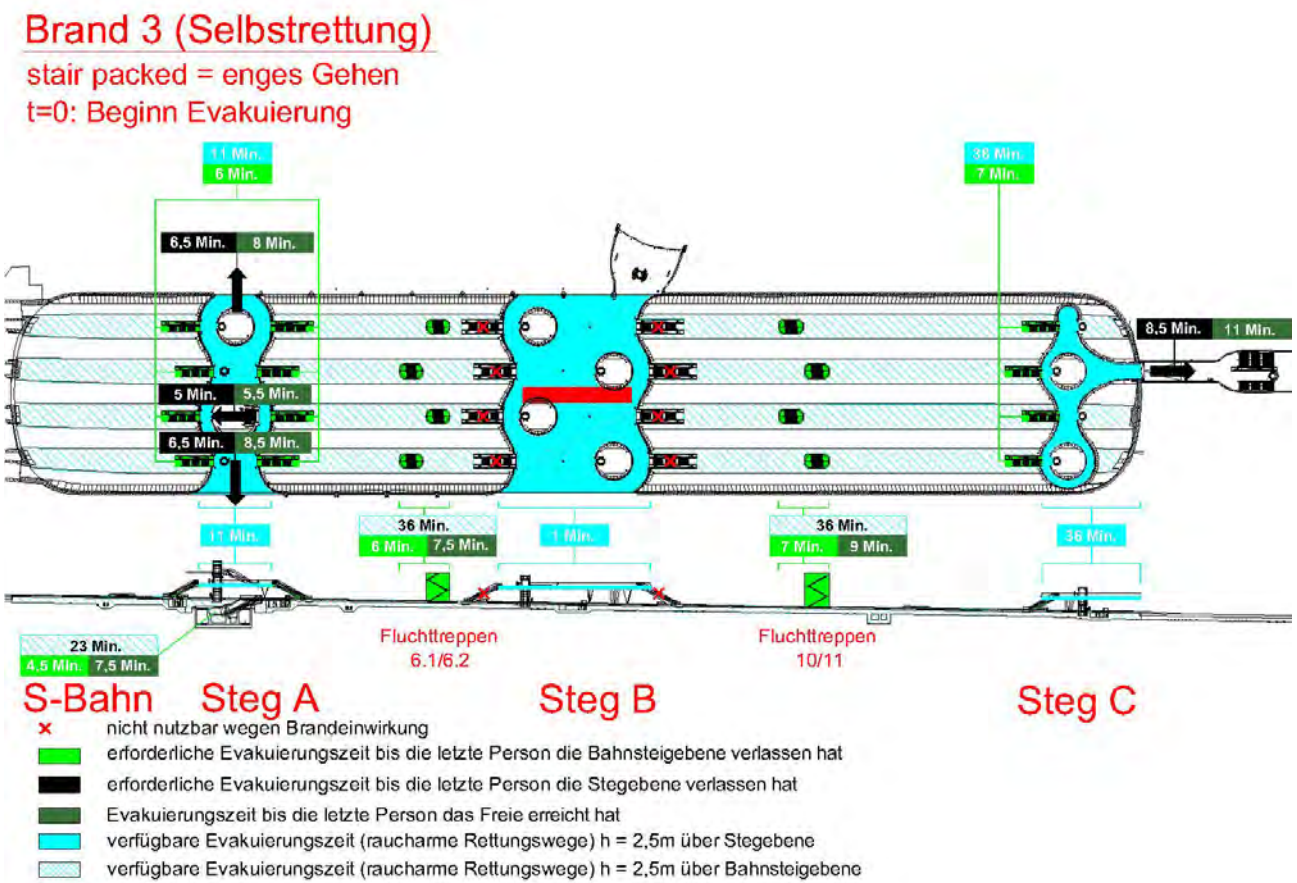


Bild 8.30: Brand unter Steg B (Selbstrettung – Brand 3) „Stair packed“

Vertraulicher Entwurf

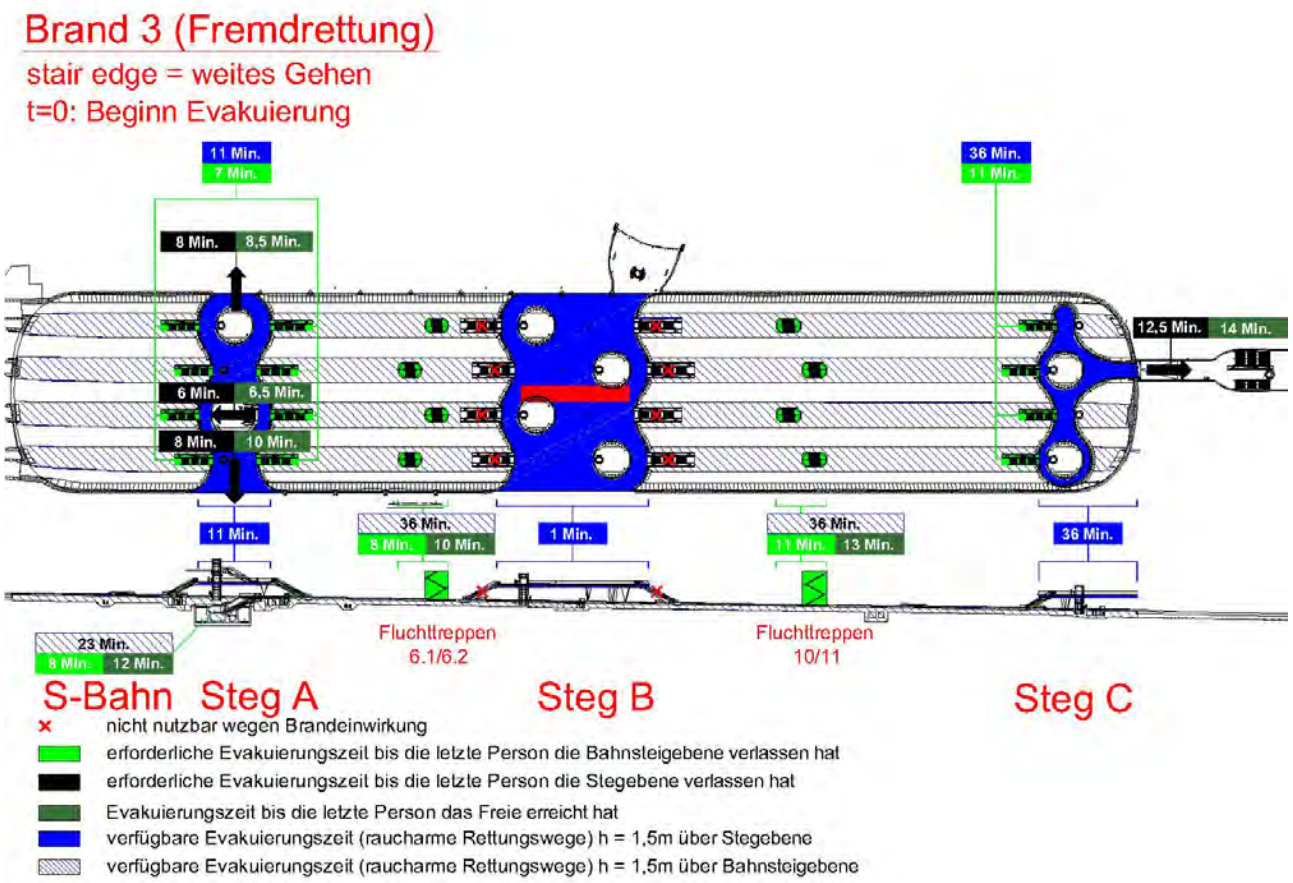


Bild 8.31: Brand unter Steg B (Fremdrettung – Brand 3) „Stair edge“

Vertraulicher Entwurf

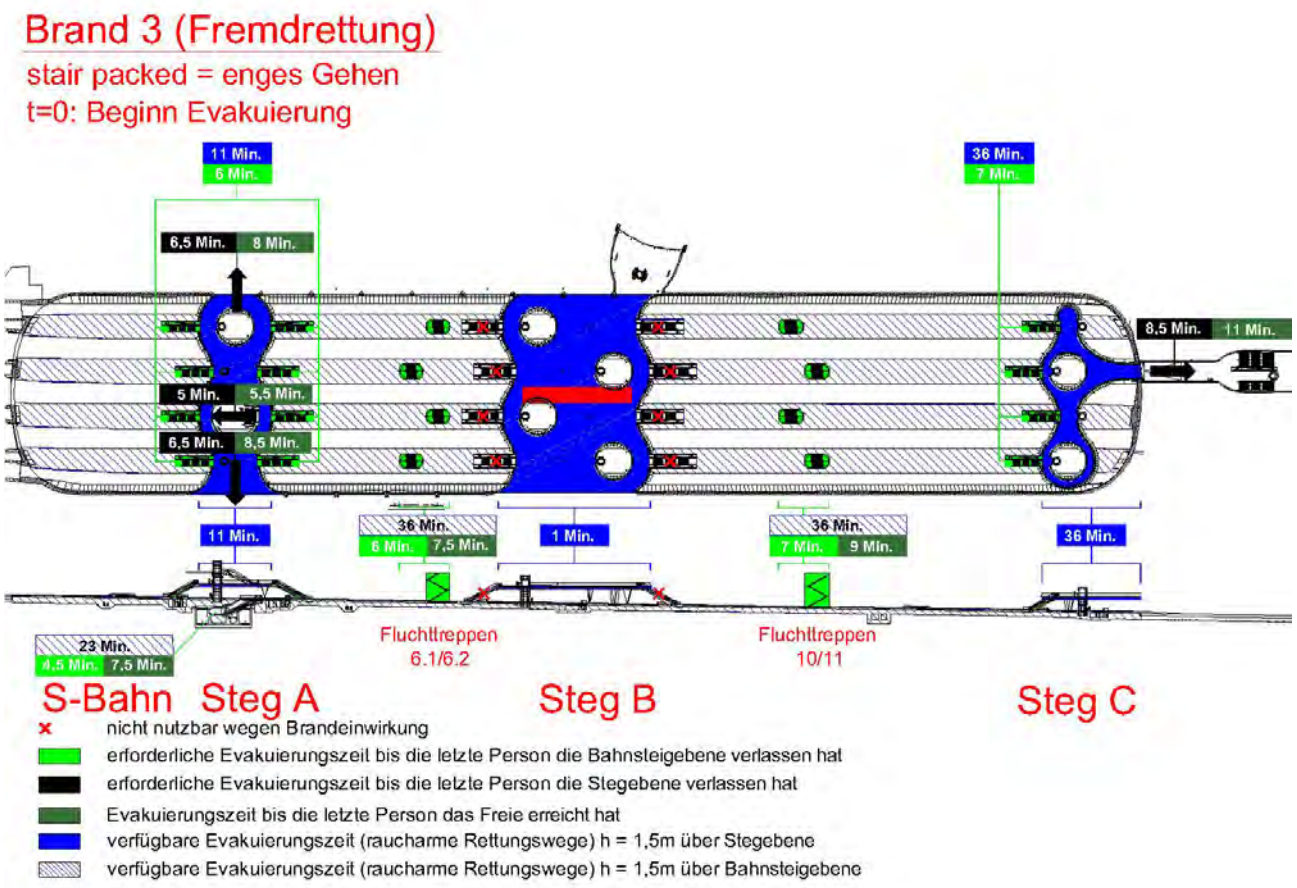


Bild 8.32: Brand unter Steg B (Fremdrettung – Brand 3) „Stair packed“

Vertraulicher Entwurf

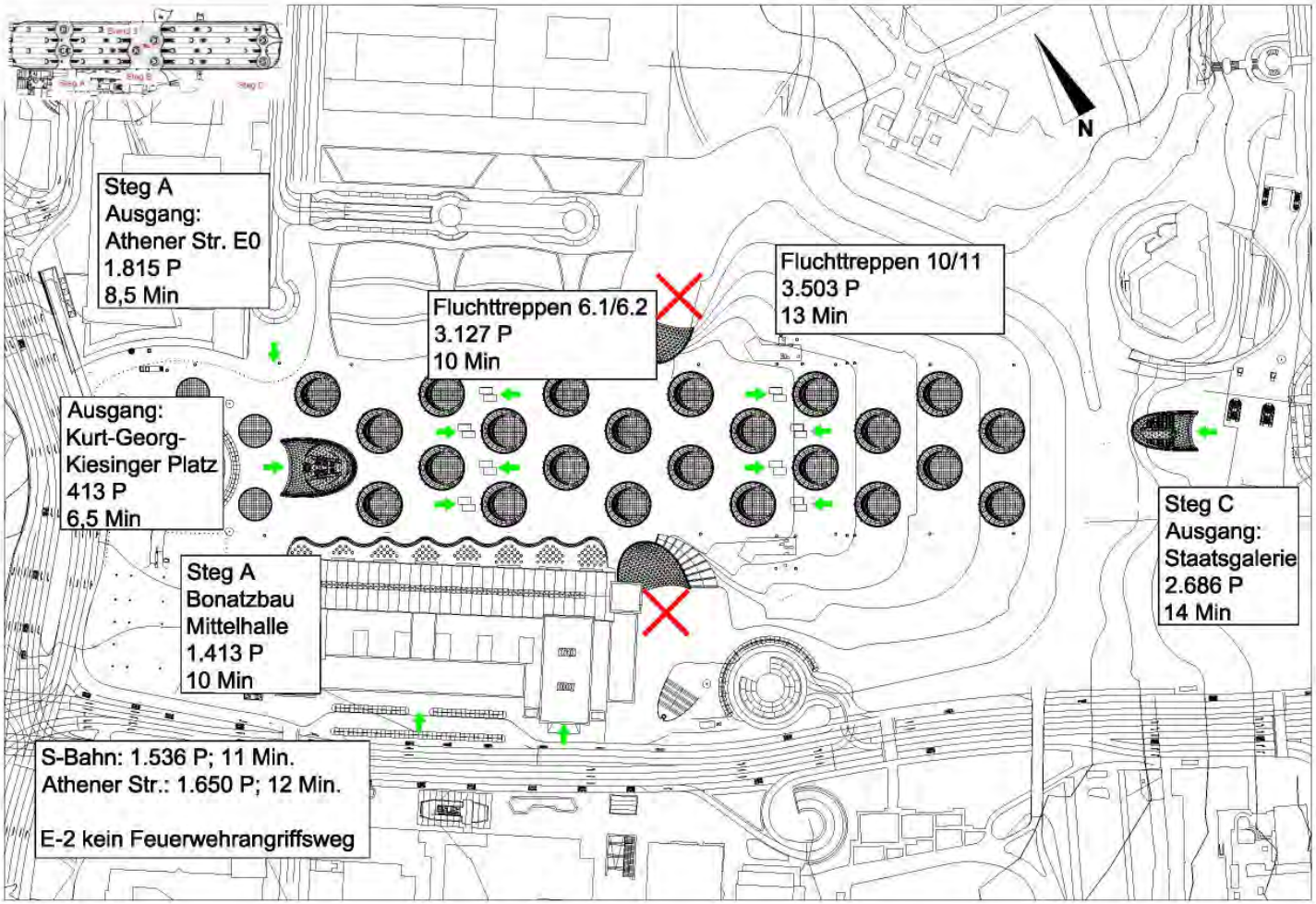


Bild 8.33: Fremdrettung Feuerwehrzugang Brandort 3 (Simulationsmodus „stair edge“)

Vertraulicher Entwurf

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

Tabelle 27: Hauptszenarien: Brand vor Steg C, Szenario Nr. VIII und IX - Personenverteilung

* Evakuierungszeiten Sekundengenau gerundet (← 1s – 20s, ↕ 21s – 39s, → 40s – 60s)

**„Gesperrt“ = wegen Brandeinwirkung (Rauch) nicht nutzbar

***siehe auch Kapitel 8.2.2.9

**** 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.

Vertraulicher Entwurf

Brandort 4	Evakuierung / Szenario	Abgang Bahnsteige zur S - Bahn	Steg A	Steg A	Flucht-treppen 6.1 / 6.2	Steg B	Steg B	Flucht-treppen 10 / 11	Steg C
	Ausgang		Bonatzbau Mittelhalle	Athener Str E0 [1] Kurt-Georg-Kiesinger Platz [2]		Am Turm	Schlossgarten / Europaplatz		Staatsgalerie
4	Nr. VIII (Sim N011) Personenanzahl* pro Ausgang (t = Freie [min]) EXODUS **„stair edge“**	Gesamt: 2.784* (11)** davon 1.331 (10) S-Bahn, 1.453 (11) Athener Str	1.715 (13,5)	1.858 [1] (13) 550 [2] (11)	5.732 (17)	0 (0)	0 (0)	3.525 (9)	0 (0)
4	Nr. IX (Sim N011a) Personenanzahl* pro Ausgang (t = Freie [min]) EXODUS **„stair packed“**	Gesamt : 2.109* (7)** davon *1.032* (6,5) S-Bahn, *1.077* (7) Athener Str.	1.436 (10)	1.790 [1] (8,5) 354 [2] (8)	6.399 (11)	8 (0)	4 (0)	3.712 (7)	8 (0)

Tabelle 28: Hauptszenarien Nr. VIII / IX: Personenverteilung

*Die gemittelten Personenzahlen pro Ausgang beziehen sich auf die Simulationsreihen im „stair packed“, bzw. „stair packed“ Modus.

**Evakuierungszeit pro Ausgang, an dem die letzte Person den Ausgang verlassen hat, in Minuten.

***Programmspezifisch falsch platzierte Personen (buildingExodus) auf gesperrte Treppen. Evakuierungszeit ins Freie nicht ausgewertet (t = 0 min).

Vertraulicher Entwurf

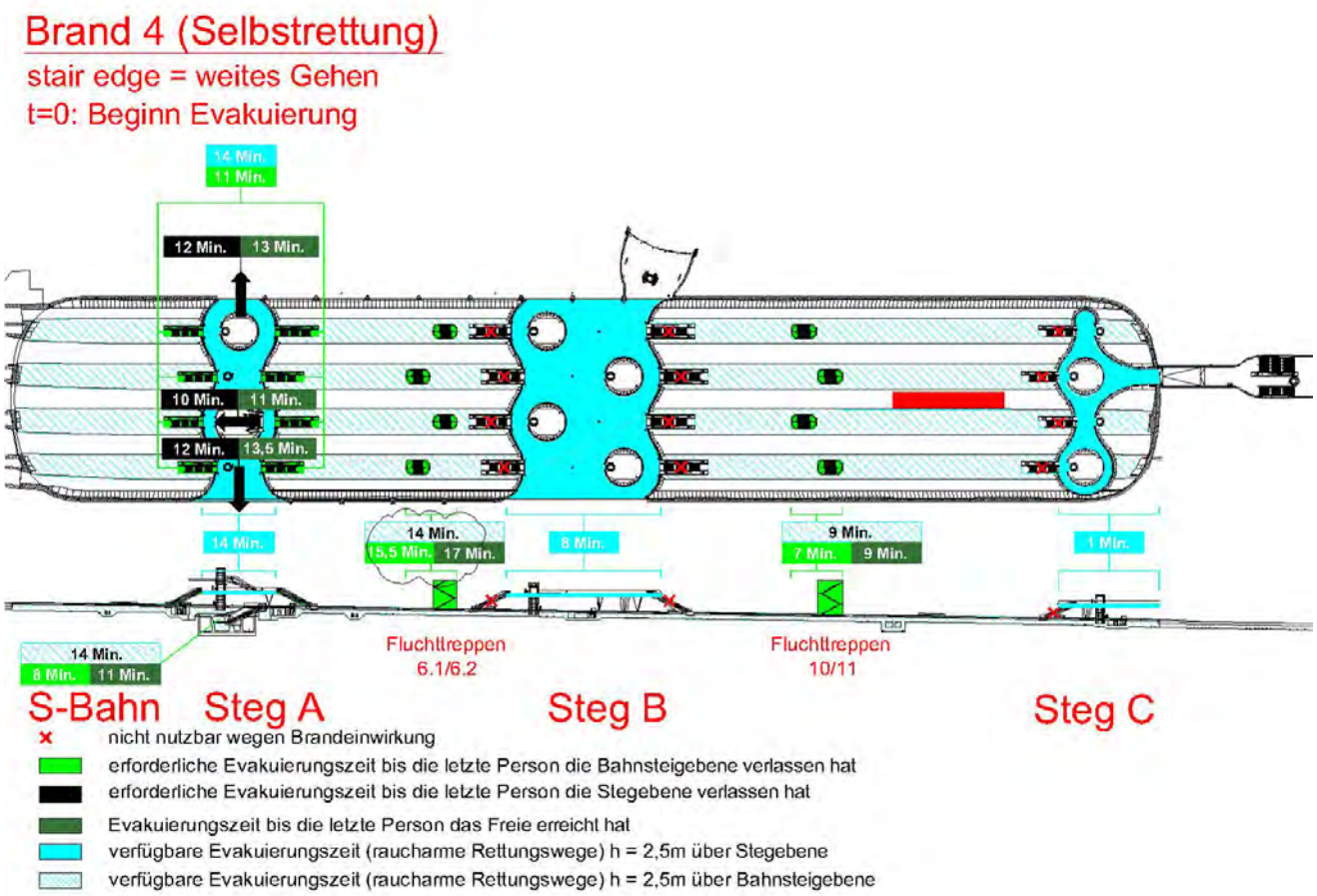


Bild 8.34: Brand vor Steg C (Selbstrettung – Brand 4) „Stair edge“

Vertraulicher Entwurf

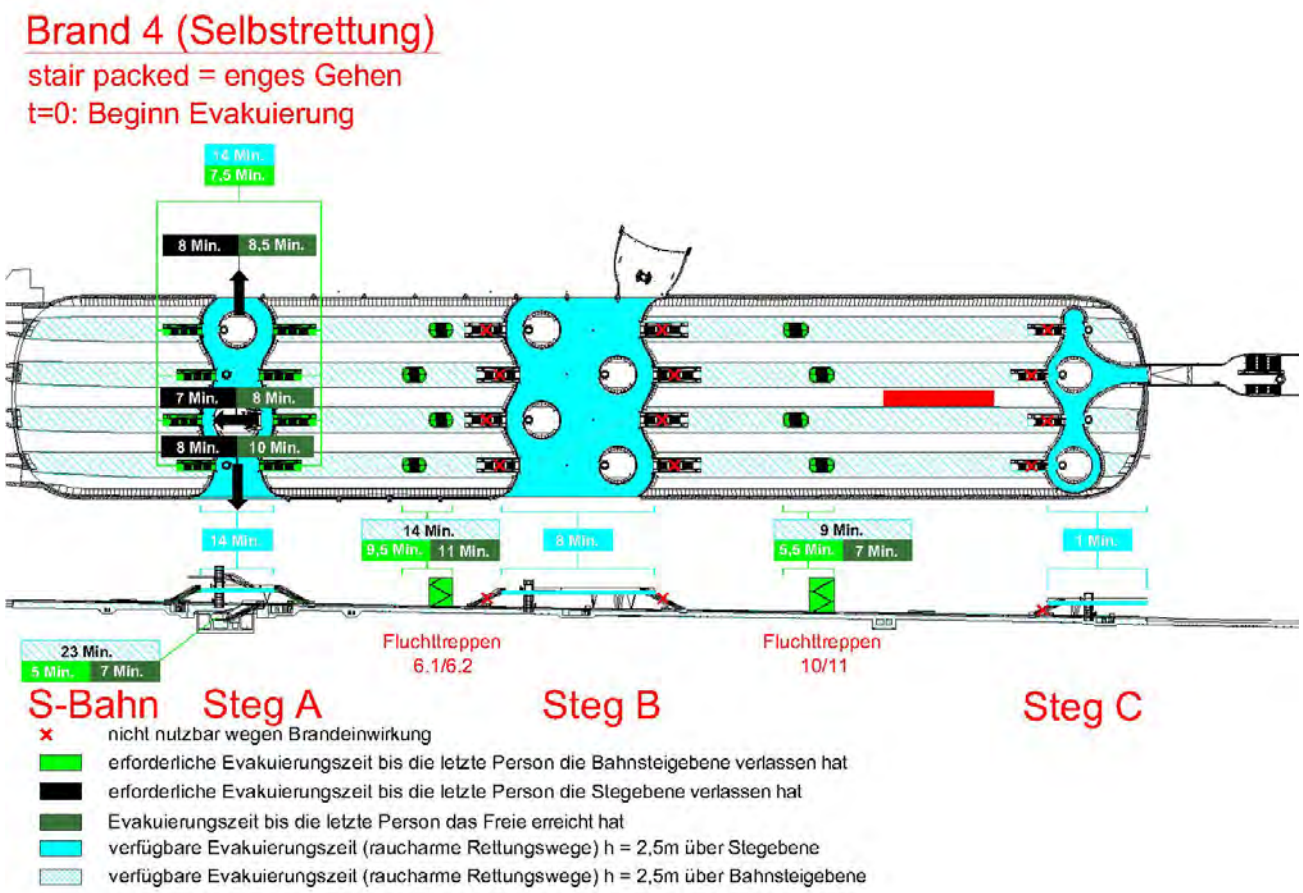


Bild 8.35: Brand vor Steg C (Selbstrettung – Brand 4) „Stair packed“

Vertraulicher Entwurf

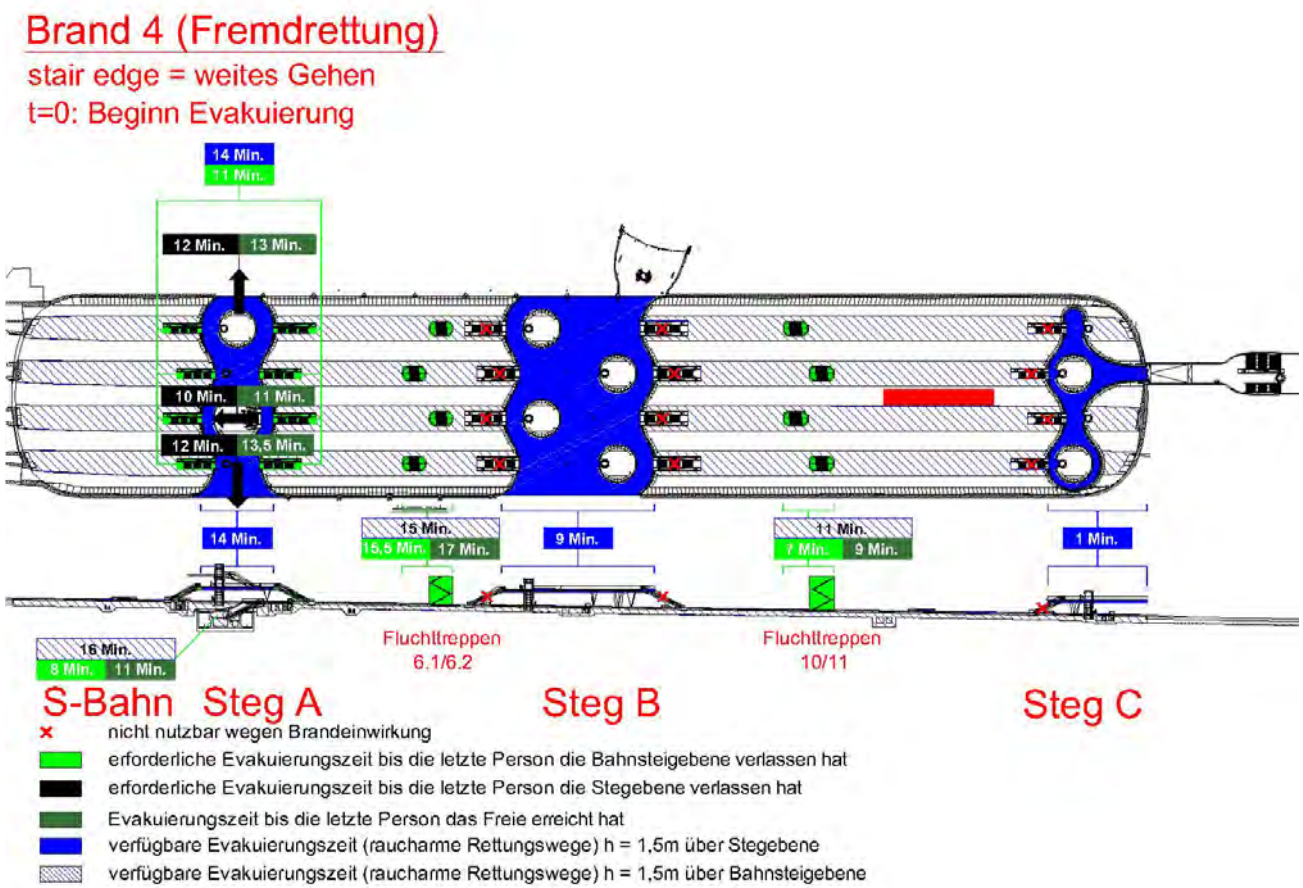


Bild 8.36: Brand vor Steg C (Fremdrettung - Brand 4) „stair edge“

Vertraulicher Entwurf

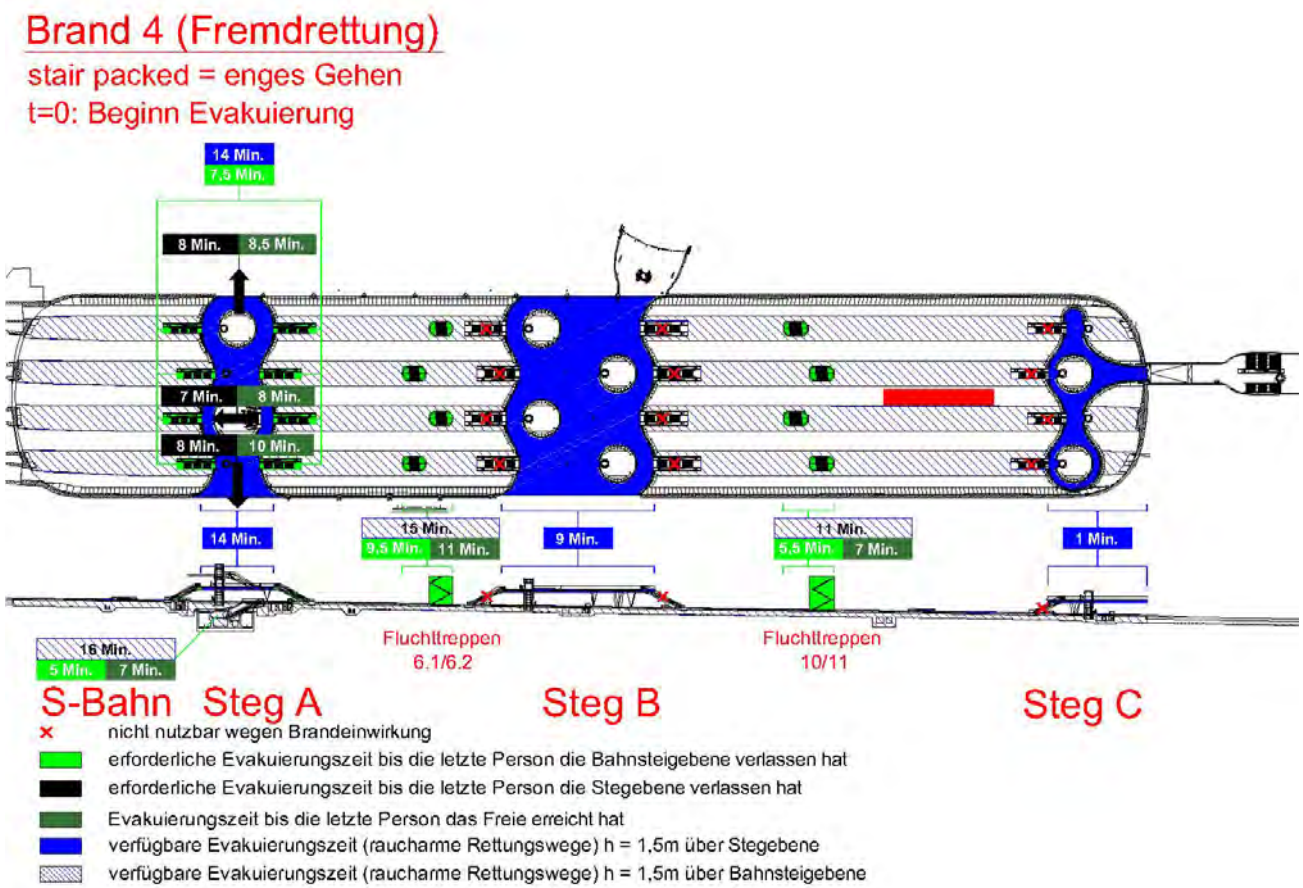


Bild 8.37: Brand vor Steg C (Fremdrettung – Brand 4) „stair packed“

Vertraulicher Entwurf

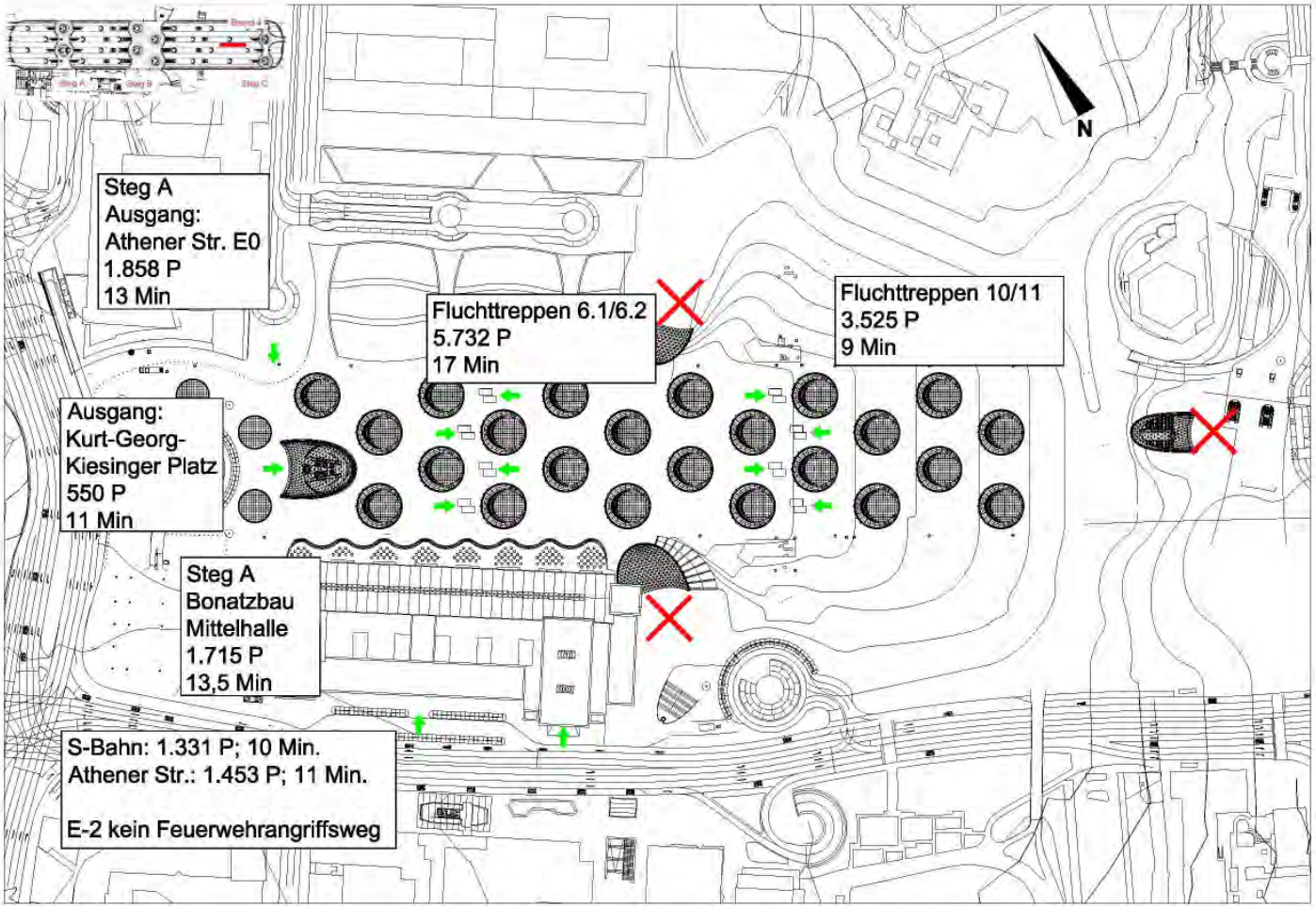


Bild 8.38: Fremdrettung Feuerwehrzugang Brandort 4 (Simulationsmodus „stair edge“)

Vertraulicher Entwurf

8.2.2.9 Vergleich Gesamt-Evakuierungszeit

Die Gesamt-Evakuierungszeit in komplexen Gebäudegeometrien (mit und ohne Sperrungen einzelner Ausgänge) mit großen Personenbelegungen definiert sich über einen Ausgangsbereich, an welchem sich die für die Gesamt-Evakuierungszeit maßgebenden Stauungen ergeben. Tabelle 29 zeigt die maßgebenden, endevakuierungszeitbestimmenden Ausgänge der Szenarien „ohne Brand“ und Brand 1 bis 4.

Brandort	Maßgebender Ausgang	Gesamt Personenzahl Ausgang	Gesamt-Evakuierungszeit
Brand 0 „Ohne Brand“ „stair edge“	Steg C	2.685	14 Minuten
Brand 0 „Ohne Brand“ „stair packed“		2.686	11 Minuten
Brand 1 „stair edge“	Fluchttreppen 6.1/6.2	6.643	18 Minuten
Brand1 „stair packed“		6.938	12,5 Minuten
Brand 2 „stair edge“	Fluchttreppen 10/11	4.465	23 Minuten
Brand 2 „stair packed“		4.460	16 Minuten
Brand 3 „stair edge“	Steg C	2.686	14 Minuten
Brand 3 „stair packed“		2.686	11 Minuten
Brand 4 „stair edge“	Fluchttreppen 6.1/6.2	5.732	17 Minuten
Brand 4 „stair packed“		6.399	11 Minuten

Tabelle 29: Maßgebende Ausgänge (bottleneck)

Vertraulicher Entwurf

Aus dieser Tabelle kann erkannt werden, dass in Abhängigkeit vom Brandszenario unterschiedliche Ausgänge und Rettungswege ausschlaggebend für die ermittelte Gesamt-Evakuierungszeit sind.
Hierbei kann es zu scheinbar gleichen Gesamt-Evakuierungszeiten kommen, welche allerdings völlig unterschiedliche Ursachen haben können. Grund hierfür ist die Tatsache, dass auf den Bahnsteigen die Ausgangsbreiten, aufgrund der vorgegebenen Grundstruktur, in den verschiedenen Achsbereichen nahezu identisch sind. Somit werden bei einer Sperrung der Fluchtwege in verschiedenen Achsbereichen zwar eventuell gleiche Ausgangsbreiten gesperrt, aber die diesem Ausgang zugeordnete Personengruppe muss sich dann auf die verbleibenden Ausgänge umorientieren, was zu längeren Fluchtwegen und auch größeren Stauungen führen kann.

In Bild 8.39 sind die maßgebende Ausgänge mit Staubereichen der Bahnhofshalle, bezogen auf die Szenarien Brand 0 (ohne Brandereignis), Brand 3 (Brand unter Steg B) und Brand 4 (Brand vor Steg C) dargestellt.
Bei der Evakuierung Brand 0 „Ohne Brand“ stehen den Personen alle Ausgänge zur Verfügung. Die gleichmäßige Aufteilung der Personen auf alle Ausgänge, d.h. jede Person flüchetet über die nächstliegende Treppe zum Steg oder über ein Fluchttreppenhaus, hat zur Folge, dass Steg C aufgrund der hier vorhandenen Engstellen als maßgebender Ausgang für die Gesamt-Evakuierungszeit festgestellt werden kann. Dies bedeutet aber auch, dass an den übrigen Fluchtwegen noch Reserven (teilweise bis zu 5 Minuten) vorhanden sind.

Bei Brand 1 (Brand zwischen Tunnel und Steg A) und dem dargestellten Brand 4 (Brand vor Steg C) sind die Fluchttreppenhäuser in der Achse 6.1/6.2 als maßgebend zu identifizieren und zeigen eine nahezu gleiche Auslastung in beiden Szenarien.

Bei Brand 2 (Brand zwischen Steg A und B), bei welchem Steg A und B nicht als Rettungswege zur Verfügung stehen, zeigen die Fluchttreppen Achse 10/11 als maßgebender Rettungsweg eine höhere Auslastung mit verlängerten Laufwegen auf dem Bahnsteig, was zu einer Verlängerung der Evakuierungszeit führt (vgl. 8.2.2.12 Personenlaufwege).

Bei Brand 3 (Brand unter Steg B, Sperrung Steg B) entspricht die Gesamt-Evakuierungszeit der von Brand 0 (ohne Sperrungen). Festzustellen ist eine nahezu identische Auslastung von Steg C in beiden Szenarien. Die im Szenario Brand 0 vorhandene Reservekapazität der Fluchtwege wird im Szean-

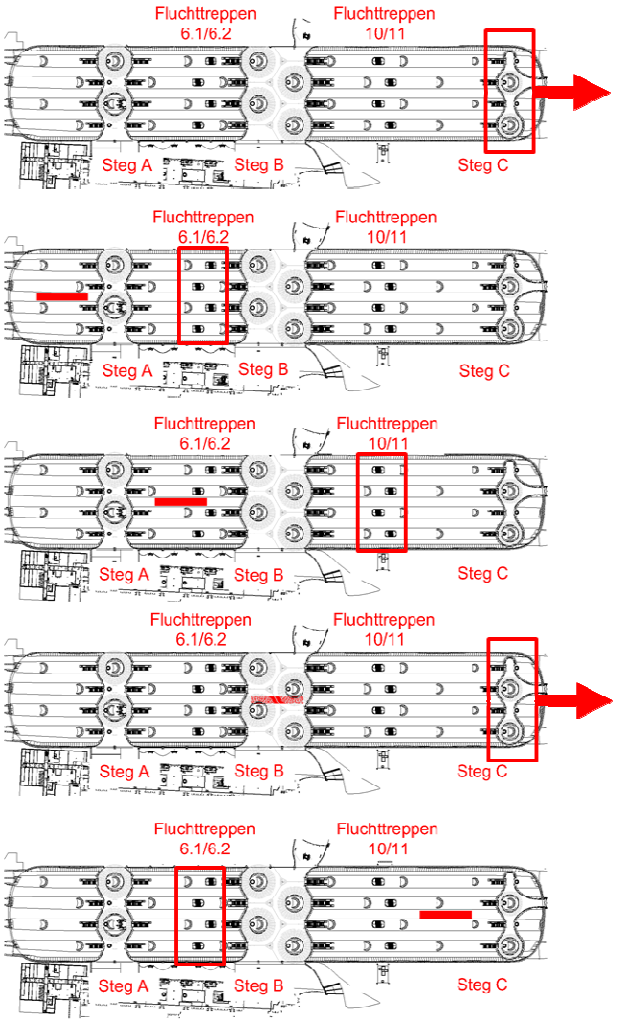
Vertraulicher Entwurf

rio Brand 3, mit Ausnahme des als Fluchtweg nicht zur Verfügung stehenden Steges B, für die zur Verfügung stehenden Ausgänge stärker ausgeschöpft.

Im Szenario Brand 4 (Sperrung Steg B und Steg C) stellt sich für die Betrachtung im „stair Packed“ Modus (vgl. 8.2.2.7.4 Verhalten auf Treppen) die gleiche Gesamt-Evakuierungszeit ein wie bei den Szenarien Brand 0 und Brand 3. Die maßgebenden Ausgänge in Brand 4 sind die Fluchttreppen Achse 6.1/6.2. Hier zeigt sich, dass im Vergleich zu Brand 3 (Tabelle 29) eine um 140 % erhöhte Personenaufnahme, die als Reservekapazität der Fluchtreppen bezogen auf die anderen Szeanrien bewertet werden kann, erfolgt.

Vertraulicher Entwurf

Maßgebender Fluchtweg



14 Min.
2.685 P. stair edge

11 Min.
2.686 P. stair packed

18 Min.
6.643 P. stair edge

12,5 Min.
6.938 P. stair packed

23 Min.
4.465 P. stair edge

16 Min.
4.460 P. stair packed

14 Min.
2.686 P. stair edge

11 Min.
2.686 P. stair packed

17 Min.
5.732 P. stair edge

11 Min.
6.399 P. stair packed

Bild 8.39: Vergleich gesamt Evakuierungszeit Brand 0 bis Brand 4

Vertraulicher Entwurf

8.2.2.10 Personenstandzeiten

Im Rahmen der Evakuierungsuntersuchung wurde eine zufallsgesteuerte Verteilung der 16.164 Personen auf den Bahnsteig 1 – 4 angenommen. Zur Abschätzung der Personenlaufwege und Standzeiten der Personen auf dem Bahnsteig im Evakuierungsfall wurden exemplarisch einzelne Personen analysiert (tracking). Hierzu wurden, hinsichtlich der Sperrungen der Rettungswege und der daraus resultierenden Stauzeiten an den Ausgängen die, für diese Betrachtung, ungünstigsten Hauptszenarien, Brand 1 (Brand zwischen Steg A und Tunnel) und Brand 2 (Brand zwischen Steg A und B), als Grundlage gewählt.

Die untersuchten Personen befinden sich zum Alarmierungszeitpunkt auf den Bahnsteigen 3 und 4 (Bild 8.40). Die Positionen P1 – P14 sind die für das Tracking gewählten Startpositionen der jeweiligen Personen.

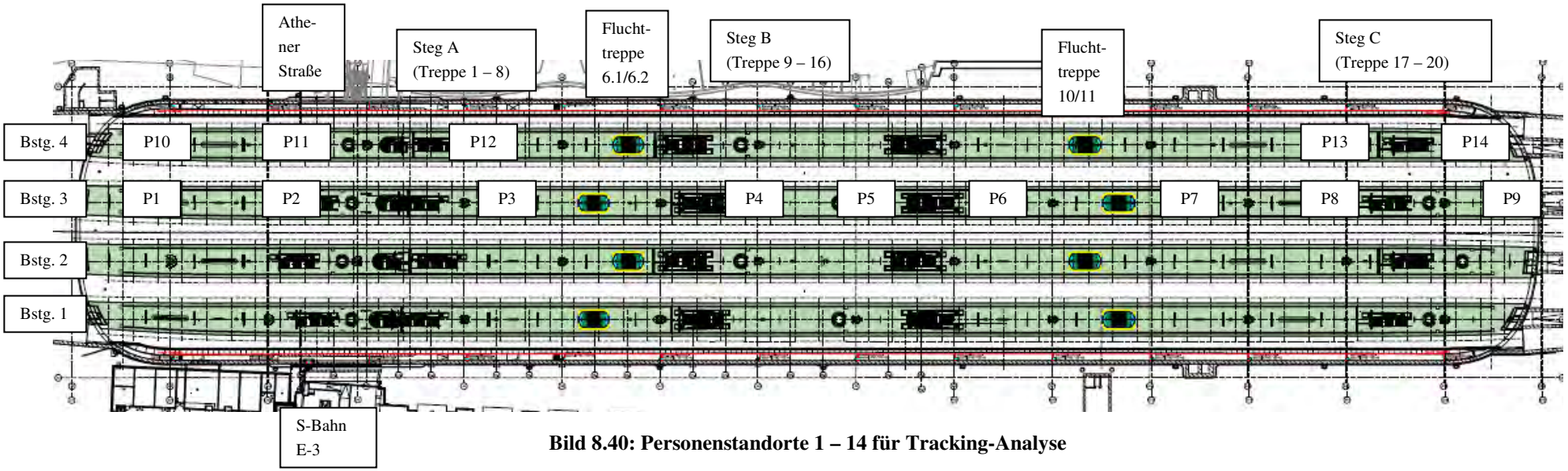


Bild 8.40: Personenstandorte 1 – 14 für Tracking-Analyse

Vertraulicher Entwurf

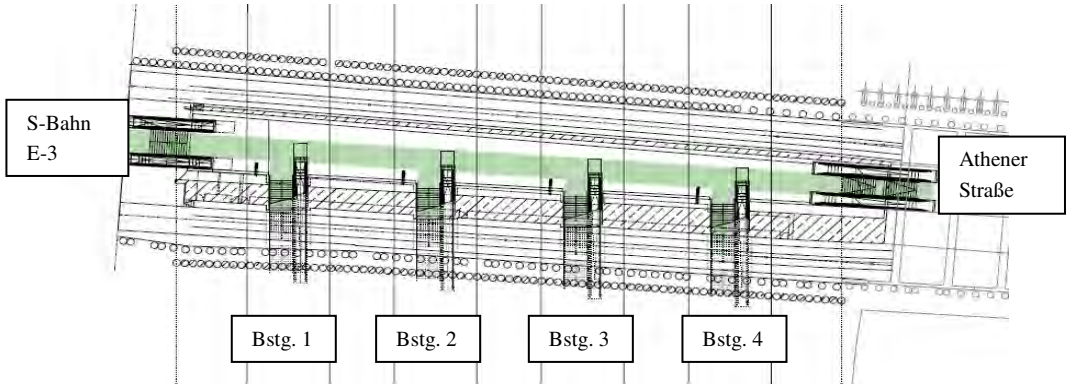


Bild 8.41: Abgang Tunnel S-Bahn

8.2.2.11 Auswertung der Personenstandzeiten

In buildingEXODUS werden jeder Person im Programm eine Nummer und individuelle Eigenschaften zugeteilt. Die Personen haben das Bestreben, den nächstmöglichen Ausgang aufzusuchen. Die Reaktionszeiten der Personen wurden im Programm zufallsgeneriert von 0 - 60 Sekunden voreingestellt. Die Untersuchung der Personenstandzeiten erlaubt eine Abschätzung der wahrscheinlichen Laufwege und -zeiten.
Zur Auswertung der Simulationen gibt buildingEXODUS eine Ausgabedatei mit Randparameter der Simulation (Sim-Datei) aus (siehe Tabelle 30). Automatisiert werden unter anderem auch für die gesamte Wegstrecke (Distance) die gesamten Stauzeiten (CWT) in Sekunden ausgegeben. Personenbezogene Laufwege inkl. detaillierter Standzeiten in Staubereiche müssen bei laufender Simulation manuell genommen werden.

Vertraulicher Entwurf

Merkmale	Mittelwert	Min.	Max.
männliche Personen	9.860	9.860	9.860
weibliche Personen	6.304	6.304	6.304
Alter in Jahre	43,36	5	85
Beweglichkeit / Verhalten an Hindernissen (Agility)	3,92	2,00	7,00
Durchsetzungsvermögen (Drive)	6,26	1,00	14,00
Geschwindigkeit (Walk) [m/s]	1,22	1,08	1,35
Geschwindigkeit der Grup-pen (FWalk) [m/s]	0,27	0,24	0,30
Springen (Leap) [m/s]	1,08	0,96	1,20
Kriechen (Crawl) [m/s]	0,27	0,24	0,30
Beweglichkeit (Mobility)	0,93	0,80	1,00
Geduld (Patience) [s]	3,01	1,00	5,00
Gewicht [kg]	62,56	20,02	89,99
Körpergröße [m]	1,71	1,20	2,00

Tabelle 30: Personenmerkmale buildingEXODUS (Szenario VII)

In Tabelle 31 werden die Laufwege der für das Tracking ausgewählten Personen 1 – 14 gegenübergestellt. Die Reaktionszeiten, das Alter sowie die Agilität (Agility) der Personen werden z. B. programmseitig zufallsgeneriert vergeben.

Vertraulicher Entwurf

Die Agilität gibt das Verhalten der Person im Bereich von Hindernissen an. Unter Hindernisse versteht das Programm andere Personen, Geometriegrenzen (Bahnsteigkante / Wände / Übergänge zu Treppen) usw.. Je nach vergebenem Wert (min. 2,00 – max. 7,00) verändern sich die Standzeiten der Personen.

Die zurückgelegte Wegstrecke wurde, unter Berücksichtigung der jeweiligen Szenarien, das freie Gehen auf dem Bahnsteig bis zum Stau, die Stauzeit bis zum Erreichen der Treppe, das gehen auf der Treppe bis zum Erreichen des gewählten nächsten Ausgang untersucht.

Nr.	Männlich / Weiblich	Alter	Personen Nr. EXO-DUS	Agilität EXO-DUS	Reaktionszeit [Sekunden]	Freies Gehen Bahnsteig [Minuten]	Stauzeit Bahnsteig [Minuten]	Freies Gehen Treppe [Minuten]	Erreichen Ausgang [Minuten]	Brand	Zielort Bahnsteig
P1	M	47	1235		3	02:30	05:32	01:41	09:43	1	Treppe 6.1/6.2
P2	W	41	6868		9	01:00	04:25	02:26	07:30	1	Treppe 6.1/6.2
P3	M	42	9059		26	00:13	00:34	01:27	02:40	1	Treppe 6.1/6.2
P4	W	41	14877		6	00:27	00:06	00:35	02:38 Schlossgarten	1	Steg B Treppe 10
P5	M	46	13703	2.6	46	00:47	03:28	00:34	06:51 Schlossgarten	1	Steg B Treppe 10
P6	M	19	12354	5.3	44	00:10	00:24	01:32	03:36 Schlossgarten	1	Steg B Treppe 14

Vertraulicher Entwurf

Nr.	Männlich / Weiblich	Alter	Personen Nr. EXO-DUS	Agilität EXO-DUS	Reakti-onszeit [Sekunden]	Freies Gehen Bahnsteig [Minuten]	Stauzeit Bahnsteig [Minuten]	Freies Gehen Treppe [Minuten]	Erreichen Ausgang [Minuten]	Brand	Zielort Bahnsteig
P7	W	27	14913	4.7	2	00:30	00:19	01:17	02:08	1	Treppe 10/11
P8	M	53	5336	2.3	26	00:18	00:19 01:33*1	00:48	04:22 Staatsgalerie	1	Steg C Treppe 18
P9	W	33	6701	2.6	28	00:40	04:50 01:46*2	00:46	09:36 Staatsgalerie	1	Steg C Treppe 18
P10	W	23	2094	3.0	13	1:23	03:17	00:20	07:49 Athenerstr.	2	S-Bahn
P11	M-	65	3192	4.7	56	00:20	03:04	00:20	08:20 S-Bahn Nord	2	S-Bahn
P12	W	42	2897	2.8	55	00:27 01:20*3	07:24 02:08*4 00:37*5	01:21	15:12	2	Treppe 10/11
P13	W	37	2615	4.9	31	00:39	06:19	00:46	12:30 Staatsgalerie	2	Steg C
P14	M	21	0041	3.8	7	00:29	06:07	00:53	10:40 Staatsgalerie	2	Steg C

Tabelle 31: Personenstandzeiten Bahnsteig (exemplarisch)

Vertraulicher Entwurf

*[1]: Stauzeit auf dem Steg C vor der Treppe zum Ausgang Staatsgalerie
*[2]: Stauzeit auf dem Steg C vor der Treppe zum Ausgang Staatsgalerie
*[3]: Zweites Intervall freies Gehen, nach Stau auf dem Bahnsteig Achse 7.2 – 9.1
*[4]: Stauzeit zwischen Treppenraum 6.1/6.2 und Treppe zum Steg B auf dem Bahnsteig
*[5]: Stauzeit vor Treppe 13 am Steg B auf dem Bahnsteig

8.2.2.12 Laufwege

Im Folgenden wird exemplarisch die Auswertung zweier Personenlaufwege über die Fluchtreppe 10/11 sowie den S-Bahn Tunnel dargestellt.
Die Grundlage ist das Hauptszenario Brand 2 (Brand zwischen Steg A und B), bei welchem die Stege A und B sowie die Fluchttreppen 6.1/6.2 wegen frühzeitiger Verrauchung gesperrt wurden.
Der Startpunkt der Person Nr. 12 befindet sich auf dem Bahnsteig 4 in der Achse 5.2. Infolge der Stauung zwischen den Achsen 6.2 und 7.2 wird der Brandnahbereich nach ca. 02:30 Minuten verlassen. Die Standzeit vor dem Fluchttreppenraum 10/11 beträgt 07:24 Minuten. Die gesamte Wartezeit im Stau liegt bei ca. 10 Minuten (CWT). Nach ca. 15 Minuten hat die Person die Freifläche am Ausgang der Fluchttreppe 10/11 erreicht (vgl. Bild 8.42).

Vertraulicher Entwurf

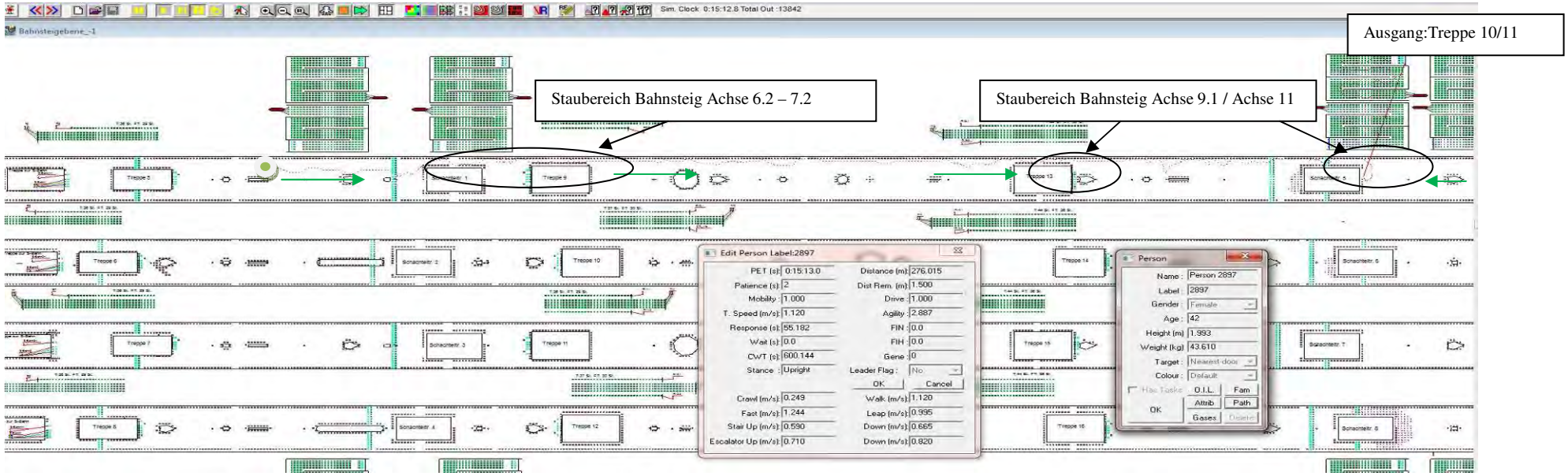


Bild 8.42: Personenlaufweg Nr. 12

Der Startpunkt der Person Nr. 10 befindet sich auf dem Bahnsteig 4 in der Achse 2.

Die Standzeit vor dem Abgang zum S-Bahn Tunnel beträgt 03:17 Minuten. Die gesamte Wartezeit im Stau liegt bei ca. 05:30 Minuten (CWT).

Nach ca. 8 Minuten hat die Person den Ausgang Athener Str. erreicht.

Vertraulicher Entwurf

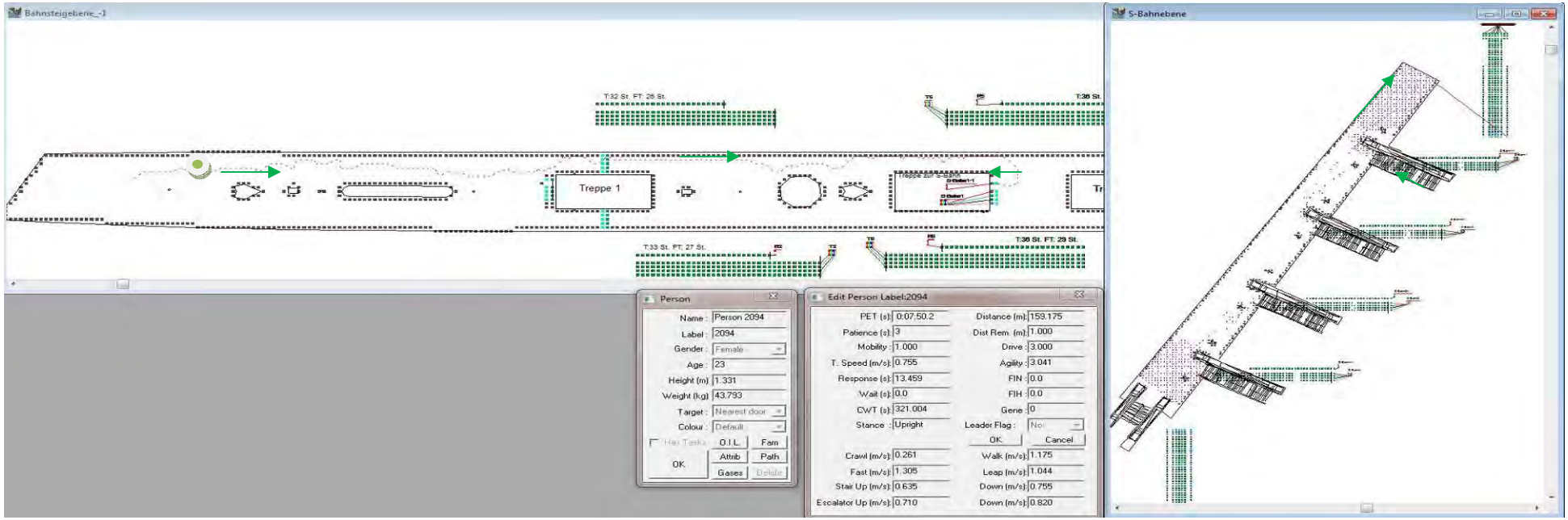


Bild 8.43: Personenlaufweg Nr. 10

Die Ergebnisse der exemplarisch gewählten Stauzeiten und Personendichten wird in Kapitel 8.2.4 abschließend bewertet.

Vertraulicher Entwurf

8.2.2.13 Personendichte Bahnsteig

Die Personendichten werden farblich dargestellt: Rote Bereiche symbolisieren hohe Personendichten, blaue Bereiche geringe Personendichten.
Die folgenden Abbildungen zeigen exemplarisch den zeitlichen Verlauf der örtlichen Personendichten für Brand 2.

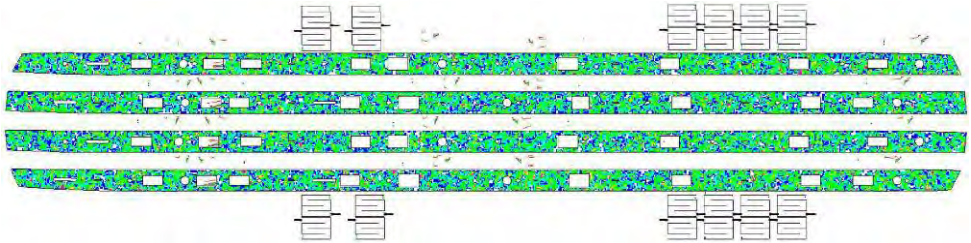


Bild 8.44: Personendichte Bahnsteig Startverteilung Minute 0

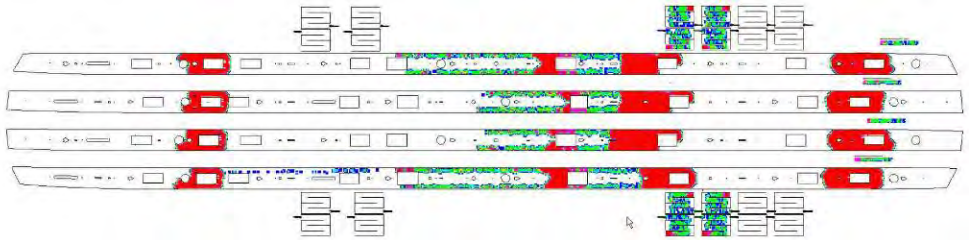


Bild 8.45: Personendichte Bahnsteig Startverteilung Minute 4

ca. 1 Pers./ m²

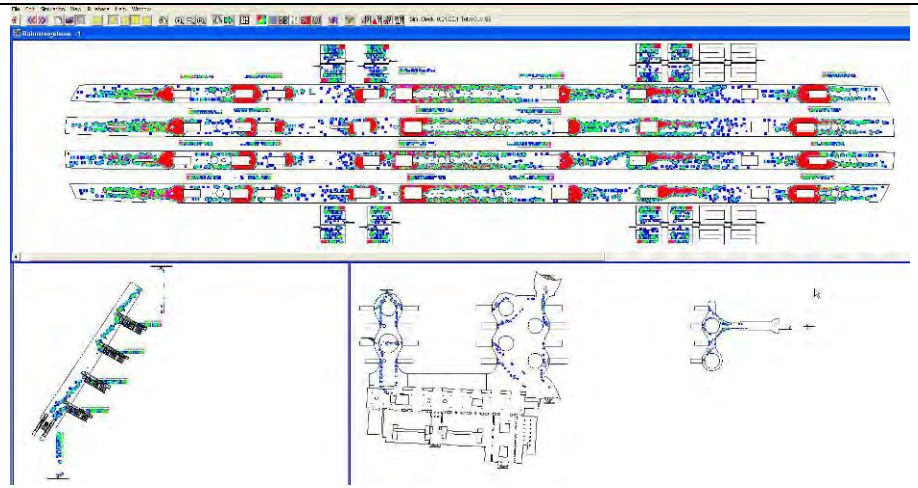
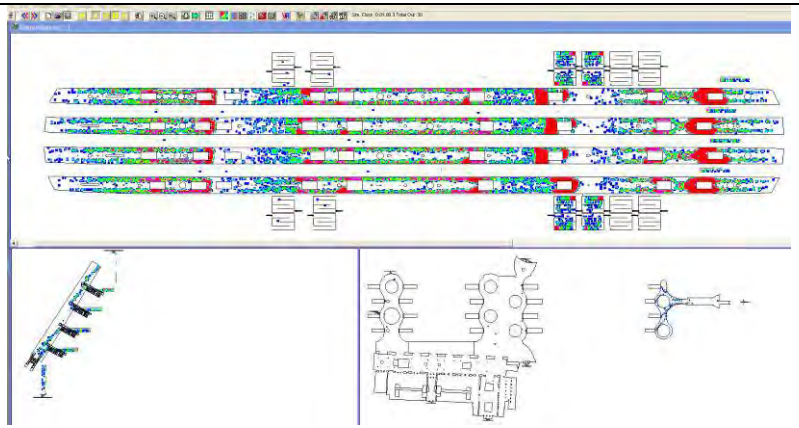
ca. 2 Pers./ m²

ca. 4 Pers./ m²

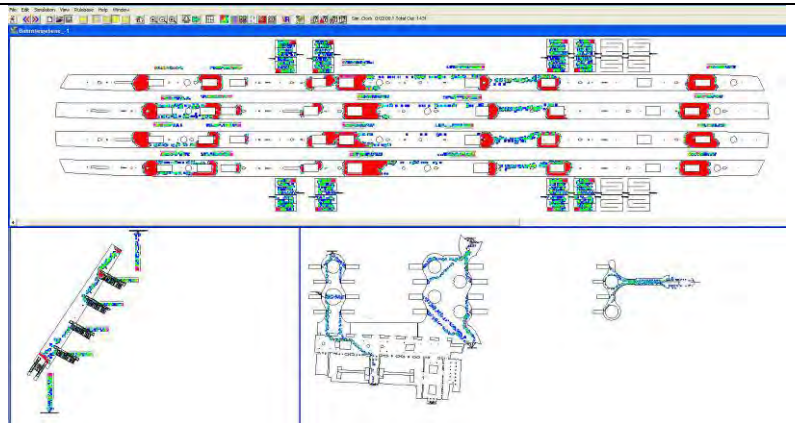
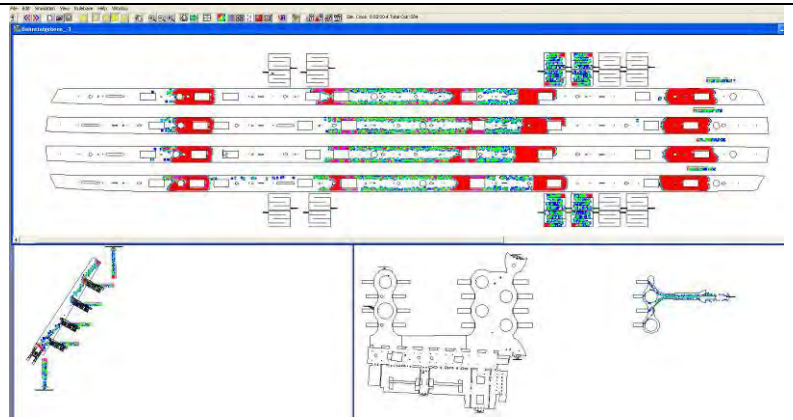
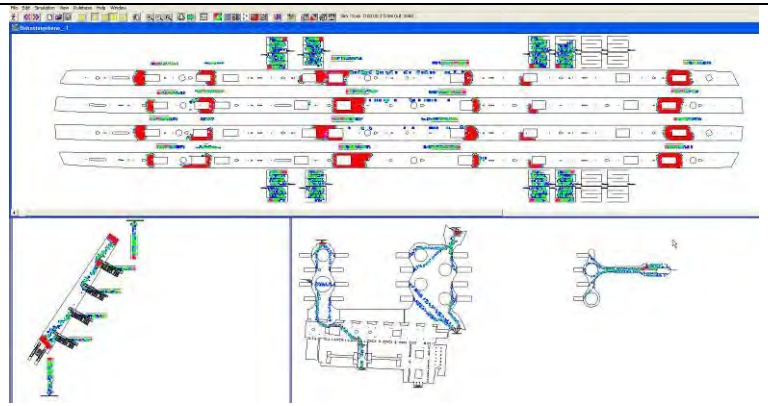
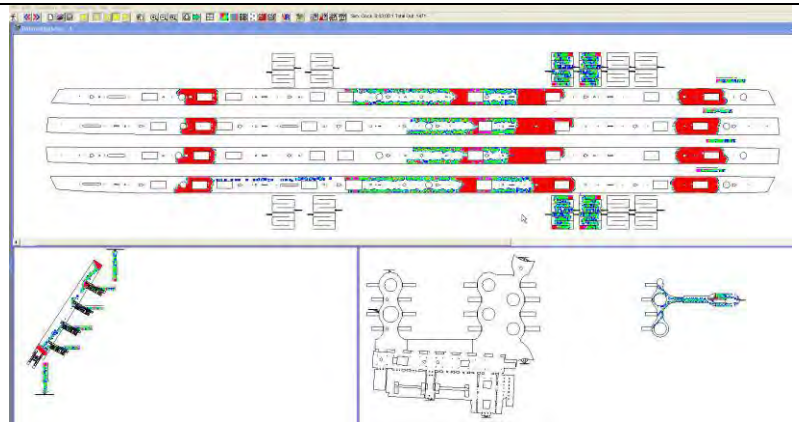
Im Bereich vor den Treppen stellt sich die maximale Dichte von 4 Personen pro m² ein (programmspezifischer Maximalwert vgl. 8.2.2.7.2) Der Brandnahbereich konnte in den betrachteten Szenarien in 2. Minuten evakuiert werden.
Zur Verdeutlichung der Brand- bzw. Raucheinwirkung wird nachfolgend die Personendichte von Szenario Brand 0 („ohne Brand“ Referenzsimulation) mit dem Szenario Brand 2 (Brand zwischen Steg A und B) verglichen.

Vertraulicher Entwurf

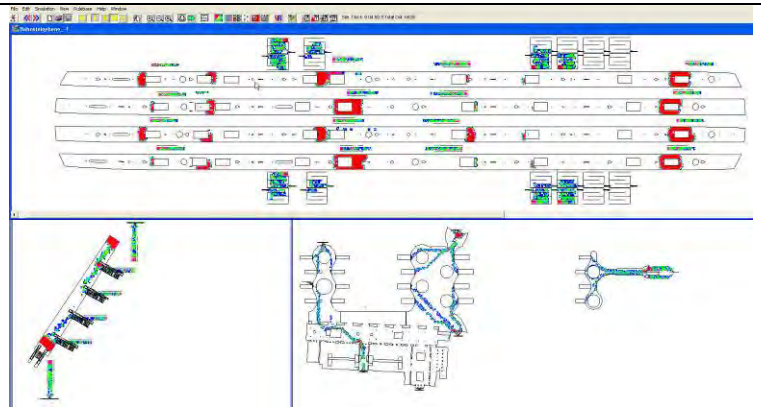
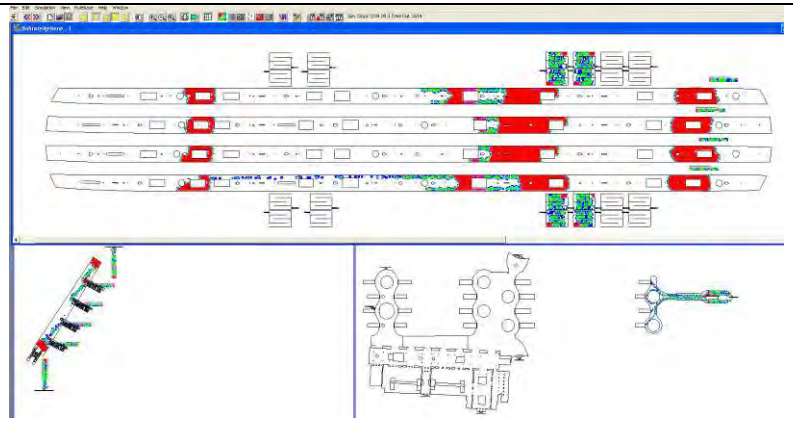
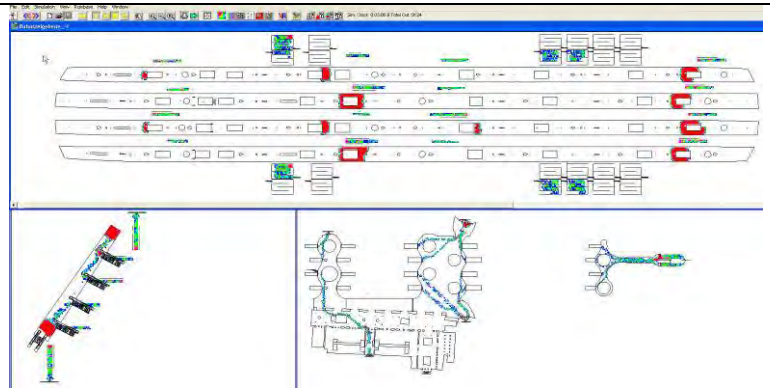
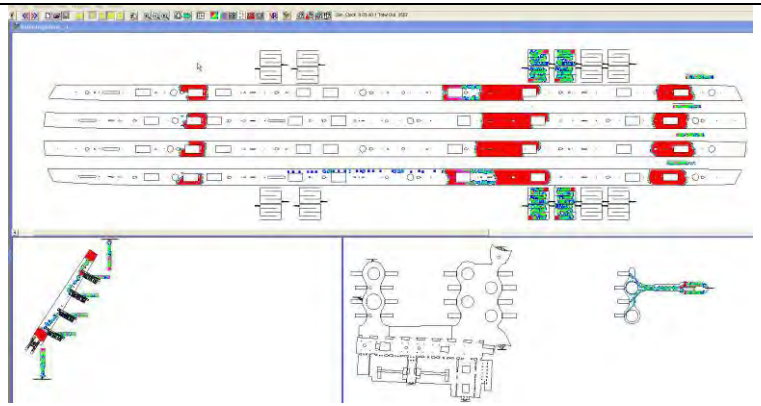
8.2.2.14 Vergleich Dichte – Zeit - Verlauf (Brand 0 und Brand 2)

Brand 0 (SimN00) Referenzsimulation ohne Brandereignis (Alle Ausgänge begehbar)	**Szenario Brand 2 (SimN04)** Brand zwischen Steg A und B (Ausgänge Steg A und B; Fluchttreppe 6.1/6.2 gesperrt)
Zeitpunkt: 1:00 min Bahnsteig Ebene -1	Zeitpunkt: 1:00 min Bahnsteig Ebene -1
	
Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0	Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0

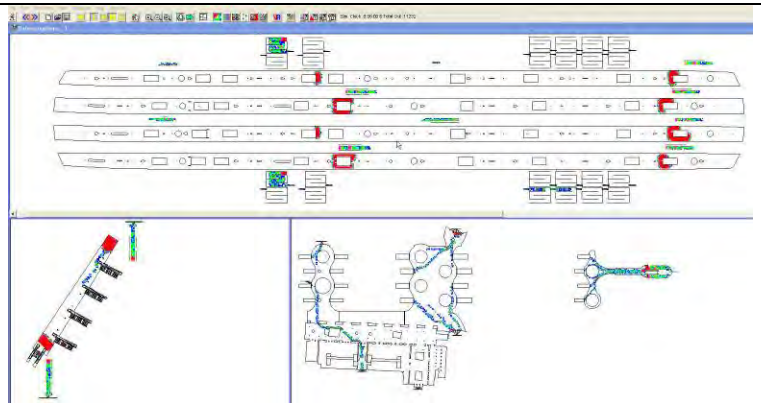
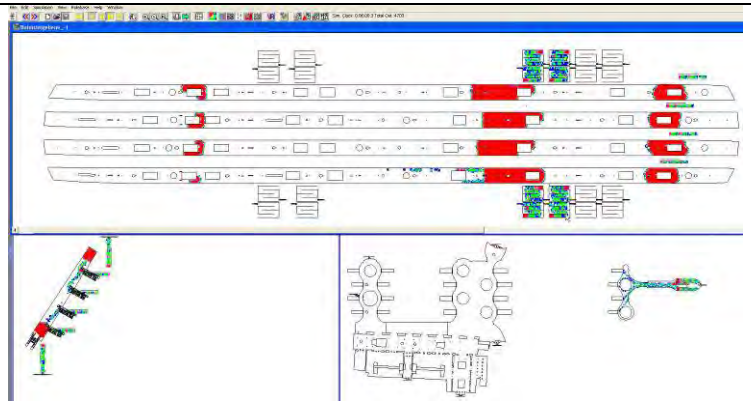
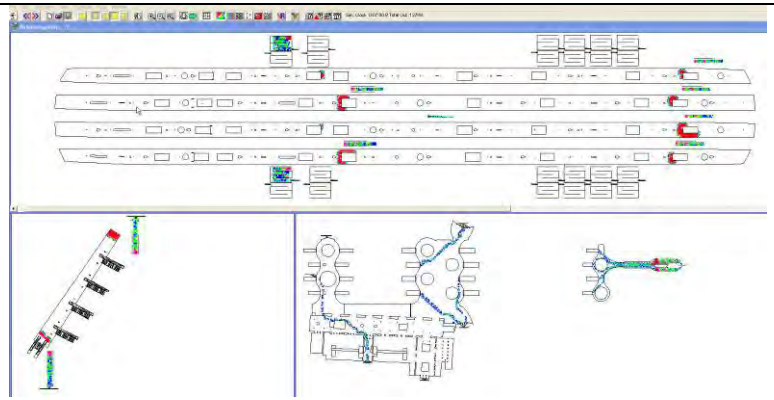
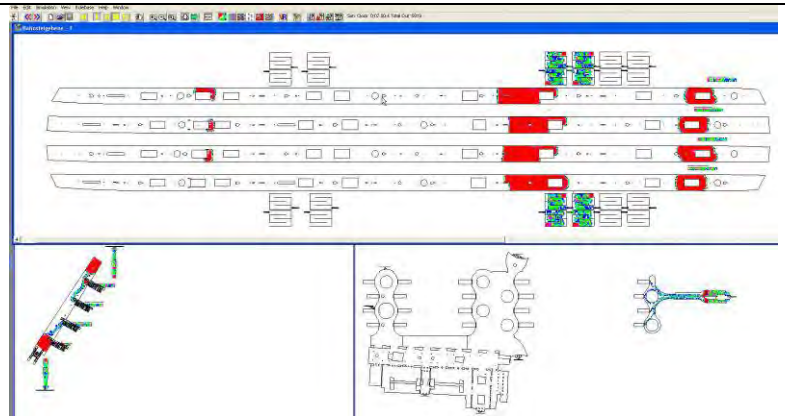
Vertraulicher Entwurf

Szenario Brand 0 (SimN00)	**Szenario Brand 2 (SimN04)**
Zeitpunkt: 2:00 min	Zeitpunkt: 2:00 min
	
Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0	Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0
Zeitpunkt: 3:00 min	Zeitpunkt: 3:00 min
	
Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0	Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0

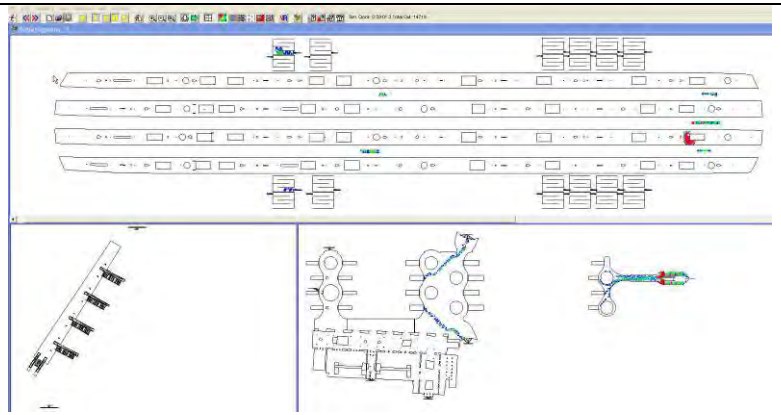
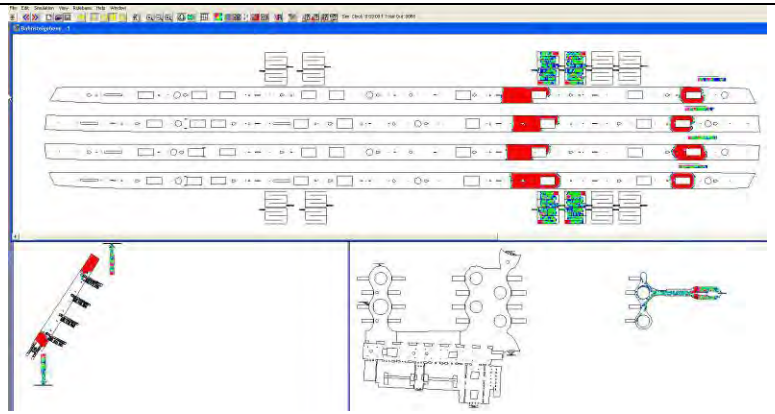
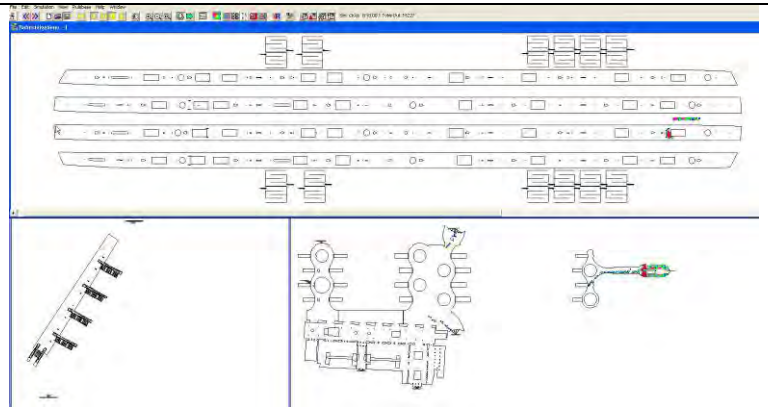
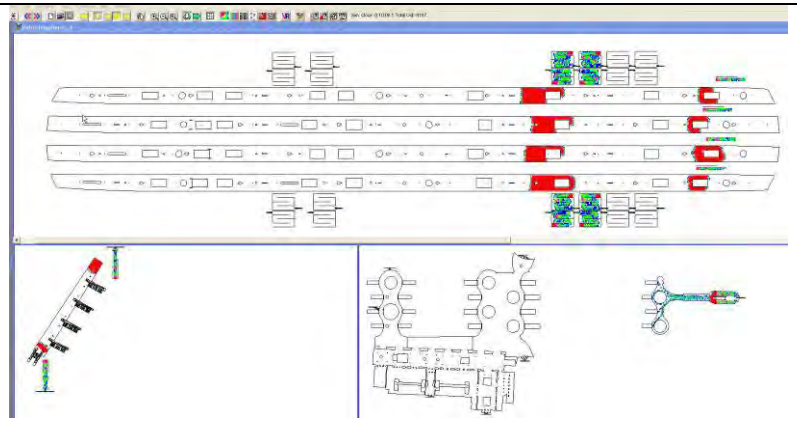
Vertraulicher Entwurf

Szenario Brand 0 (SimN00)	**Szenario Brand 2 (SimN04)**
Zeitpunkt: 4:00 min	Zeitpunkt: 4:00 min
	
Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0	Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0
Zeitpunkt: 5:00 min	Zeitpunkt: 5:00 min
	
Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0	Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0

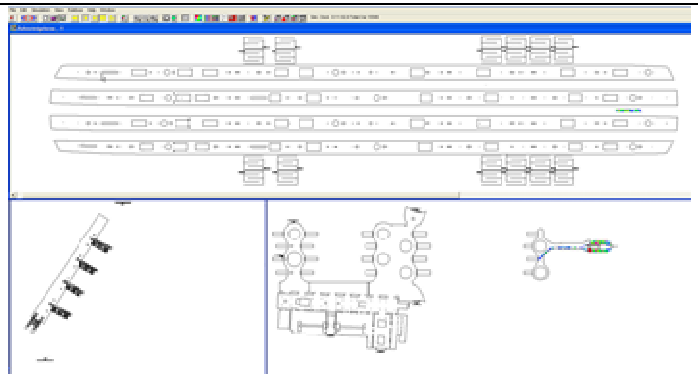
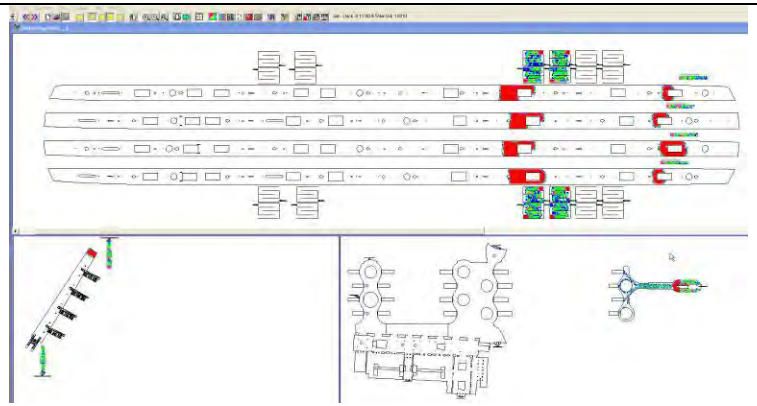
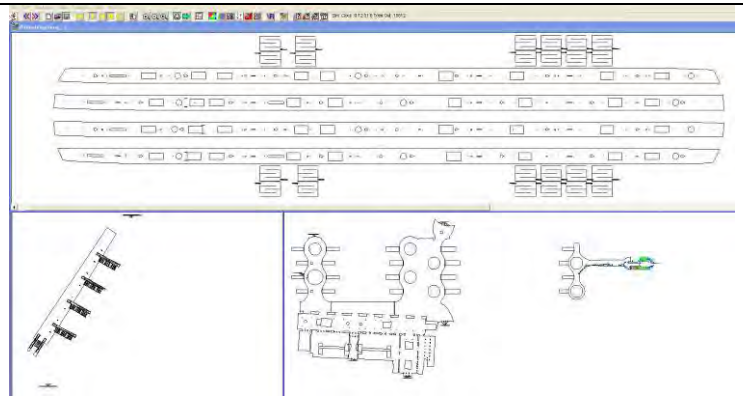
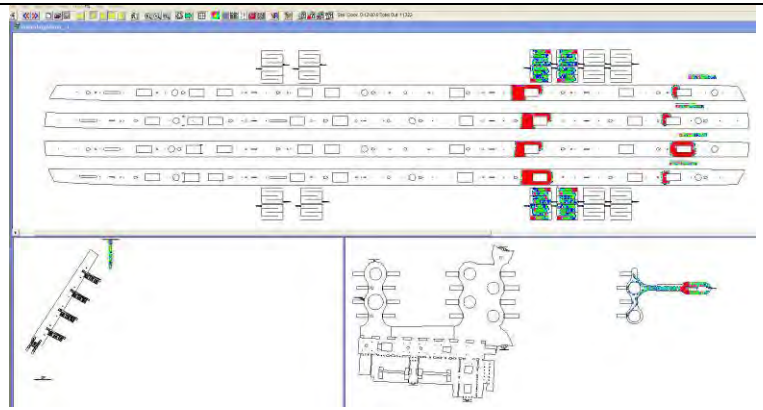
Vertraulicher Entwurf

Szenario Brand 0 (SimN00)	**Szenario Brand 2 (SimN04)**
Zeitpunkt: 6:00 min	Zeitpunkt: 6:00 min
	
Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0	Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0
Zeitpunkt: 7:00 min	Zeitpunkt: 7:00 min
	
Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0	Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0

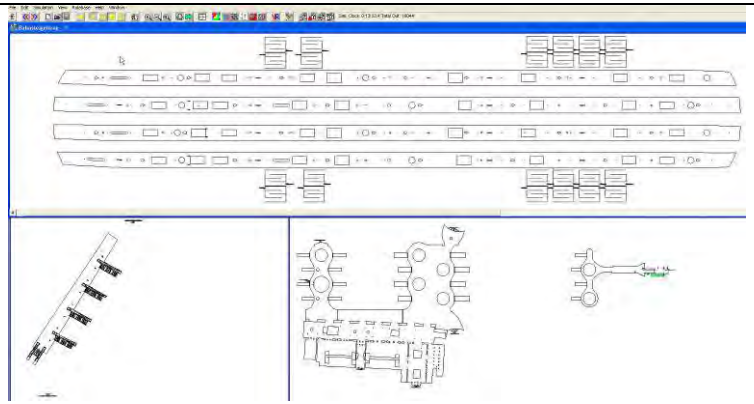
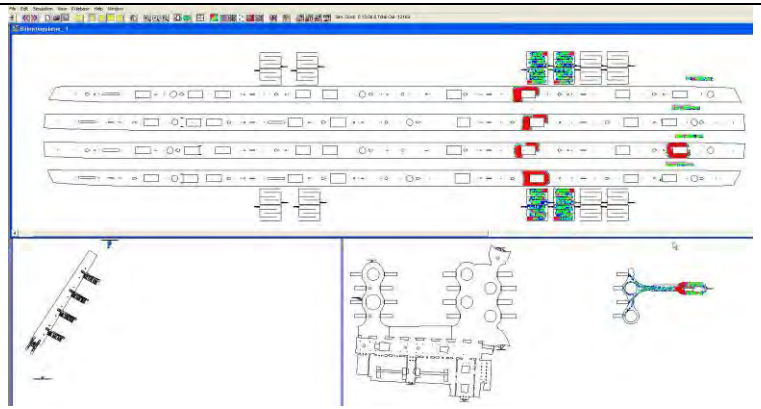
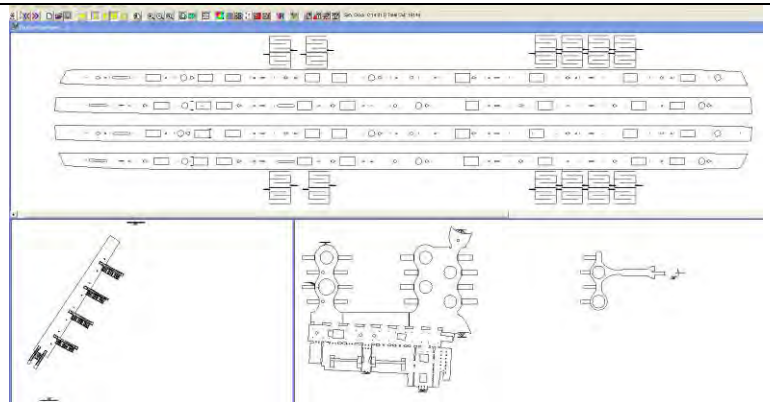
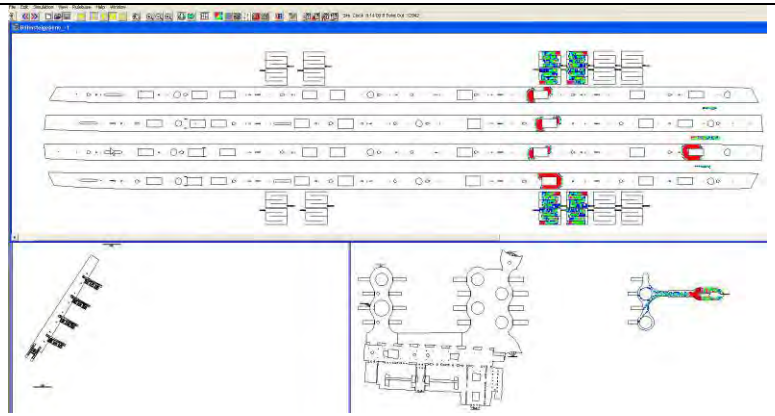
Vertraulicher Entwurf

Szenario Brand 0 (SimN00)	**Szenario Brand 2 (SimN04)**
Zeitpunkt: 9:00 min	Zeitpunkt: 9:00 min
	
Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0	Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0
Zeitpunkt: 10:00 min	Zeitpunkt: 10:00 min
	
Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0	Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0

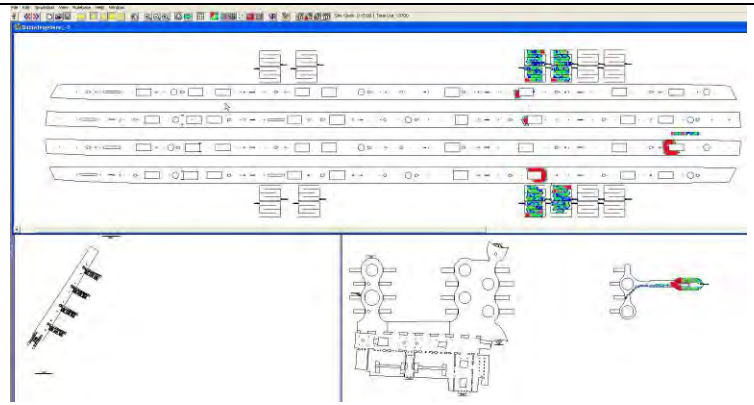
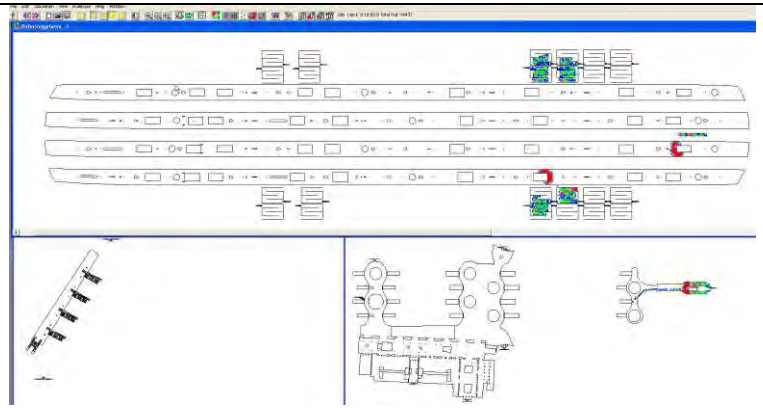
Vertraulicher Entwurf

Szenario Brand 0 (SimN00)	**Szenario Brand 2 (SimN04)**
Zeitpunkt: 11:00 min	Zeitpunkt: 11:00 min
	
Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0	Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0
Zeitpunkt: 12:00 min	Zeitpunkt: 12:00 min
	
Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0	Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0

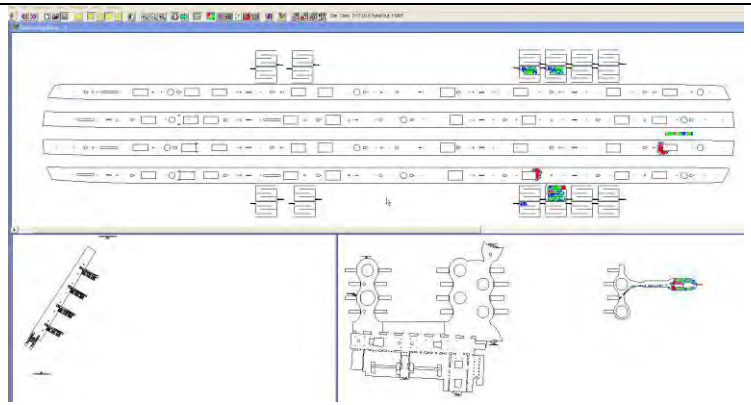
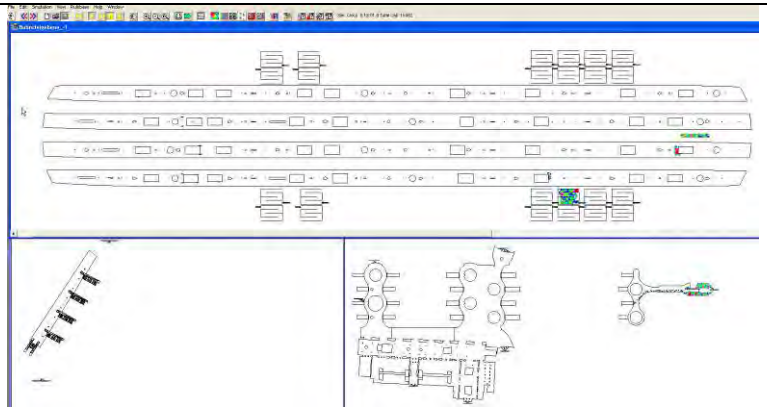
Vertraulicher Entwurf

Szenario Brand 0 (SimN00)	**Szenario Brand 2 (SimN04)**
Zeitpunkt: 13:00 min	Zeitpunkt: 13:00 min
	
Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0	Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0
Zeitpunkt: 14:00 min	Zeitpunkt: 14:00 min
	
Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0	Bahnsteige, Ebene -1 Steg Ebene 0

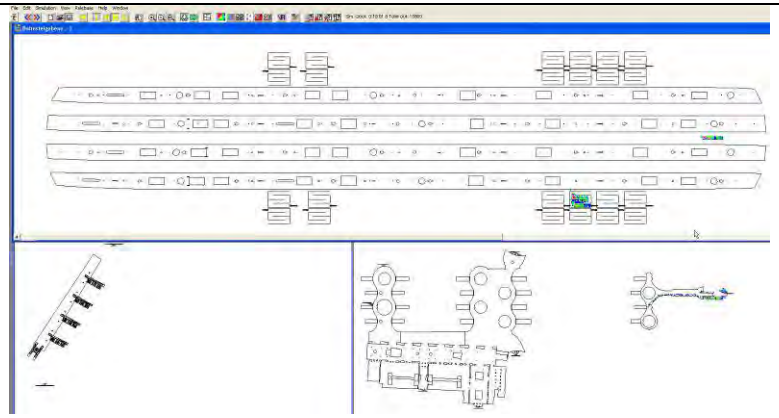
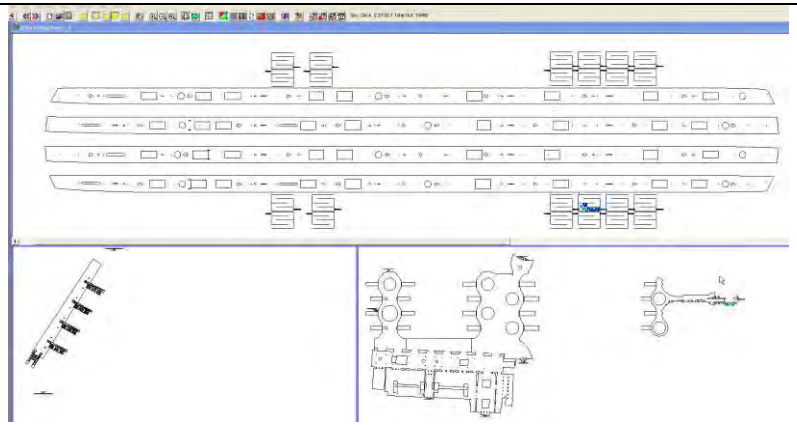
Vertraulicher Entwurf

Szenario Brand 2 (SimN04)	
Zeitpunkt: 15:00 min	
	
Bahnsteige, Ebene -1	Steg Ebene 0
Zeitpunkt: 16:00 min	
	
Bahnsteige, Ebene -1	Steg Ebene 0

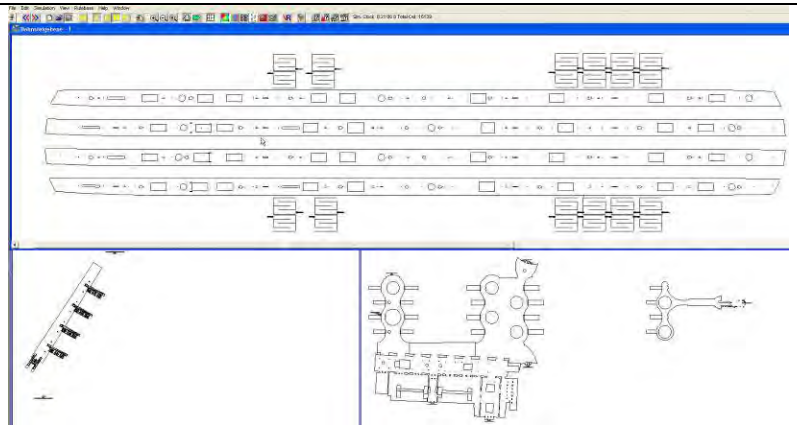
Vertraulicher Entwurf

Szenario Brand 2 (SimN04)	
Zeitpunkt: 17:00 min	
	
Bahnsteige, Ebene -1	Steg Ebene 0
Zeitpunkt: 18:00 min	
	
Bahnsteige, Ebene -1	Steg Ebene 0

Vertraulicher Entwurf

Szenario Brand 2 (SimN04)	
Zeitpunkt: 19:00 min	
	
Bahnsteige, Ebene -1	Steg Ebene 0
Zeitpunkt: 20:00 min	
	
Bahnsteige, Ebene -1	Steg Ebene 0

Vertraulicher Entwurf

Szenario Brand 2 (SimN04)	
Zeitpunkt: 21:00 min	
	
Bahnsteige, Ebene -1	Steg Ebene 0

Vertraulicher Entwurf

8.2.2.15 Auswertung Personendichte

Die rechnerische Begrenzung der Personendichte auf 4 P/m² führt auch zu einem größeren Staubereich (Staufläche) in der Simulation als in der Realität. In der Realität führt die größere Personendichte u.a. auch zu einer Vergrößerung des Personenabstandes bezogen auf die Staufläche zur Bahnsteigkante, was z. B. das passieren dieser Stauzone erleichtert.

8.2.3 Nachweis der raucharmen Schicht bzw. der Rauchfreihaltung

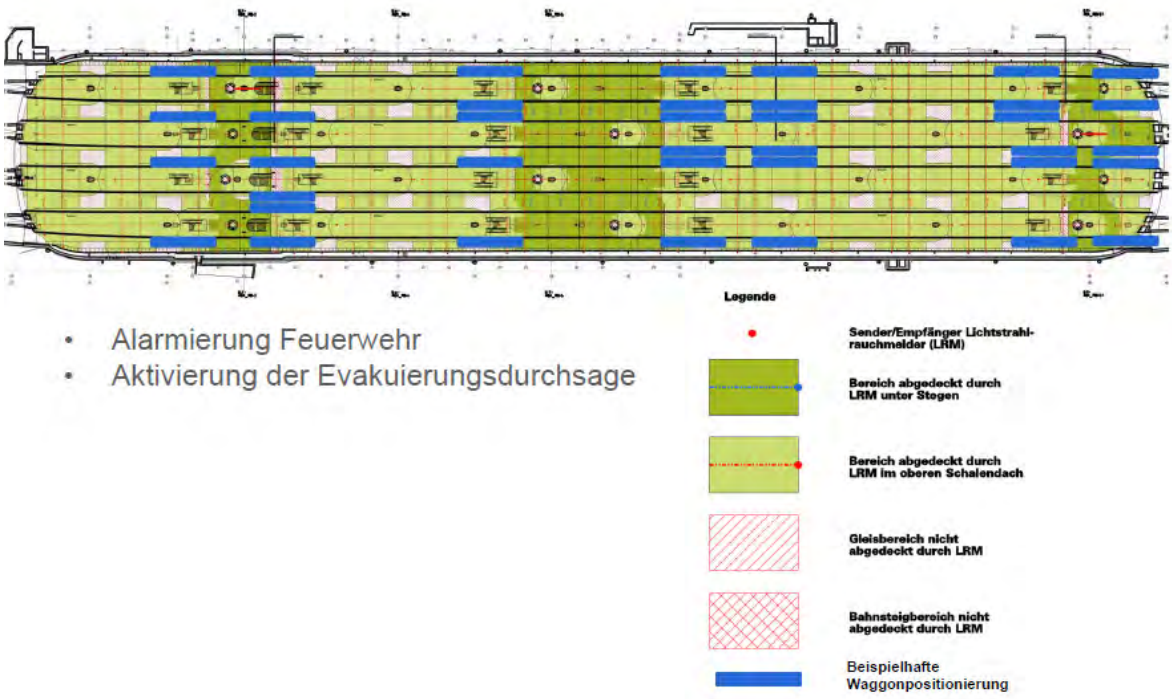
8.2.3.1 Prinzip der Entrauchung

Wesentlicher Bestandteil des Brandschutzkonzeptes für die uPva Hauptbahnhof Stuttgart ist eine schnelle und gezielte Branddetektion mit automatischer Feuerwehralarmierung und eine wirkungsvolle Entrauchung zur Gewährleistung einer sicheren Personenevakuierung.
Die derzeitige Planung, welche in diversen Gesprächen mit namhaften Herstellern optimiert und plausibilisiert werden konnte, sieht für die automatische Brandherddetektion und -lokalisierung ein rechtwinklig orientiertes 2-Ebenen Lichtstrahl-Rauchmeldersystem vor, beide Ebenen, sowohl die obere als auch die untere Ebene direkt oberhalb der Oberleitungen, haben Lichtstrahlrauchmelder quer und längs zu den Gleisen.

Vertraulicher Entwurf

Rauchdetektion

Abdeckung der Lichtstrahlrauchmelder (Ebene -1)



- Alarmierung Feuerwehr
- Aktivierung der Evakuierungsdurchsage

Bild 8.46: Rauchdetektion

Vertraulicher Entwurf

Bild 8.46 zeigt den gegenwärtigen Planungsstand, wie er mit verschiedenen Systemanbietern abgestimmt wurde.

Zur Gewährleistung einer ausreichend langen Zeitdauer der raucharmen Schicht für die Evakuierung ist eine brandortbezogene, lokalisierte Entrauchung erforderlich. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Position des brennenden Wagens auch dann ausreichend sicher lokalisiert werden muss, wenn der Zug mit einer Rauchschleppe einfährt. Zur Klärung der technischen Realisierbarkeit fanden intensive Abstimmungsgespräche mit mehreren Anbietern von Detektionssystemen statt. Die technische Realisierbarkeit wurde durch Fachfirmen bestätigt (Abstimmungsprotokolle siehe Anlage).

Zur Vermeidung von unbegründeten Evakuierungsalarmierungen bei Kleinbränden wird folgender Grund-Algorithmus bei den Detektions- und Steuerungsregelungen vorgesehen:
Eine Aktivierung beider Detektionsebenen, unabhängig von der aktivierten Melderzahl je Ebene, bewirken eine Alarmweiterschaltung zur Feuerwehr, die Evakuierungsalarmierung und die Aktivierung der Entrauchung.

DETEKTOR-AKTIVIERUNG	**MASSNAHMEN**			
	3-S-Zentrale	FW-Weiterschaltung	Aktivierung der Evakuierung	Aktivierung der Entrauchung
untere Ebene 1 Melder	X			
untere Ebene mehrere Melder	X	X		
obere Ebene 1 Melder	X			
obere Ebene mehrere Melder	X	X		
obere + untere Ebene	X	X	X	X

Tabelle 32: Gegenüberstellung Detektionsebene

Eine Aktivierung nur einer Detektionsebene und nur eines Melders, bewirkt eine Alarmweiterschaltungzur bahnhofsinternen Sicherheitszentrale (3-S-Zentrale), nicht jedoch die Alarmierung der Feuerwehr und die Auslösung des Evakuierungsalarms und der Entrauchung.

Vertraulicher Entwurf

Eine Aktivierung nur einer Detektionsebene, mit mehr als einem aktivierten Melder, bewirkt eine Alarmweiterschaltung zur Feuerwehr und zur bahnhofsinternen Sicherheitszentrale (3-S-Zentrale), nicht jedoch die Auslösung des Evakuierungsalarms und der Entrauchung.

Mit dieser Differenzierung soll genutzt werden, dass die Rauchentwicklung eines unkritischen Kleinbrandes mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht zur Aktivierung der oberen, deckennahen Detektionsebene führt und mit dieser Fallunterscheidung unbegründete Betriebsstörungen vermieden werden. Bei der Werkplanung ist diese Anforderung zu berücksichtigen.

Das zu installierende System besteht aus den beschriebenen Lichtstrahl-Rauchmeldern in 2-Ebenen, in Verbindung mit einem speziellen Signal Auswertealgorithmus. Die Anforderung an die Lokalisierungs-Genauigkeit des Brandherdes beträgt ca. 2 Längen eines Eisenbahnfahrzeugs und ist, nach Firmenaussagen, erreichbar.

Entsprechend der Untersuchungen von I.F.I. („Experimentelle Untersuchungen für die Bahnhofshalle“, 24.Februar 1999 und „Tunnelsystem des Hauptbahnhofes“, Einfluss der Zugfahrten, 20.April 2010) sollte mit einer Längsströmung aufgrund der Tunnelthermik von ca. 0,5 m/sec und infolge einfacher Einfahrten von Zügen am Bahnsteig von ca. 0,8 m/sec gerechnet werden. Nach Aussage der Anbieter für Detektionssysteme kann bis ca. 5,0 m/sec von einer stabilen Detektion ausgegangen werden.

Vertraulicher Entwurf

Für die uPva Hauptbahnhof Stuttgart ist eine hybride Entrauchung geplant:

A: Maschinelle Entrauchung bei Bränden nahe einem Tunnelmund mit Rauch-Absaugung über das Tunnel-Entrauchungsbauwerk des brandherdnahen Tunnel und maschinelle Zuluft-Zufuhr über das Tunnel-Entrauchungsbauwerk des brandherdfernen Tunnels; die Ventilatoren in beiden Tunnel-Entrauchungsbauwerken müssen daher die volle Leistung von mindestens jeweils $1{,}2 \cdot 10^6$ m³/h in beiden Richtungen erbringen (Zuluft/Abluft).

B: Natürliche Entrauchung über NRWG in der Decke bei Bränden im mittleren Bereich der Bahnhofshalle mit maschineller Zuluft-Zufuhr aus beiden Tunnel-Entrauchungsbauwerken gleichzeitig.

Detektion

- 3 Sektoren
- Automatische Brandmeldeanlage
- Schutzziele: Rauchdetektion, Brandortlokalisierung
- Realisierung durch Lichtstrahlrauchmelder in zwei Ebenen, alternativ Lichtstrahlrauchmelder- und Flammmelderebene
- Realisierungsmöglichkeit mit Herstellern geprüft

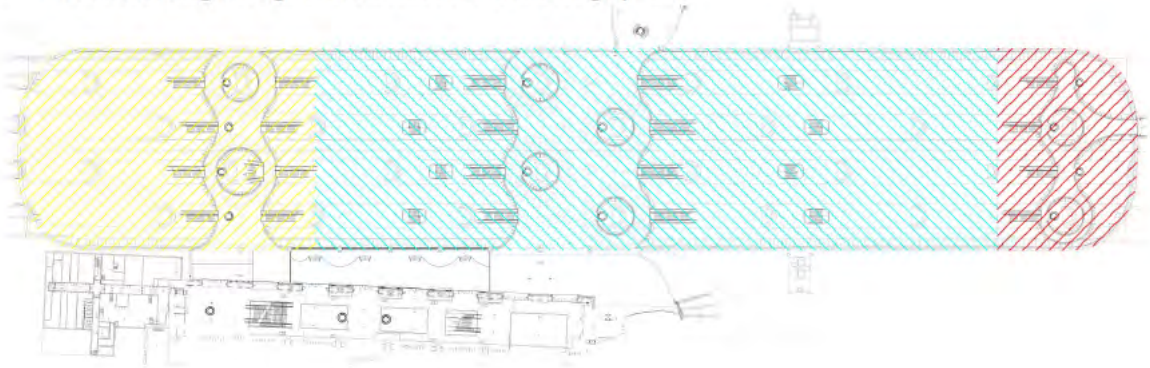


Bild 8.47: Detektionsbereiche

Bild 8.47 verdeutlicht dieses Entrauchungsprinzip. Die automatische Brandherd-Lokalisierung muss zunächst eine Zuordnung innerhalb dieser drei Bereiche ermöglichen, um den Entrauchungsfall (A/B) zu definieren; dieser wird danach unverändert beibehalten, auch bei Rauchüberströmung in einem Nachbarbereich. Danach erfolgt durch die Detektoren der oberen Ebene die individuelle Ansteuerung der NRWG im Brandnahbereich in Abhängigkeit von der Rauchausbreitung.

Vertraulicher Entwurf

Die Rauchausbreitung im Brandfall und die daraus entstehende Beeinträchtigung der Sichtweitenverhältnisse wurde mit dem Feldmodell NIST FDS 5.5.3 (Parallelversion) für alle als relevant identifizierten Szenarien untersucht.
FDS (Fire Dynamics Simulator (Version 5), User's Guide. NIST Special Publication 1019-5, October 2010; Fire Dynamics Simulator (Version 5), Technical Reference Guide, Volume 1: Mathematical Model. NIST Special Publication 1018-5, October 2010) ist ein Rechenprogramm zur Simulation thermisch induzierter Strömungen mit niedriger MACH-Zahl, das speziell für die Anwendung im Rahmen ingenieurgemäßer Nachweisführungen zur Sicherheit im Brandfall vom National Institute of Standards and Technology (NIST, USA), einer Abteilung des US-Handelsministeriums, entwickelt wurde und gegenwärtig weltweit in Forschung, Lehre und Praxis eingesetzt wird. Das Programmsystem wurde umfangreichen Validierungsprüfungen [Fire Dynamics Simulator (Version 5), Technical Reference Guide, Volume 3: Validation. NIST Special Publication 1018-5, December 2009] unterzogen.
Im Rahmen der Untersuchungen zur Entrauchung der uPva Stuttgart Hauptbahnhof wurden zahlreiche Simulationen für unterschiedliche Varianten natürlicher und maschineller Entrauchung durchgeführt, auch bauliche Maßnahmen wurden geprüft. Über diese Untersuchungen liegen gesonderte Berichte vor. Die relevanten Ergebnisse sind in diesem Brandschutzkonzept enthalten.

8.2.3.2 Objekt- und Brandmodellierung

Geometrie

Das jeweilige Untersuchungsszenario besteht aus der dreidimensionalen Objektgeometrie (Bahnhofshalle) mit der angrenzenden Umgebung (Tunnelanbindung und Freibereich), den strömungsmechanischen Randbedingungen (Öffnungen, Ventilatoren) und dem zeitlichen Brandverlauf (Energiefreisetzung).

Szenario (Simulation – Nr.)		**Dokumentation**
Brand unter Steg B	(Simulation 20)	BPK G 091-2011
Brand zwischen Steg A und B	(Simulation 21)	BPK Stellungnahme 18.05.2011
Brand zwischen Steg A und Tunnel	(Simulation 23)	BPK G 009-2012
Brand vor Steg C	(Simulation 24)	BPK G 024-2012

Tabelle 33: Voruntersuchungen

Vertraulicher Entwurf

Die Objektgeometrie wurde mit Hilfe eines 3D CAD-Modells nachgebildet, das von ingenhoven architects zu diesem Zweck an BPK übergeben wurde.
Aus den Abmessungen der Bahnhofshalle ergeben sich eine zu modellierende mittlere Länge von ca. 440,0 m, eine mittlere Breite von ca. 72,0 m und eine mittlere Höhe von ca. 23,0 m (Bild 8.48). Die Breite bezieht sich auf die Geometrie des Hallendaches und berücksichtigt die anbindenden Ausgänge nicht. Die im Freien liegenden Gitterschalen wurden nicht modelliert.

Die Entfluchtung der Bahnhofshalle verläuft von den Bahnsteigen über Treppenanlagen zu den die Gleise querenden Stegen A, B und C und von dort in das Freie oder in angrenzende sichere Brandabschnitte (Bild 8.48). Die Stege sind somit bezüglich Verrauchung der kritische Teil der Rettungswege.

Zu- und Abluft

Im Schalendach (Bild 8.49) sind Lichtaugen (Bild 8.50) angeordnet, in denen teilweise auch die Rauchabzugsflächen für die natürliche Entrauchung integriert sind (NRWG, Bild 8.50). Dies gilt nicht für die nicht öffenbaren flachen Lichtaugen im Bereich des Nordkopfes (Achse A1-A4).

Das Konzept der natürlichen (NRWG) bzw. maschinellen (Tunnelventilatoren) Entrauchung berücksichtigt die Brandherdlage (Bild 8.51). Für die Simulationen wurden vier kritische Szenarien (Brand 1-4) identifiziert, um die Wirksamkeit der Entrauchung zu verifizieren (Simulationen Nr. 20, 21, 23 und 24, (Bild 8.52).

Für Brandherdpositionen zwischen den Stegen A und C wird beidseitig aus den angrenzenden Tunnels Zuluft maschinell zugeführt, die Rauchabführung erfolgt natürlich über die NRWG in den Lichtaugen (Bild. 8.50), die in Abhängigkeit von der Rauchausbreitung dynamisch geöffnet werden.

Für Brände zwischen den Tunnelanbindungen und den Stegen A bzw. C erfolgt die Entrauchung maschinell mittels Ventilatoren in einem speziellen Entrauchungsbauwerk des jeweils angrenzenden Tunnels (Entrauchungsbauwerk Süd bzw. das Entrauchungsbauwerk Nord) und von dort in das Freie. Die Zuluftzufuhr erfolgt hierbei maschinell aus der dem Brandbereich abgelegenen Tunnelröhre.

Vertraulicher Entwurf

Wichtig für eine wirkungsvolle Entrauchung ist die frühzeitige und gezielte Branddetektion. Unabhängig von der Brandherdlage wird davon ausgegangen, dass der Brand ca. 1 Minute nach der Einfahrt des brennenden Eisenbahnfahrzeugs in die Bahnhofshalle detektiert wird; mit diesem Zeitpunkt die Ventilatoren an den angrenzenden Tunnelanbindungen anlaufen und nach ca. 3 Minuten ihre Maximalleistung von jeweils 1.200.000 m³/h erreichen. Die Vorbrennzeit von 7 Minuten entspricht der Tunnelfahrzeit des Zuges ab der letzten Station.

Hinweis:
Die bisherige DB-Vorgabe einer Tunnelfahrzeit von 7 Minuten wurde nach Abschluss aller Simulationen mit einem Schreiben von DB Netz AG, I.NMF 3, vom 17.09.2012 auf 7:41 Minuten korrigiert. Dieser Wert entspricht der 95% Fraktile aller Fahrzeiten, deckt somit auch betrieblich bedingte Störungen ab und ist nur einer Zugverbindung geschuldet; die Regelfahrzeit im Tunnel beträgt danach 4-6 Minuten.
Das Beibehalten des 7-Minuten-Wertes ist somit unbedenklich.

Kommt das brennende Eisenbahnfahrzeug zwischen den Stegen A und C zum Halten (Brand 2 und 3), öffnen jene NRWG in den Lichtaugen, die sich im Bereich des Brandherdes befinden (Ansteuerung über die oberste, unter den NRWG installierte, Detektionsebene. Die übrigen NRWG bleiben zunächst geschlossen, öffnen jedoch automatisch, sobald eine Rauchausbreitung in deren jeweiligen Einzugsbereichen detektiert wird. Ein sofortiges Öffnen aller NRWG wird wegen des Risikos von Verwirbelungen bei geringen Abströmgeschwindigkeiten nicht empfohlen.

Vertraulicher Entwurf

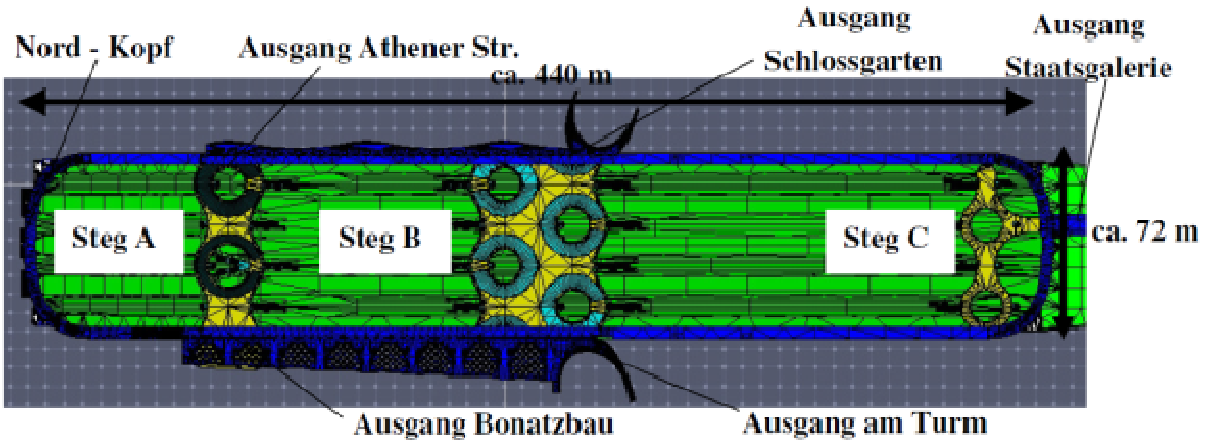


Bild 8.48: Grundriss der Bahnhofshalle (Schnitt unterhalb der Decke)

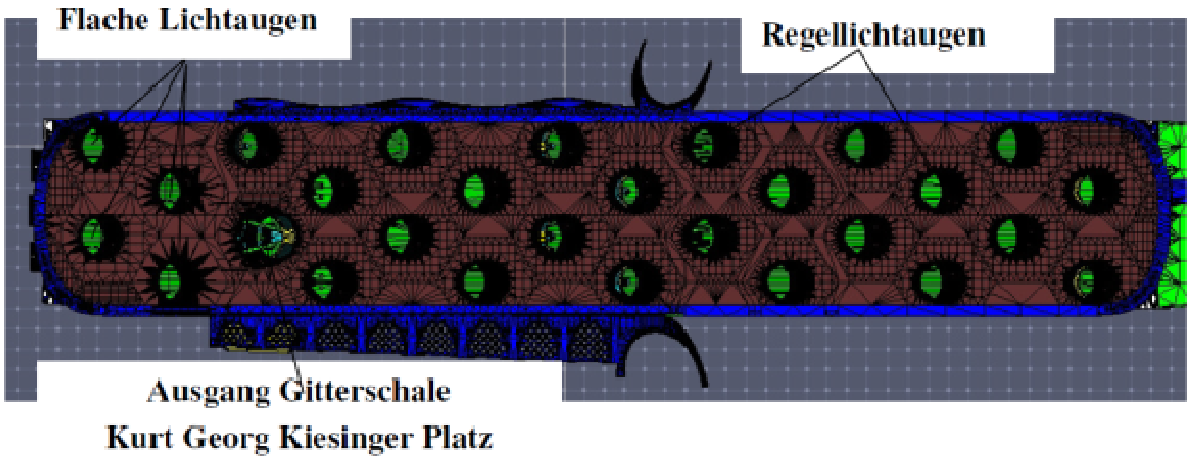


Bild 8.49: Grundriss der Bahnhofshalle (Aufsicht des Schalendachs)

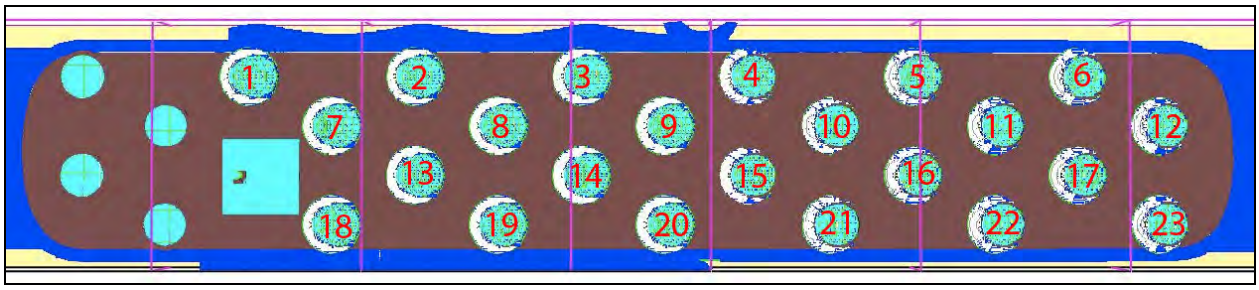


Bild 8.50: Bezeichnung der öffenbaren Lichtaugen (NRWG)

Vertraulicher Entwurf

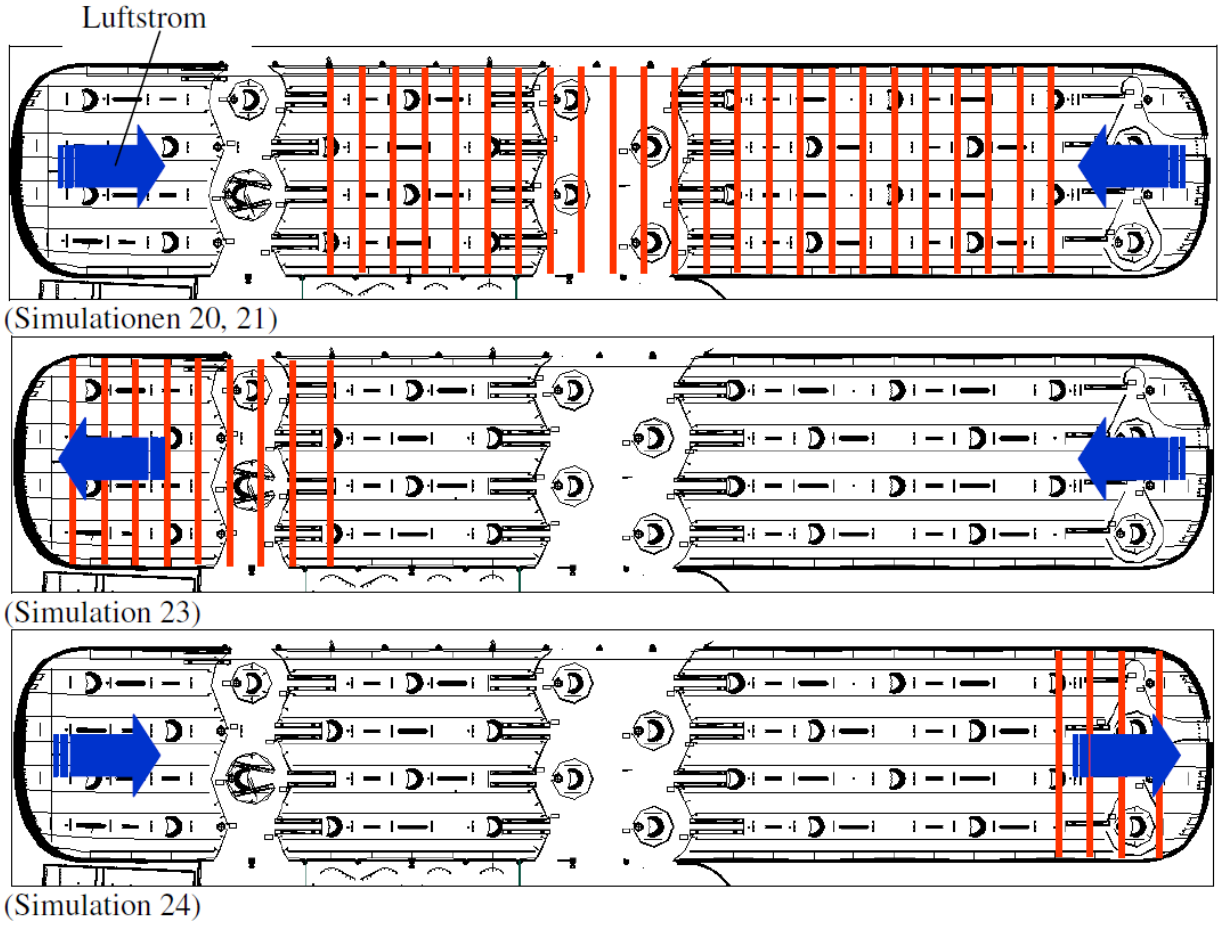


Bild 8.51: Richtung der Luftströmung aus den angrenzenden Tunnelbereichen für unterschiedliche Brandherdpositionen (rote Linien)

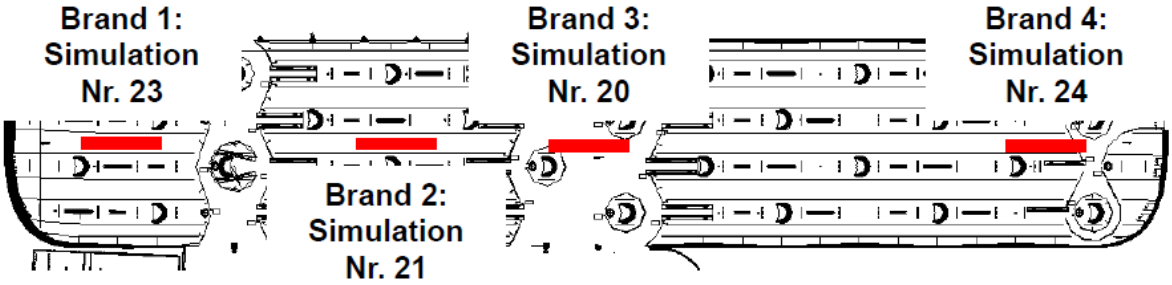


Bild 8.52: Untersuchte Brandherdpositionen (Festlegung nach Kap. 5.4.2).

Vertraulicher Entwurf

Brandmodellierung

Für den Brandverlauf wird die konservative Annahme getroffen, dass der Brandausbruch in der vorangegangenen Station erfolgt, sodass zum Zeitpunkt der Einfahrt des brennenden Eisenbahnfahrzeugs in die Bahnhofshalle der Brand sich bereits in der 7. Minute befindet (vergl. hierzu auch Kap. 8.2.4.1).

Der zeitliche Brandverlauf, die Masse der Pyrolysegase und die Zusammensetzung der Verbrennungsprodukte, die detaillierte Geometrie des Eisenbahnfahrzeugs, einschl. der Zeitpunkte, an denen dessen Fenster zerbersten und durch diese ein entsprechend erhöhter Raucheintrag in die Bahnhofshalle ermöglicht wird, werden programmgerecht im DB-Anwenderhandbuch „Bemessungsbrände für S-Bahnen und den gemischten Reisezugverkehr" (06/2010) beschrieben. Als maßgebendes Szenario wurde in Abstimmung mit DB der „gemischte Reisezugverkehr“ festgelegt.

Da programmtechnisch eine bewegte Rauchquelle (Tunnelfahrt des Zuges) nicht simuliert werden kann, wurde ersatzweise der brennende Wagen für die Fahrdauer von 7 Minuten als mit geschlossenen Türen im Bahnhof stehend angenommen, um die Vorbrennzeit (Fahrzeit im Tunnel) indirekt zu berücksichtigen. Zur Sicherstellung einer Minimalventilation wird während dieser Phase eine kleine Öffnung von 0,25 m² im Bereich der Türen angenommen. Hierdurch kommt es zu einem geringfügigen Raucheintrag in die Bahnhofshalle bereits während der angenommenen Vorbrennzeit; durch diese Maßnahme wird näherungsweise auch der Rauchstau im Eisenbahnfahrzeug während der Tunnelfahrtzeit berücksichtigt. Der direkte Raucheintrag in die Bahnhofshalle beginnt erst nach 7 Minuten Branddauer, wenn die beiden Waggontüren als vollständig geöffnet simuliert werden (eigentlicher Halt des Zuges). Das spätere Bersten der Waggonfenster wird entsprechend den Vorgaben des Anwenderhandbuches simuliert.

Für die Beurteilung der Verrauchung hinsichtlich der Sichtweitenbeeinträchtigung und damit der Nutzbarkeit der Flucht- und Rettungswege wird die sog. Optische Dichte D_L [m^{-1}] über die programmeigene Ausgabegröße OPTICAL DENSITY (siehe Fire Dynamics Simulator (Version 5), User’s Guide. NIST Special Publication 1019-5, October 2010) in dynamischen und statischen Schnitt-Farbkarten (Slices und Plot3D) visuell abgefragt und dargestellt. Die Optische Dichte stellt einen Zusammenhang her, zwischen der lokalen Rauchkonzentration und der dadurch zu erwartenden Sichttrübung. In Abhängigkeit von den Reiz-Eigenschaften der Rauchgase, der Beleuchtung der Erkennungszeichen und den angestrebten Mindestsichtweiten darf ein bestimmter Grenzwert nicht überschritten werden (Bild 8.53).

Vertraulicher Entwurf

Gemäß DB-Anwenderhandbuch - Bemessungsbrände für S-Bahnen und den gemischten Reisezugverkehr (2010), wurden folgende Simulationsparameter verwendet:

Grenzwert Optische Dichte D_L	0,13	1/m
Rußausbeutefaktor („soot yield“)	0,13	kg/kg
CO – Ausbeutefaktor („CO-yield“)	0,07	kg/kg
Heizwert („heat of combustion“)	23,1	MJ/kg
Strahlungsanteil (“radiative fraction”)	20	%

Das Strahlungsmodell wurde nicht aktiviert, da bei den hier vorliegenden, großen Modellabmessungen die Auswirkung der Strahlung auf die Rauchausbreitung und Verrauchung, unter Berücksichtigung der raschen Abkühlung der in die Station eingetragenen Rauchgase, ohne Bedeutung ist.

Simulationsdauer

Für Neubauten darf gemäß den Planungsvorgaben für die brandschutztechnische Ausstattung unterirdischer Personenverkehrsanlagen (uPva) (DB Station & Service AG – Anlagen- und Instandsetzungsmanagement (I.SBI), Stand: 15.04.2011) bis in eine Höhe von 2,5 m („Mindesthöhe der raucharmen Schicht“) über Boden, für die Dauer der Selbstrettungsphase, der Wert D_L = 0,13 [m^{-1}] nicht überschritten werden. Zur Ermöglichung der Fremdrettung und des wirksamen Löschangriffes durch die Feuerwehr darf dieser Wert bis in eine Höhe von 1,5 m über Boden nicht überschritten werden.
Unter Berücksichtigung der Vorbrennzeit von t = 7 Minuten, der Zeit ab Einfahrt des brennenden Eisenbahnfahrzeugs in die Bahnhofshalle bis zur Branddetektion ($\Delta t1$ = 1 Minute) und der Zeit bis zur Feuerwehralarmierung ($\Delta t2$ = 1 Minute) ergibt sich bei der von der Branddirektion Stuttgart veranschlagten Vorlaufzeit von ca. 30 Minuten, eine Gesamt-Brandzeit von t = 39 Minuten ab Brandausbruch bis zum Beginn des Löschangriffes. Gemäß den Planungsvorgaben für die brandschutztechnische Ausstattung unterirdischer Personenverkehrsanlagen (uPva) (DB Station & Service AG – Anlagen- und Instandsetzungsmanagement (I.SBI), Stand: 15.04.2011) müssten die Simulationen und deren Beurteilung bis t = 39 + 15 = 54 Minuten Branddauer geführt werden. Es ist jedoch zu beachten, dass die Brandintensität (Wärmefreisetzungsrate [MW]) bereits ab der 28. Brandminute einen abklingenden Verlauf aufweist (Bild 8.54), sodass für die darüber hinaus gehende Zeit keine relevante Verschlechterung der Einsatzbedingungen für die Lösch- und Rettungskräfte zu erwarten ist. Die Simulationen werden deshalb, mit Ausnahme Brand 4 (Simulation Nr. 24), abweichend von dieser DB-Vorgabe, szenarioabhängig bis maxi-

Vertraulicher Entwurf

mal t = 45 Minuten Branddauer durchgeführt. Der Brand 4 (Simulation Nr. 24) wird, mit Rücksicht auf die Fremdrettungsphase, bis t = 79 Minuten Branddauer durchgeführt.

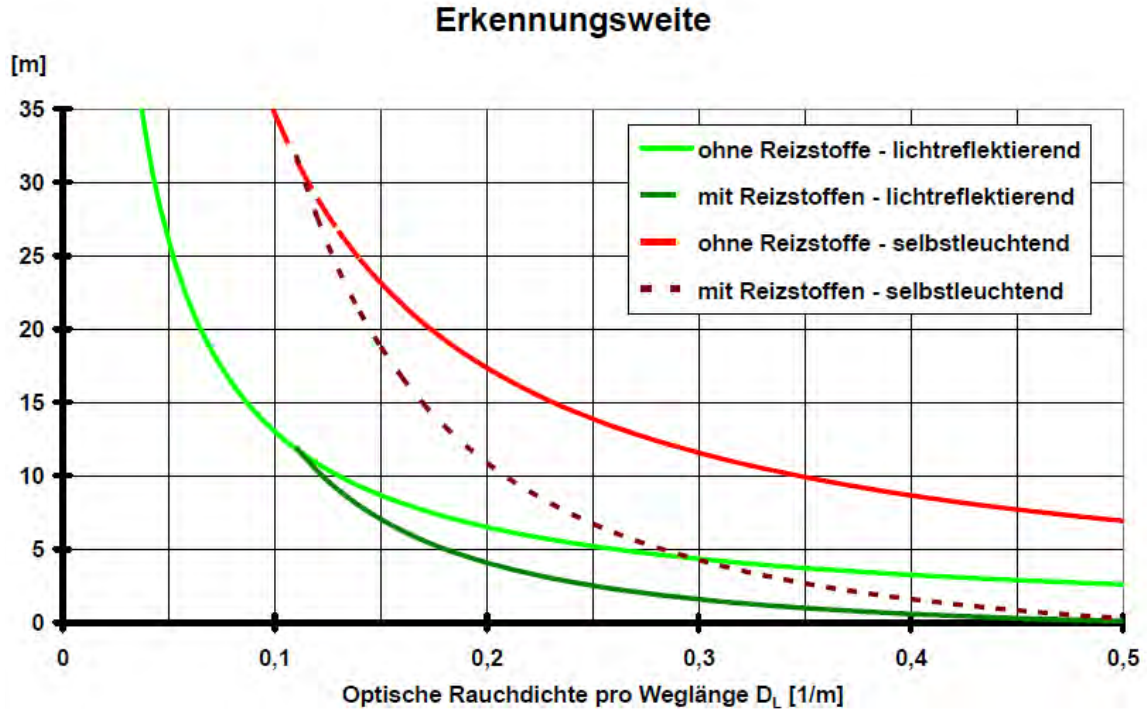


Bild 8.53: Zusammenhang zwischen Sichtweite und optische Dichte

Bild 8.49 zeigt die Abhängigkeit von den Eigenschaften der Rauchgase und der Erkennungszeichen (vergl. Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes, Technischer Bericht 04-01, VFdB – Referat 4, Stand Mai 2009).

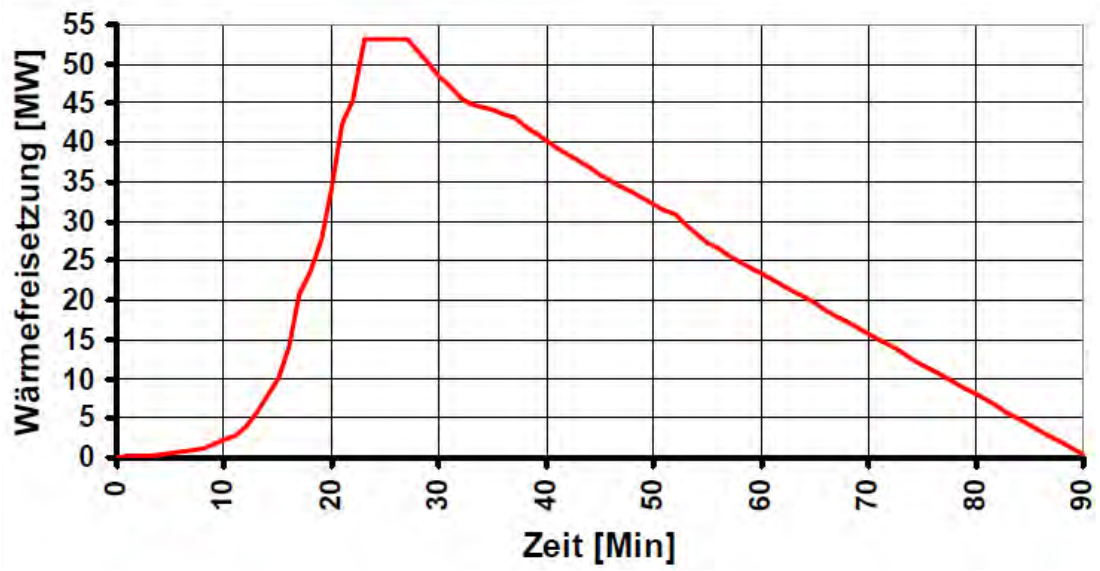


Bild 8.54: Bemessungsbrand „gemischter Reisezugverkehr“ gemäß Anwenderhandbuch

Vertraulicher Entwurf

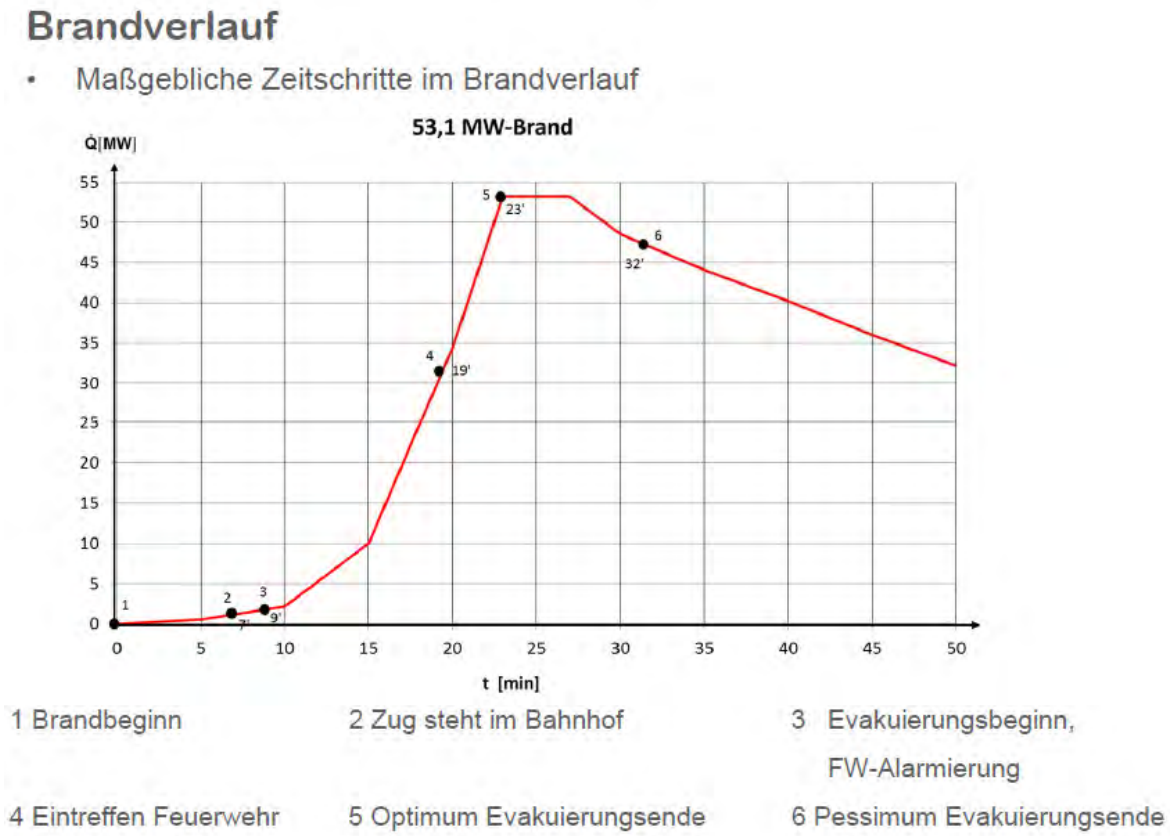


Bild 8.55: Maßgebliche Zeitschritte im Brandverlauf

8.2.3.3 NRWG in den Lichtaugen

Für die Szenarien „Brennendes Eisenbahnfahrzeug hält zwischen den Stegen A und C“ wird die Zuluft maschinell über die beidseitig angrenzenden Tunnel zugeführt, der Rauch wird über die NRWG-Öffnungen in den Lichtaugen abgeführt. Die reversibel einsetzbaren Ventilatoren in den Tunneln erbringen für dieses Szenario eine Leistung von 1.200.000 m³/h je Tunnel (vergl. Gruner AG, Vorplanung Entrauchungsanlage Südseite, vom 07.08.2003 und Entrauchungsstudie I.F.I. vom 11.12.2001). Die Ventilatoren und die im Bereich der Rauchdetektion (Linearmelder) befindlichen Teilflächen der Lichtaugen werden unmittelbar nach Branddetektierung automatisch aktiviert. Als Detektionszeit wird, nach Einfahrt des Zuges,

$$t_{Detektion} = 1{,}0 \text{ min}$$

angenommen. Unter Berücksichtigung der Vorbrennzeit (Tunnelfahrzeit) von t = 7 min ergeben sich somit insgesamt

$$t_{Aktivierung} = 8{,}0 \text{ min}$$

Vertraulicher Entwurf

als Branddauer bis zur Aktivierung der Ventilatoren und der Lichtaugenöffnungen.
Für die Ventilatoren wird eine Anlaufzeit von

$$t_{V\text{-}100\%} = 3{,}0 \text{ min}$$

angesetzt bis zum Erreichen der Maximalleistung.

Die unmittelbar nach Detektion öffnenden Entrauchungsflächen in den Lichtaugen ergeben sich aus der Position des brennenden Eisenbahnfahrtzeugs und der Windrichtung; die Aktivierung erfolgt automatisch (2-Melder Kriterium). Weitere Abströmflächen öffnen automatisch in Abhängigkeit von der Rauchausbreitung.

Die Untersuchungen zu den Auswirkungen der Windrichtung auf die Ausbildung der Strömung an den Öffnungsflächen der Lichtaugen und die Herleitung von Abminderungsfaktoren für die Bestimmung der aerodynamisch wirksamen Öffnungsfläche i.A. von der jeweiligen geometrischen Öffnungsfläche wurden vom Institut für Industrieaerodynamik., Aachen, durchgeführt. Danach ergibt sich die ungünstigste Wind-Anströmungsrichtung in dem Sektor $\alpha = 360° \pm 30°$ der Winkel α entspricht der Längsachse der Bahnhofshalle und war Grundlage der FDS-Simulationen zur Entrauchung (vergl. Kapitel 8.2.3).

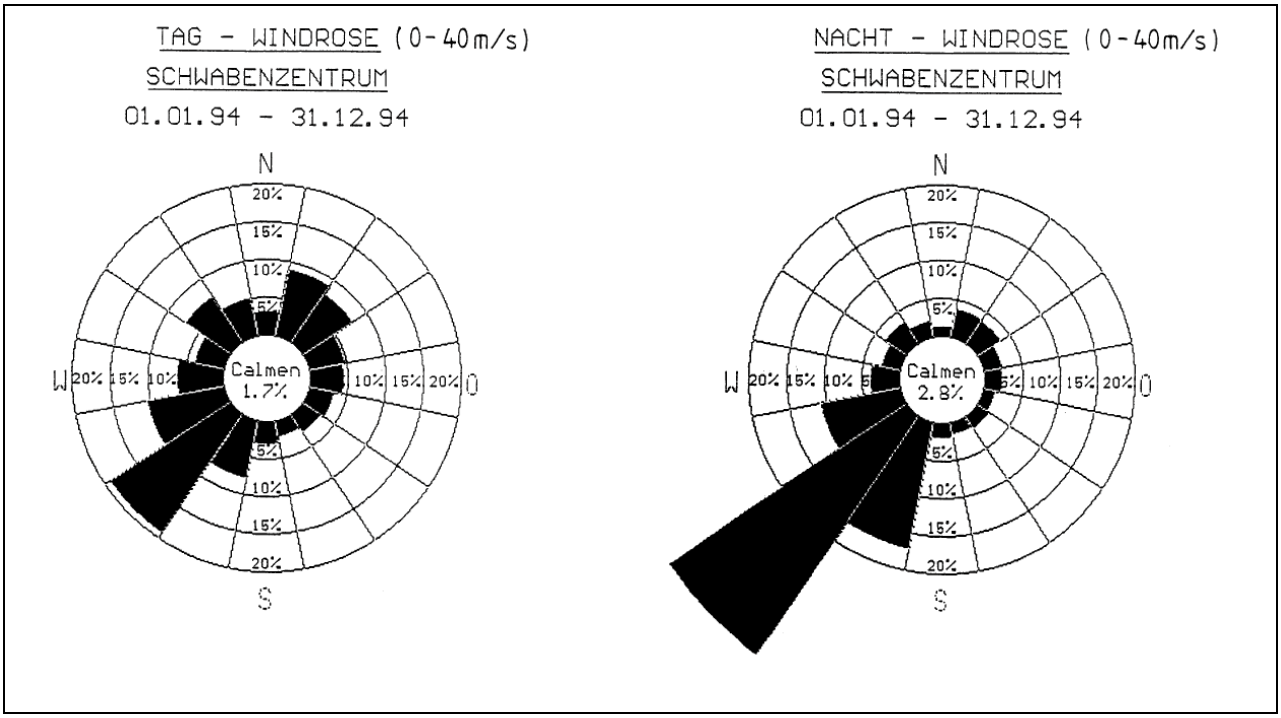


Bild 8.56: Häufigkeit der sich einstellenden Windrichtungen (www.stadtklima-stuttgart.de)

Vertraulicher Entwurf

In Abhängigkeit von der Windrichtung können jeweils nur Teilflächen der insgesamt öffenbaren Flächen in den Lichtaugen für eine Entrauchung genutzt werden (Bild 8.57); Die Untersuchungen zu den Auswirkungen der Windrichtung auf die Ausbildung der Strömung an den Öffnungsflächen der Lichtaugen und die Herleitung von Abminderungsfaktoren für die Bestimmung der aerodynamisch wirksamen Öffnungsfläche, abhängig von der jeweiligen geometrischen Öffnungsfläche, wurden von I.F.I. durchgeführt (vgl. I.F.I. Institut für Industrieaerodynamik GmbH, Bericht – Nr.: STG33-2-2 im Auftrag von ingenhoven architects, Aachen 21.07.2011). Danach ergibt sich die ungünstigste Wind-Anströmrichtung für einen Winkelbereich von 0° - 30° bzw. 330° - 0° (Tabelle 34), Winkelbezug relativ zur Längsachse der Bahnhofshalle); bei diesen Windrichtungen können für die Entrauchung nur die mit orange, rot und lila gekennzeichneten Öffnungsflächen aktiviert werden. Hieraus resultiert die kleinste aerodynamisch wirksame NRWG-Öffnungsfläche von insgesamt

$$A_{aerod} = 5{,}58 \text{ m}^2 \text{ / Lichtauge.}$$

Eine detaillierte Modellierung der Öffnungsflächen, einschl. Lamellen, ist bei der gewählten Diskretisierung nicht zweckmäßig, sodass im Modell wirkungsgleiche Öffnungen im Bereich der Lichtaugen angeordnet wurden (vergl. Will, J.: Welche aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche ist „richtig“?, Beitrag zum 4. Anwendertreffen der FDS Usergroup, November 2010). Diese Vereinfachung bei der Modellierung der Öffnungsflächen in den Lichtaugen führt zu keiner Beeinträchtigung der Aussagekraft der Simulationsergebnisse.

Vertraulicher Entwurf

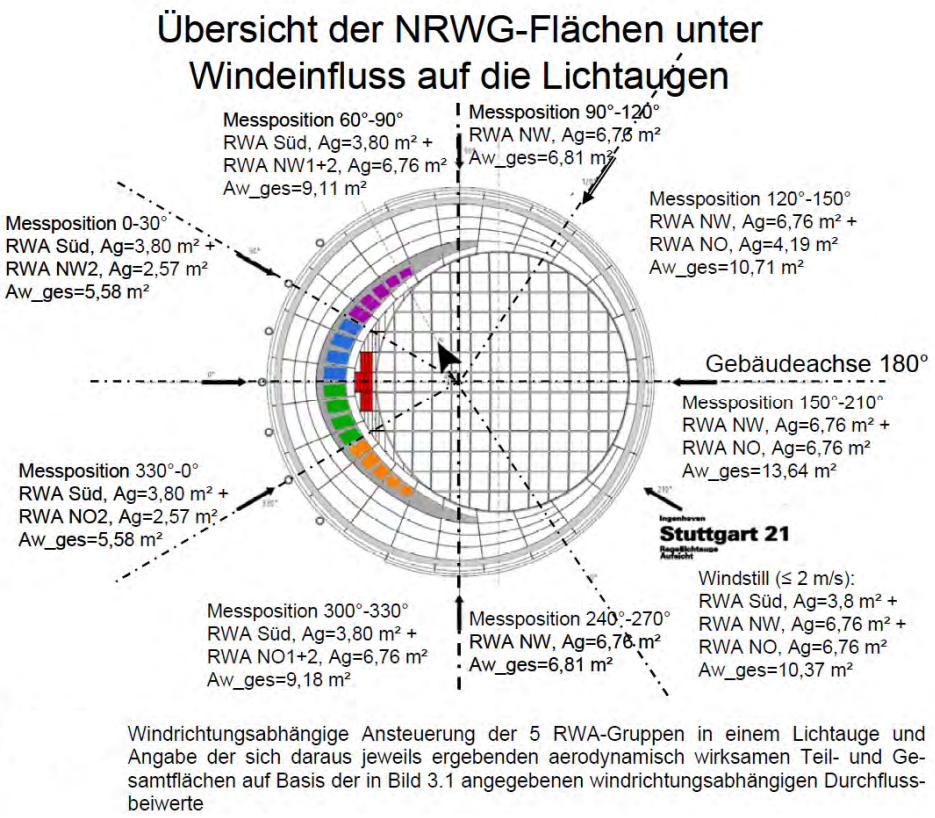


Bild 8.57: Anordnung öffenbarer Flächen in den Lichtaugen [ia]

Windrichtung	öffenbare Flächen	geometrische Öffnungsfläche	aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche
0° - 30°		6,37 m²	5,58 m²
60° - 90°		10,56 m²	9,11 m²
90° - 120°		6,76 m²	6,81 m²
120° - 150°		10,95 m²	10,71 m²
150° - 210°		13,52 m²	13,64 m²
240° - 270°		6,76 m²	6,81 m²
300° - 330°		10,56 m²	9,18 m²
330° - 0°		6,37 m²	5,58 m²
Windstille		17,32 m²	10,37 m²

Tabelle 34: Größen der öffenbaren Flächen in Abhängigkeit von der Windrichtung

Vertraulicher Entwurf

8.2.3.4 Modellabmessungen und Diskretisierung

Im Anwenderhandbuch werden u.a. Hinweise zur Wahl der Modellränder und deren Abstände zum Ende des Bahnsteigbereiches formuliert. Demnach sollte das Modell einen Teil der angrenzenden Tunnelbereiche bis zu einer Länge von 20 bis 30 m mit berücksichtigen, um das Abströmen der Rauchgase in die Tunnel hinein realitätsnah zu erfassen. Im vorliegenden Objekt relativiert sich diese Notwendigkeit insofern, als es kein freies Abströmen in die Tunnel gibt. Das Entrauchungskonzept bewirkt entweder einen maschinellen Zuluftstrom aus dem Tunnel oder eine maschinelle Rauchabsaugung in den Tunnel. In der Modellierung wurden ca. 30 m Tunnel beidseitig berücksichtigt, damit die durch die Ventilatoren bewirkte Strömung realitätsnah richtungsunabhängig im Modell abgebildet werden kann. Die Längenabmessung des Bahnhofes von ca. 440 m verlängert sich dadurch auf ca. 500 m zu diskretisierende Modelllänge (Bild 8.58 und Bild 8.59).

Die Gitterweite wird bei dem Programmsystem FDS manuell gewählt, nach Abwägung aller relevanten Einflüsse und nach Vorabschätzung der wesentlichen Merkmale der Rauchausbreitung. Im Anwenderhandbuch werden diesbezüglich Empfehlungen formuliert, wonach die Gitterweite im Brandnahbereich nicht größer sein sollte als 200 mm. Für brandferne Bereiche können größere Gitterweiten gewählt werden, wenn hierdurch keine nennenswerte Beeinträchtigung der Ergebnisse zu erwarten ist.
Für den Brand 3 (Simulation Nr. 20) wurde eine Diskretisierung gewählt, die im brandnahen Bereich einer Gitterweite von 200 mm entspricht. Im brandfernen Bereich beträgt die Gitterweite 350 mm, da dort infolge sinkender Rauchgastemperaturen sich eine Abschwächung des thermischen Auftriebes einstellt und damit auch die lokale Turbulenzintensität abnimmt. Die Gesamtzahl der Zellen des diskretisierten Modells betrug dadurch etwas über 60.000.000.

Eine Nachrechnung des gleichen Szenarios mit größeren Gitterweiten (300 mm im brandnahen und 400 mm im brandfernen Bereich) ergab, dass auch diese Zellweiten zu gleichfalls aussagekräftigen Ergebnissen hinsichtlich der Rauchausbreitung und Verrauchung führen, sodass für die Simulationen Nr. 21, 23 und 24 ein entsprechend gröberes Gitter mit einer Zellanzahl von ca. 30.000.000 verwendet werden konnte.

Um die an den Öffnungsflächen der Lichtaugen auftretenden ausgeprägten Geschwindigkeitsfelder der ausströmenden Rauchgase ausreichend genau zu erfassen, wurde der obere Modellrand (Diskretisierungsbereich) oberhalb des Schalendaches der Bahnhofshalle gewählt, d. h. im Außenbereich. Infolge des Gefälles des Schalendachs ist diese obere Modellgrenze in Längsrichtung variabel. Die Gesamthöhe des Modells beträgt dadurch bis zu ca. 23,0 m.

Vertraulicher Entwurf

Das Modell wurde in sieben (Brand 3 -Simulation Nr. 20) bzw. fünf (Brand 2 -Simulationen Nr. 21, Brand 1 -23 und Brand 4 -24) Gitter aufgeteilt und einer Parallelrechnung zugänglich gemacht, um die Rechenzeit zu minimieren.
Die Berechnungen erfolgten auf einer Windows 64 – Workstation, wobei das Programmsystem NIST FDS in der Parallelversion 5.5.3 eingesetzt wurde.
Der Rechenzeitbedarf ergab sich i. M. zu etwa 1,2 Tage Rechenzeit für 1 Minute Brandzeit. Für die mittlere simulierte Branddauer von ca. 30 Minuten ergab sich somit eine Rechenzeit von ca. 36 Tagen.
Es wurden 23 Simulationen durchgeführt, woraus sich ein Zeitaufwand von Januar 2011- Mai 2012 (ca. 65 Wochen) ergab, auch bei der Simulation auf parallelen Rechnern.

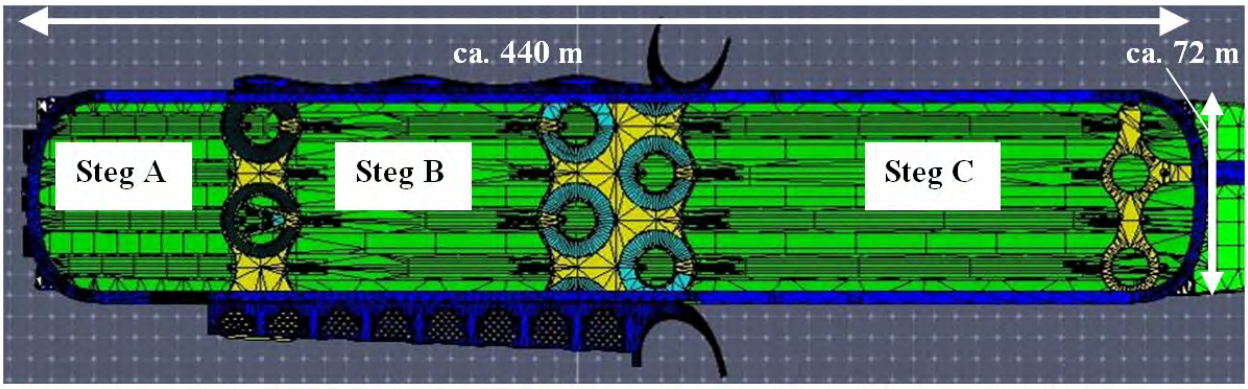


Bild 8.58: Grundriss der Bahnhofshalle (Schnitt unterhalb der Decke)

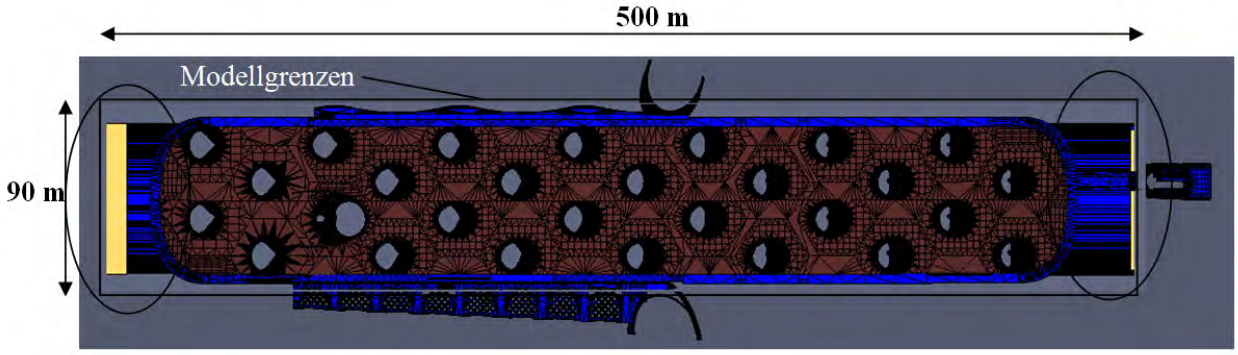


Bild 8.59: Modellgrenzen im Grundriss: Modellerweiterung zur Abbildung der Zuluftstrecken (eingekreist)

Vertraulicher Entwurf

Ein Überblick über die wichtigsten Simulationseckdaten gibt Tabelle 35.

Eckdaten	**Brandort 1 (Brand zwischen Steg A und Tunnel) Simulation 23**	**Brandort 2 (Brand zwischen Steg A und B) Simulation 21**	**Brandort 3 (Brand unter Steg B) Simulation 20**	**Brandort 4 (Brand vor Steg C) Simulation 24**
Brandverlauf	Gemäß Anwender-handbuch „gemischter Reisezugverkehr“	Gemäß Anwender-handbuch „gemischter Reisezugverkehr“	Gemäß Anwender-handbuch „gemischter Reisezugverkehr“	Gemäß Anwender-handbuch „gemischter Reisezugverkehr“
Gitteranzahl	5	5	7	5
Zellweiten	0,35m x 0,3m x 0,3m (Brandnahbereich) 0,4m x 0,3m x 0,3m (Brandnahbereich)	0,35m x 0,3m x 0,3m (Brandnahbereich) 0,4m x 0,3m x 0,3m (Brandnahbereich)	0,2m x 0,2m x 0,2m (Brandnahbereich) 0,35m x 0,35m x 0,2m (Brandfernbereich)	0,35m x 0,3m x 0,3m (Brandnahbereich) 0,4m x 0,3m x 0,3m (Brandnahbereich)
Zellanzahl	28.512.000 Zellen	28.512.000 Zellen	60.108.480 Zellen	28.512.000 Zellen
Volumen-strom Nord	1.200.000 m³/h (Abluft)	1.200.000 m³/h (Zuluft)	1.200.000 m³/h (Zuluft)	1.200.000 m³/h (Zuluft)
Volumen-strom Süd	1.200.000 m³/h (Zuluft)	1.200.000 m³/h (Zuluft)	1.200.000 m³/h (Zuluft)	1.200.000 m³/h (Abluft)
Unmittelbar nach der Detektierung geöffnete Lichtaugen	Siehe Abschnitt 8.2.3.6	Siehe Abschnitt 8.2.3.5	Siehe Abschnitt 8.2.3.4	Siehe Abschnitt 8.2.3.7
Infolge Rauchaus-breitung ge-öffnete Lichtaugen	Siehe Abschnitt 8.2.3.6	Siehe Abschnitt 8.2.3.5	Siehe Abschnitt 8.2.3.4	Siehe Abschnitt 8.2.3.7
Tunnelfahrt-zeit	7,0 min	7,0 min	7,0 min	7,0 min
Zeitpunkt der Detektierung	t = 8,0 min	t = 8,0 min	t = 8,0 min	t = 8,0 min
Zeitpunkt des Anlaufens der Ventilatoren im Tunnel	t = 8,0 min	t = 8,0 min	t = 8,0 min	t = 8,0 min
Zeitpunkt des Erreichens der maxima-len Leistung (Volumen-strom)	t = 11,0 min	t = 11,0 min	t = 11,0 min	t = 11,0 min

Tabelle 35: Überblick Simulationseckdaten

Vertraulicher Entwurf

8.2.3.5 CFD Simulationen

Die nachfolgend dargestellten und erläuterten Ergebnisse der CFD-Simulationen gelten jeweils für die benannten Zeitpunkte der Brandentwicklung (Bild 8.55). Infolge der Tunnelfahrzeit von t_{Tunnel} =7 Minuten beginnt der Raucheintrag in den Bahnhof um diesen Zeitintervall verzögert (offene Türen des brennenden Wagens werden vorausgesetzt). Bei einem Vergleich der Evakuierungszeiten mit den Verrauchungszuständen sind daher die Zeiten zu korrigieren, vergl. hierzu Kap. 8.2.4.

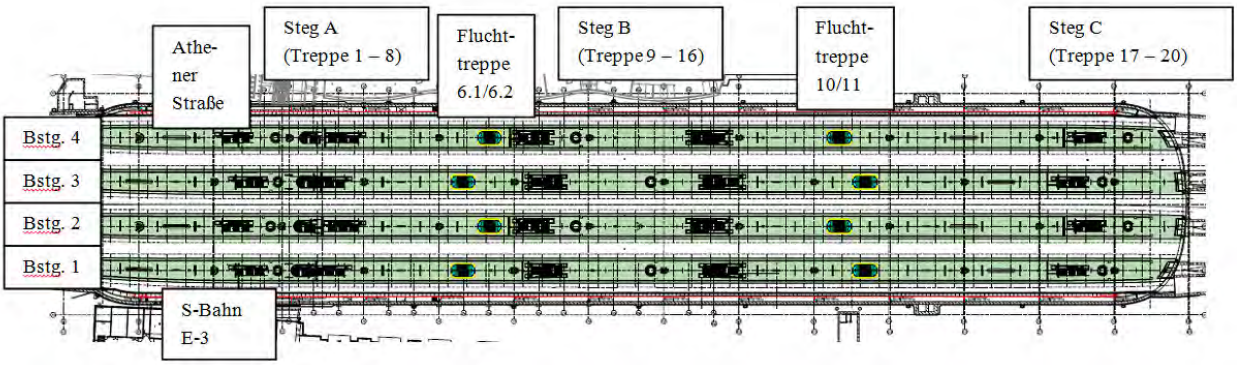


Bild 8.60: Übersicht Stege und Abgänge zu den Fluchttunneln

Schematische Darstellung des Ausschnittes der Treppenzugangsbereiche auf den Bahnsteigen

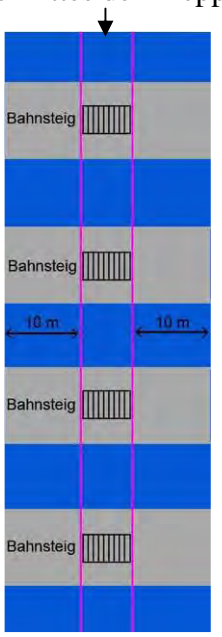


Bild 8.61: Erläuterung zur Darstellung der Horizontalschnitt

Vertraulicher Entwurf

Ziel der Simulationen ist der Nachweis der zeitlichen Nutzbarkeit der Rettungswege. Das Beurteilungskriterium hierfür ist die optische Dichte D_L als Maß der Sichttrübung durch Rauch.

Bei den Auswertungen der Ergebnisse zeigte sich, dass die auf dem Bahnsteig liegenden Zugänge zu den Stegen entweder zu einem späteren Zeitpunkt oder fast zeitgleich mit den Stegen, infolge Raucheinwirkung, nicht mehr nutzbar sind. Insofern kann auf eine differenzierte Betrachtung der zeitlichen Abfolge von Nutzbarkeiten verzichtet werden.
Zusätzlich zu den Rettungswegen über die Stege, sind pro Bahnsteig noch zwei Treppenräume mit direkter Anbindung an das Freie vorhanden, deren Zugänge sich im Bereich der Achsen A6.1-6.2 und A10-11 befinden (Bild 8.610). Weiterhin steht der Personentunnel zur S-Bahn und mit einem direkten Ausgang zur Athener Straße (Achse 4) als Rettungsweg zur Verfügung.

Die Bewertung der Verrauchung aller dieser Bereiche erfolgte anhand von Horizontalschnitten in der maßgebenden Höhe von 2,5 m oberhalb Boden für die Selbstrettungsphase, wobei ein Einzugsgebiet von 10 m je Seite des Zugangsbereiches in die Auswertungen einbezogen wurde (Bild 8.61). Das Überschreiten des Grenzwertes $D_L = 0{,}13\ m^1$ innerhalb dieser Referenzfläche wurde als Ausfall des zugeordneten Rettungsweges gewertet.

Die „raucharme Schicht“ ist jener Bereich, in dem der von DB vorgegebene Grenzwert der optischen Dichte von $D_L = 0{,}13\ m^{-1}$ nicht überschritten wird. Entsprechend der Dynamik der Rauchausbreitung ist dieser Wert orts- (x, y, z) und zeitabhängig (t). Zur Darstellung werden nachfolgend Vertikal- und Horizontalschnitte zur D_L-Darstellung gewählt. Zur besseren graphischen Darstellung wurden dabei Bereiche mit $D_L > 0{,}13\ m^{-1}$ nicht weiter differenziert, sondern einheitlich „rot“ gefärbt dargestellt; gelb-grün-blau kennzeichnen abnehmende D_L-Werte. Da das Qualitätskriterium der raucharmen Schicht für die Selbstrettungsphase an die Höhe z = 2,5 m über OKF gekoppelt ist, kann die Prüfung dieses Kriteriums besonders geeignet mittels Horizontalschnitten in dieser Höhe durchgeführt werden.
Die brandbedingte Verrauchung ist ein zeitabhängiger Vorgang, der mit $D_L\ (t = 0) = 0$ beginnt und sich allmählich vergrößert bis zum Grenzwert $D_L\ (t_{Grenz}) = 0{,}13\ m^{-1}$. Im Zeitintervall $0 \leq t \leq t_{Grenz}$ ist somit die Verrauchung unterhalb des Grenzwertes, eine Evakuierung ist unkritisch.
Hinweis: In der einschlägigen Fachliteratur werden auch höhere Grenzwerte benannt, so z. B. $D_L = 0{,}20\ m^{-1}$

Vertraulicher Entwurf

rot = D_L 0,13

grün = D_L 0,08

blau = D_L 0,03

8.2.3.6 Brand 1: Brand zwischen Steg A und Tunnel (Simulation Nr. 23)

Die Bildfolge in Bild 8.61 zeigt die zeitliche Entwicklung der Rauchdichteverteilung im Längsschnitt der Bahnhofshalle.

Es ist zu erkennen, dass sich der Rauch, trotz der Absaugung über den brandnahen Tunnel, vom brennenden Eisenbahnfahrzeug in Richtung Steg C ausbreitet. Von der Verrauchung sind neben der Stegebene auch Teile der Bahnsteigebene und somit auch die Zugänge zu den Treppenräumen und zu den S-Bahn Abgängen betroffen.

Zum Ende der Simulation (t = 2.400 s) zeigt sich ein Raucheintrag auch in die Ebene von Steg C, sodass ab dann von einer nur noch eingeschränkten Nutzbarkeit auszugehen ist.
Eine Zuordnung der Verrauchungszeitpunkte der einzelnen Stege kann aus den entsprechenden Horizontalschnitten für h = 2,5 m oberhalb des jeweiligen Stegbodens abgeschätzt werden.

Vertraulicher Entwurf

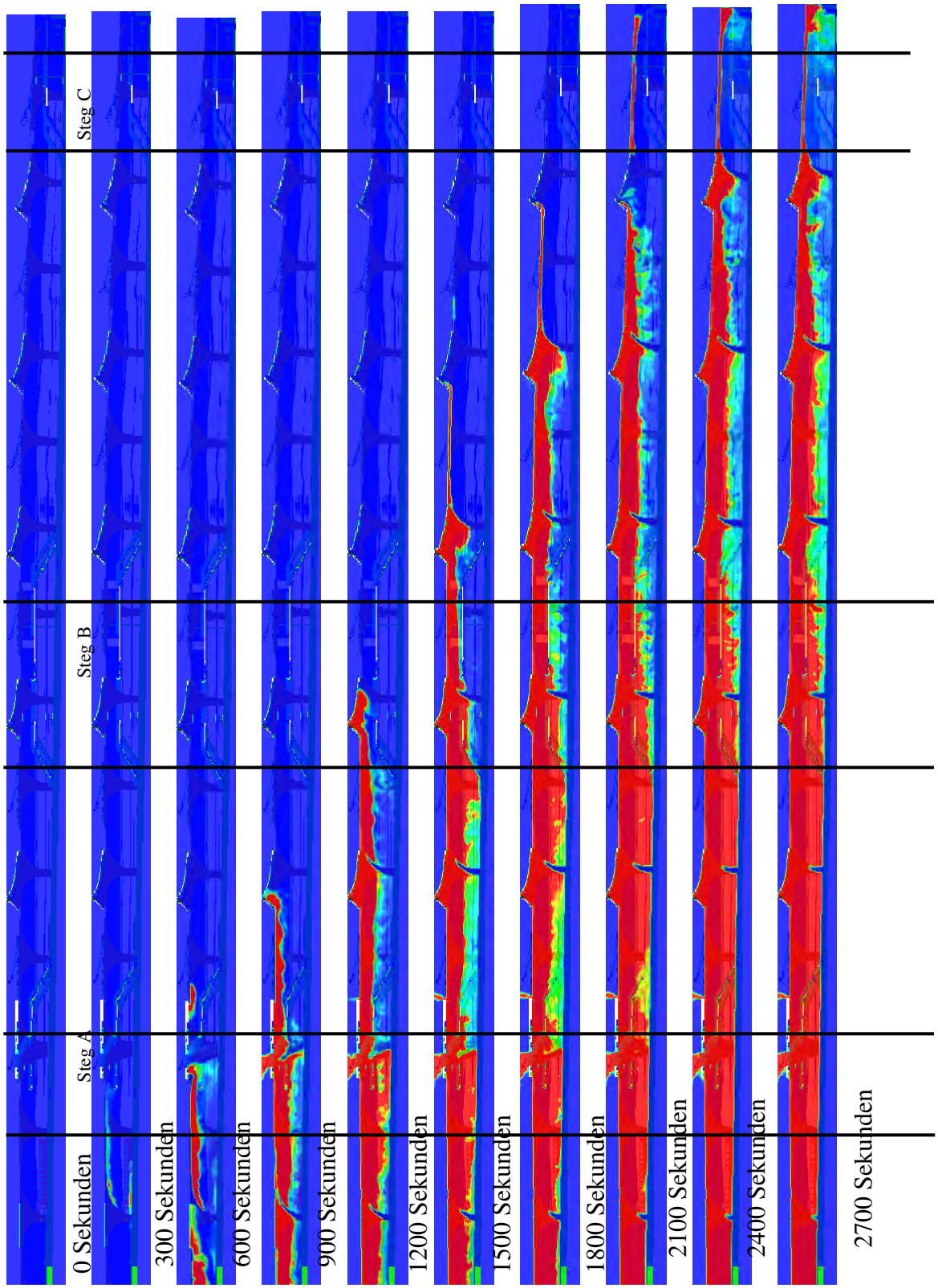


Bild 8.62: Veränderung der qualitativen Rauchdichteverteilung im Längsschnitte (Brand zw. Steg A und Tunnel)

Vertraulicher Entwurf

Steg A (Brand zwischen Steg A und Tunnel)

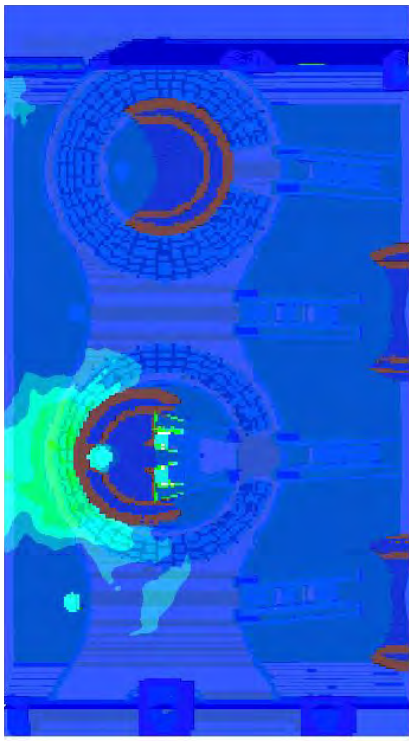


Bild 8.63: Steg A: h = 2,5 m, t = 420s

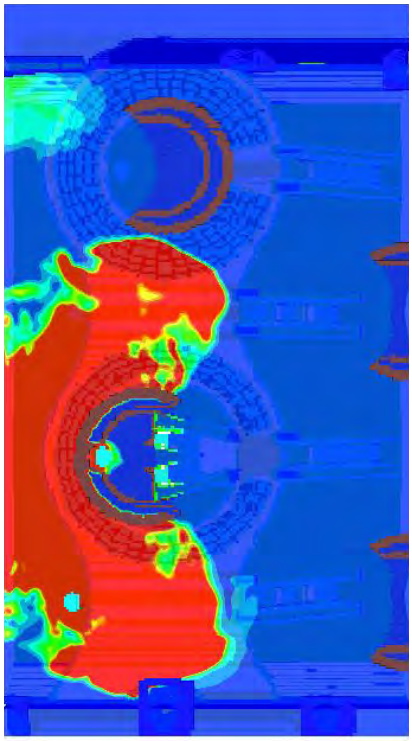


Bild 8.64: Steg A: h = 2,5 m, t = 480s

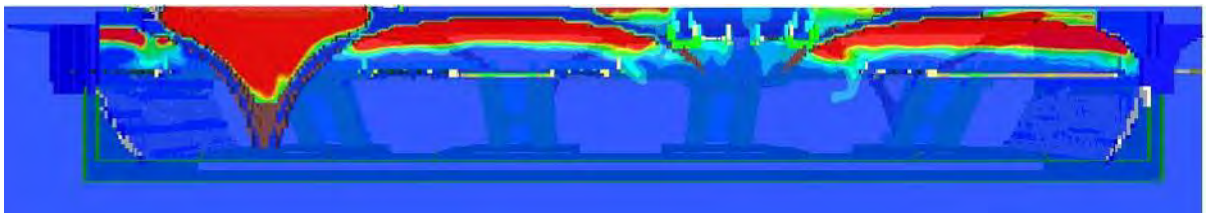


Bild 8.65: t = 600s , Steg A – Vertikalschnitt mittig

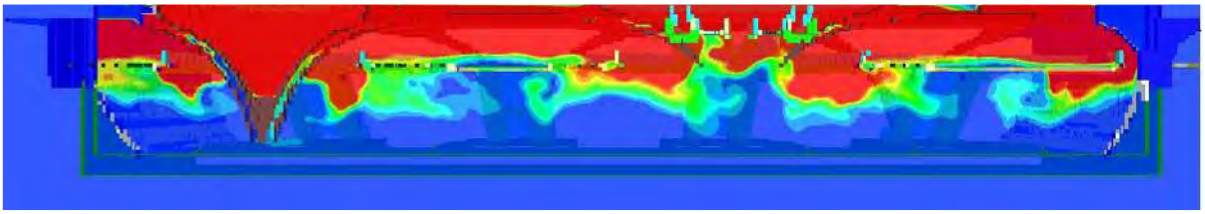


Bild 8.66: t = 900s, Steg A – Vertikalschnitt mittig

Vertraulicher Entwurf

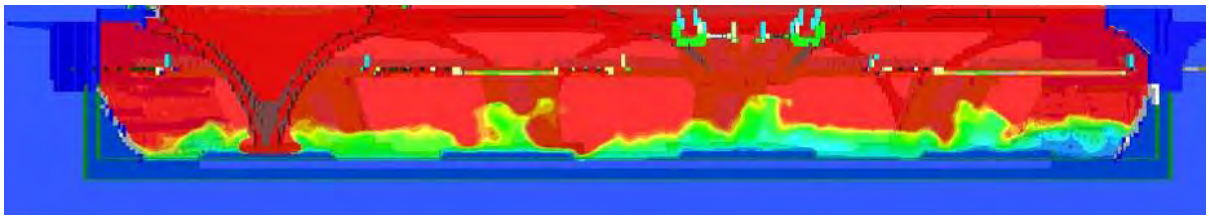


Bild 8.67: t = 1.800s , Steg A – Vertikalschnitt mittig

Der Steg A kann ab der 8. Brandminute als verraucht angesehen werden (Bild 8.63) zwischen der 10. und der 30. Brandminute erreicht die Verrauchung die gesamte Höhe ab Bahnsteigoberkante bis Hallendecke (Bild 8.65 bis Bild 8.67).

Steg B (Brand zwischen Steg A und Tunnel)

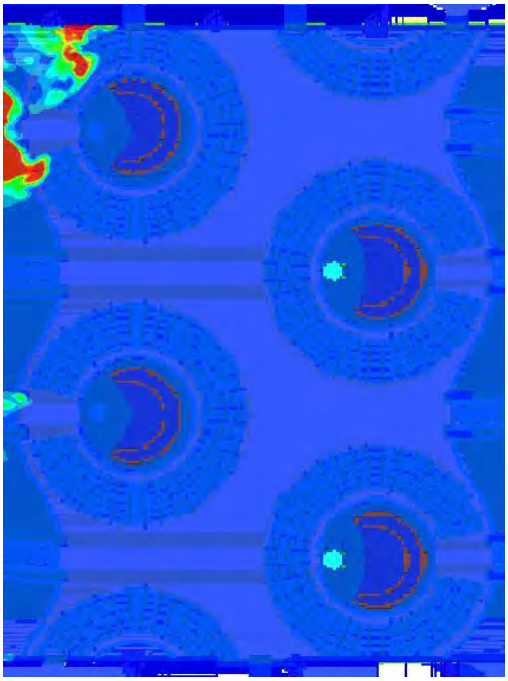


Bild 8.68: Steg B: h = 2,5m, t = 1.140s

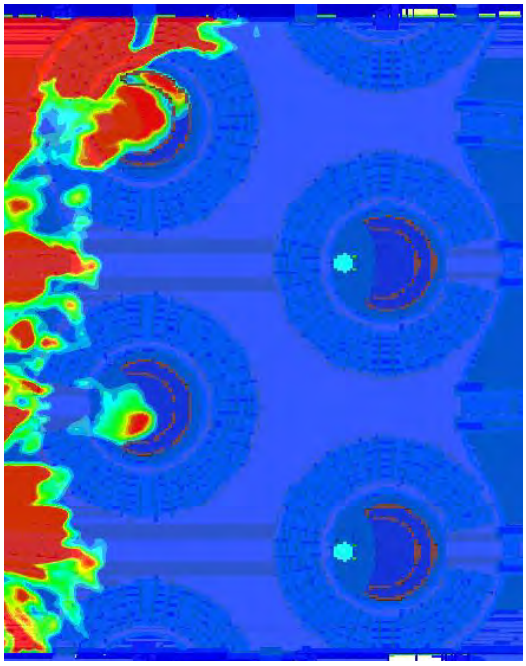


Bild 8.69: Steg B: h = 2,5m, t = 1.200s

Der Raucheintrag in Steg B in der Höhe von 2,5 m setzt nach ca. 1200 Sekunden ein (Bild 8.69) t = 1.440 Sekunden (Bild 8.73) wird auf der gesamten Stegebene der kritische Wert der Optischen Dichte erreicht bzw. überschritten, sodass die Nutzbarkeit für die Selbstrettung in dieser Zeitspanne stetig abnimmt (Bild 8.70 bis Bild 8.73).

Vertraulicher Entwurf

Die Verrauchung erreicht danach die gesamte Höhe zwischen Stegoberkante und Hallendecke (Bild 8.74). Nach t = 1.800 Sekunden dehnt sich die Verrauchung von Steg A bis Mitte Steg B über (Bild 8.75) die gesamte Hallenhöhe bis zur Bahnsteigoberkante aus (Bild 8.76).

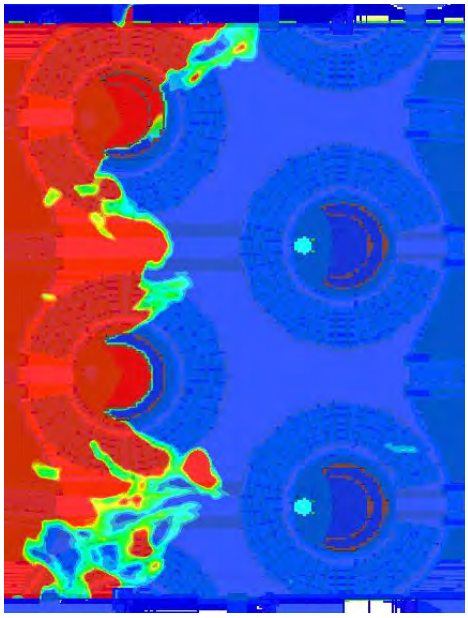


Bild 8.70: Steg B: h = 2,5m, t = 1.260s

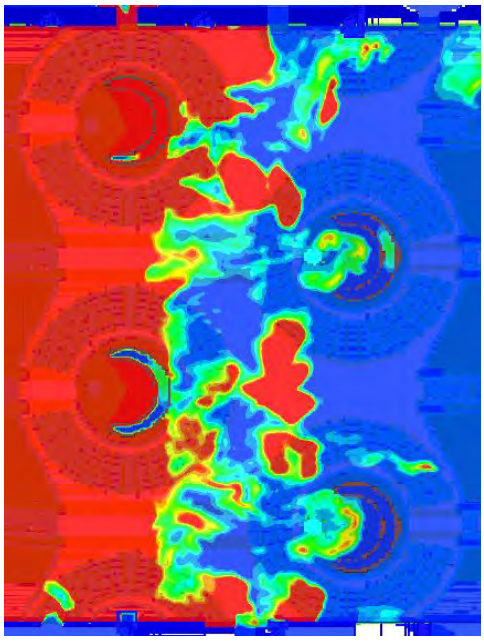


Bild 8.71: Steg B: h = 2,5 m, t = 1.320s

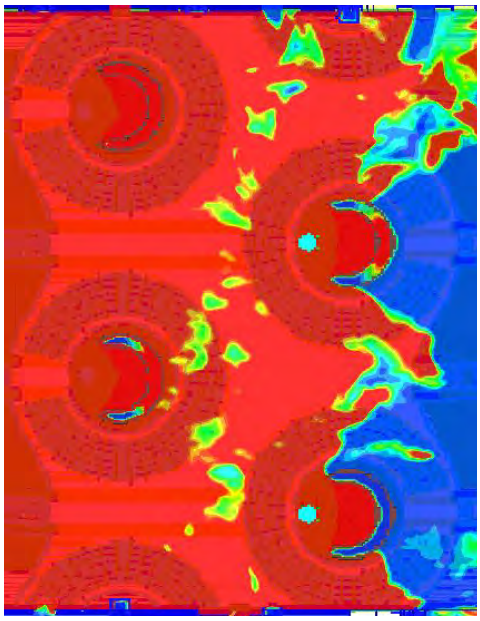


Bild 8.72: Steg B: h = 2,5 m, t = 1.380s

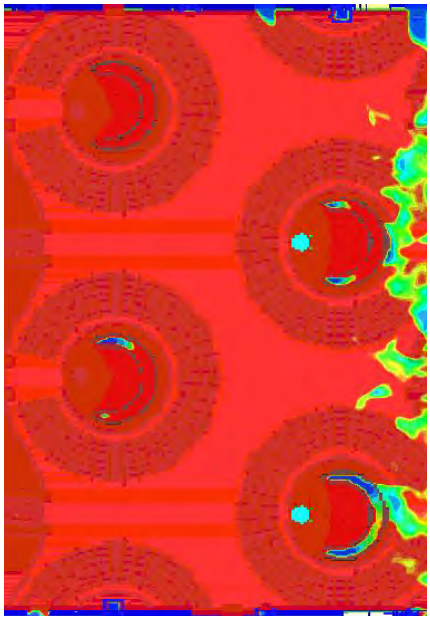


Bild 8.73: Steg B: h = 2,5 m, t = 1.440s

Vertraulicher Entwurf

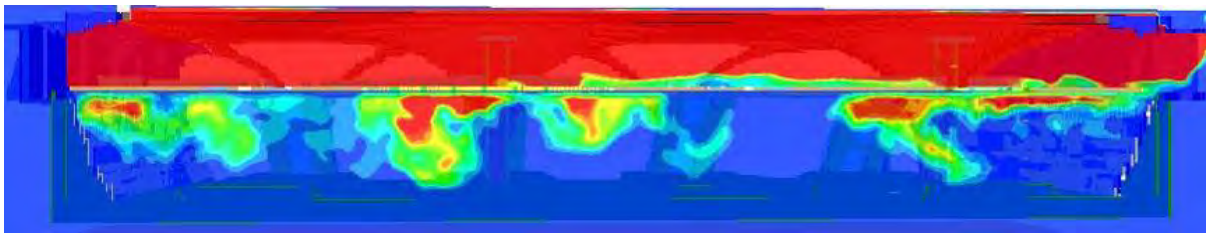


Bild 8.74: Steg B: t = 1.500s, Vertikalschnitt mittig

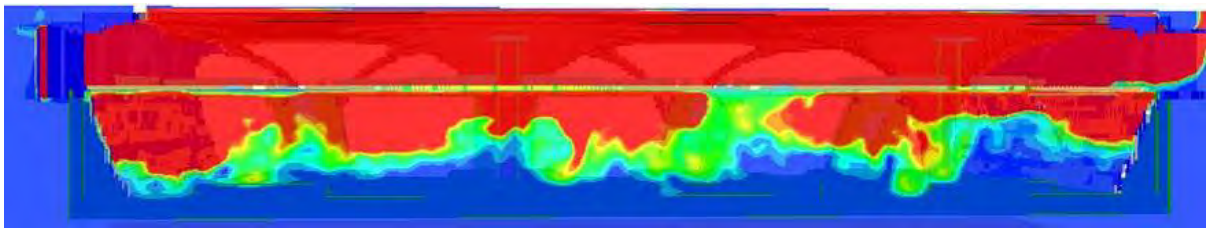


Bild 8.75: Steg B: t = 1.800s, Vertikalschnitt mittig

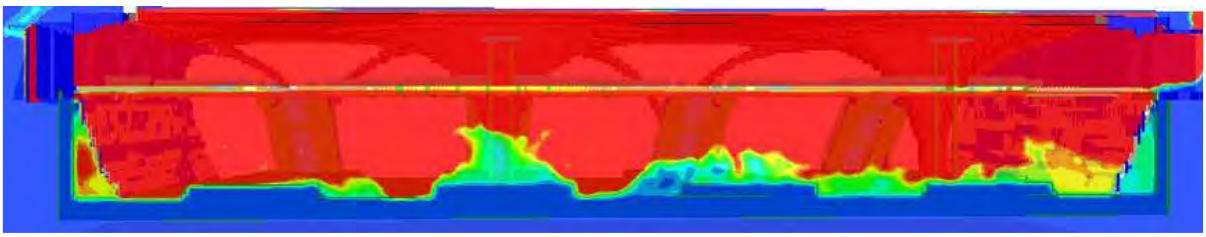


Bild 8.76: Steg B: t = 2.700s, Vertikalschnitt mittig

Steg C (Brand zwischen Steg A und Tunnel)

Bei Steg C ist gegen Ende der Simulation (t = 2.400 s) ist ein Raucheintrag an den seitlichen Rändern des Steges zu erkennen (Bild 8.77), der ab t > 2.700 s dann eine Einschränkung der Nutzbarkeit erwarten lässt.

Vertraulicher Entwurf

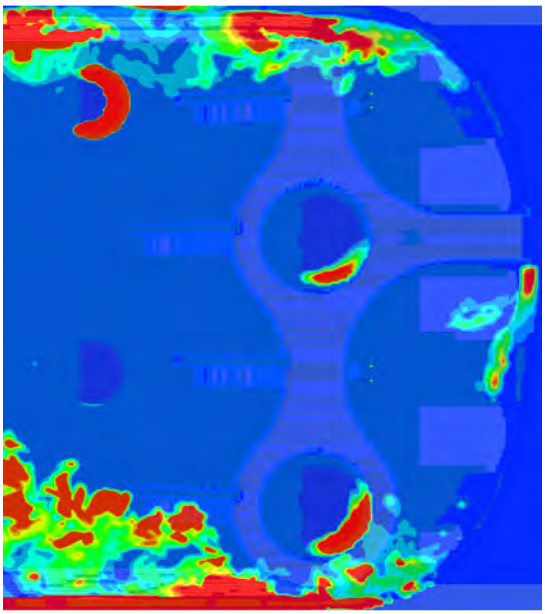


Bild 8.77: Steg C: h = 2,5 m, t = 2.400s

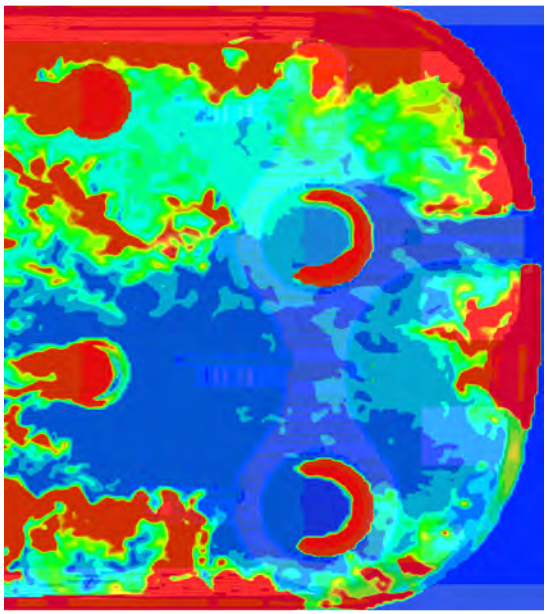


Bild 8.78: Steg C: h = 2,5 m, t = 2.700s

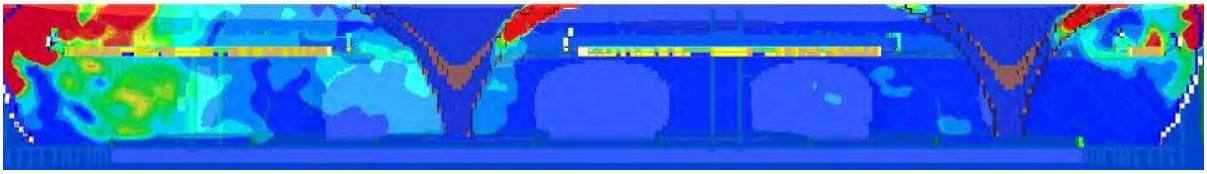


Bild 8.79: Steg C: t = 2.400s , Vertikalschnitt mittig

Treppenraum-Zugänge, S-Bahn Zugänge (Brand zwischen Steg A und Tunnel)

Die Verrauchungszeitpunkte für diese Rettungswege (Bild 8.80 bis Bild 8.88) sind in Tabelle 36 zusammengestellt.

Tunnel – Abgang / Treppenraum - Zugang	Kritische Verrauchungszeitpunkte [s]
S-Bahn	1.020,0
Achse 6.1 / 6.2	1.560,0
Achse 10 / 11	1.680,0

Tabelle 36: Übersicht der Verrauchungszeitpunkte der Abgänge / Zugänge

Vertraulicher Entwurf

S-Bahn Abgänge, h = 2,5 m:

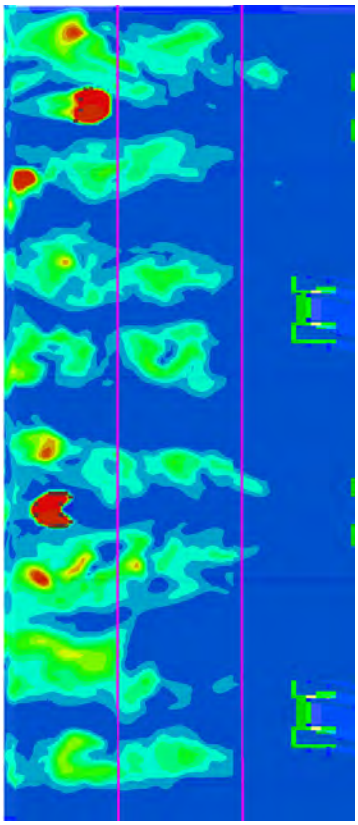


Bild 8.80: Steg C: t = 960s

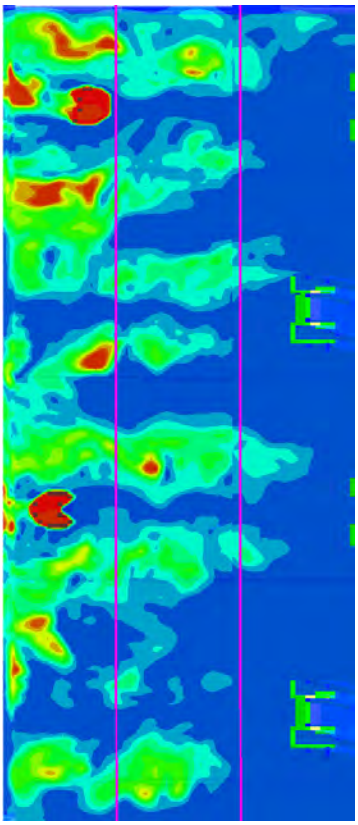


Bild 8.81: Steg C: t = 1.020s

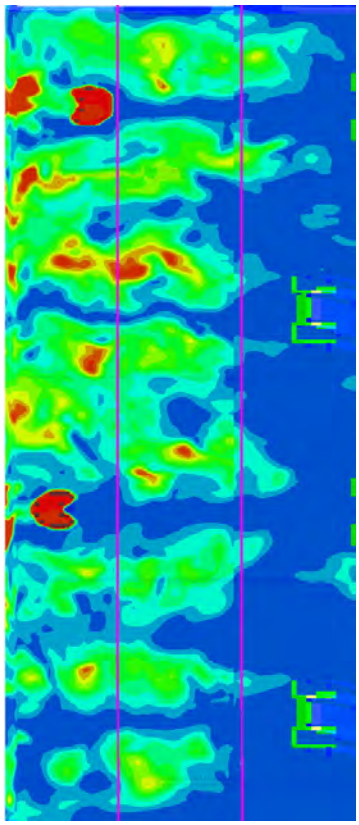


Bild 8.82: Steg C: t = 1.080s

Vertraulicher Entwurf

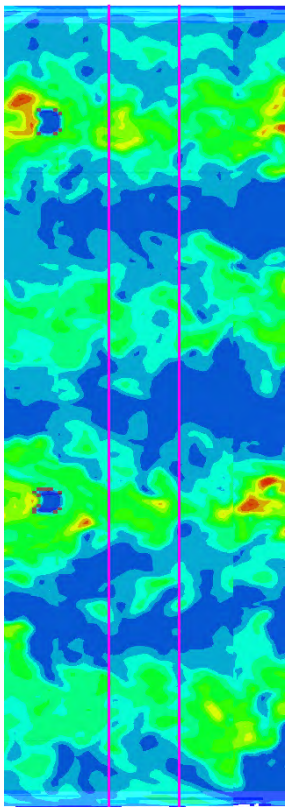


Bild 8.83: Achse 6.1/6.2: h = 2,5 m, t = 1.500s

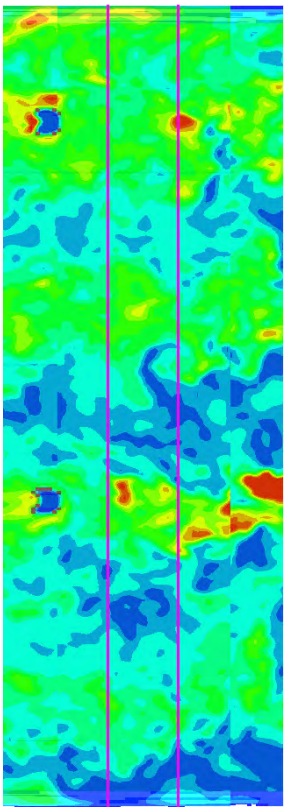


Bild 8.84: Achse 6.1/6.2: h = 2,5 m, t = 1.560s

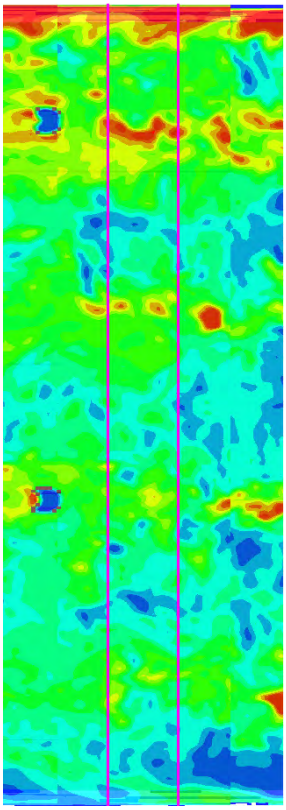


Bild 8.85: Achse 6.1/6.2: h = 2,5 m, t = 1.620s

Vertraulicher Entwurf

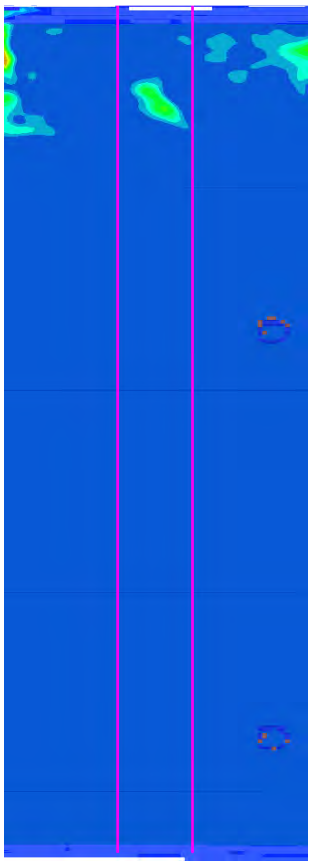


Bild 8.86: Achse 10/11: h = 2,5 m, t = 1.560s

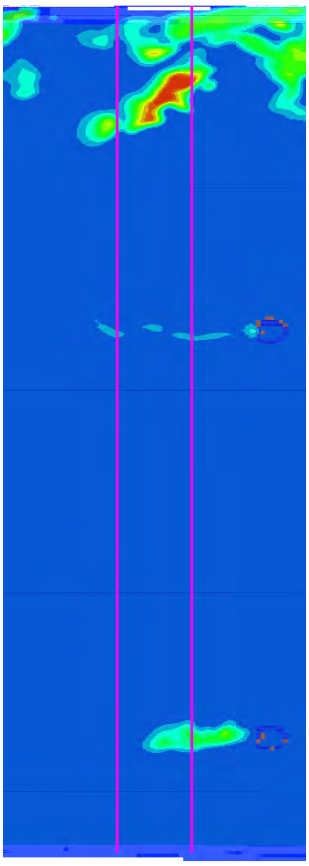


Bild 8.87: Achse 10/11: h = 2,5 m, t = 1.620s

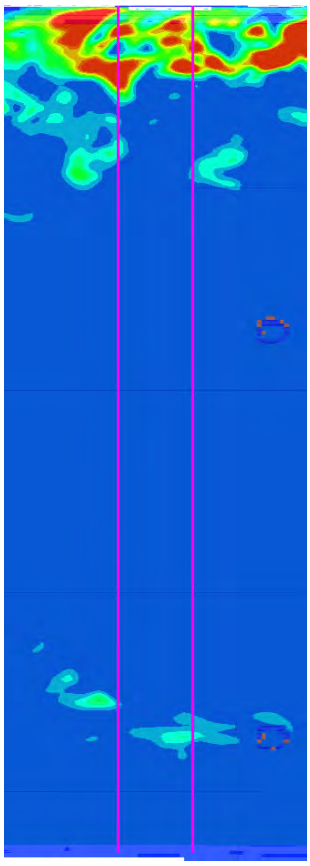


Bild 8.88: Achse 10/11: h = 2,5 m, t = 1.680s

Zusammenfassung Brand 1: Brand zwischen Steg A und Tunnel

In diesem Szenario sind keine Lichtaugen geöffnet, da das brennende Eisenbahnfahrzeug sich außerhalb des NRWG-Bereiches zwischen den Stegen A und C befindet (vergl. Abschnitt 8.2.3.1) und entsprechend dem Entrauchungskonzept bei einem Brand in diesem Bereich keine NRWGs geöffnet werden. Die Ergebnisse der Simulation lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Steg A ist von Anfang an verraucht.
2. Steg B ist bis zu einer Brandzeit von ca. 24 Minuten nutzbar.
3. Steg C bleibt über die gesamte Simulationszeit (45 Minuten) raucharm und steht als Fluchtweg zur Verfügung.
4. Im Bahnsteigbereich verrauchen die Abgänge zur S-Bahn nach ca. 17 Minuten Brand-dauer.
5. Die Zugänge zu den Treppenräumen im Bereich der Achsen A6.1-6.2 bzw. A10-11 ver-rauchen nach 26 bzw. 28 Minuten.

Vertraulicher Entwurf

8.2.3.7 Brand 2: Brand zwischen Steg A und B (Simulation Nr. 21)

Aus der Lage des Eisenbahnfahrzeugs zwischen zu den Stegen A und B resultiert eine rasche Ausbreitung der Rauchfront hin zu diesen beiden Stegen (Bild 8.89, t = 600 und 900 s). Die asymmetrische Position in Bezug auf die maschinelle Zuluftführung aus den Tunnelanbindungen führt zu einer deutlich tieferen Lage der raucharmen Schicht mit zunehmender Branddauer als in Brand 3: Brand unter Steg B(Simulation Nr. 20). Insbesondere im Zugangsbereich zum Steg A wird der Grenzwert der Optischen Dichte großflächig früh überschritten (Bild 8.89, t > 1.500 s). Ähnlich wie in Brand 3 bleiben die Bereiche zwischen den Stegen B und C bis zum Ende der Simulation (t = 2.400 s) weitestgehend raucharm.

Vertraulicher Entwurf

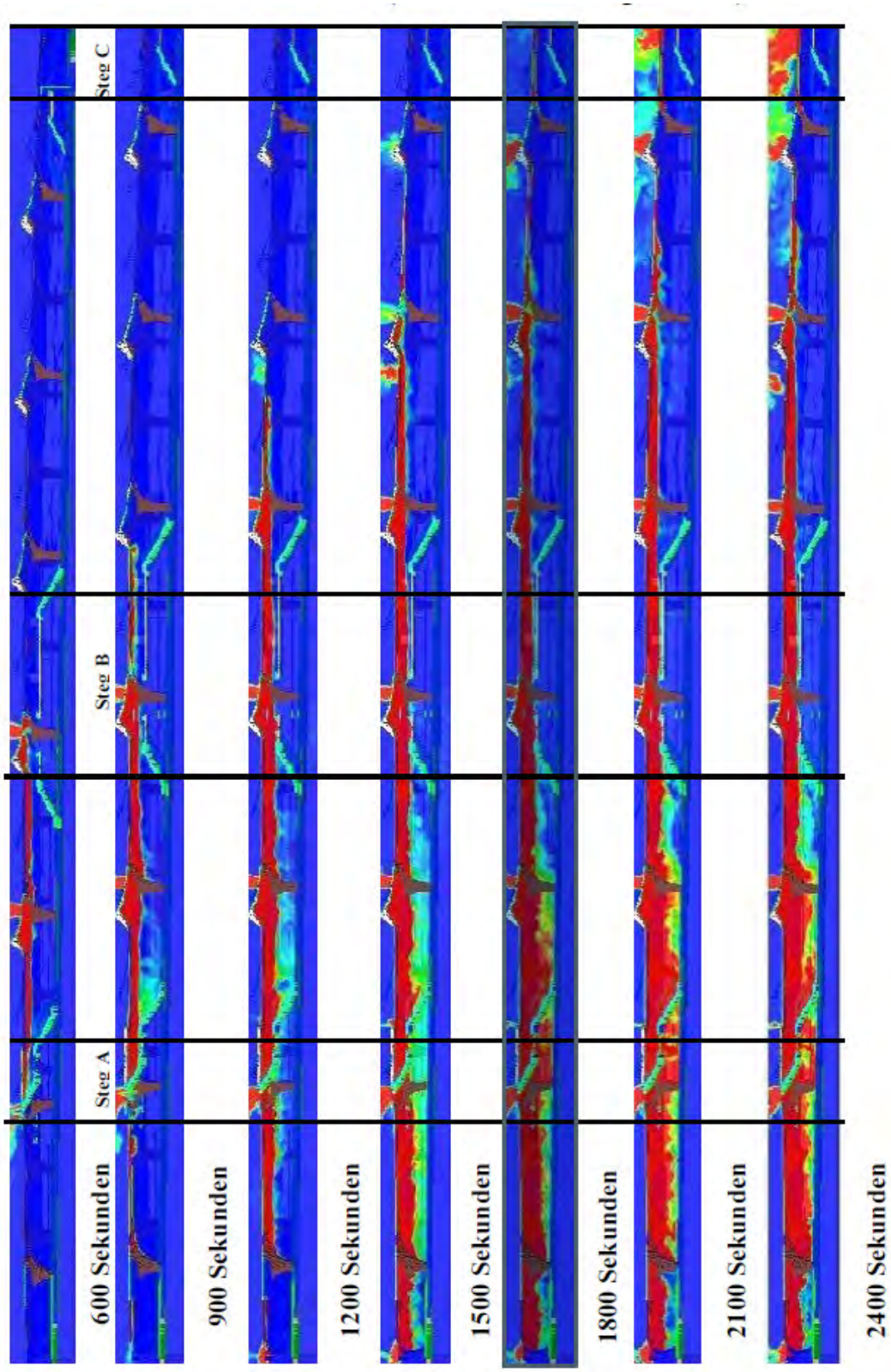


Bild 8.89: Veränderung qualitativen Rauchdichteverteilung (Brand zw. Steg A und B)

Vertraulicher Entwurf

Steg A (Brand zwischen Steg A und B)

Die Verrauchung des Steges A setzt nach ca. 540 s ein, wobei die Nutzbarkeit für die Selbstrettungsphase nach 600 s nicht mehr gegeben ist (Bild 8.91 und Bild 8.92). Bis zum Zeitpunkt t = 900 s ist nahezu der gesamte Steg bis auf eine Höhe von 2,5 m verraucht. Anschließend breitet sich die Verrauchung bis auf die Bahnsteigebene aus (Bild 8.95).

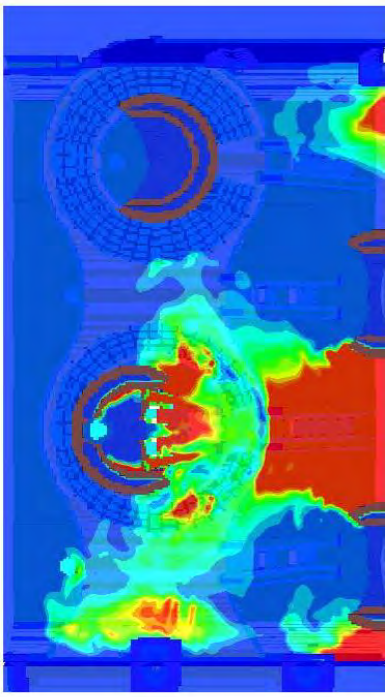


Bild 8.90: Steg A: t = 540s

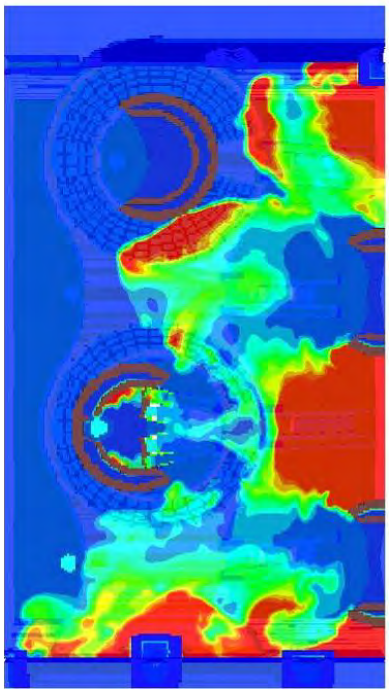


Bild 8.91: Steg A: t = 600s

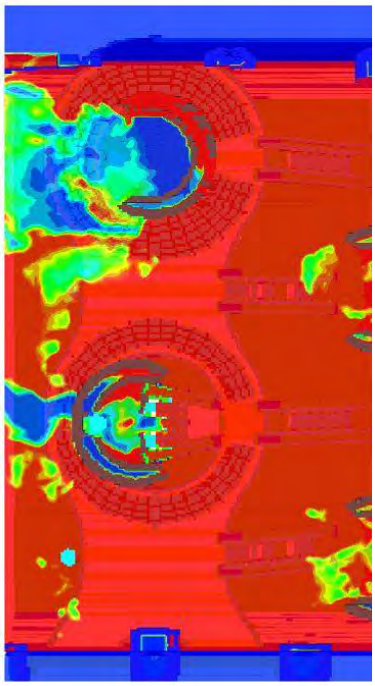


Bild 8.92: Steg A: t = 900s

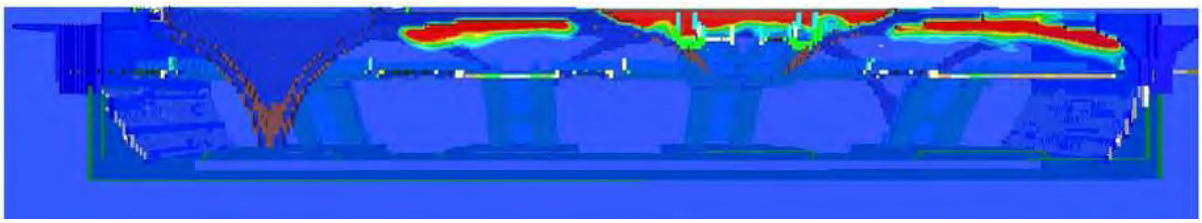


Bild 8.93: t = 600s , Steg A – Vertikalschnitt mittig

Vertraulicher Entwurf

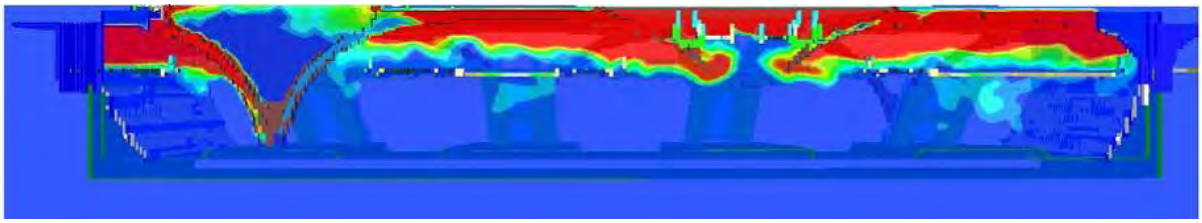


Bild 8.94: t = 900s , Steg A – Vertikalschnitt mittig

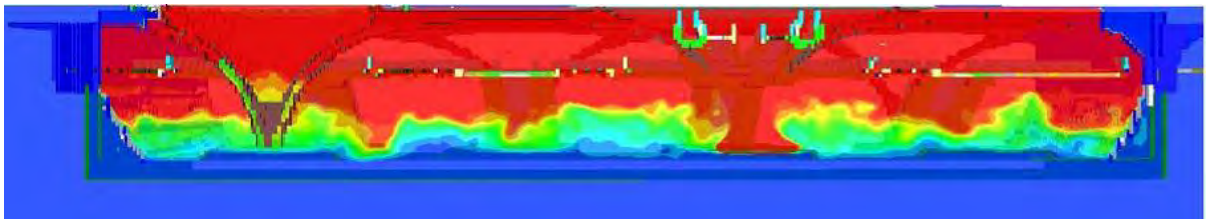


Bild 8.95: t = 2.400s , Steg A – Vertikalschnitt mittig

Steg B (Brand zwischen Steg A und B)

Die Rauchschicht erreicht den Steg B ungefähr zeitgleich mit Steg A, jedoch verzögert sich die weitere Ausbreitung über den Steg infolge der dort befindlichen NRWG, sodass bis zum Zeitpunkt t = 780 s nur begrenzte Bereiche von Steg B auf der dem Brandherd zugewandten Seite in Längsrichtung verrauchen (Bild 8.96). Ab dem Zeitpunkt t = 840 s ist wegen der weiträumigeren Verrauchung die Nutzbarkeit des Steges für die Selbstrettung nicht mehr gegeben (Bild 8.98).

Vertraulicher Entwurf

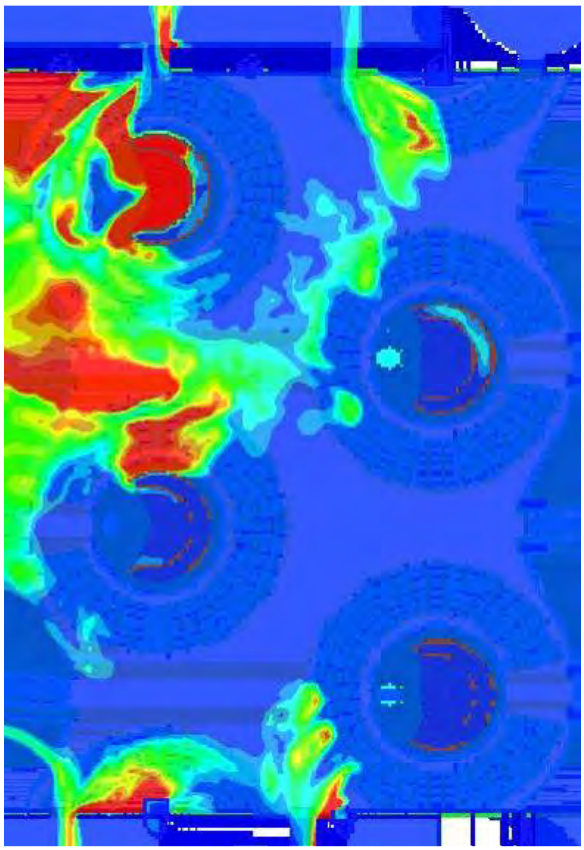


Bild 8.96: t = 780s , Steg B bei h = 2,5 m

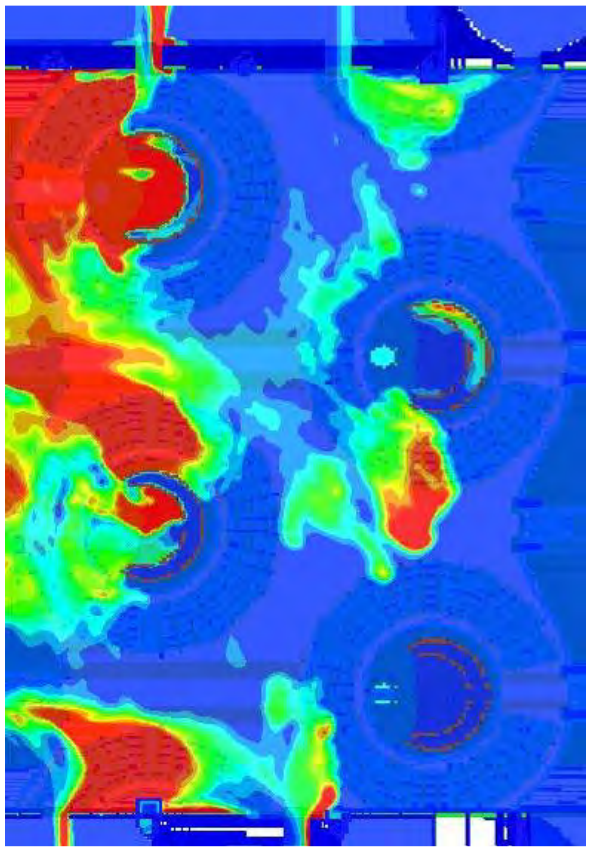


Bild 8.97: t = 840s , Steg B bei h = 2,5 m

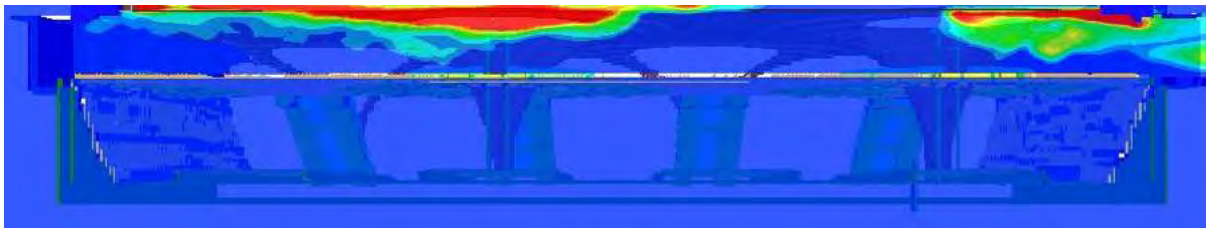


Bild 8.98: t = 780s , Steg B – Vertikalschnitt mittig

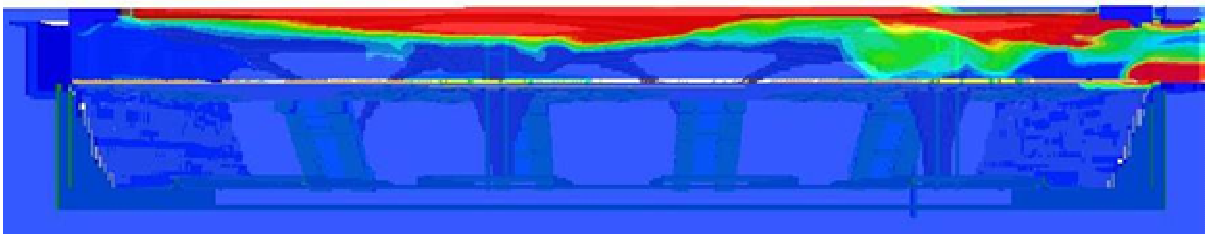


Bild 8.99: t = 900s, Steg B – Vertikalschnitt mittig

Vertraulicher Entwurf

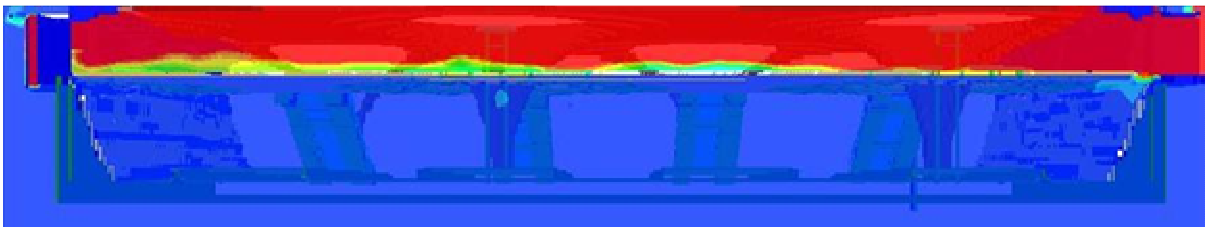


Bild 8.100: t = 2.460s , Steg B – Vertikalschnitt mittig

Steg C (Brand zwischen Steg A und B)

Für Steg C können ähnliche Feststellungen gemacht werden wie im Brand 3 -Brand unter Steg B Simulation Nr. 20). Steg C bleibt über die gesamte Simulationszeit als Rettungsweg nutzbar.

Treppenraum-Zugänge, S-Bahn Zugänge (Brand zwischen Steg A und B)

Die Verrauchung des Bahnsteigbereiches in der Nähe von Steg A wirkt sich auf den S-Bahn Abgang ab ca. 1.620 Sekunden aus. Nach 1.800 Sekunden wird der Grenzwert der Optischen Dichte in weiten Teilen des Einzugsgebietes erreicht bzw. überschritten (Bild 8.101 bis Bild 8.103). Der Rettungsweg in Achse 6.1/6.2 verraucht erwartungsgemäß im Brandnahbereich (Bild 8.104). Die Rettungswege in Achse 10/11 bleiben bis zum Ende der Simulationszeit rauch-arm (Bild 8.105).

Tunnel – Abgang / Treppenraum - Zugang	Kritische Verrauchungszeitpunkte [s]
S-Bahn	1.620,0
Achse 6.1/ 6.2	gesperrt
Achse 10 / 11	> 2.460,0

Tabelle 37: Übersicht der Verrauchungszeitpunkte der Abgänge / Zugänge

Vertraulicher Entwurf

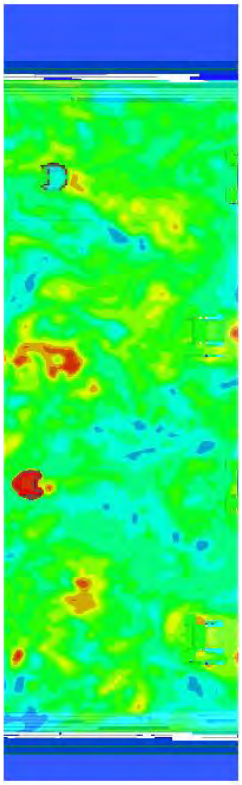


Bild 8.101: S-Bahn Abgang t = 1.560s.

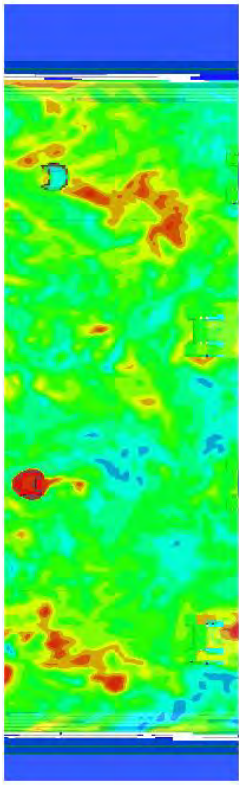


Bild 8.102: S-Bahn Abgang t = 1.620s

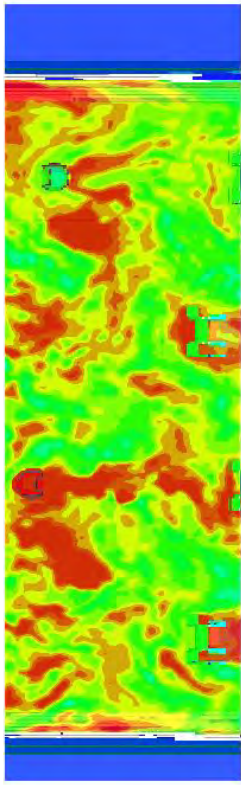


Bild 8.103: S-Bahn Abgang t = 1.800s

Vertraulicher Entwurf

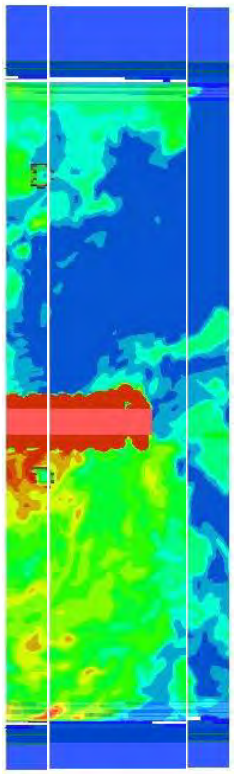


Bild 8.104: Achse 6.1/6.2, t = 2.460 Sek

Bild 8.105: Achse 10/11, t = 2.460 Sek.

.

Zusammenfassung: Brand zwischen Steg A und B

In Tabelle 38 werden die Zeitpunkte der Aktivierungen (Öffnungen) der einzelnen NRWG (Lichtaugen) aufgelistet (Lichtaugen-Nummerierung gemäß Bild 8.49).

Nummer des Lichtauges (siehe Bild8.19)	**Öffnungszeit der NRWG – Fläche**
7, 18, 2, 13, 8, 19 und 14	8,0 Minuten (vorgegeben)
1	15,4 Minuten
3	10,2 Minuten
9	13,2 Minuten
20	15,0 Minuten
4	18,8 Minuten
15	16,1 Minuten
10	20,9 Minuten
21	18,4 Minuten
11	29,6 Minuten
22	32,0 Minuten
6, 17, 12 und 23	keine Aktivierung

Tabelle 38: Übersicht der Öffnungszeitpunkte der einzelnen NRWG

Vertraulicher Entwurf

Die Ergebnisse Brand 2: Brand zwischen den Stegen A und B (Simulation Nr. 21) lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Stege A und B verrauchen nahezu zeitgleich, da sich das brennende Eisenbahnfahrzeug zwischen diesen Stegen befindet. Steg A verraucht 10 Minuten nach Brandbeginn, d.h. 1 Minute nach Eintreffen des Zuges im Bahnhof und damit bereits zu Beginn der Selbstrettungsphase, Steg B ca. 3 Minuten später. Steg B verraucht zunächst nicht ganzflächig, sondern zunächst nur auf der dem Eisenbahnfahrzeug zugewandten Seite. Die Stegevakuierung ist gefahrlos möglich.

2. Im Bereich von Steg A kommt es ca. 27 Minuten nach Brandbeginn (18. Minute im Bahnhof) auf der Bahnsteigebene, infolge der asymmetrischen Lage des Brandherdes relativ zu den Zuluft zuführenden Tunnelanbindungen Nord und Süd, zu einer Verrauchung sowohl der Zugänge zum Steg als auch des Rettungsweges zum S-Bahn Abgang.

3. Steg C zeigt dauerhaft keine kritische Verrauchung,

4. Der Bahnsteigbereich zwischen den Stegen B und C und damit auch die Rettungswege zu den Treppenräumen in den Achsen 6.1/6.2 (bis auf den unmittelbaren Brandnahbereich), 10/11 bleiben bis zum Ende der Simulation (> 41 Minuten) raucharm.

8.2.3.8 Brand 3: Brand unter Steg B (Simulation Nr. 20)

Die anfangs noch geringe Brandintensität (Bild 8.54) führt zunächst zu einer nur geringen flächigen Rauchausbreitung. Mit allmählicher Brandintensivierung steigen sowohl die Temperaturen im brennenden Eisenbahnfahrzeug als auch die Rauchproduktion an. Mit zunehmender flächiger Rauchausbreitung unter dem Hallendach werden weitere Abströmöffnungen in den Lichtaugen automatisch aktiviert.
Nach der 10. Brandminute bersten die ersten Fenster des brennenden Eisenbahnfahrzeugs. Infolge der dann intensivierten Wärmefreisetzungsrate bersten schnell nacheinander weitere Fenster, die Ventilation des Brandes verbessert sich, Brandintensität und Rauchproduktion steigen und gleichzeitig strömen Brandgase verstärkt in die Bahnhofshalle.
Die maschinelle Zuluftzuführung aus dem Nord- und dem Südtunnel bewirken vorteilhaft eine anteilige Rückhaltung der Rauchgase.
Die Bildfolge in Bild 8.106 verdeutlicht an Hand der Rauchdichteverteilung die zunehmende Verrauchung im Längsschnitt der Bahnhofshalle für verschiedene Zeitpunkte.

Vertraulicher Entwurf

Zur besseren Abgrenzung verrauchter und raucharmer Bereiche im Sinne des angesetzten Leistungskriteriums für die Optische Dichte D_L sind die Bereiche, in denen der Grenzwert von 0,13 [m-1] erreicht bzw. überschritten wird, rot dargestellt. Geringere Werte sind farblich abgestuft, entsprechend einer zunehmenden Rauchkonzentration (=höhere Optische Dichte), von blau bis grün dargestellt. Demnach sind rot gekennzeichnete Bereiche nicht mehr als Rettungswege nutzbar.

Es ist zu erkennen, dass sich die Rauchverteilung unsymmetrisch zu Steg B ausbildet und die sich über Steg A entwickelnde Rauchwalze zu einem Raucheintrag in die unterhalb der Stegebene liegenden Bahnsteigbereiche führt, wobei allerdings der Grenzwert noch nicht überschritten wird (grün gekennzeichnete Bereiche). Die Rauchausbreitung wird durch die maschinelle Zuluft aus den Tunneln verzögert, wodurch bis zur 15. Minute der Bereich von Steg A bis zum Hallendach raucharm bleibt. Danach stellt sich eine zunehmende Verrauchung im Bereich Steg A ein.
Während Steg B, wegen der unmittelbaren Nähe des Brandes, sehr schnell verraucht, verbleibt der Bereich von Steg C, infolge der dort vorhandenen Abströmöffnungen in der Decke, raucharm.

Vertraulicher Entwurf

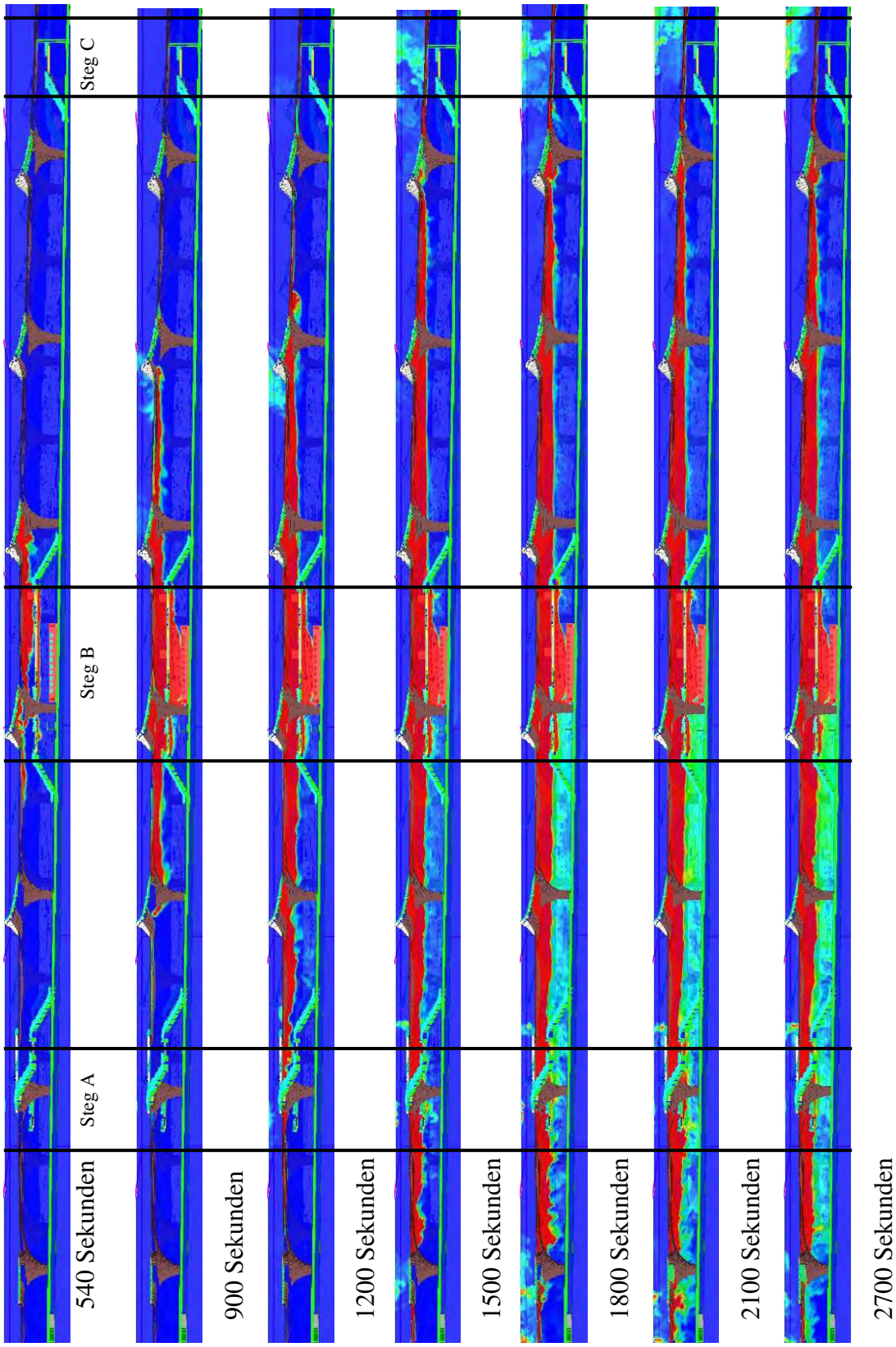


Bild 8.106: Veränderung qualitativen Rauchdichteverteilung im Längsschnitt (Brand unter Steg B)

Vertraulicher Entwurf

Eine genauere Einschätzung der Zeitdauer, in der die Nutzbarkeit der einzelnen Stege, aufgrund der Ergebnisse der Simulation, als gewährleistet betrachtet werden kann, ist über Horizontalschnitte (statische Farbkarten, Plot3D) möglich, in denen die flächige Verteilung der Optischen Dichte an verschiedenen Zeitpunkten in einer Höhe von 2,5 m oberhalb des jeweiligen Bodens dargestellt werden.

Steg B (Brand unter Steg B):

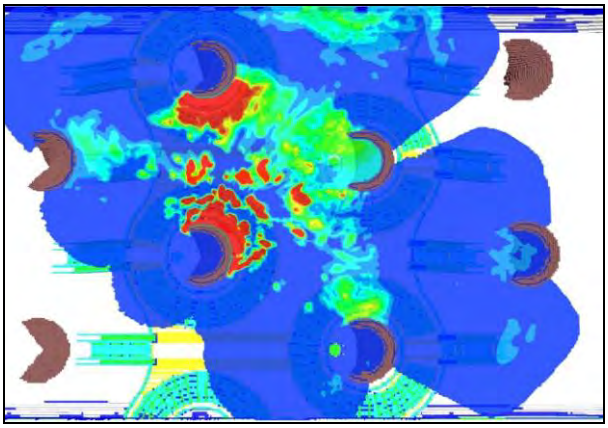


Bild 8.107: Steg B: t = 420s

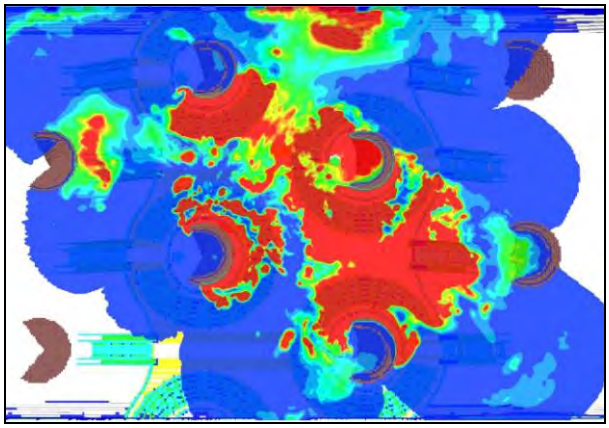


Bild 8.108: Steg B: t = 480s

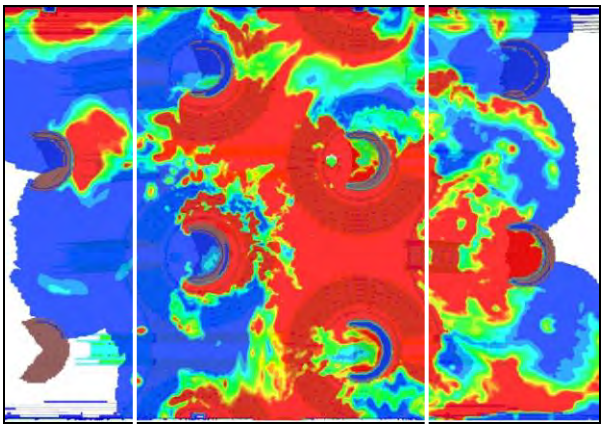


Bild 8.109: Steg B: t = 540s

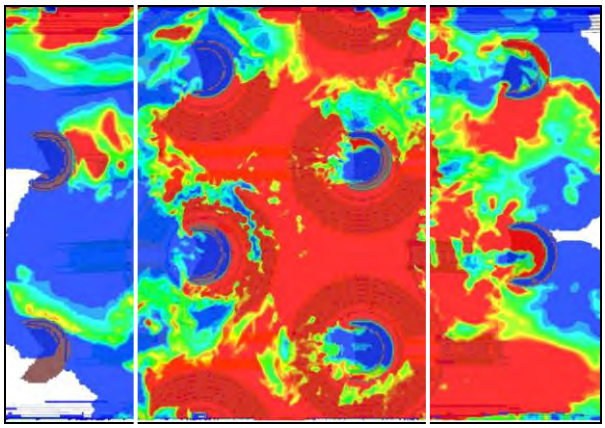


Bild 8.110: Steg B: t = 600s

Infolge der Position des brennenden Eisenbahnfahrzeugs direkt unter Steg B ergibt sich für diesen Rettungsweg eine unmittelbare Rauchbeaufschlagung. Bild 8.109 zeigt für t = 540 sec. bereits eine Verrauchung großer Stegbereiche, obwohl zu diesem Zeitpunkt die Evakuierung gerade beginnt. Steg B ist somit von Anfang an nicht nutzbar. Bild 8.108 bis Bild 8.110 zeigen, dass

Vertraulicher Entwurf

zwischen der 8. und 10. Brandminute in weiten Teilen der Stegebene bei 2,5 m Höhe der Grenzwert der Optischen Dichte erreicht bzw. überschritten wird.
Zwischen der 11. und 12. Brandminute verraucht Steg B über nahezu die gesamte Höhe bis zur Decke hin, wie die Vertikalschnitte mittig längst der Stegachse zeigen (Bild 8.110 und Bild 8.112).

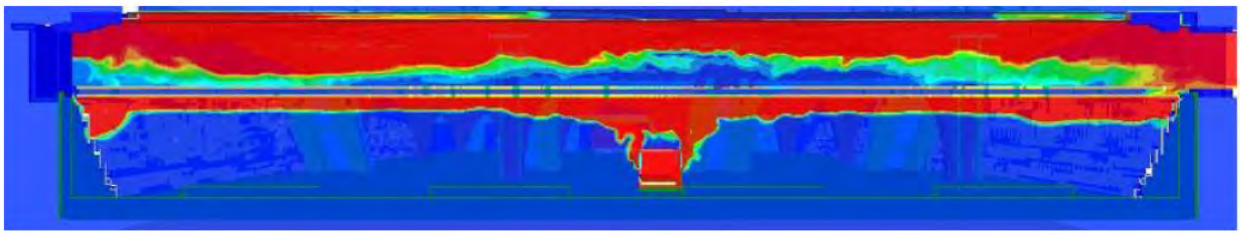


Bild 8.111: Steg B: t = 660s, Vertikalschnitt mittig

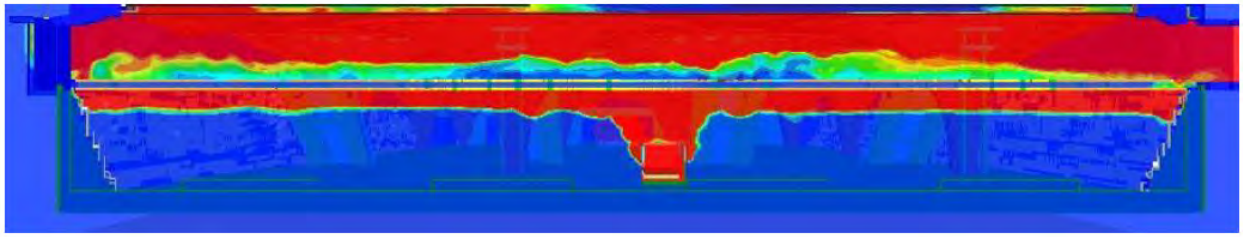


Bild 8.112: Steg B: t = 720s, Vertikalschnitt mittig

<u>Steg A (Brand unter Steg B):</u>

Bis fast zur 20. Minute zeigt sich noch keine ausgeprägte Rauchausbreitung im Bereich von Steg A. Danach kommt es allerdings zu einer zunehmenden Verrauchung, da das freigesetzte Rauchgasvolumen nicht mehr ausreichend über die aktivierten Öffnungen abgeführt werden kann und jenseits von Steg A keine Abströmöffnungen mehr vorhanden sind. Anfangs verzögert die maschinell zugeführte Frischluft zunächst die Rauchausbreitung, sodass bis etwa zur 18. Brandminute die Rauchfront den Steg A noch nicht erreicht hat; die Evakuierung läuft zu diesem Zeitpunkt seit 9 Minuten. Die Mindesthöhe der raucharmen Zone wird bis zu diesem Zeitpunkt ausreichend eingehalten, eine ungefährdete Evakuierung ist in diesem Bereich möglich. Danach jedoch bewirkt die Zuluftströmung aus dem Nord-Tunnel eine zunehmend ausgeprägte Rauch-Rückströmung, da zwischen Steg A und Nord-Tunnel keine öffenbaren Lichtaugen angeordnet sind, der Rauch in diesem Bereich somit nicht abströmen kann. Dies führt zu einer zunehmend stärkeren Zumischung von Rauch in den Zuluftstrom. Ab etwa der 20. Brandminute wird der Mindestwert von z_{SR} 2,50 m Höhe der raucharmen Zone der Selbstrettungsphase unterschritten;

Vertraulicher Entwurf

die Evakuierung läuft zu diesem Zeitpunkt seit 11 Minuten. Die Nutzung des Steges A für die Selbstrettung ist damit 11 Minuten nach Beginn der Evakuierung nicht mehr möglich (Bild 8.114 bis Bild 8.118). Fast gleichzeitig gilt dies auch für den Wert z_{FR} = 1,50 m der Fremdrettung, wie die mittig zur Stegachse geführten Vertikalschnitte auf bis zeigen. Fast der gesamte Steg erreicht ab der 21. Brandminute den Grenzwert der optischen Dichte.

Der Rauchstau über Steg A verstärkt sich ab ca. der 20. Brandminute, sodass es nach diesem Zeitpunkt zusätzlich zu einer anteiligen Umlenkung von Rauch nach unten zum Bahnsteig zwischen den Stegen A und B kommt (Bild 8.106).

Die Bahnsteigbereiche zwischen Steg A und Nordtunnel bleiben, infolge des Zuluftstromes, auch nach Verrauchung von Steg A raucharm.

Vertraulicher Entwurf

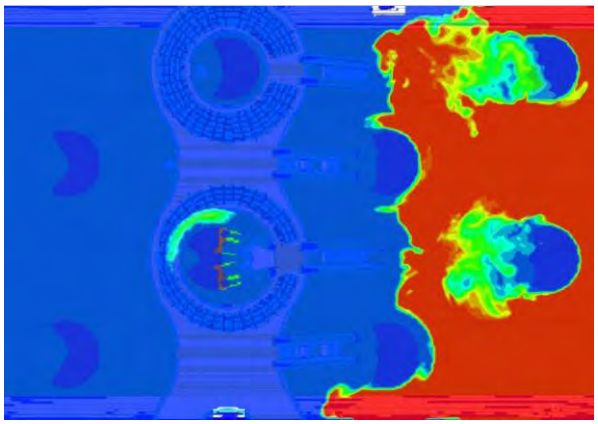


Bild 8.113: Steg A: t = 1.020s

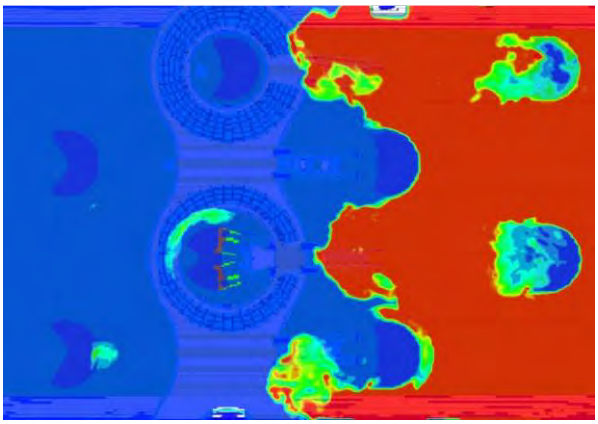


Bild 8.114: Steg A: t = 1.080s

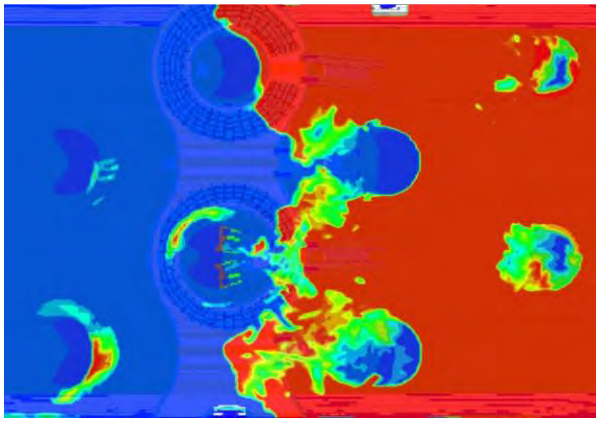


Bild 8.115: Steg A: t = 1.140s

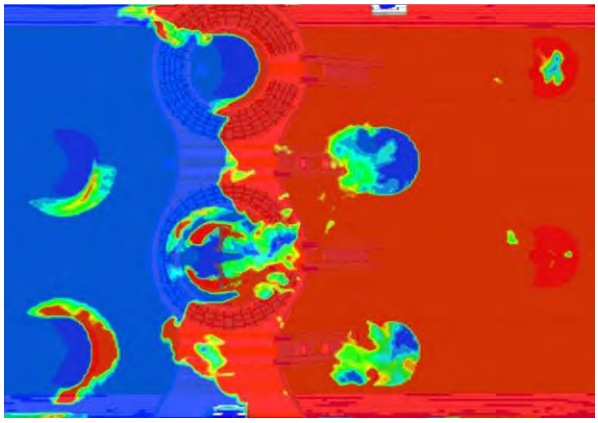


Bild 8.116: Steg A: t = 1.200s (Ende Nutzbarkeit)

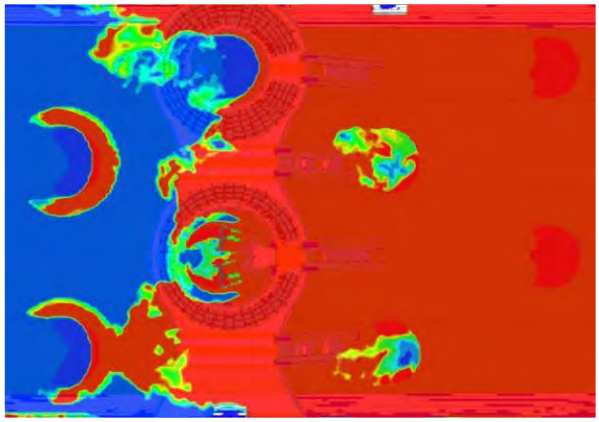


Bild 8.117: Steg A: t = 1.260s

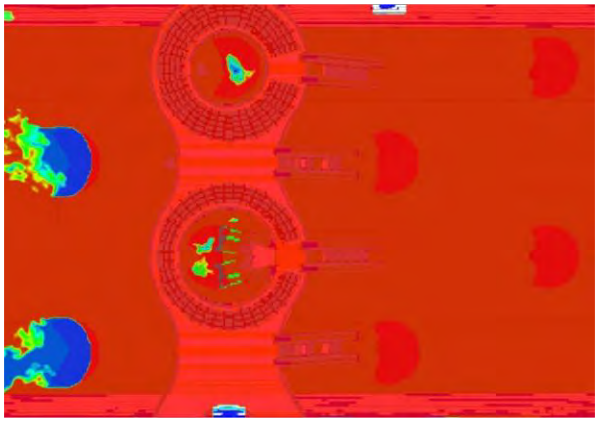


Bild 8.118: Steg A: t = 1.500s

Vertraulicher Entwurf

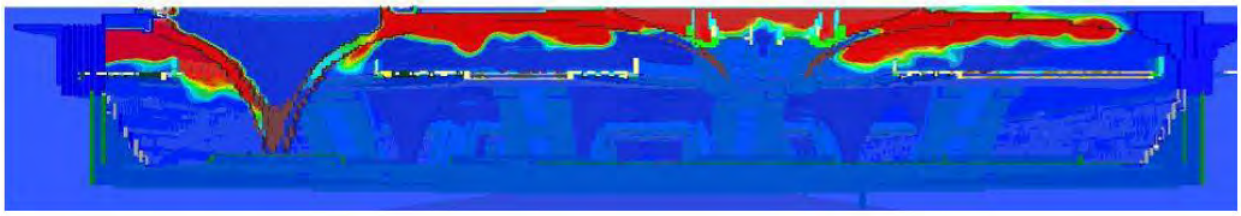


Bild 8.119: t = 1.200s (Ende der Nutzbarkeit), Steg A – Vertikalschnitt mittig

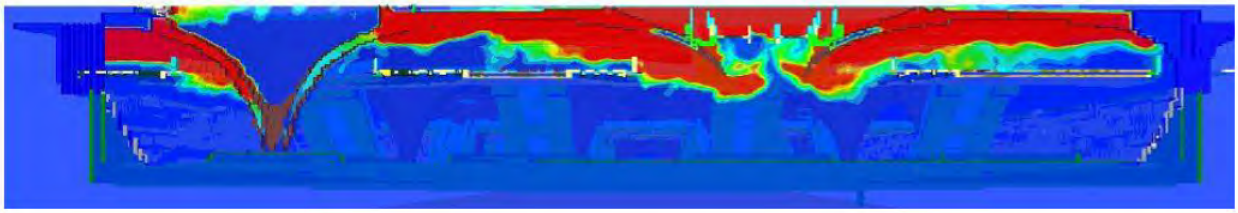


Bild 8.120: t = 1.260s , Steg A – Vertikalschnitt mittig

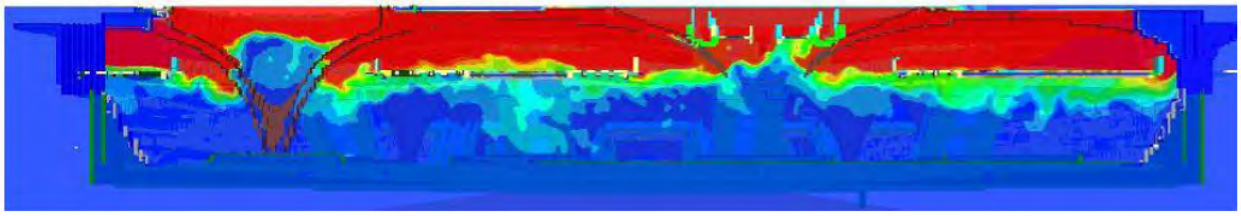


Bild 8.121: t = 1.500s , Steg A – Vertikalschnitt mittig

Aus Bild 8.106 geht hervor, dass Steg C, infolge der zwischen diesem und dem Steg B liegenden großen Anzahl an Lichtaugen mit NRWG, bis zum Ende der Simulationszeit raucharm bleibt.

Treppenraum-Zugänge, S-Bahn Zugänge (Brand unter Steg B)

Wie Bild 8.106 zeigt, wirkt sich die maschinell zugeführte Zuluft aus den angrenzenden Tunnelbereichen grundsätzlich günstig, wenn auch zeitlich begrenzt, auf die Rauchkonzentration in der Bahnsteigebene aus.

Die S-Bahn Abgänge bleiben, bis auf unkritische lokale Verrauchungen, mindestens bis zur 32. Brandminute rauchfrei (Bild 8.122). Für die Treppenzugänge zu den Fluchttreppenhäusern gilt dies bis zur 45. Brandminute (Bild 8.123).

Vertraulicher Entwurf

S-Bahn
Achse 4

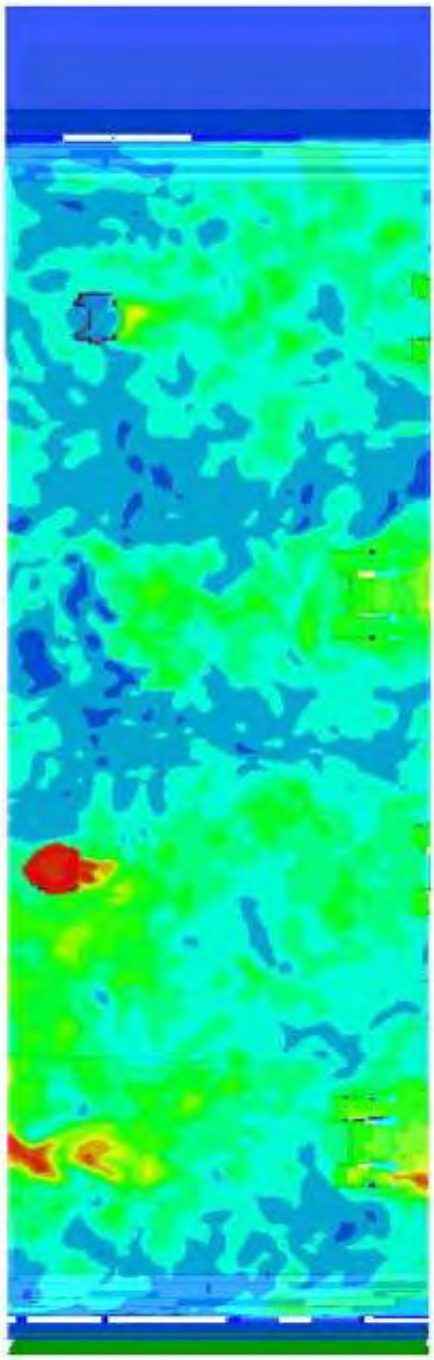


Bild 8.122: Darstellung der Optischen Dichte im Horizontalschnitt 2,5 m oberhalb Bahnsteig im Bereich des S-Bahn Abgangs zum Zeitpunkt t = 1.920 s (32 Minuten)

Vertraulicher Entwurf

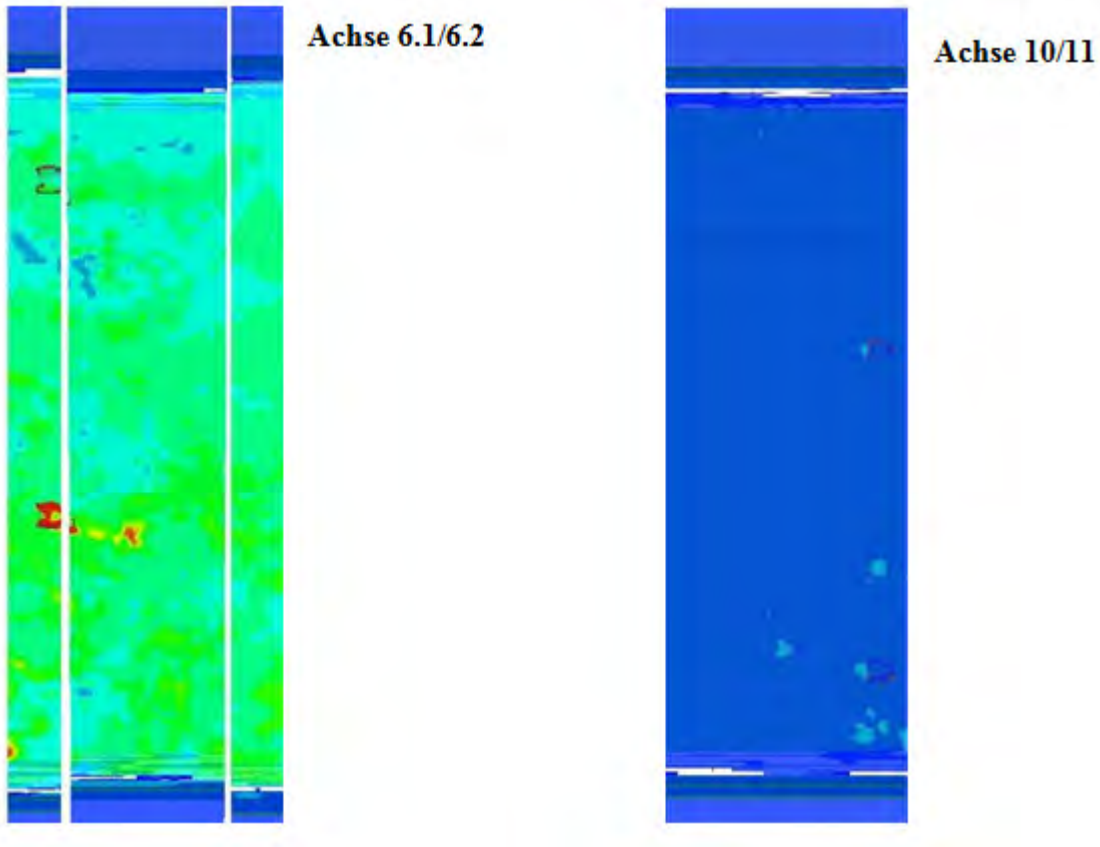


Bild 8.123: Optische Dichte im Bereich der Treppenraumzugänge

Bild 8.123 zeigt einen Horizontalschnitt 2,5 m oberhalb des Bahnsteigs für die Fluchttreppenhäuser in den Achsen 6.1/6.2 und 10/11 zum Zeitpunkt t = 2.700 s

Tunnel – Abgang / Treppenraum - Zugang	Kritische Verrauchungszeitpunkte [s]
S-Bahn	> 1.920,0
Achse 6.1 / 6.2	> 2.700,0
Achse 10 – Achse 11	> 2.700,0

Tabelle 39: Übersicht der Verrauchungszeitpunkte der Abgänge / Zugänge

Vertraulicher Entwurf

Zusammenfassung: Brand unter Steg B

In Tabelle 40 werden die Zeitpunkte der Aktivierungen (Öffnungen) der einzelnen NRWG (Lichtaugen) aufgelistet (Lichtaugen-Nummerierung gemäß).

Nummer des Lichtauges (siehe Bild 8.19)	Öffnungszeitpunkt der NRWG – Fläche
8, 19, 3, 14, 9, 20, 4, 15	08 Minuten (vorgegeben)
21	10 Minuten
10	11 Minuten
16	16 Minuten
5, 2	17 Minuten
13	18 Minuten
18	19 Minuten
7, 22	20 Minuten
11	21 Minuten
1	22 Minuten
17, 6	24 Minuten

Tabelle 40: Übersicht der Öffnungszeitpunkte der einzelnen NRWG

Die Ergebnisse Brand 3 -Brand unter Steg B (Simulation Nr. 20) lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Steg B ist ab Evakuierungsbeginn bereits verraucht, er wird von Anfang an nicht zur Entfluchtung der Bahnsteige genutzt. Die Evakuierung von Personen, die sich auf dem Steg befinden, ist jedoch problemlos möglich.

2. Steg A zeigt ca. 11 Minuten nach Evakuierungsbeginn eine Verrauchung, die eine Nutzung als Rettungsweg nicht mehr ermöglicht.

3. Steg C zeigt dauerhaft keine kritischen Verrauchungen,

4. Zum Zeitpunkt des möglichen Beginns aktiver Löschmaßnahmen durch die Feuerwehr (29. Brand-Minute vergl. Kap. 8.2.3.10) erfüllen die Stege A und B nicht mehr die geforderten Kriterien von 1,5 m Höhe der raucharmen Zone für Fremdrettung. Steg C und die Bahnsteige im Bereich der Fluchttreppenhäuser sind raucharm und nutzbar.

Vertraulicher Entwurf

8.2.3.9 Brand 4: Brand vor Steg C (Simulation Nr. 24)

Der Rauch breitet sich rasch im Brandnahbereich aus, sodass im Zeitraum zwischen t = 900 s und t = 1.200 s der Steg C sowie der nahe liegende Bahnsteigbereich bis zur Hallendecke hin verraucht sind. Infolge der zum Steg C hin abnehmenden Hallenhöhe, ergibt sich ein entsprechend kleinerer Querschnitt, wodurch sich ein Rauchstau ausbildet, der Rauch in Längsrichtung sich ausbreitet und nach ca. 900 Sekunden den Steg B erreicht. Nach 1.200 Sekunden ist der Bereich zwischen den Stegen B und C über nahezu die gesamte Hallenhöhe verraucht. Nach 1.500 Sekunden ist auch die Ebene von Steg A bis zur Hallendecke verraucht. Ab dem Zeitpunkt t = 1.800 s verraucht die gesamte Bahnhofshalle (Bild 8.124).

Die Simulation wurde im Hinblick auf die Fremdrettungsphase und im Zusammenhang mit dem zunehmend abklingenden Brandverlauf weitergeführt, da dieses Szenario sich als der ungünstigste Fall zeigte.

Ausführungen zu der Fremdrettungsphase werden nachfolgend in einem gesonderten Abschnitt zusammengefasst.

Vertraulicher Entwurf

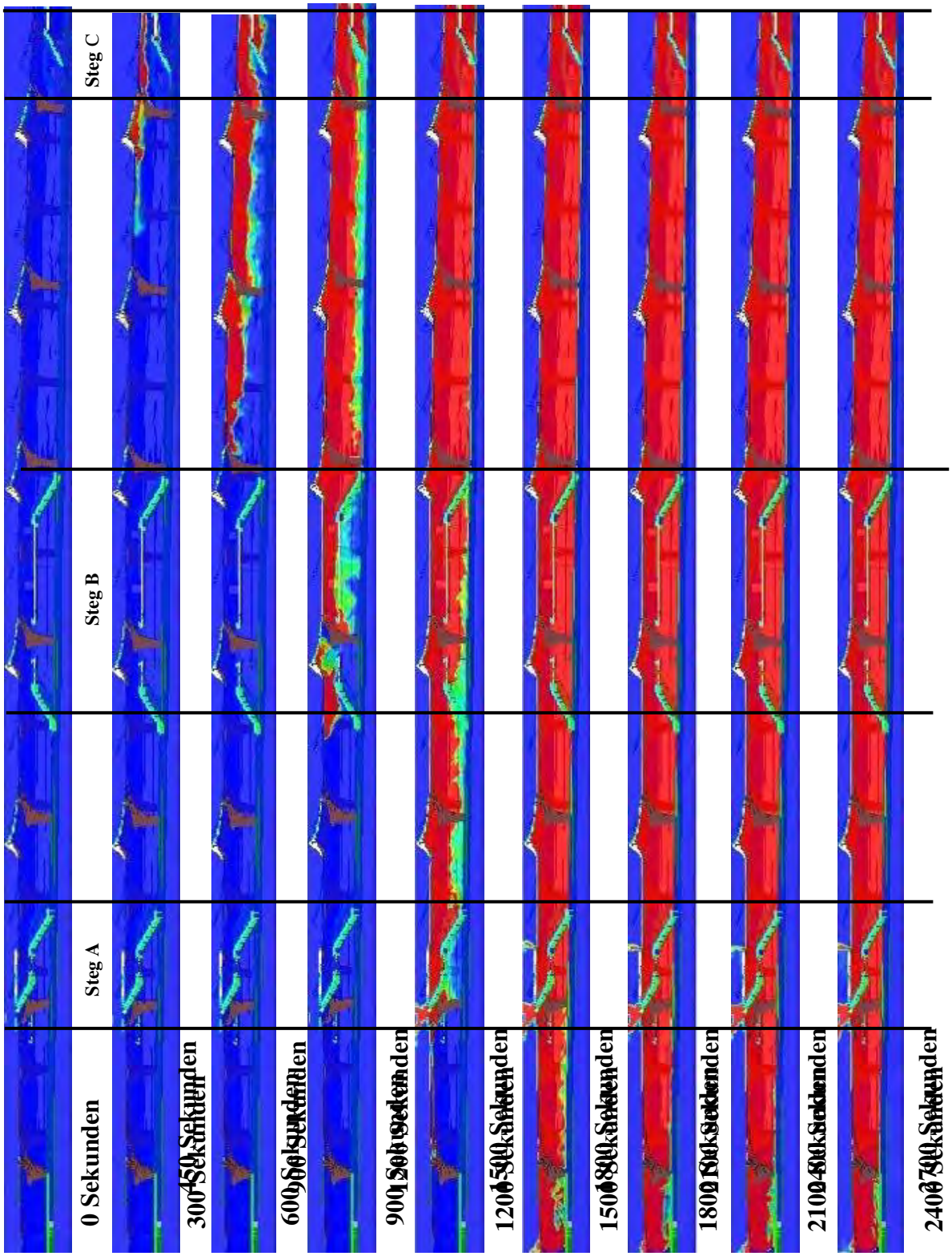


Bild 8.124: Veränderung qualitativen Rauchdichteverteilung im Längsschnitt (Brand vor Steg C)

Vertraulicher Entwurf

Steg C (Brand vor Steg C)

Der Steg C ist in der maßgebenden Höhe von 2,5 m ab dem Zeitpunkt t = 450 s verraucht. Bis zum Zeitpunkt t = 600 s wird in der gesamten Fläche der Stegebene der kritische Wert der Optischen Dichte erreicht bzw. überschritten (Bild 8.126).
Bis zum Zeitpunkt t = 1.500 s verraucht der Bereich um den Steg C über die gesamte Hallenhöhe (Bild 8.127 und Bild 8.128).

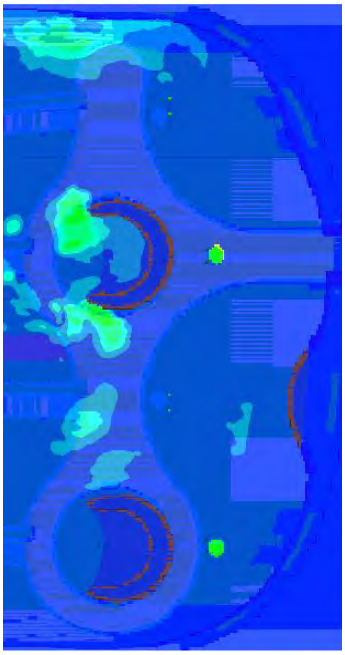


Bild 8.125: Steg C: h = 2,5 m, t = 420s

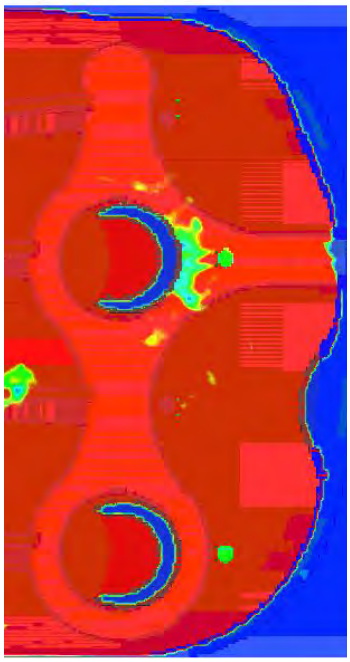


Bild 8.126: Steg C: h = 2,5 m, t = 600s

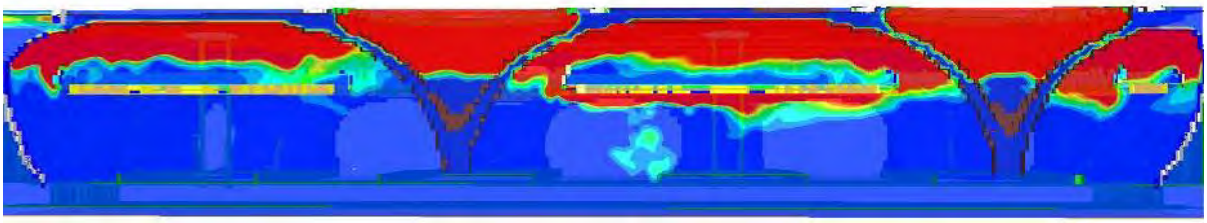


Bild 8.127: Steg C: t = 600s, Vertikalschnitt mittig

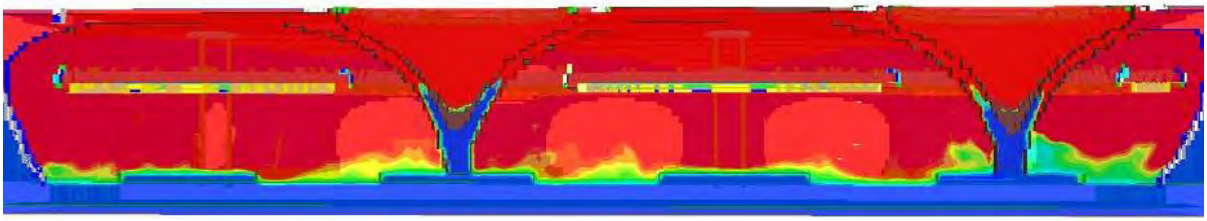


Bild 8.128: Steg C: t = 1.500s, Vertikalschnitt mittig

Vertraulicher Entwurf

Steg B (Brand vor Steg C)

Die Verrauchung von Steg B setzt zum Zeitpunkt t = 1.020 s ein. Nach 1.140 Sekunden ist nahezu die gesamte Stegebene in der kritischen Höhe von 2,5 m oberhalb Stegoberkante verraucht (Bild 8.129 bis Bild 8.131). Zwischen t = 1.140 s und t = 1.500 s breitet sich die Verrauchung im Querschnitt über die gesamte Hallenhöhe aus (Bild 8.132 bis Bild 8.133).

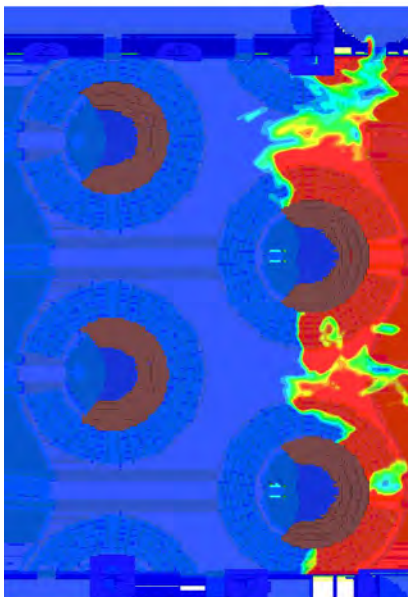


Bild 8.129: Steg B: h = 2,5 m, t = 1.020s

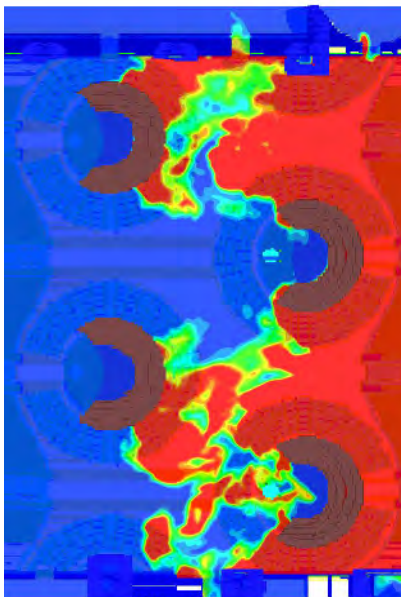


Bild 8.130: Steg B: h = 2,5 m, t = 1.080s

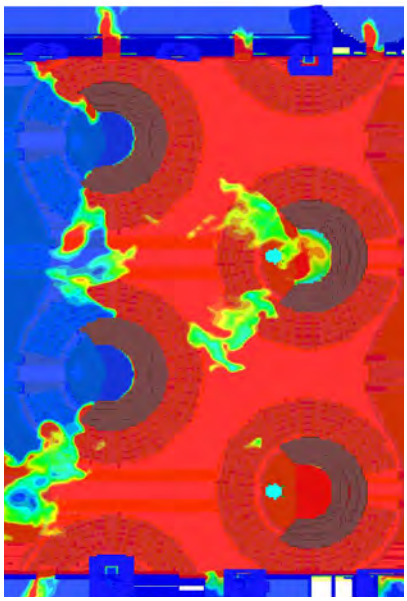


Bild 8.131: Steg B: h = 2,5 m, t = 1.140s

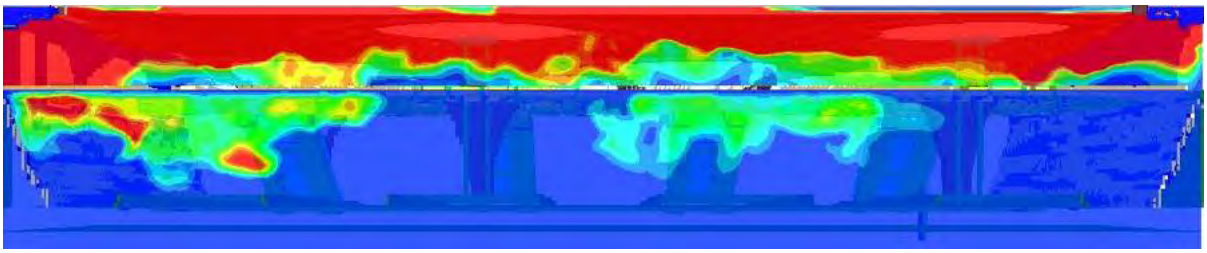


Bild 8.132: Steg B: t = 1.140s, Vertikalschnitt mittig

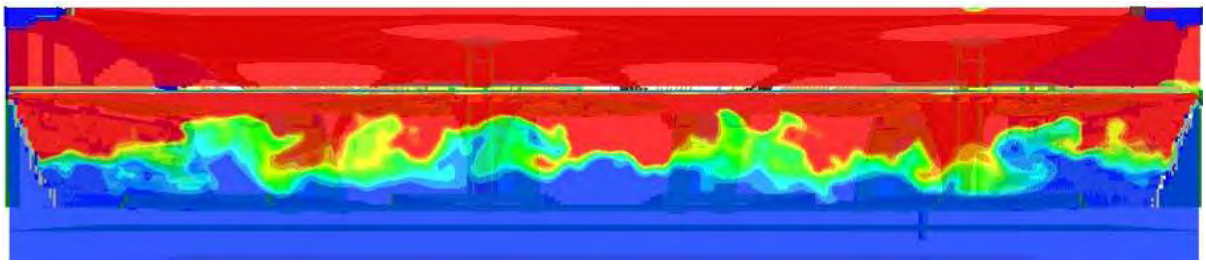


Bild 8.133: Steg B: t = 1.320s, Vertikalschnitt mittig

Vertraulicher Entwurf

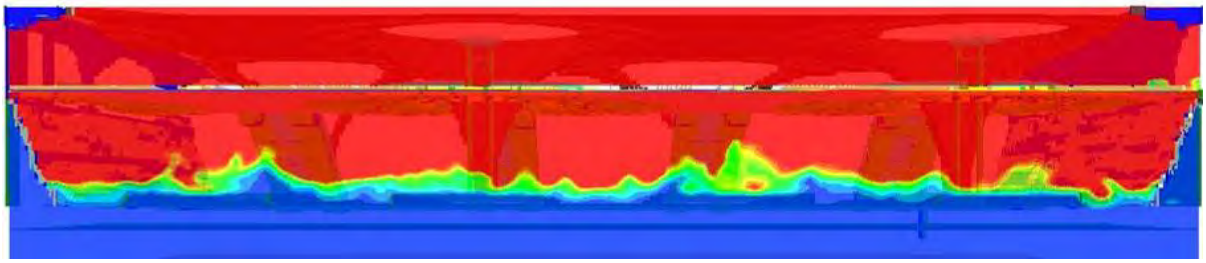


Bild 8.134: Steg B: t = 1.500s, Vertikalschnitt mittig

Steg A (Brand vor Steg C)

Die Verrauchung von Steg A setzt zum Zeitpunkt t = 1.380 s ein. Nach 1500 Sekunden ist nahezu die gesamte Stegebene in der kritischen Höhe von 2,5 m oberhalb Stegoberkante verraucht (Bild 8.135 bis Bild 8.137). Bis zum Zeitpunkt t = 2.400 s verraucht der Bereich um Steg A im Querschnitt über die gesamte Hallenhöhe (Bild 8.138 bis Bild 8.140).

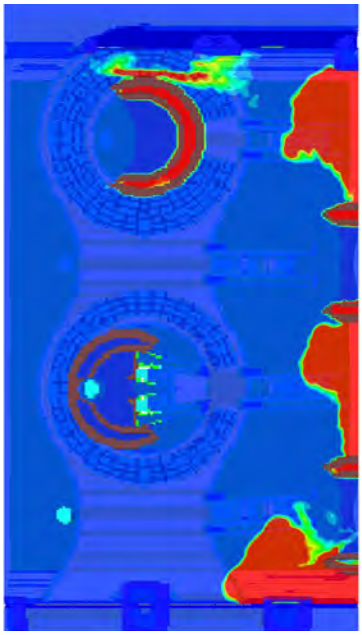


Bild 8.135: Steg A: h = 2,5 m, t = 1.350s

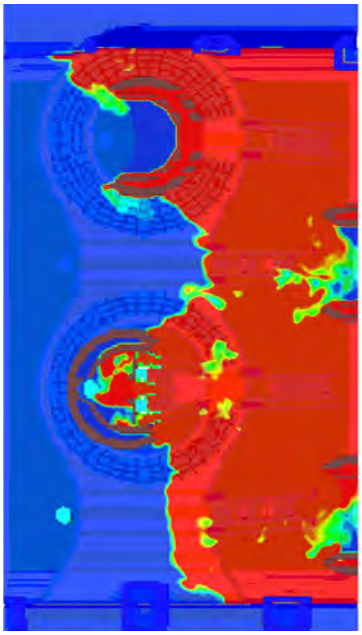


Bild 8.136: Steg A: h = 2,5 m, t = 1.440s

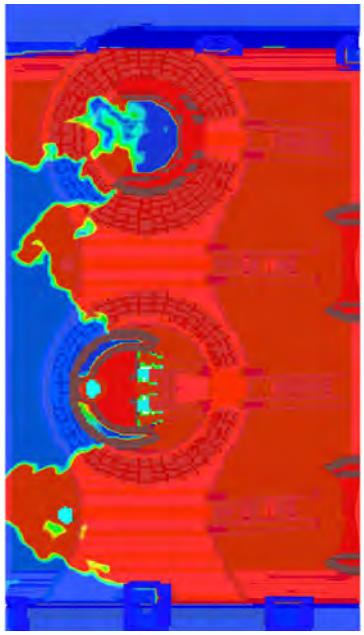


Bild 8.137: Steg A: h = 2,5 m, t = 1.500s

Vertraulicher Entwurf

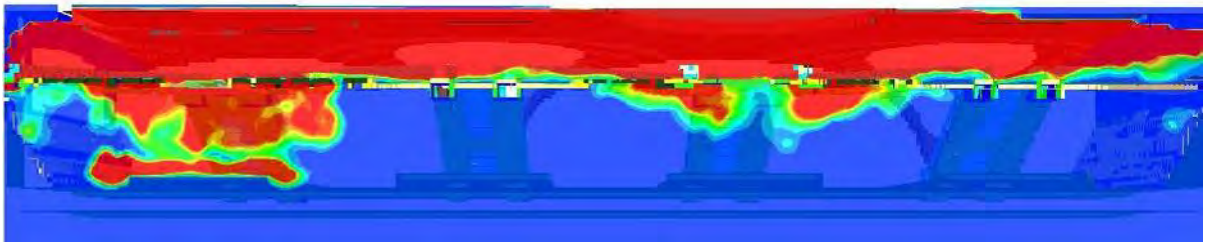


Bild 8.138: Steg A: t = 1.500s, Vertikalschnitt mittig

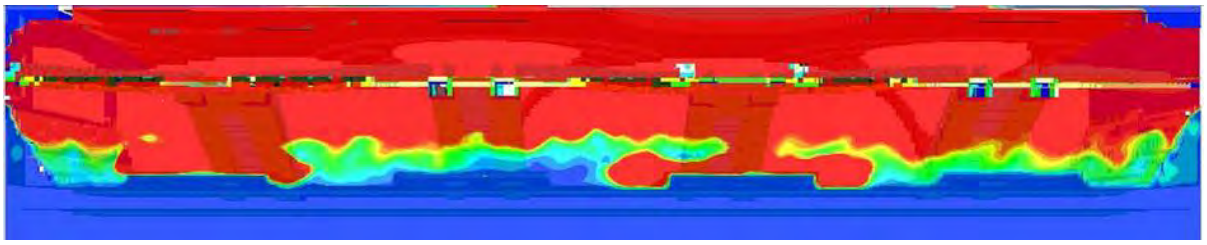


Bild 8.139: Steg A: t = 1.800s, Vertikalschnitt mittig

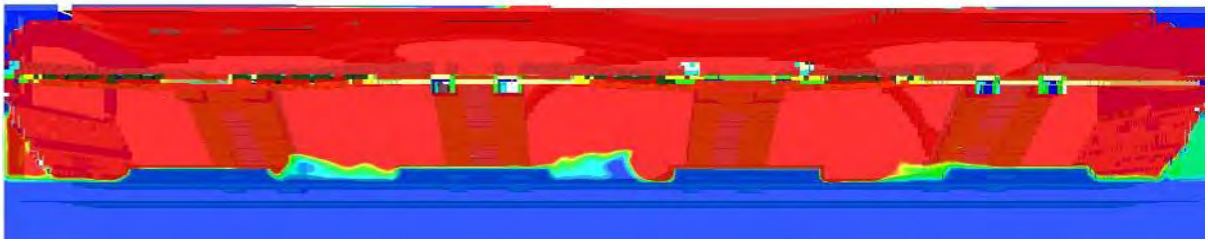


Bild 8.140: Steg A: t = 2.400s, Vertikalschnitt mittig

Treppenraum-Zugänge, S-Bahn Zugänge (Brand vor Steg C)

Die Verrauchungszeitpunkte für die einzelnen Rettungswege gemäß bis sind in Tabelle 41 zusammengestellt.

Tunnel – Abgang / Treppenraum - Zugang	Kritische Verrauchungszeitpunkte [s]
S-Bahn	1.380,0
Achse 6.1 / 6.2	1.380,0
Achse 10 – Achse 11	1.080,0

Tabelle 41: Übersicht der Verrauchungszeitpunkte der Abgänge / Zugänge

Vertraulicher Entwurf

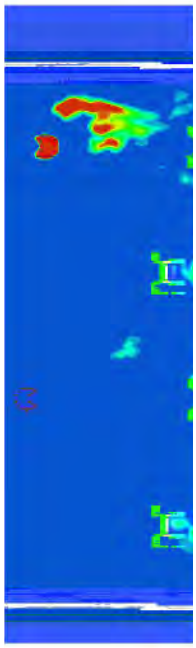


Bild 8.141: S-Bahn Abgang: h = 2,5 m, t = 1.320s

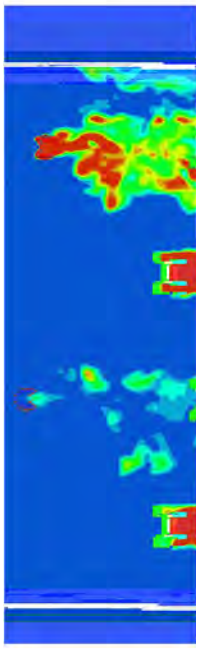


Bild 8.142: Achse 10/11: h = 2,5 m, t = 1.380s

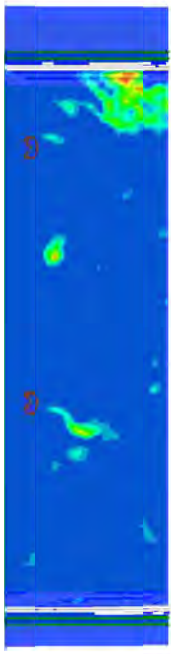


Bild 8.143: Achse 6.1/6.2: h = 2,5 m, t = 1.320s

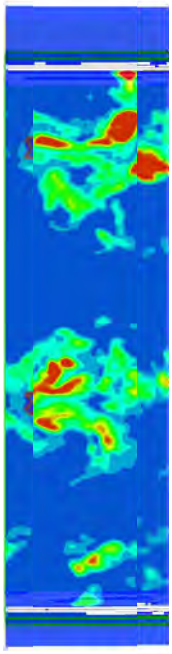


Bild 8.144: Achse 6.1/6.2: h = 2,5 m, t = 1.380s

Vertraulicher Entwurf

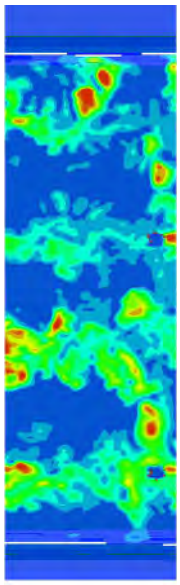


Bild 8.145: Achse 10/11: h = 2,5 m, t = 1.080s

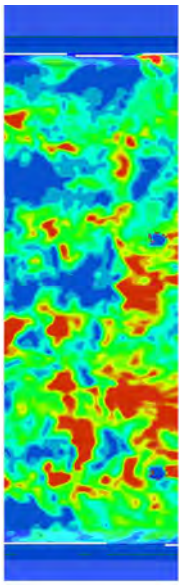


Bild 8.146: Achse 10/11: h = 2,5 m, t = 1.140s

<u>Zusammenfassung: Brand 4 (Brand vor Steg C)</u>

Bei diesem Szenario sind keine NRWG geöffnet, da das brennende Eisenbahnfahrzeug sich außerhalb des NRWG - Bereiches zwischen den Stegen A und C (vergl. Abschnitt 8.2.3.1) befindet und entsprechend Entrauchungskonzept bei einem Brand in diesem Bereich keine NRWGs geöffnet werden.
Die Ergebnisse der Simulation lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Es kommt zu einer raschen Rauchausbreitung über die gesamte Hallenlänge, sodass nach ca. 23 min. alle Stege verraucht sind.

2. Nach ca. 30 min. Branddauer liegt eine nahezu vollständige Verrauchung der gesamten Halle von Bahnsteigoberkante bis Hallendecke vor.

3. Die beschleunigte Rauchausbreitung im Vergleich zu den anderen Szenarien ist auf die in Richtung Steg C sich verkleinernde Hallenhöhe zurückzuführen

4. Die Treppenraumzugänge auf der Bahnsteigebene sind nach ca. 25 Minuten Branddauer verraucht.

Vertraulicher Entwurf

8.2.3.10 Fremdrettungsphase

Die Fremdrettungsphase zählt ab Beginn des aktiven Feuerwehreinsatzes. Nach Aussage der Branddirektion Stuttgart wird für einen wirksamen Löschangriff eine Vorlaufzeit von 30 Min. benötigt, die sich ab Alarmierung in 10 Minuten Anfahrt, 10 Minuten Erkundung und 10 Minuten für die Vorbereitung des Löschangriffs gliedert.

Da die Evakuierung maximal 23 Minuten nach Alarmierung abgeschlossen ist und ein Teil der Fluchtwege nicht mehr durch Flüchtende genutzt wird, stehen diese Wege somit der Feuerwehr als freie Angriffswege zur Verfügung.

Es wird davon ausgegangen werden, dass der Löschangriff ab der 20. Minute nach Alarmierung beginnt und damit auch die Fremdrettung (Ersterkundung ab der 10. Minute nach Alarmierung). Positiv ist hierbei auch zu berücksichtigen, dass durch die vorgesehene automatische Brandlokalisierung mit entsprechender Anzeige in der BMZ (Videoübertragung aus der Bahnhofshalle) die Erkundung der Feuerwehr und die Auswahl des Angriffsweges vereinfacht und beschleunigt werden.

Unter Berücksichtigung der Tunnelfahrtzeit von 7 Minuten und dem Zeitbedarf von 2 Minuten bis zur Alarmierung der Feuerwehr, beginnt die Fremdrettungsphase somit ca. 29 Minuten nach Brandbeginn bzw. 20 Minuten nach Halt des brennenden Zuges im Bahnhof und der Alarmierung der Feuerwehr durch die Brandmeldeanlage. Gemäß den Planungsvorgaben für die brandschutztechnische Ausstattung unterirdischer Personenverkehrsanlagen (DB Station & Service AG – Anlagen- und Instandsetzungsmanagement (I.SBI)) sind 15 Minuten der Fremdrettungsphase in die Untersuchungen mit einzubeziehen, dies entspricht im vorliegenden Fall 44 Minuten Branddauer; ab der 28. Brandminute ist der Brand bereits wieder in der abklingenden Phase und eine Zunahme der Verrauchung ist gestoppt.

Die Brände 3 (Brand unter Steg B - Simulationen Nr. 20) und Brand 2 (Brand zwischen den Stegen A und B –Nr.21) wurden bis zum Zeitpunkt t = 2.700 s (45. min) bzw. t = 2.460 s (41. min) geführt, der Brand 1 (Brand zwischen Steg A und Tunnel -Simulation Nr. 23) bis zum Zeitpunkt t = 2.760 s (46. min).

Der Brand 2 und 3 zeigen, dass Steg C bis zum jeweiligen Simulationsende raucharm und damit für die Evakuierung nutzbar bleibt.

Brand 1 zeigte einen räumlich begrenzten Raucheintrag ab t = 2. 400 s (40. min).

Der Brand 4 (Brand vor Steg C -Szenario Nr. 24) wurde als ein kritisches Szenario im Zusammenhang mit der Fremdrettungsphase bis zum Zeitpunkt t = 4.740 s (79. min) simuliert, um die Auswirkungen der Brand-Abklingphase auf die Einsatzbedingungen für die Rettungs- und Löschkräfte abschätzen zu können.

Bild 8.147 und Bild 8.148 veranschaulichen für dieses Szenario die Einsatzbedingungen für die Rettungskräfte mittels der Verteilung der Optischen Dichte im Längsschnitt 1,5 m über OK

Vertraulicher Entwurf

Bahnsteig; diese Höhe ist gekennzeichnet als eine durchlaufende schwarzer Linie. Steg A bleibt bis t = 1.380 s (ca. 23. min) nutzbar, auf dem Bahnsteig wird die geforderte Mindesthöhe zwischen den Stegen B und C nur lokal unterschritten. Dies ist in den nachfolgenden Bildern dargestellt.

Bezüglich der Feuerwehrangriffswege für den Löschangriff ist zu berücksichtigen, dass bei einer Verrauchung der Stege, die Feuerwehreinsatzkräfte über die Fluchttreppenhäuser auf die Bahnsteige gelangen können, so dass sie unabhängig von den Stegen die Bahnsteige erreichen können.

Weiterhin ist, bezogen auf die in den folgenden Graphiken dargestellten Verrauchungssituationen, festzustellen, dass bei dem Szenario Nr 4 „Brand vor Steg C“ gemäß dem Entrauchungskonzept alle Lichtaugen geschlossen bleiben, die Feuerwehr aber zur Rauchentlastung nach ihrem Eintreffen über das Feuerwehrtableau die NRWG Flächen zur Rauchentlastung öffnen kann. Das Öffnen der NRWG Flächen, entgegen dem Entrauchungskonzept auch für diese Brandortpositionen, wurde durch BPK in Voruntersuchungen ebenfalls betrachtet. Hierbei wurde festgestellt, dass ein Öffnen von NRWG–Flächen vor dem Abklingen des Brandes zu keiner erkennbaren Verbesserung der Rettungswegqualität führt.

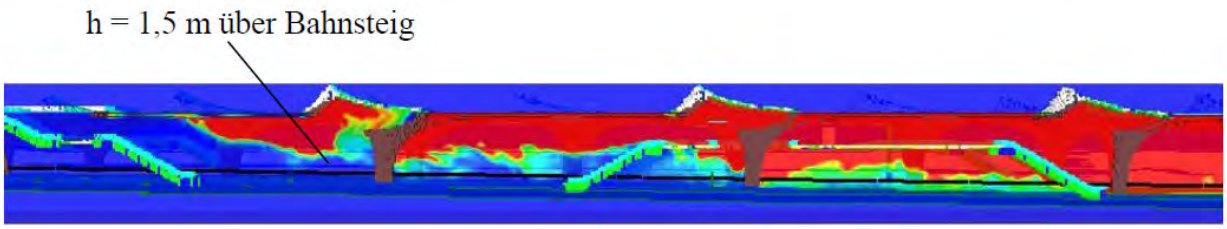


Bild 8.147: Verteilung der Optischen Dichte zw. den Stegen A und B, t = 1.370 s

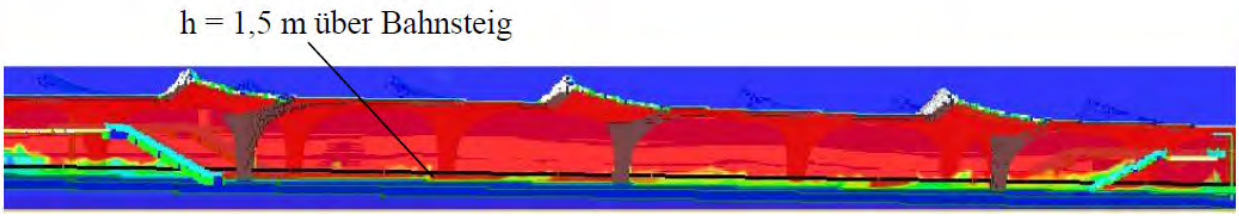
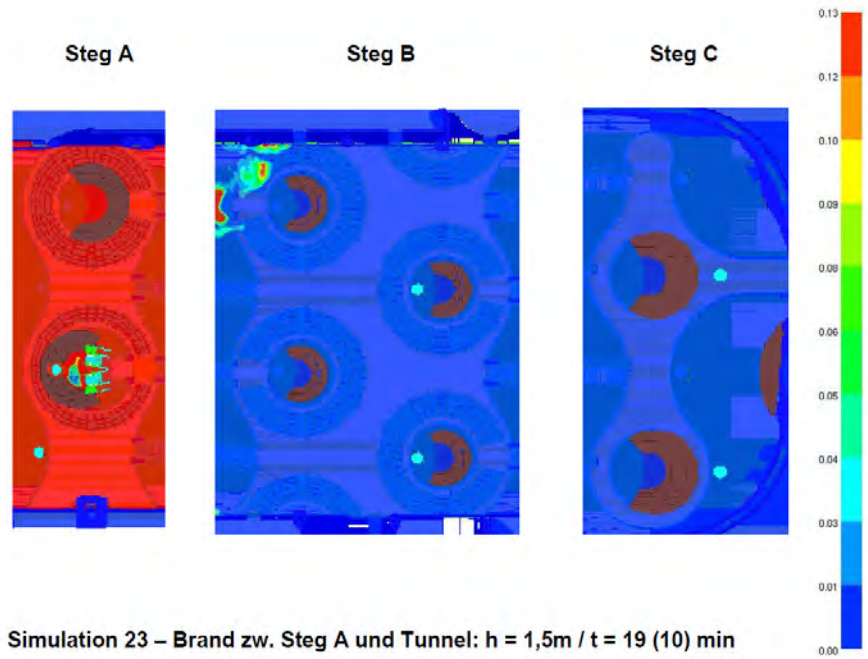


Bild 8.148: Verteilung der Optischen Dichte zw. den Stegen B und C, t = 1370 s

Im nachfolgenden wird die Verrauchung der Stege und Stegzugänge (Bahnsteig) mit Begin der Fremdrettungsphase t = 19 Minuten für die maßgeblichen Brandorte 1 – 4 betrachtet (vgl. auch Seite 218).

Vertraulicher Entwurf

Brand 1 (Simulation 23): Brand zwischen Steg A und Tunnel – 19. Minute



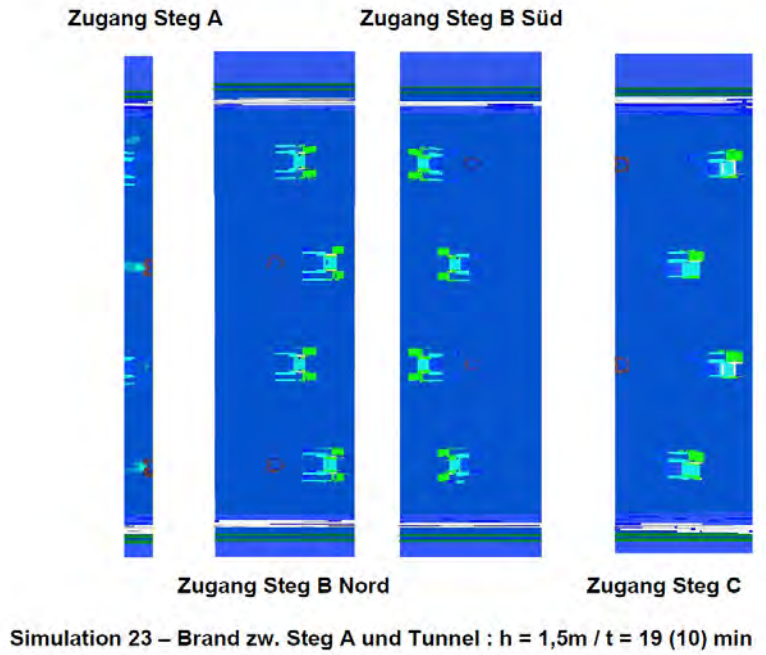
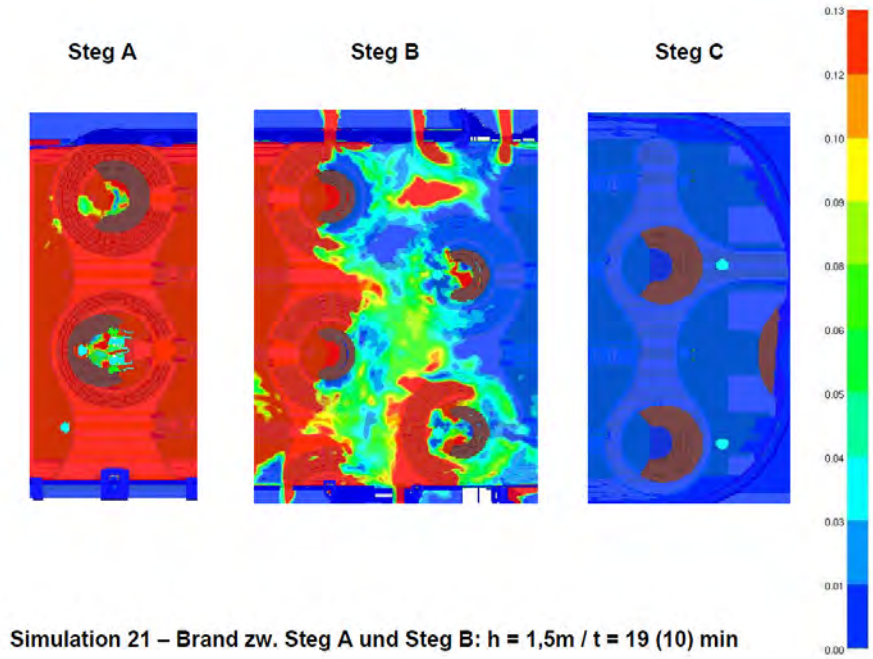


Bild 8.149: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 1 nach 19 Minuten

Vertraulicher Entwurf

Brand 2 (Simulation 21): Brand zwischen Steg A und Steg B – 19. Minute



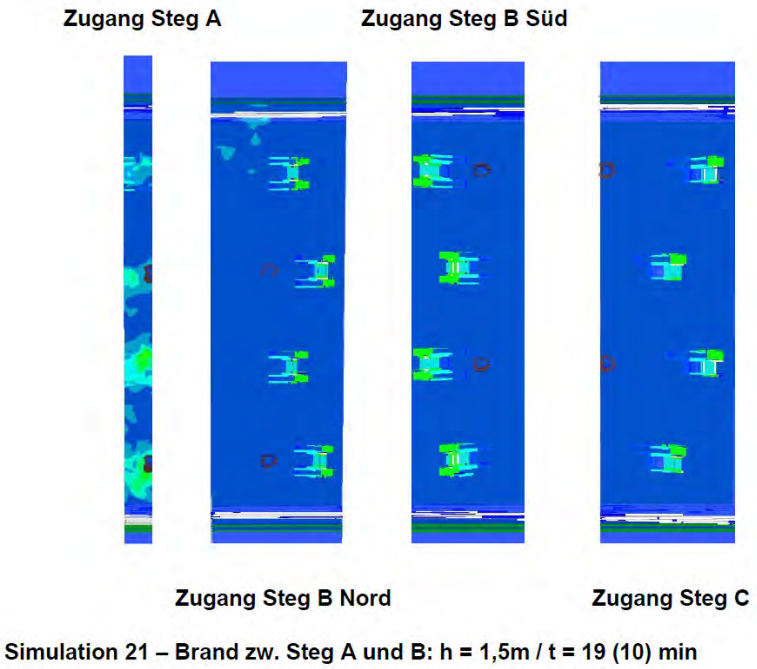
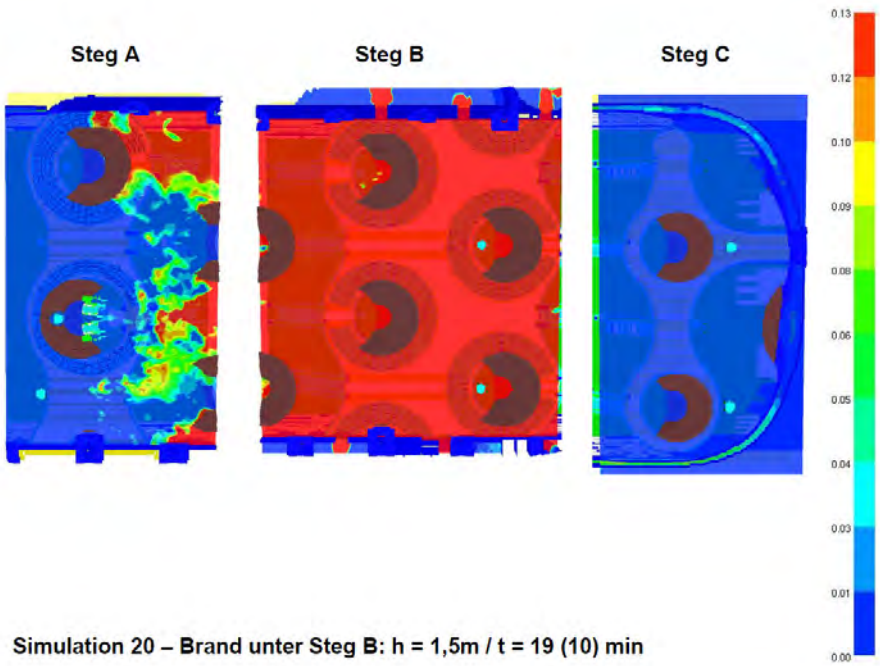


Bild 8.150: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 2 nach 19 Minuten

Vertraulicher Entwurf

Brand 3 (Simulation 20): Brand unter Steg B – 19. Minute



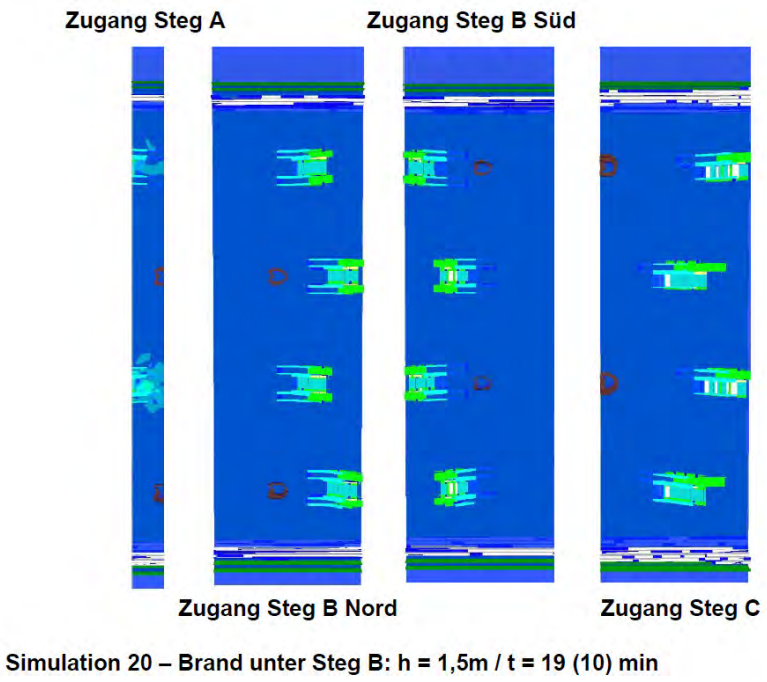
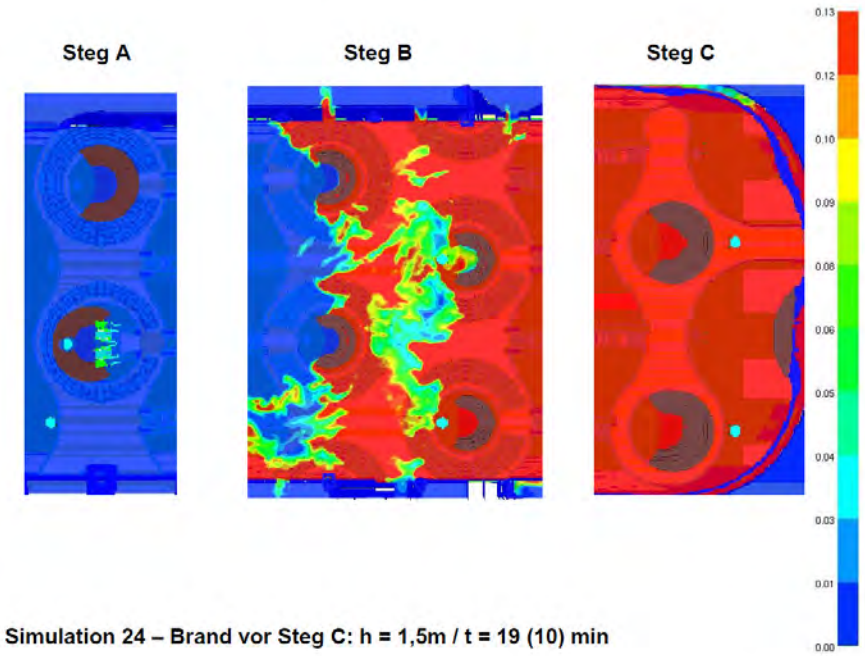


Bild 8.151: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 3 nach 19 Minuten

Vertraulicher Entwurf

Brand 4 (Simulation 24): Brand vor Steg C – 19. Minute



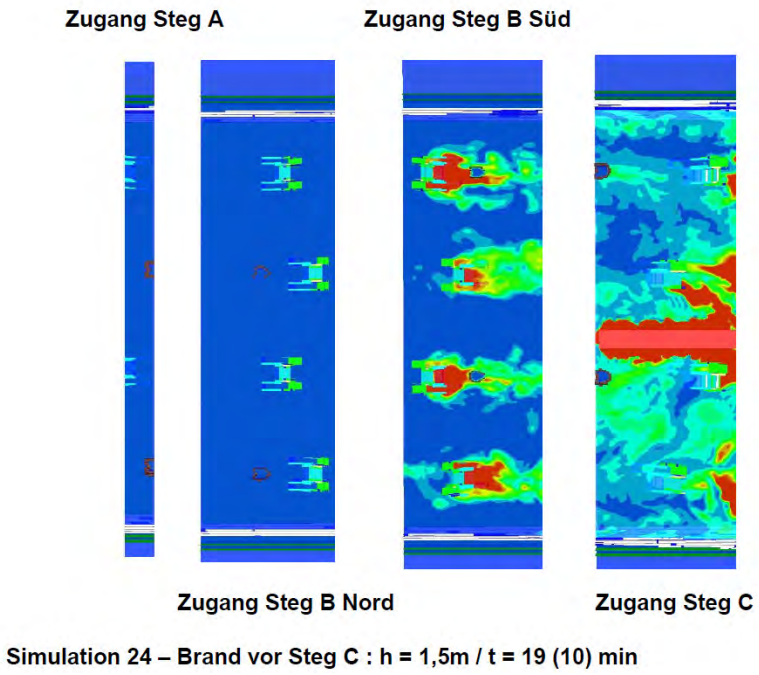
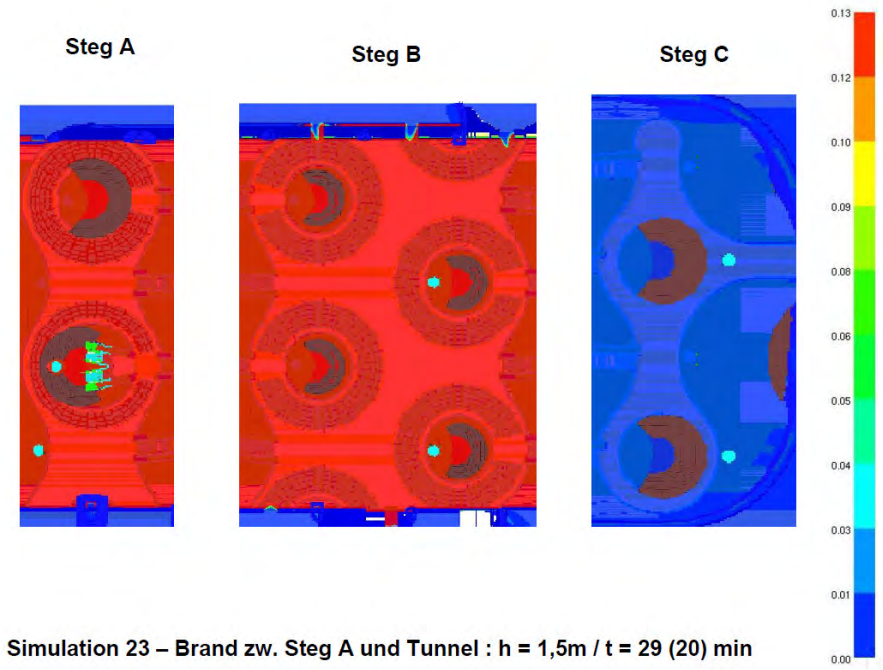


Bild 8.152: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 4 nach 19 Minuten

Vertraulicher Entwurf

Brand 1 (Simulation 23): Brand zwischen Steg A und Tunnel – 29. Minute



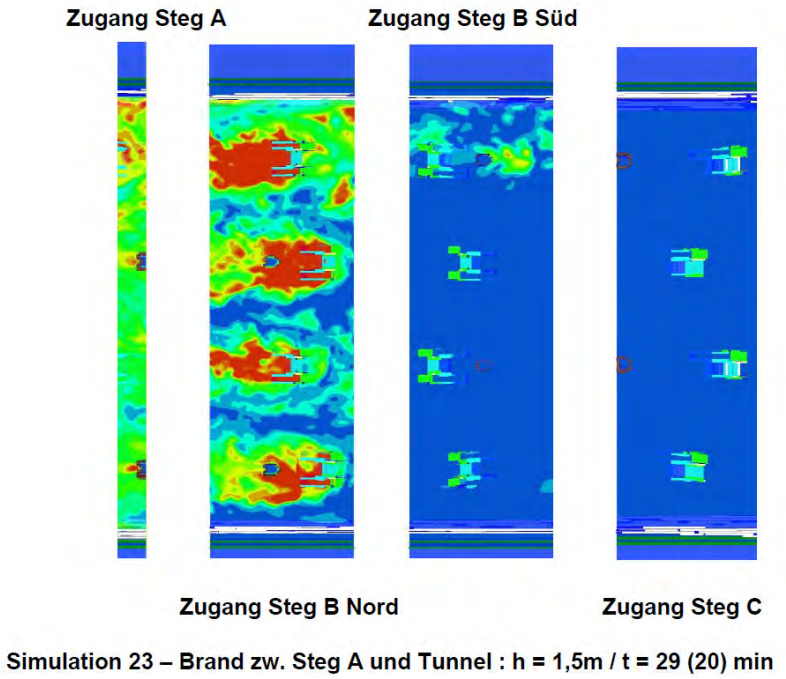
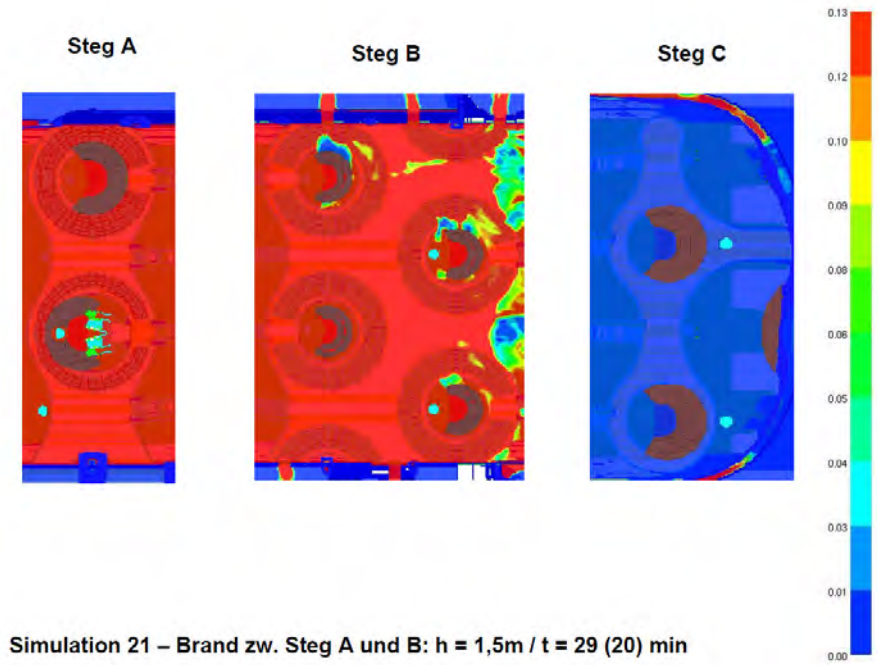


Bild 8.153: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 1 nach 29 Minuten

Vertraulicher Entwurf

Brand 2 (Simulation 21): Brand zwischen Steg A und Steg B – 29. Minute



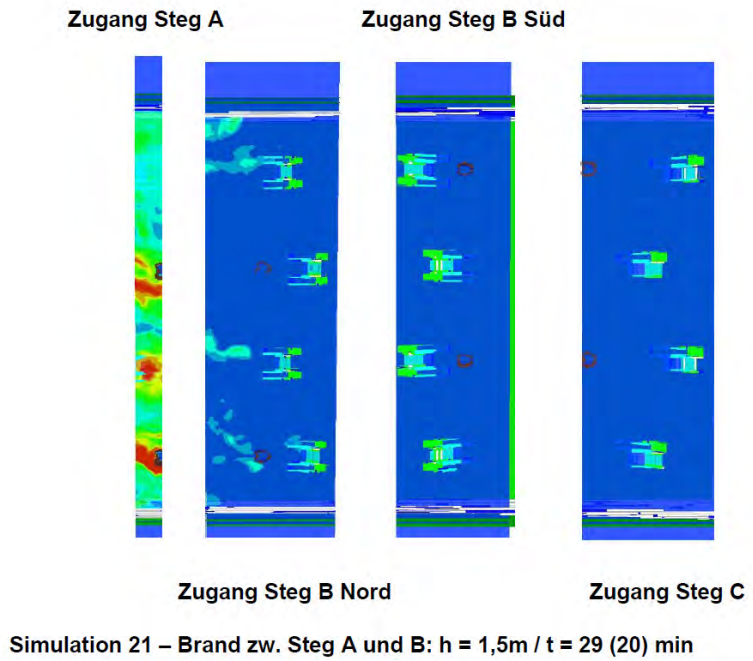
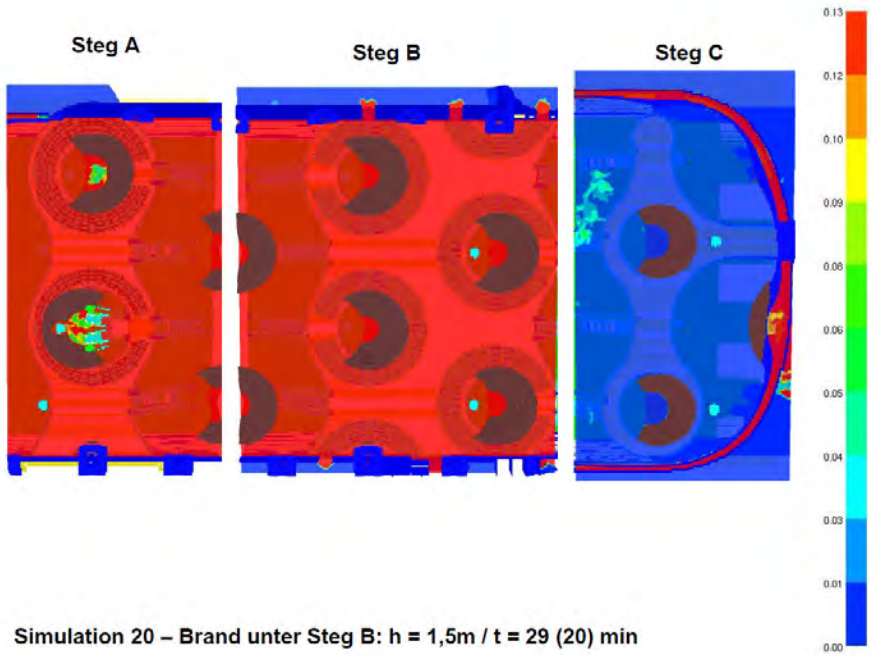


Bild 8.1544: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 2 nach 29 Minuten

Vertraulicher Entwurf

Brand 3 (Simulation 20): Brand unter Steg B – 29. Minute



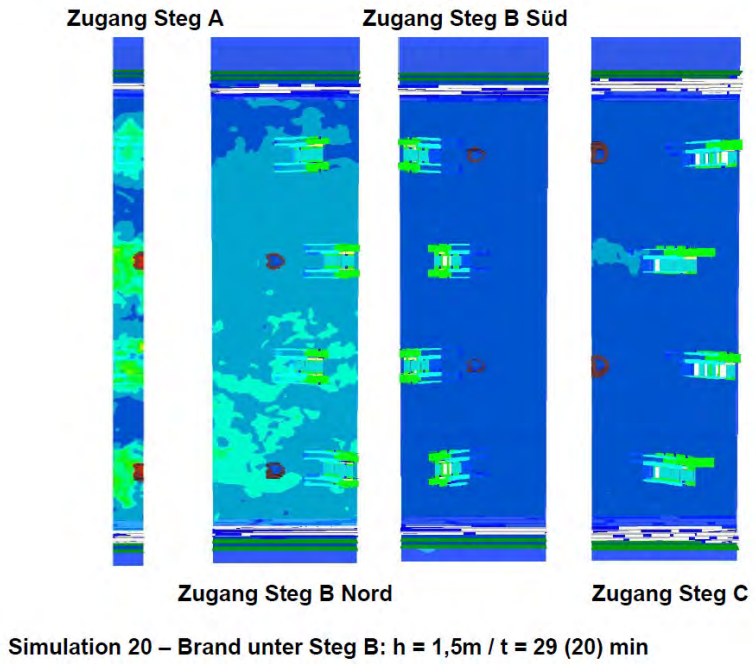
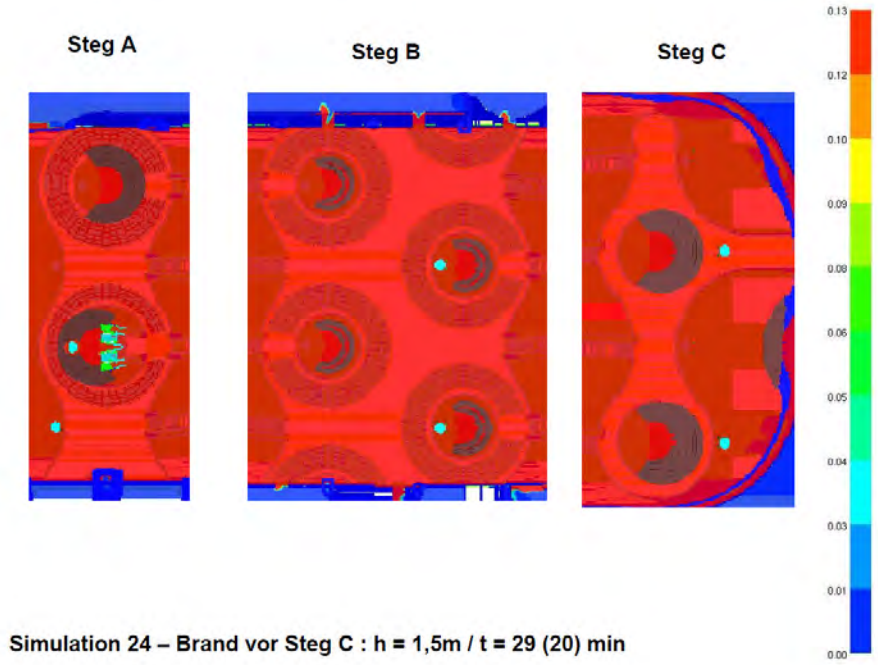


Bild 8.155: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 3 nach 29 Minuten

Vertraulicher Entwurf

Brand 4 (Simulation 24): Brand vor Steg C – 29. Minute



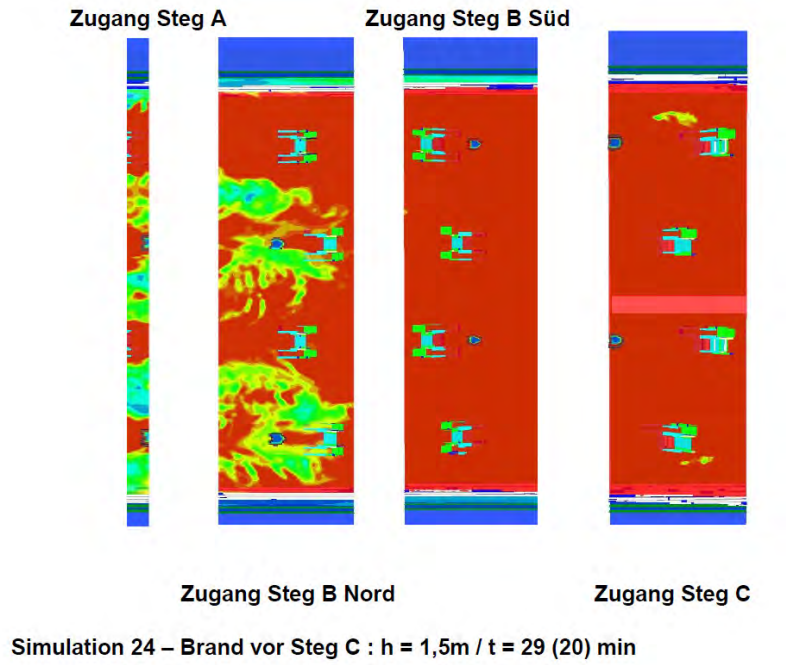


Bild 8.156: Darstellung der optischen Dichte bei Brand 4 nach 29 Minuten

Vertraulicher Entwurf

Lediglich zur Verdeutlichung der Brand-Abklingphase wurde in den Darstellungen Bild 8.158 und Bild 8.159 die Optische Dichte mit einem Grenzwert (rot) von $D_L = 1{,}0\ m^{-1}$ angesetzt, da der Regel-Grenzwert von $D_L = 0{,}13\ m^{-1}$ infolge des Rauchstaus zu niedrig ist, um sichtbare Unterschiede darzustellen (siehe Farbskala). Der Vergleich von Bild 8.158 (t = 44 Min.) mit Bild 8.15959 (t = 79 Min.) zeigt, dass mit dem Abklingen der Brandintensität die Verrauchung abnimmt (Zunahme grün/gelb im Bahnsteigbereich).

Verrauchung Straßburger Platz

Die zur Entrauchung vorgesehenen NRWG in den Lichtaugen führen den Rauch in den Luftraum über den Straßburger Platz ab. Zur Klärung der Frage, ob dadurch der Feuerwehrzugang zu den Treppenräumen beeinträchtigt werden kann, wurde eine zusätzliche Untersuchung durchgeführt.

Infolge des hybriden Entrauchungskonzeptes dominiert die ventilatorinduzierte Rauchabströmung die thermische Komponente. Eine systematische Auswertung der FDS-Simulation ergab, dass dadurch für alle Szenarien eine Rauch-Abströmgeschwindigkeit von $v_0 > 2$ m/sec. vorliegt. Unter Verwendung der Freistrahltheorie wurde abgeschätzt, inwieweit durch Windeinflüsse der abströmende Rauch auf den Platz umgelenkt werden kann. Hierzu wurden die Geschwindigkeiten wie folgt variiert:

Rauchstrahl $1 \leq v_0 \leq 2$ m/sec

Wind, horizontal $1 \leq v_W \leq 4$ m/sec

Für die den FDS-Simulationen zugrundeliegende NRWG-Fläche von $A \approx 5{,}58\ m^2$ und eine Mischzahl $m \leq 0{,}5$ ergeben sich Strömungsweiten (Höhen) der Rauchgase, bevor eine Strahlauflösung durch Wind erfolgt im Bereich von

$$4{,}5 \leq L_0 \leq 18\ m$$

Infolge der Lichtaugengeometrie befinden sich die NRWG-Öffnungen ca. $H_0 = 3$ m über OKF. Insgesamt ergibt sich daraus eine minimale Reichweite des Rauchgasstrahles von

$$H = H_0 + L_0$$

$$\geq 7{,}5\ m$$

Eine Behinderung der Feuerwehr ist damit nicht zu erwarten.

Vertraulicher Entwurf

Zusammenfassung Fremdrettungsphase

- vollständige Selbstrettung auf raucharmen Rettungswegen möglich
- vollständige Evakuierung mobilitätseingeschränkter Personen auf raucharmen Rettungswegen möglich
- Bis t = 30 Minuten nach Brandbeginn (t = 21 Minuten nach Alarmierung) sind 1,5 m raucharme Zone für mehrere Bahnsteige mit Zugängen verfügbar.
  Ausnahme: Brand vor Steg C

Bild 8.157: Zeitstrahl Fremdrettungsphase

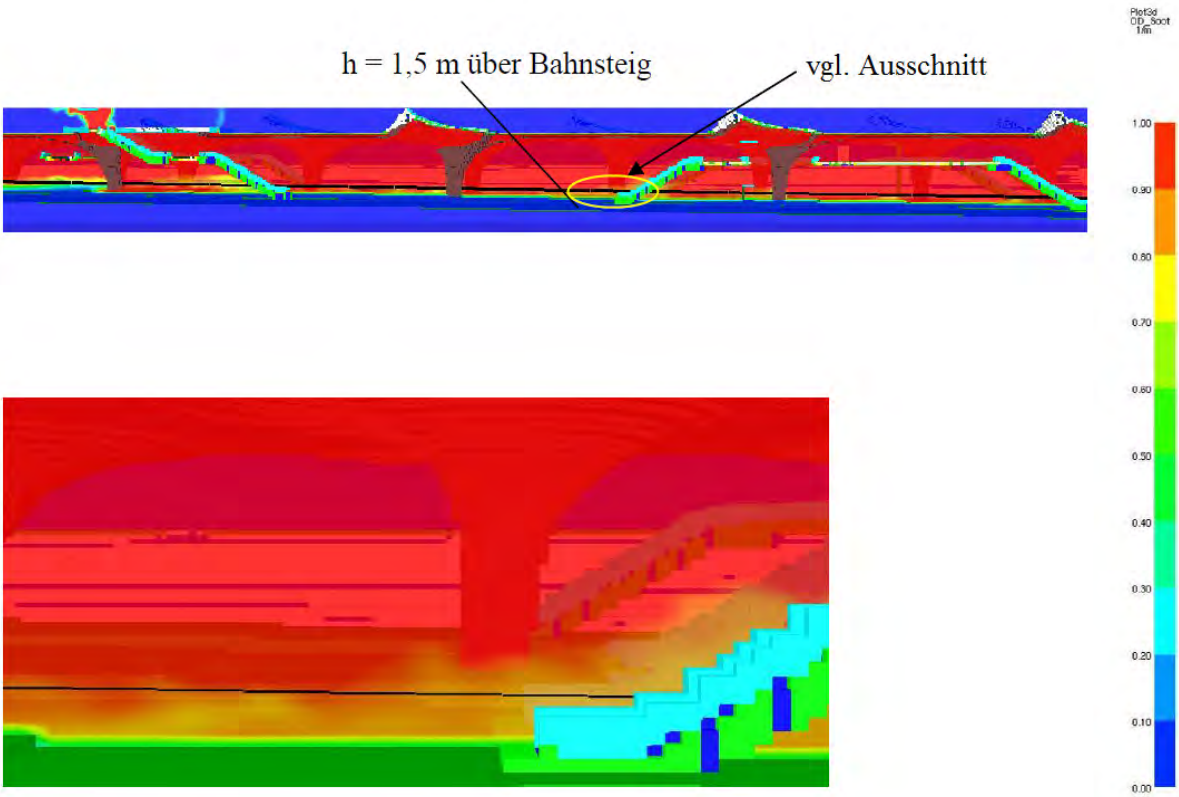


Bild 8.158: Verteilung der Optischen Dichte (Rot: DL ≥ 1,0 m-1) im Längsschnitt zwischen den Stegen A und B, t = 2.640 s (Brand vor Steg C)

Vertraulicher Entwurf

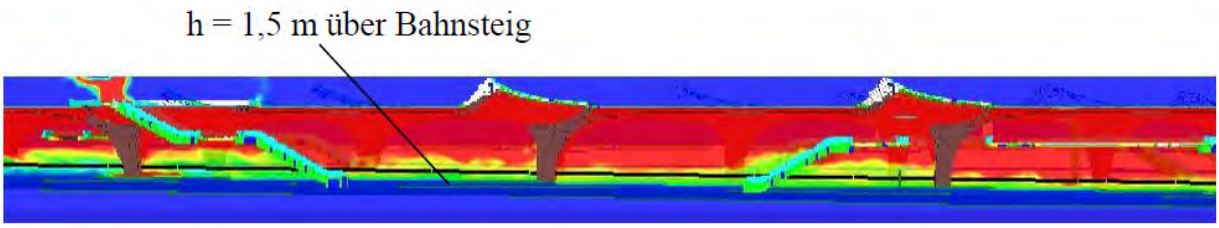


Bild 8.159: Verteilung der Optischen Dichte (Rot: DL ≥ 1,0 m-1) im Längsschnitt zwischen den Stegen A und B, t = 4.740 s Ende der Simulation (Brand vor Steg C)

Vertraulicher Entwurf

8.2.4 Ergebnisse

8.2.4.1 Vorbemerkung

Auf der Grundlage umfangreicher Vor- und Zusatzuntersuchungen zur Verrauchung (CFD-Simulationen) und zur Entfluchtung (EXODUS-Simulationen) wurden die im hier vorliegenden Bericht dokumentierten Szenarien als maßgeblich identifiziert. Es zeigten sich keine Hinweise, dass es darüber hinaus weitere kritische Szenarien geben könne. Darüber hinaus können die vorliegenden Ergebnisse als konservativ beurteilt werden, da alle Eingangs- und Beurteilungsparameter als worst case Annahme gewählt und ohne die nach Eurocode zulässigen Abminderungen überlagert wurden.

Die Szenarien „Brandentwicklung“ als Grundlage der FDS-Analysen, und das Szenario „Verrauchung“, als Grundlage der Evakuierungssimulationen, laufen zeitlich versetzt ab. Die jeweiligen Zeitzuordnungen müssen daher für eine vergleichende Betrachtung (Bewertung) synchronisiert werden.

Bild 8.160 verdeutlicht diese Situation für die Kennwerte bzw. die zeitlichen Abläufe

$\dot{Q}$ Brandentwicklung
R Rauchfreisetzung im Bahnhof
P Personenzahl im Bahnhof

Das $\dot{Q}$ - t_Q Koordinatensystem beschreibt die Brandentwicklung. Der Zeitpunkt $t_Q = 0$ ist der Brandbeginn, hier als Abfahrt im letzten Bahnhof definiert (Beginn der Tunnelfahrt).

Das R - t_R Koordinatensystem beschreibt die Rauchfreisetzung im Bahnhof. Der Zeitpunkt $t_R = 0$ ist der Halt des brennenden Eisenbahnfahrzeugs zum Ende der Tunnelfahrzeit.

Vertraulicher Entwurf

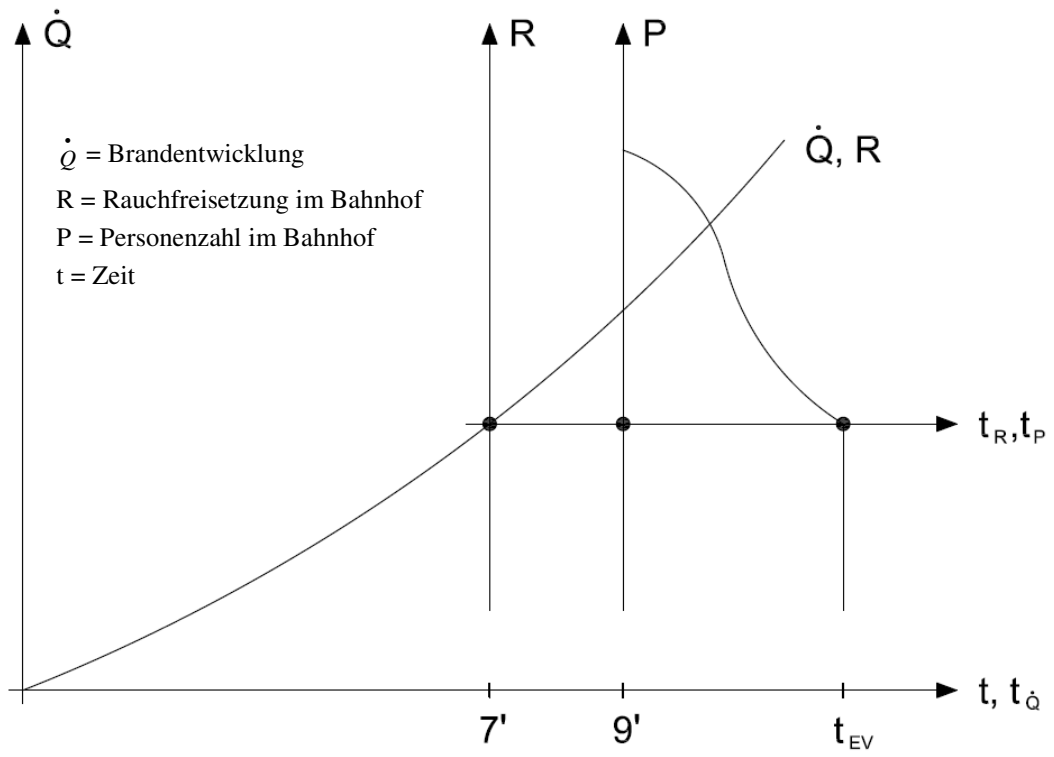


Bild 8.160: P-t_P Koordinatensystem

Das P-t_P Koordinatensystem beschreibt die Evakuierung des Bahnhofs. Der Zeitpunkt $t_P = 0$ ist der Evakuierungsbeginn.

Die drei Koordinatensysteme sind zeitlich zueinander versetzt und müssen daher für Vergleiche synchronisiert werden:

$t_P = t_R - \Delta t_2$
$\Delta t_2 = 9 - 7 = 2$ min (Detektions- und Alarmierungszeit)
$t_R = t_Q - \Delta t_1$
$\Delta t_1 = 7'$ (Tunnelfahrzeit)

Da während der Tunnelfahrzeit kaum Rauch aus dem Eisenbahnfahrzeug abströmt (geschlossene Fenster und Türen), sammelt sich der Rauch zunächst im Wagen. Erst zum Zeitpunkt $t_Q = 7'$, entsprechend $t_R = 0$, strömt der Rauch in den Bahnhof ab (Annahme: öffnen der Wagentüren).

Vertraulicher Entwurf

Bis zum Beginn der Evakuierung zum Zeitpunkt $t_Q = 9'$ bzw. $t_R = 2'$, entsprechend $t_P = 0$, gibt es bereits eine Rauchfreisetzung in den Bahnhof.
Für einen beliebigen Zeitpunkt t_P der Evakuierung korrespondiert damit der Brandzeitpunkt t_Q

$t_Q = t_P + \Delta t_1 + \Delta t_2 = t_P + 9$ min

Soll z. B. die Evakuierungssimulation zum Zeitpunkt $t = t_P = 12$ min bezüglich ausreichender raucharmer Zonen beurteilt werden, ist dafür die FDS-Analyse zum Zeitpunkt $t = t_Q = t_P + 9' = 12 + 9 = 21'$ heranzuziehen.

Alle Exodus-Ergebnisse gelten im P-t_P System.
Alle FDS-Ergebnisse gelten im Q-t_Q System.

8.2.4.2 Selbstrettungsphase

Für die uPva Bahnhofshalle Hauptbahnhof Stuttgart 21 wurden für die folgenden vier maßgebenden Brandpositionen

1. Zwischen Steg A und Tunnel
2. Zwischen Steg A und Steg B
3. Unter Steg B
4. Vor Steg C

Entrauchungssimulationen auf Basis der DB-Bemessungsbrandkurve „Gemischter Reisezugverkehr“ (53 MW) durchgeführt unter Berücksichtigung des hybriden Entrauchungskonzeptes, bestehend aus einer brandortabhängigen Kombination von NRWG und maschineller Zu- und Abluft.
Für die FDS-Simulationen wurde immer vom ungünstigsten Windfall und somit der kleinsten NRWG Fläche pro Lichtauge ausgegangen.

Die ausreichende Dauer der raucharmen Rettungswege wurden in Abhängigkeit von den verschiedenen Brandorten an allen relevanten Stellen untersucht, insbesondere die Stege mit ihren Zu- und Ausgängen sowie die Zugangsbereiche und Standzonen der Stegaufgänge, Treppenräume und S-Bahn-Abgänge.
Die im vorliegenden Bericht dokumentierten dynamischen Evakuierungssimulationen analysieren die Entleerungsvorgänge der uPva Hauptbahnhof Stuttgart. Diese ergaben für die vorgege-

Vertraulicher Entwurf

benen Randbedingungen, in Abhängigkeit vom Brandszenario und den damit nur eingeschränkt zur Verfügung stehenden Rettungswegen, Soll-Zeiten der Evakuierung von 11 bis 23 Minuten.
Die Ist-Zeit der verfügbaren raucharmen Rettungswege aus der CFD-Analyse ist in allen Szenarien größer, was eine sichere Evakuierung gewährleistet.
Alle berechneten Evakuierungszeiten betrachten die Entleerung der unterirdischen Bahnsteiganlage bis zum Erreichen der Freiflächen hinter den Ausgängen auf Höhe der jeweiligen Geländeoberfläche.
Die Stau- und Standzeiten im Bereich der Rettungswege wurden gesondert untersucht. Hierfür wurden die Standzeiten und die Personenlaufwege ausgesuchter Personen bis zum nächstgelegenen Ausgang analysiert (Tabelle 31). Hieraus ergab sich, dass im Evakuierungsfall Personen einer maximalen Standzeit von ca. 8 Minuten ausgesetzt sind; die entsprechenden Bereiche bleiben über die Stauzeit hinaus raucharm.

Zum Vergleich der Evakuierungszeiten bei brandbedingten Ausfall von Rettungswegen wurden zusätzlich die Evakuierungszeiten ohne Brandereignis als Referenzszenario ermittelt.

Das Flüchten mobilitätseingeschränkter Personen wird durch DB-Personal und mit Hilfe anderer Reisender unterstützt. Die sichere Evakuierung auch erheblich mobilitätseingeschränkter Personen wurde nachgewiesen.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Evakuierungszeiten in Abhängigkeit von der brandbedingten Verfügbarkeit raucharmer Rettungswege.

Vertraulicher Entwurf

Brandort 1	Verrauchung / Evakuierung Szenario	Abgang S - Bahn	Steg A	Fluchttreppen 6.1 / 6.2	Steg B	Fluchttreppen 10 / 11	Steg C	Gesamt Eva-kuierungszeit	Treppen Modus
Position: Brand zwischen Steg A und Tunnel (Brillenwand Nord)	Verfügbare Evakuierungszeit (CFD) [min]	< 8	< 1	< 17	< 11	< 19	(45)**		
	Nr. II (Sim N03) Erforderliche Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene – (Stegebene / Freie) EXODUS	Gesperrt**	Gesperrt**	15 (--/18*)	8 (10/10,5*)	4,5* (--/6,5*)	11 (12,5*/14)	18 Minuten	Stair Edge
	Nr. III (Sim N03a) Erforderliche Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene – (Stegebene / Freie) EXODUS	Gesperrt**	Gesperrt**	10,5* (--/12,5*)	6,5* (7,5*/8)	3 (--/5)	7 (8,5*/11)	12,5 Minuten	Stair Packed

Tabelle 42: Zusammenfassung Ergebnisse Evakuierungssimulationen Brandort 1

* Evakuierungszeiten Sekundengenau gerundet (← 1s – 20s, ↕ 21s – 39s, → 40s – 60s)

**„Gesperrt“ = wegen Brandeinwirkung (Rauch) nicht nutzbar

** (xxx) = Zeit in Klammern entspricht der maximalen CFD - Simulationszeit

Vertraulicher Entwurf

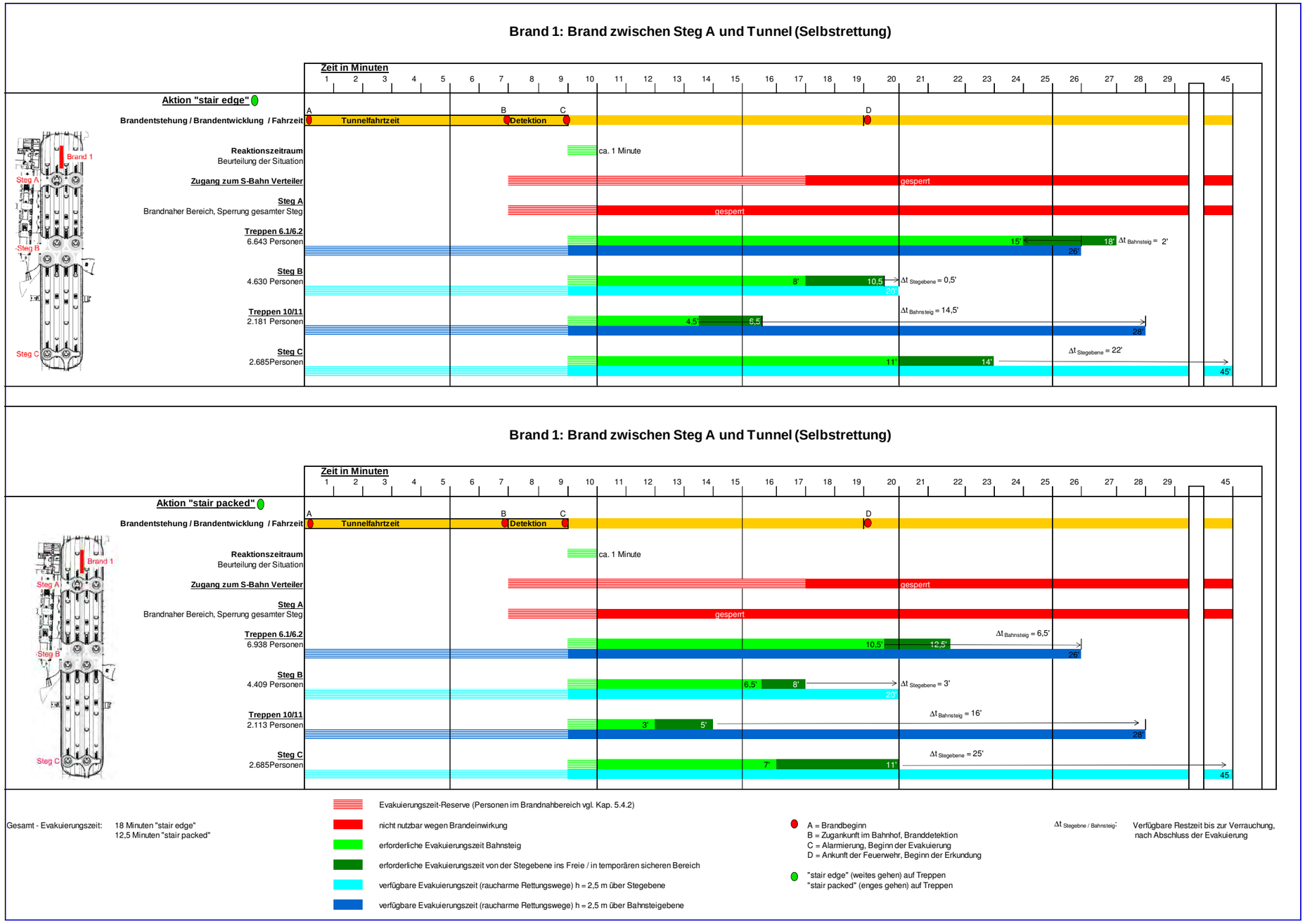


Bild 8.161: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand 1 zw. Steg A und Tunnel -Selbstrettung)

Vertraulicher Entwurf

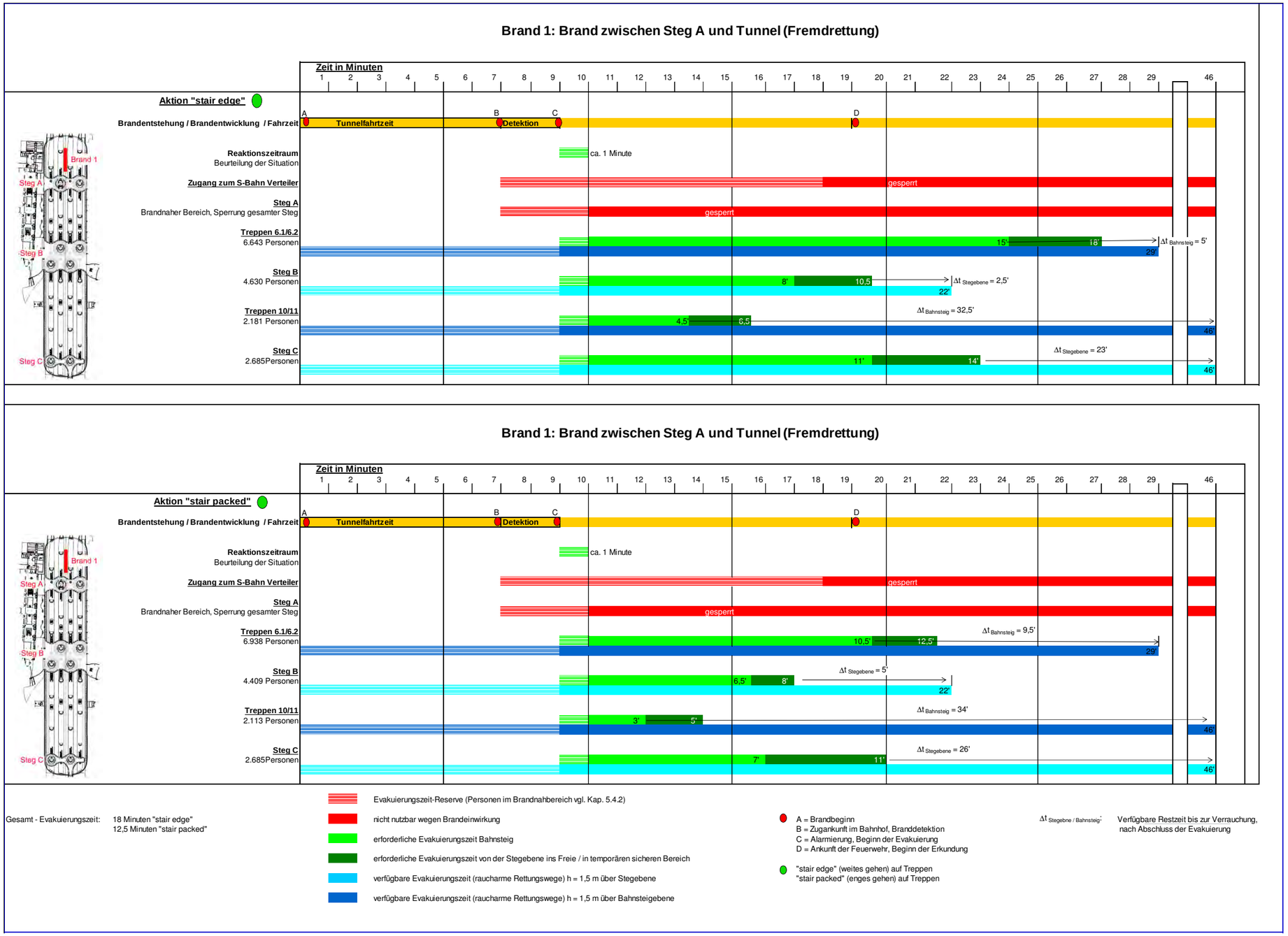


Bild 8.16262: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand 1 zw. Steg A und Tunnel -Fremdrettung)

Vertraulicher Entwurf

Brandort 2	Verrauchung / Evakuierung Szenario	Abgang S - Bahn	Steg A	Flucht-treppen 6.1 / 6.2	Steg B	Flucht-treppen 10 / 11	Steg C	Gesamt Evakuie-rungszeit	Treppen Modus
Position: Brand zwischen Steg A und B	Verfügbare Evakuierungszeit (CFD) [min]	< 18	< 1	(26)****	< 4	(41)***	(41)**		
	Nr. IV (Sim N04) Erforderliche Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene – (Stegebene / Freie) EXODUS	8 (--/13)	Gesperrt**	Gesperrt**	Gesperrt**	18 (--/20,5*)	19 (20,5*/23*)	23 Minuten	Stair Edge
	Nr. V (Sim N04b) Erforderliche Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene – (Stegebene / Freie) EXODUS	7 (--/9)	Gesperrt**	Gesperrt**	Gesperrt**	12 (--/13,5*)	12 (13,5/16)	16 Minuten	Stair Packed

Tabelle 43: Zusammenfassung Ergebnisse Evakuierungssimulationen Brandort 2

* Evakuierungszeiten Sekundengenau gerundet (← 1s – 20s, ↕ 21s – 39s, → 40s – 60s)

**„Gesperrt“ = wegen Brandeinwirkung (Rauch) nicht nutzbar

*** (xxx) = Zeit in Klammern entspricht der maximalen CFD – Simulationszeit

**** (xxx) = Zeit in Klammern entspricht der maximal verfügbaren Evakuierungszeit (raucharme Rettungswege) h = 2,5 m über Bahnsteigebene am Bahnsteig 1 und Bahnsteig 4, die Sperrung der Fluchttreppen ist der räumlichen Nähe zum brennenden Zug geschuldet.

Vertraulicher Entwurf

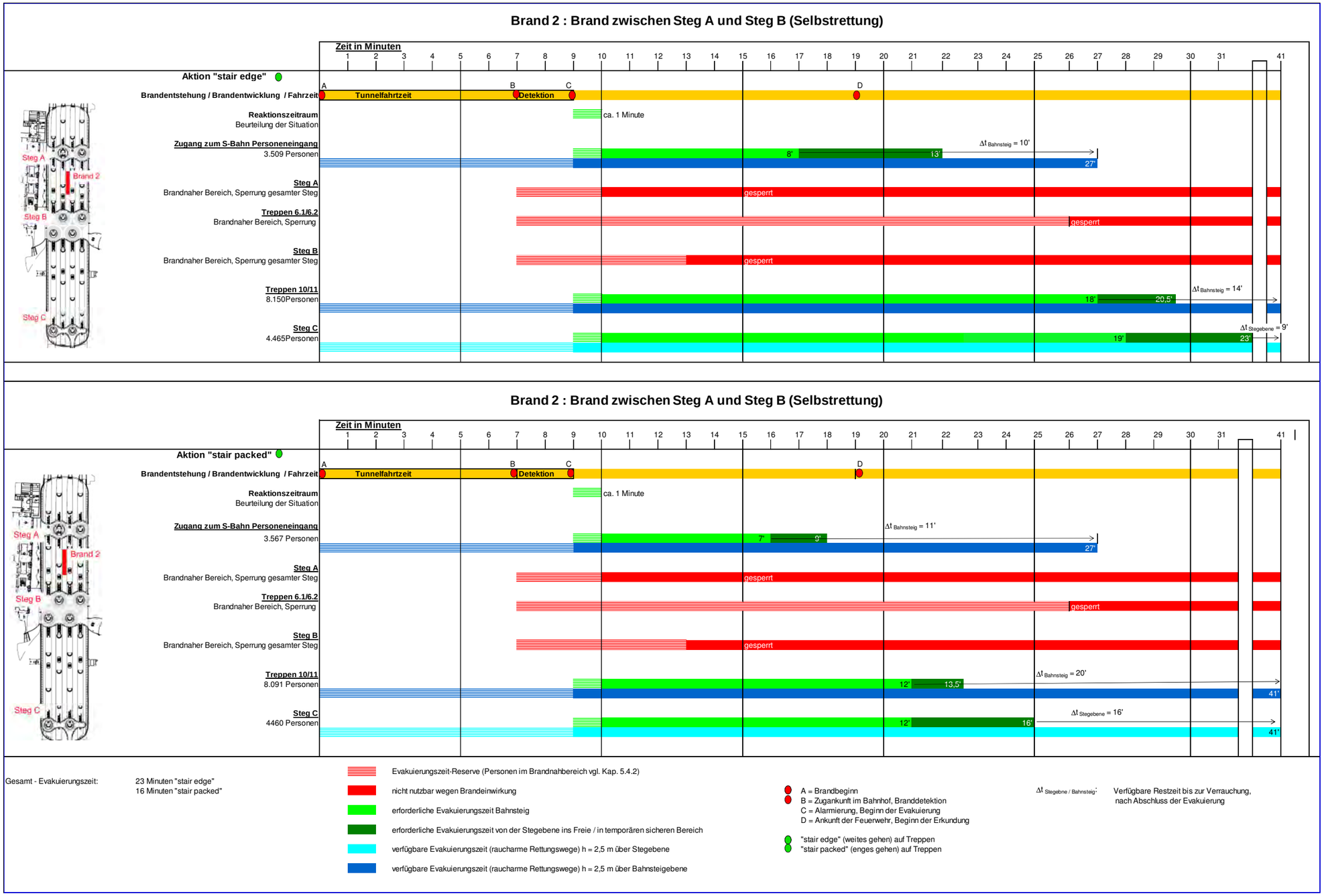


Bild 8.163: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand zw. Steg A und Steg B -Selbstrettung)

Vertraulicher Entwurf

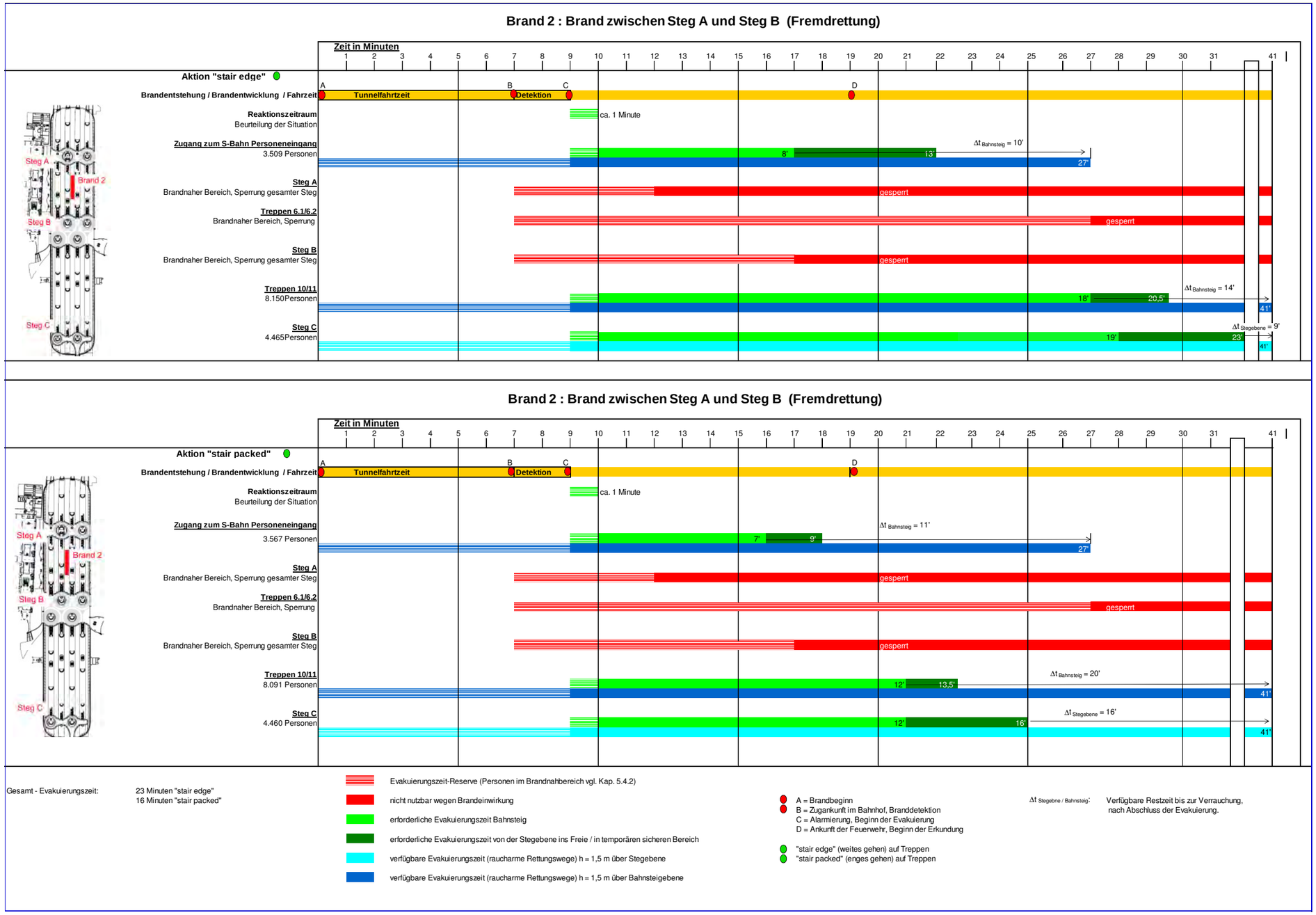


Bild 8.164: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand zw. Steg A und Steg B -Fremdrettung)

Vertraulicher Entwurf

Brandort 3	Verrauchung / Evakuierung Szenario	Abgang S - Bahn	Steg A	Flucht-treppen 6.1 / 6.2	Steg B	Flucht-treppen 10 / 11	Steg C	Gesamt Evaku-ierungszeit	Treppen Modus
Position: Brand unter Steg B	Verfügbare Evakuierungszeit (CFD) [min]	< 23	< 11	(45)***	< 1	(45)***	(45)**		
	Nr. VI (Sim N013) Erforderliche Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene – (Stegebene / Freie) EXODUS	8 (--/12)	7 (8/10)	8 (--/10)	Gesperrt**	11 (--/13)	11 (12,5*/14)	ca. 14 Minuten	Stair Edge
	Nr. VII (Sim N013a) Erforderliche Evak-Zeit [min] Bahnsteigebene – (Stegebene / Freie) EXODUS	4,5 (--/7,5*)	6 (6,5*/8,5*)	6 (--/7,5*)	Gesperrt**	7 (--/9)	7 (8,5*/11)	ca.11 Minuten	Stair Packed

Tabelle 44: Zusammenfassung Ergebnisse Evakuierungssimulationen Brandort 3

* Evakuierungszeiten Sekundengenau gerundet (← 1s – 20s, ↕ 21s – 39s, → 40s – 60s)
**„Gesperrt“ = wegen Brandeinwirkung (Rauch) nicht nutzbar
*** (xxx) = Zeit in Klammern entspricht der maximalen CFD-Simulationszeit

Vertraulicher Entwurf

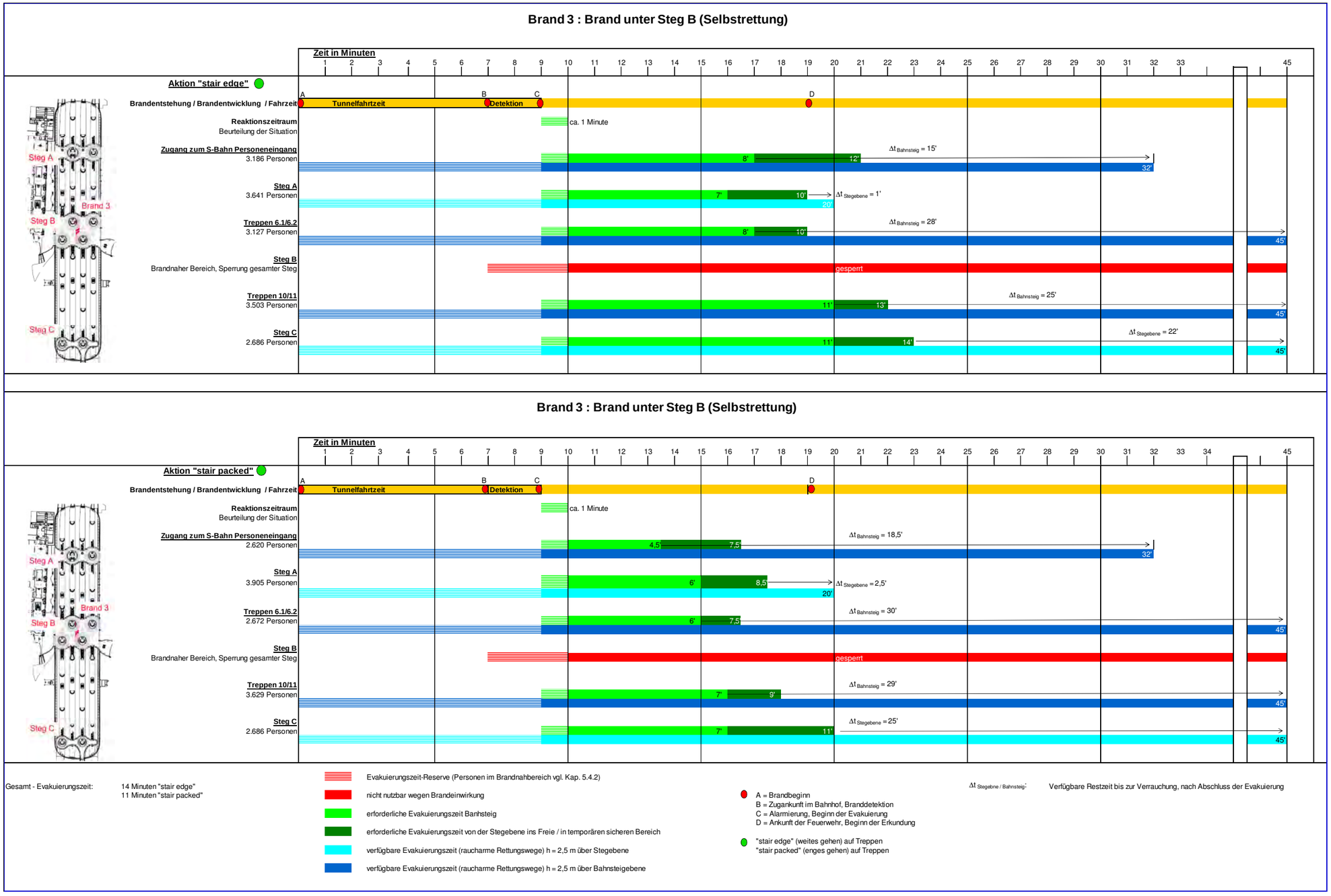


Bild 8.165: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand unter Steg B -Selbstrettung)

Vertraulicher Entwurf

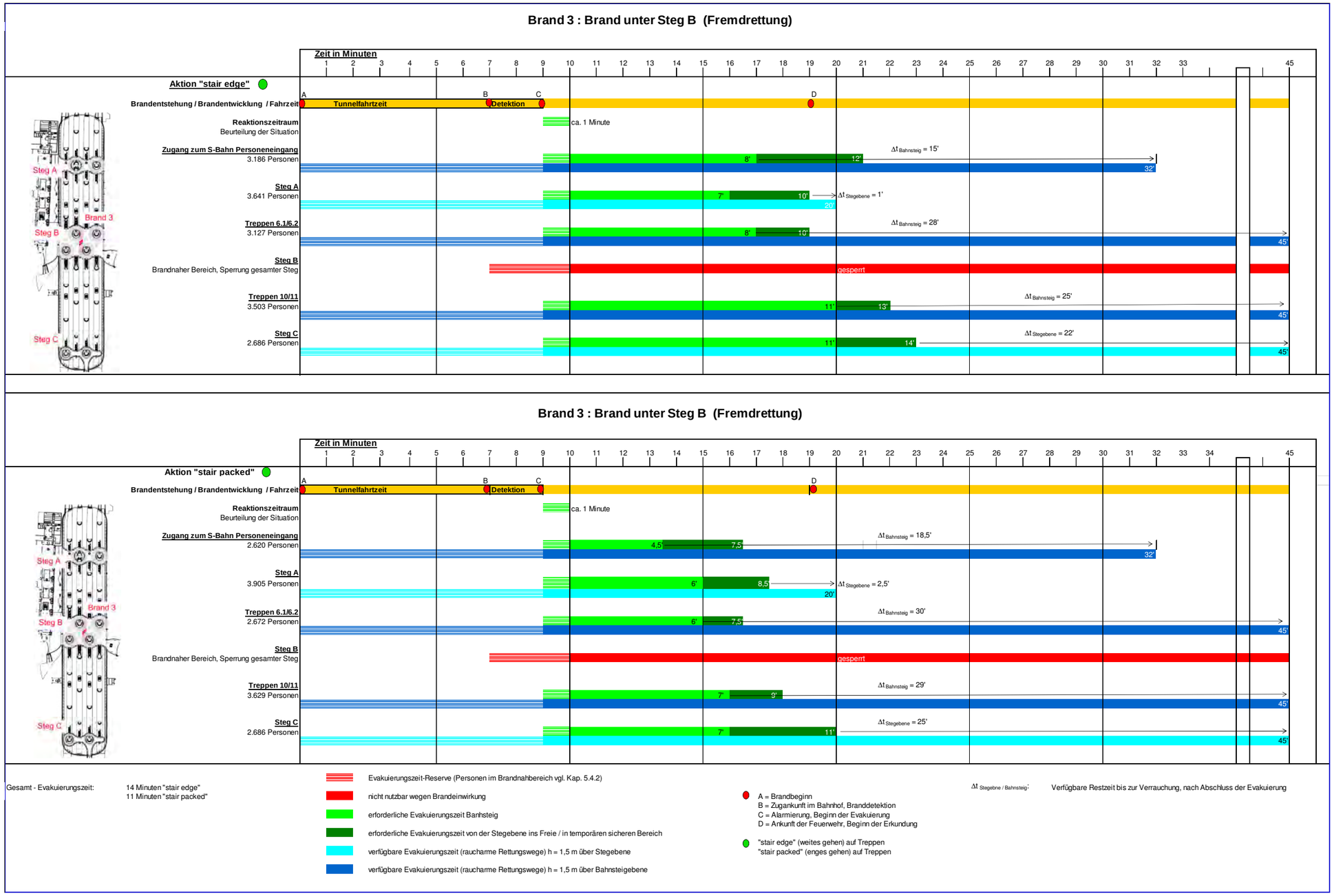


Bild 8.166: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand unter Steg B -Fremdrettung)

Vertraulicher Entwurf

Brandort 4	Verrauchung / Evakuierung Szenario	Abgang S - Bahn	Steg A	Fluchttreppen 6.1 / 6.2	Steg B	Flucht-treppen 10 / 11	Steg C	Gesamt Evakuie-rungszeit	Treppen Modus
Position: Brand vor Steg C	Verfügbare Evakuierungszeit (CFD) [min]	(23)***	< 14	< 14	< 8	< 9	< 1		
	Nr. VIII (Sim N011) Erforderliche 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 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

Tabelle 45: Zusammenfassung Ergebnisse Evakuierungssimulationen

* Evakuierungszeiten / Verrauchungszeiten Sekundengenau gerundet (← 1s – 20s, ↕ 21s – 39s, → 40s – 60s)

**„Gesperrt“ = wegen Brandeinwirkung (Rauch) nicht nutzbar

*** (xxx) = Zeit in Klammern entspricht der maximalen CFD-Simulationszeit

**** Im „stair edged“ (weites Gehen) Modus würden die Personen nicht in der zur Verfügung stehenden Zeit den Bereich sicher 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.

Vertraulicher Entwurf

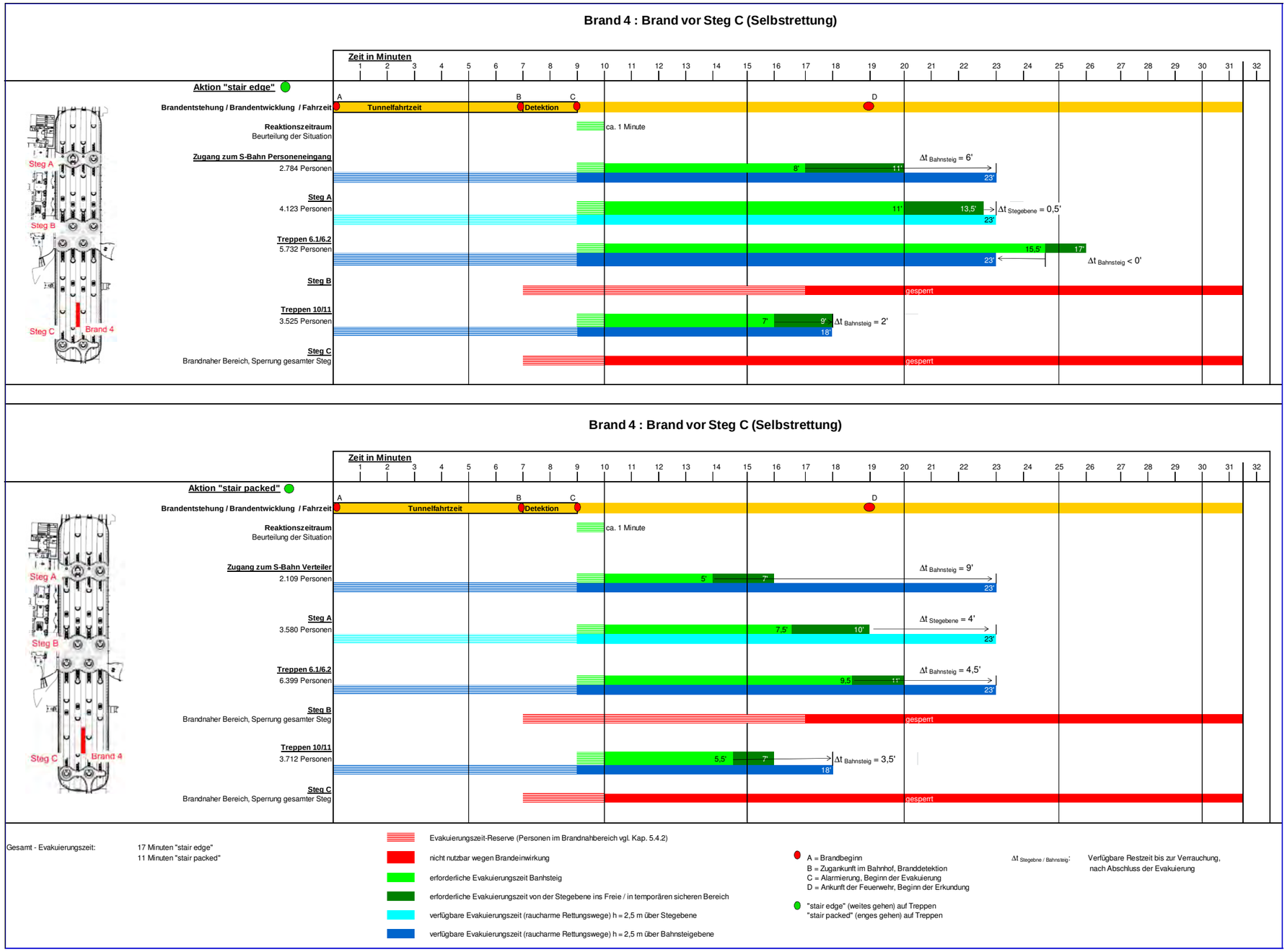


Bild 8.167: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand 4 vor Steg C -Selbstrettung)

Vertraulicher Entwurf

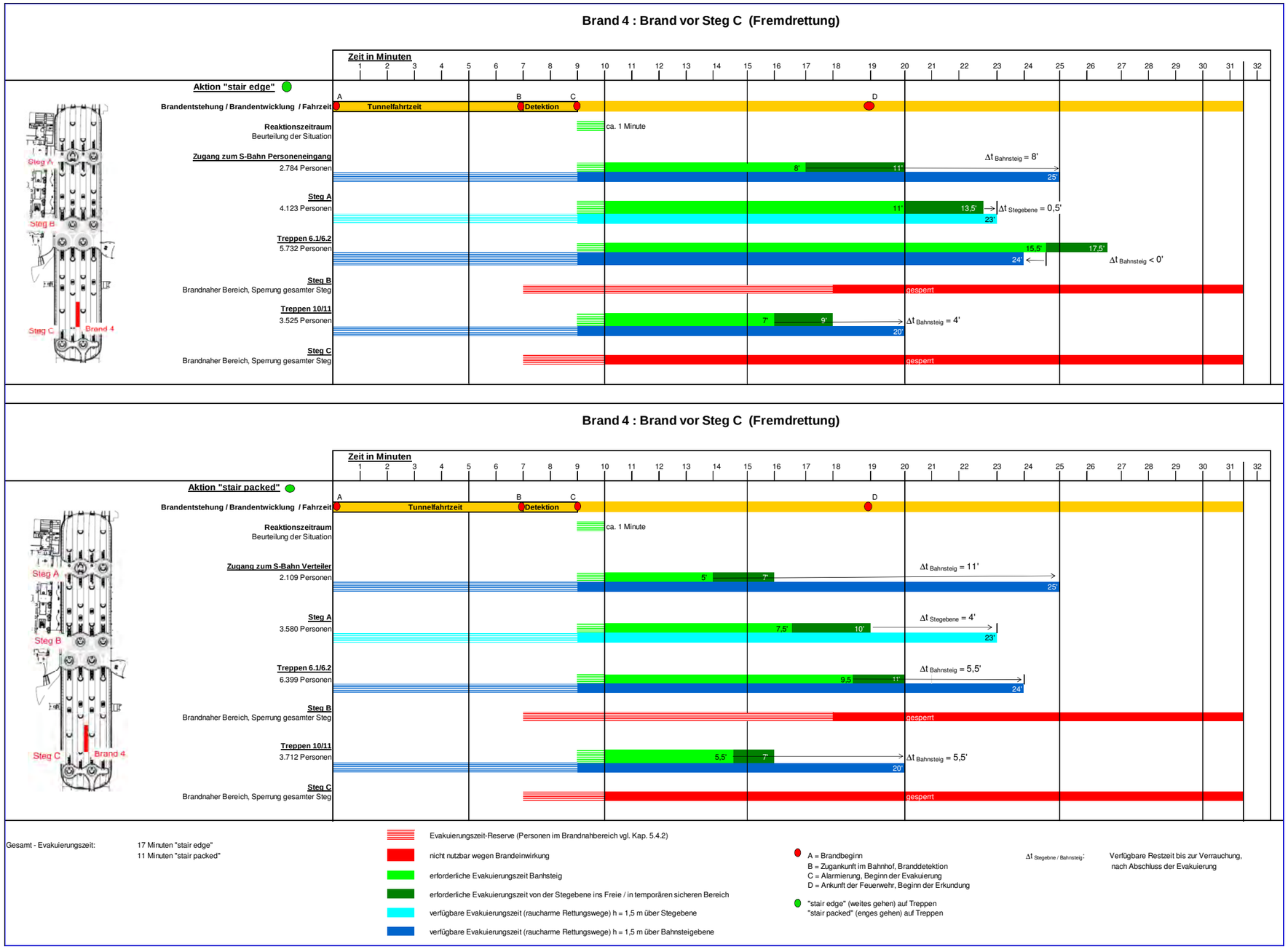


Bild 8.168: Zeitstrahl Evakuierung / Verrauchung (Brand 4 vor Steg C -Fremdrettung)

Vertraulicher Entwurf

8.2.4.3 Fremdrettungsphase

Die Fremdrettungsphase wurde für den als maßgebend identifizierten Brandfall vor Steg C, ausgehend von einem Beginn des Feuerwehrlöschangriffs 20 Minuten (10 Minuten = Anfahrt, 10 Minuten = Erkundung) nach Alarmierung, untersucht. Hierfür wurde gemäß der Vorgabe des Anwenderhandbuchs ein Zeitraum von 15 Minuten festgelegt, d. h. ab der 29. bis zur 44. Brandminute.

Da die maximale Brandintensität bereits 23 Minuten nach Brandbeginn vorliegt, erreicht die Verrauchung der Bahnhofshalle bei diesem Brandszenario nach 24 Minuten die Stegflächen; zu diesem Zeitpunkt sind ca. 2/3 der Bahnsteigfläche von der Verrauchung betroffen.

Die Fluchttreppenhäuser gewährleisten jedoch einen sicheren Feuerwehrangriffsweg.

Die Feuerwehr hat stets die Möglichkeit, durch zusätzliches Öffnen von NRWG Flächen nach ihrem Eintreffen eine Rauchentlastung zu schaffen. Zudem nimmt die Verrauchung zu diesem Zeitpunkt bereits wieder von allein ab.

Bei den übrigen Brandszenarien bleibt Steg C während der Fremdrettungsphase raucharm (vgl. Kapitel 8.2.3.10).

Vertraulicher Entwurf

8.3 Anforderungen an Rettungswege

8.3.1 Allgemein

Die Bahnsteige der unterirdischen Personenverkehrsanlage werden über Treppen und Fahrtreppen erschlossen. Die Fahrtreppen werden, entsprechend dem DB Standard, nach bestätigter Branddetektion angehalten.
Sämtliche Einbauten und Bahnsteigmöbel sind in ihren wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Materialien herzustellen. Alle Einbauten und Bahnsteigmöblierungen sind fest mit dem Baukörper zu verbinden.
Die Rettungswege müssen ständig frei begehbar sein.

Die Rettungswege sind in der nach Ril 813.02 erforderlichen Breite von min. 2,04 m auf den Bahnsteigen durchgängig bis ins Freie und über die gesamte Länge der Bahnsteige freigehalten (siehe Brandschutzvisualisierung). Diese notwendige Breite darf durch keinerlei Einbauten eingeschränkt werden, was derzeit auch im Bereich der Bahnsteige gewährleistet ist.

Im Evakuierungsfall bilden sich auf den Bahnsteigen Stauungen vor den Treppenaufgängen. Dies ist insofern unbedenklich, da zu diesem Zeitpunkt der Betrieb eingestellt ist und keine Rettungswege im Brandnahbereich genutzt werden müssen.
Rettungsweglängen auf Bahnsteigen sind nicht geregelt, dies gilt auch für Bahnhöfe.
Auf den Bahnsteigen wird nach maximal ca. 45 m ein Treppenaufgang oder ein Fluchttreppenhaus erreicht. Ohne Fluchttreppenhäuser beträgt die maximale Fluchtweglänge bis zu einem Stegaufgang 56 m.
Aufgrund der flächendeckenden Brandfrüherkennungs- und Alarmierungsanlagen erfolgt eine schnelle und gezielte Evakuierung, insofern werden die vorhandenen Fluchtweglängen als unkritisch bewertet.
Eine Ausweisung von Sammelplätzen an den Ausgängen aus dem Bahnhof wird nicht für erforderlich gehalten, da hier ausreichende öffentliche Verkehrsflächen und Plätze (Schlossgarten, Kurt-Georg-Kiesinger-Platz, Straßburger-Platz, Arnulf-Klett-Platz) zur Verfügung stehen und sich die Personen von dort leicht und sicher entfernen können. Es ist nicht realistisch anzunehmen, dass die den Bahnhof verlassenden Personen sich zunächst sammeln; sie werden im Evakuierungsfall den Bereich des Hauptbahnhofs über die öffentlichen Verkehrsflächen vielmehr schnell verlassen.

Vertraulicher Entwurf

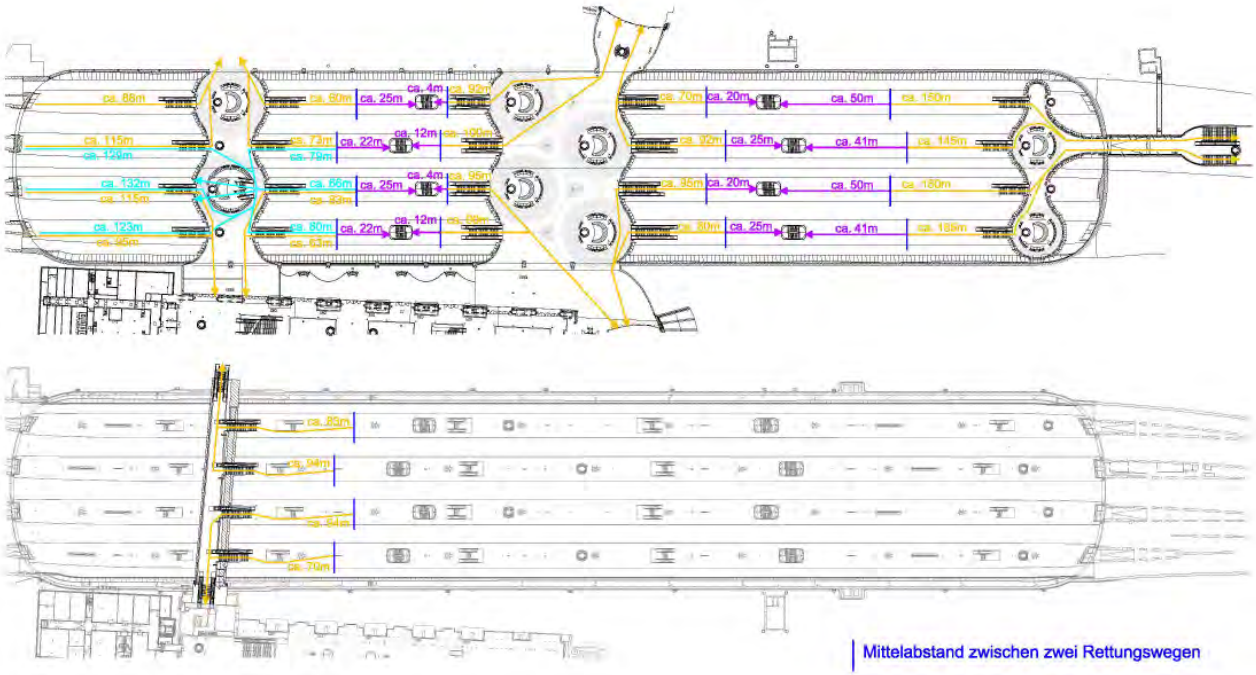


Bild 8.169: Fluchtweglänge

Vertraulicher Entwurf

8.3.2 Gitterschalen

Ein Brand im Bereich der Gitterschale, z. B. Kofferbrand, hat zur Folge, dass diese als Rettungsweg ausfallen kann. Allerdings stehen dann alle übrigen Ausgänge aus der Bahnhofshalle zur Verfügung.
Kommerzielle Nutzungen sind in diesem Bereich nicht geplant und zulässig.

8.3.3 Stege

Die Stahlstege sind als Zugänge zu den Bahnsteigen innerhalb der Bahnhofshalle des neuen unterirdischen Stuttgarter Hauptbahnhofs als filigrane, lichtdurchlässige Elemente in das architektonische Gesamtkonzept integriert. Die Stegplatten bestehen aus einer Stahlträgerkonstruktion mit einer Stahlbetonplatte, in welche Glasbausteine integriert sind.

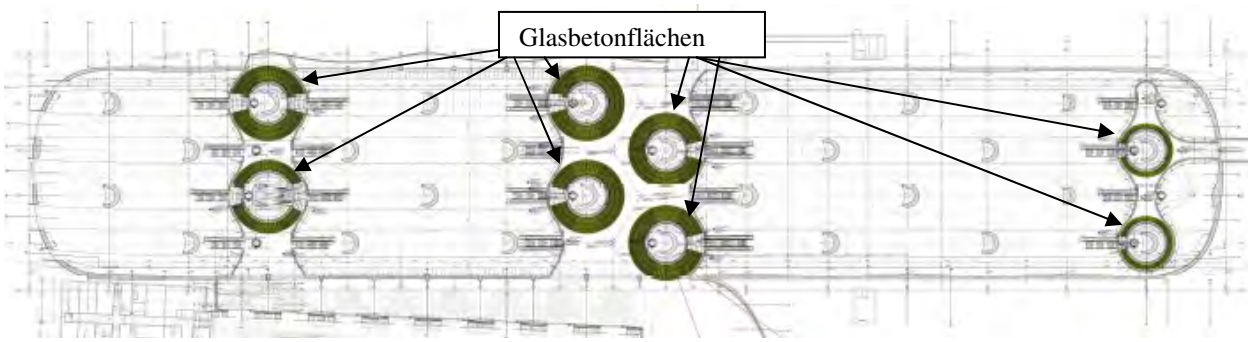


Bild 8.170: Glasbetonflächen

Für die Stegkonstruktion wurde zur Schadenminimierung im Brandfall und zur Begrenzung von Ausfallzeiten eine F30 Ausführung festgelegt.

Ausgehend von einem Eisenbahnfahrzeugbrand unterhalb eines Steges erfolgt entsprechend des Fluchtwegkonzeptes die Evakuierung der Personen auf den Bahnsteigen über die nicht brandbeaufschlagten Stege. Somit ist der brandbeaufschlagte Steg nicht als Fluchtweg erforderlich. Gleiches gilt für den Feuerwehreinsatz. Entsprechend der Abstimmung vom 09.09.2010 mit der Branddirektion Stuttgart erfolgt der Feuerwehrangriff stets nur über die nicht brandbeaufschlagten Stege.
Die Stegräumzeit des brandbeaufschlagten Steges beträgt ca. 3 Minuten, in dieser Zeit ist mit keinem Versagen der Glas-Betonelemente oberhalb eines Brandereignisses zu rechnen.

Vertraulicher Entwurf

8.3.4 Trogwandzwischenräume

Die Türen in den Trogwandzwischenräumen haben eine minimale lichte Durchgangsbreite von 0,76 m und eine lichte Höhe von min. 1,88 m; da es sich hier lediglich um einen Kontrollgang handelt, welcher nur durch eine geringe Anzahl (max. 2-4 Personen) eingewiesenes Personal gleichzeitig genutzt wird, ist dies unbedenklich.

8.3.5 Lokale Einengungen

Innerhalb der Bahnhofshalle sind lokale Einengungen der Fluchtwege vorhanden:

1. Die Mindestdurchgangsbreite zwischen den Kelchstützen und den Treppenaufgängen bzw. Fahrtreppen von den Bahnsteigen zu den Stegen beträgt 2,12 m im lichten
2. Auf Steg C befinden sich zwischen der Kelchöffnung und dem Steggeländer zwei Einengungen, deren Durchgangsbreite 3,44 m im lichten beträgt.

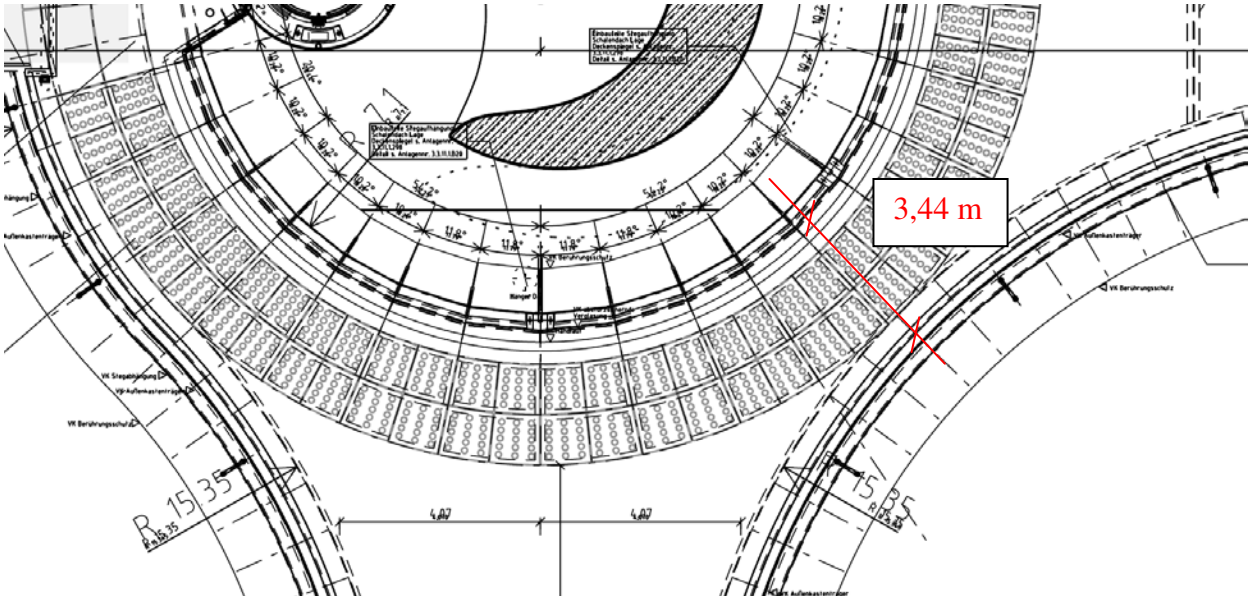


Bild 8.171: Steg C- Detail

3. Der Personentunnel hat eine lichte Breite von 7,5 m. Im Zugangsbereich von Steg C kommt es zu einer Einengung auf 5,5 m

Vertraulicher Entwurf

Diese Engstellen wurden im Rahmen der durchgeführten dynamischen Evakuierungssimulationen berücksichtigt.
In Abhängigkeit vom Brandort werden lokale Bereiche der Fluchtwege durch das dynamische Fluchtwegleitsystem für die Personen auf den Bahnsteigen als gesperrt oder frei angezeigt (vergl. Kapitel 8.1).

Im Bereich der Außenanlagen und der öffentlichen Verkehrsflächen sind ausreichend Ausweichflächen für fliehende Personen gegeben.

8.3.6 Treppenaufgänge

Die Treppenaufgänge von den Bahnsteigen zu den Stegen werden mit geschlossenen Setzstufen aus nichtbrennbaren Baustoffen mit beidseitigen Handläufen errichtet.
An den Stegen A und C führen Fahrtreppen einseitig von jeder Festtreppe auf die Stege. An Steg B sind beidseitig von jeder Festtreppe Fahrtreppen angeordnet. Diese werden bei Branddetektion abgeschaltet und können auch als Fluchtwege genutzt werden.

8.3.7 Fluchttreppenhäuser

Es muss sichergestellt werden, dass die Ausstiegsklappen der Fluchttreppenhäuser auf dem Straßburger Platz im Evakuierungsfall sicher automatisch öffnen können und Personen diese Bereiche verlassen.
Weiterhin muss sichergestellt sein, dass die Klappen im geschlossenen Zustand nicht planmäßig durch Gegenstände blockiert werden.

8.4 Kennzeichnung der Rettungswege

Die Bahnsteige und die Zugänge zu den Stegen, inklusive der Wege bis ins Freie, sowie die Fluchttreppenhäuser werden mit Rettungswegezeichen gem. BGV A 8 (bisher: VBG 125) und mit einem dynamische Fluchtwegleitsystem in Form von richtungsabhängig schaltbaren Fluchtwegpiktogrammen ausgestattet. Weiterhin werden alle Treppenaufgänge, die im Evakuierungsfall genutzt werden können, mit grünen Blitzleuchten deutlich gekennzeichnet. Eine Signalverwechselung muss ausgeschlossen werden.

Vertraulicher Entwurf

Die Elemente des Fluchtwegleitsystems werden im Abstand von ca. 15 m auf den Bahnsteigen im Bereich der raucharmen Zone installiert.
Die Ausgänge bzw. Gitterschalen werden zur besseren Erkennung ebenfalls in gleicher Weise deutlich gekennzeichnet.
Da die Stege als Teil der notwendigen Rettungswege verraucht sein können, ohne dass dies von allen Bahnsteigen sicher erkennbar ist, wird eine dynamische Personenstromführung vorgesehen.
Die vom Brandort abhängige dynamische Ansteuerung der Fluchtwegkennzeichen erfolgt innerhalb der Bahnhofshalle durch das intelligente Meldersystem, welches einen Brand lokalisieren und dann entsprechende sichere Rettungswege ausweisen bzw. gefährdete Wege optisch sperren kann.
Maßgebend hierfür ist immer die zuerst lokalisierte Brandposition. Ein Richtungswechsel bei geänderten Folgedetektionen erfolgt nicht.
Die Fluchtwegkennzeichen müssen auch bei einem Brand in einem angrenzenden Bereich (S-Bahn, Bonatzbau usw.) ebenfalls dynamisch so geschaltet werden, dass über sichere Rettungswege das Freie erreicht werden kann.
Alle diese Ansteuerungen sind im Rahmen einer übergeordneten Steuermatrix zu koordinieren.

Eine Gleichzeitigkeit von mehreren Brandereignissen wird ausgeschlossen.

Das Fluchtwegleitsystem wird bei Alarmierung durch die BMA automatisch aktiviert und unterstützt die Evakuierung dieser Bereiche, indem es über große Entfernungen deutlich auf die Ausgänge hinweist. In Abhängigkeit des Brandszenarios (Detektion durch intelligentes Meldersystem) müssen die Piktogramme (Richtungspfeile bzw. Sperr-Schilder) über die BMZ dynamisch angesteuert werden, so dass nur die in sichere Bereiche führenden Aufgänge visuell hervorgehoben werden. Treppenaufgänge im Bereich von Verrauchungen werden optisch als „gesperrt“ deutlich durch ein rot blinkendes Kreuz gekennzeichnet.

Die gezielte Evakuierung wird durch die akkustische Alarmierung (SAA) unterstützt.
Aus brandschutztechnischer Sicht ist diese Dynamik der Fluchtwegsteuerung zwingend erforderlich, um das fehlerhafte Flüchten von Personen in Gefahrenbereiche zu verhindern.

Zur Unterstützung des Feuerwehrangriffs erfolgt im Rahmen eines Nummerierungskonzeptes die Kennzeichnung der Treppen für die Feuerwehr.

Vertraulicher Entwurf

9 FÖRDERTECHNIK

9.1 Personenaufzüge

Es sind auf jedem Bahnsteig 3 Personenaufzüge vorgesehen.
Im Falle einer Evakuierung der Personenverkehrsanlage müssen alle in rauchbeaufschlagten Bereichen befindlichen Aufzüge eine automatische Evakuierungsfahrt in die oberste Ebene ausführen. Ziel der Evakuierungsfahrt ist die automatische sichere Fahrt der Aufzüge auf die Stegebene bzw. in die Gitterschale. Alle anderen Aufzüge bleiben zur Evakuierung mobilitätseingeschränkter Personen zunächst in Betrieb.
Für die Evakuierungsfahrt ist eine Sicherheitsstromversorgung vorzusehen, die Nennbetriebsdauer beträgt gemäß LAR 30 Minuten.
Entsprechend den Abstimmungen des Schlichtungsverfahrens sollen die Aufzüge, welche sich zunächst noch im sicheren Bereich befinden, weiter für mobilitätseingeschränkte Personen genutzt werden können. Aus brandschutztechnischer Sicht ist dies möglich, da durch Branddetektion, Brandlokalisation und Fluchtweglenkung sichergestellt wird, dass Personen nur zu sicheren Rettungswegen geleitet werden und somit auch Aufzüge in diesen sicheren Bereichen weiter in Betrieb bleiben können. Durch das DB-Personal und Mitreisende ist diese Evakuierung zu unterstützen. Die technische Lösung dieser Anforderung ist durch organisatorische Maßnahmen zu unterstützen. Nicht mehr sicher zu nutzende Aufzüge führen eine automatische Regel-Evakuierungsfahrt durch und gehen außer Betrieb.
Für die Steuerung der Personenaufzüge ist entsprechend den Anforderungen des fachtechnischen Prüfberichtes vom 13.07.2012 eine Gefährdungsbeurteilung gemäß ISO 14 798 zu erstellen.

9.2 Feuerwehraufzüge

Es sind keine Feuerwehraufzüge in der Bahnhofshalle vorhanden.

9.3 Lastenaufzüge

Es sind keine Lastenaufzüge in der Bahnhofshalle vorhanden.

Vertraulicher Entwurf

9.4 Fahrtreppen

Die 34 Fahrtreppen werden auf die Brandmeldeanlage aufgeschaltet und bei Brandalarm alle automatisch außer Betrieb genommen.
Entsprechend den Planungsempfehlungen der DB AG sind Fahrtreppen im Evakuierungsfall als stehend zu betrachten und als Rettungsweg nutzbar.

9.5 Förderbänder

Es sind keine Förderbänder in der Bahnhofshalle und den betrachteten Bereichen vorhanden.

Vertraulicher Entwurf

10 ELEKTRISCHE LEITUNGEN UND ANLAGEN

10.1 Elektrische Leitungen

10.1.1 Einzelne und gebündelte Kabel

Die Verkabelungen werden, bis auf die Anschlüsse, auf Kabeltrassen verlegt.
Kabel müssen gemäß Leitungsanlagenrichtlinie LAR verlegt und bei Durchdringungen i.d.R. geschottet werden.
Die Bahnsteige sind Verkehrswege aber keine notwendigen Flure.

10.1.2 Kabeltragekonstruktionen

Alle Kabel und Leitungen müssen auf Kabelpritschen geführt werden. Ausgenommen sind nur die von den Trassen abzweigenden Teile der Endstromkreise. In geschlossenen Zwischendecken und Doppelböden verlegte Kabel müssen zur schnellen und effektiven Brandfrüherkennung mit Rauchmeldern überwacht werden.
Grundsätzlich sind die Anforderungen der Leistungsanlagenrichtlinie zu berücksichtigen.

10.1.3 Installationsschächte

Installationsschächte und –kanäle werden zur Bahnsteigfläche in F90/T30 abgetrennt.
Die Hauptversorgung erfolgt über die Medienkanäle unterhalb der Bahnsteige. Diese sind in F90/T30 gegenüber der Bahnhofshalle zu schotten. Die Medienkanäle werden mit einem Ansaugrauchsystem ausgestattet.
Es muss organisatorisch sichergestellt werden, dass bei Wartungs- und Installationsarbeiten stets zwei Personen vor Ort sind, welche über Funk miteinander kommunizieren können, und es müssen immer zwei Einstiegsluken, am Anfang und Ende der jeweiligen Arbeitsstrecke, geöffnet sein. Die geöffneten Einstiegsluken sind zu sichern und zu markieren, um eine Unfallgefahr für Fahrgäste zu verhindern.

Vertraulicher Entwurf

10.1.4 Funktionserhalt

Die Dauer des Funktionserhaltes der Leitungsanlagen muss mindestens 30 Minuten betragen bei:

- Sicherheitsbeleuchtungsanlagen;
  ausgenommen sind Leitungsanlagen einschließlich Verteiler, die der Stromversorgung der Sicherheitsbeleuchtung nur innerhalb eines Brandabschnittes in einem Geschoss oder nur innerhalb eines Treppenraumes dienen; (Hinweis: Dies gilt nicht für die Bahnhofshalle als ein Brandabschnitt);
- Personenaufzügen mit Brandfallsteuerung;
  ausgenommen sind Leitungsanlagen, die sich innerhalb der Fahrschächte oder der Triebwerksräume befinden;
- Brandmeldeanlagen einschließlich der zugehörigen Übertragungsanlagen;
  ausgenommen sind Leitungsanlagen in Räumen, die durch automatische Brandmelder überwacht werden, sowie Leitungsanlagen in Räumen ohne automatische Brandmelder, wenn bei Kurzschluss oder Leitungsunterbrechung durch Brandeinwirkung in diesen Räumen alle an diese Leitungsanlage angeschlossenen Brandmelder funktionsfähig bleiben;
- Anlagen zur Alarmierung und Erteilung von Anweisungen an Besucher und Beschäftigte, sofern diese Anlagen im Brandfall wirksam sein müssen;
  ausgenommen sind Leitungsanlagen einschließlich Verteiler, die der Stromversorgung der Anlagen nur innerhalb eines Brandabschnittes in einem Geschoss oder nur innerhalb eines Treppenraumes dienen (Elektroakustische Lautsprecher in den Reisenden zugänglichen Bereichen und Sirenen in allen Bereichen);
- Natürlichen Rauchabzugsanlagen NRWG (Rauchableitung durch thermischen Auftrieb);
  ausgenommen sind Anlagen, die bei einer Störung der Stromversorgung selbsttätig öffnen, sowie Leitungsanlagen in Räumen, die durch automatische Brandmelder überwacht werden und das Ansprechen eines Brandmelders durch Rauch bewirkt, dass die Anlage selbsttätig öffnet.
- Sprinklerpumpe

Die Dauer des Funktionserhaltes der Leitungsanlagen muss mindestens 90 Minuten betragen bei:

- Wasserdruckerhöhungsanlagen zur Löschwasserversorgung,
- Maschinellen Rauchabzugsanlagen (MRWA in den Tunnel-Entrauchungs-Bauwerken)

Dabei ist zu beachten, dass Verteilungen stets mit E 90-Kabeln versorgt werden müssen, wenn an diese sowohl Kabel mit 30 Minuten als auch Kabel mit 90 Minuten Funktionserhalt angeschlossen sind.

Vertraulicher Entwurf

10.2 Elektrische Anlagen

10.2.1 Strom-/Ersatzstromversorgung

Für die sicherheitstechnischen Anlagen ist eine Sicherheitsstromversorgung erforderlich. Es sind die Anforderungen gemäß DIN VDE 0100-560 (2011/03) an eine Stromquelle für Sicherheitszwecke zu erfüllen.
Diese ist durch einen Elektrosachverständigen im Rahmen der Inbetriebnahme der Station zu überprüfen.
Alle sicherheitsrelevanten Anlagen müssen mit ausfallsicherer Spannungsversorgung versorgt werden. Dabei müssen gleiche Anforderungen sowohl an die Erzeugung als auch an die Verteilung der Spannung gestellt werden, damit die Funktion der sicherheitstechnischen Einrichtungen über den vorgeschriebenen Zeitraum gewährleistet werden kann.
Die Anforderungen der DIN VDE 0108 sind einzuhalten.

10.2.2 Sicherheitsbeleuchtung

Eine Sicherheitsbeleuchtung mit min. 1 lux Beleuchtungsstärke ist nur für folgende Rettungswege erforderlich:

- auf der Bahnsteigfläche und den Treppenzugängen zu den Stegen,
- Treppenabgängen zur S-Bahn,
- S-Bahn-Verteilebene,
- Personengang bei Steg C,
- Stegflächen und bis zu den Ausgängen ins Freie,
- in den Gitterschalen,
- in den Treppenräumen.

Gemäß den Vorgaben der Ril 813.05 ist im Bereich der uPva eine Ersatzbeleuchtung zu installieren.

10.2.3 Blitzschutz

Es ist eine Blitzschutzanlage gemäß den einschlägigen technischen Regelwerken zu installieren. Hier ist die TU 954 zu beachten

Vertraulicher Entwurf

10.3 Telekommunikations- und Informationstechnische Anlagen

Der gesamte Bahnhof erhält eine flächendeckende Brandmeldeanlage für die Kenngröße Rauch. Diese wird auf die Berufsfeuerwehr Stuttgart aufgeschaltet.

Aus brandschutztechnischer Sicht sind zusätzliche Notrufstelen somit nicht erforderlich.

Im Hauptbahnhof ist eine auf die 3-S-Zentrale aufgeschaltete Videoüberwachung vorgesehen, eine Aufschaltung auf den „Einsatz-Führungsraum“ in der BMZ im Bahnhof ist ebenfalls vorgesehen.

Vertraulicher Entwurf

11 HEIZUNG / LÜFTUNG / SANITÄR

11.1 Allgemein

Die Anforderungen der LAR und LüAR sind umzusetzen. Alle Anlagen sind durch einen Sachverständigen nach Sicherheitsprüfverordnung abzunehmen.

11.2 Rohrleitungen

Alle Brand- bzw. Rauchabschnitte übergreifende Rohre sind im Bereich der Durchdringungen mit zugelassenen Schottungssystemen in der geforderten Feuerwiderstandsklasse zu schließen.
Für diese Installationen ist die Leitungsanlagenrichtlinie zu beachten.

11.3 Lüftung

Für die Installationen von Lüftungsanlagen innerhalb der Bahnhofshalle, Trogwandzwischenräume, Medienkanäle, Technikräume und der Lounge sind die Anforderungen der Lüftungsanlagenrichtlinie zu beachten.
Innerhalb der Personenverkehrsanlage und den nichtöffentlichen Bereichen sind Lüftungsleitungen in brandschutztechnisch qualifizierten Wänden in der entsprechenden Qualität zu schotten.
Innerhalb der Lüftungsanlagen (Zuluft) sind Kanalmelder im Ansaugbereich und bei den Filtern zu installieren. Bei Rauchdetektion schalten Lüftungsanlagen automatisch ab.

Die Entrauchung des mittigen Bereiches der Bahnhofshalle erfolgt natürlich über die NRWG-Flächen in den Lichtaugen.
Die Zuluft wird maschinell über die reversiblen Ventilatoren im Schwallbauwerk Süd und Entrauchungsbauwerk Nord sichergestellt.
Bei einer Entrauchung der Bahnhofsenden werden die Entrauchungsventilatoren des angrenzenden Tunnels auf Entrauchung geschaltet (min. 1.200.000 m³/h) und die Ventilatoren im entfernten Tunnel auf Zuluft (1.200.000 m³/h). Die maximale Temperatur am Übergang der Bahnhofshalle zum Tunnel beträgt ca. 600 °C. Die reversiblen Ventilatoren sind für die Temperaturen infolge eines Brandes im Tunnel auszulegen. Die Randbedingungen wurden im Rahmen des Berichtes „Wirkung der Tunnellüftung bei Entrauchung eines 53 MW Brandes im Hauptbahnhof“, HBI, 08.03.2013, untersucht (siehe Anlage 8).

Vertraulicher Entwurf

Die Lüftungsöffnungen der Trogwand zum Gleisfeld/Bahnsteigbereich erhalten Brandschutzlüftungssteine, welche sich bei Temperatureinwirkung (72 °C) schließen. Im Bereich der F90/T30RS Abtrennungen im Inneren des Trogwand-Hohlraumes sind Brandschutzklappen mit Rauchauslöseschalter vorzusehen, welche bei Aktivierung schließen. Es muss die Möglichkeit bestehen, bei Inbetriebnahme der Abluftanlage durch die Feuerwehr, nach dem Löschangriff, die Klappen zur Rauchabführung wieder aufzufahren. Diese Steuerung erfolgt über das Feuerwehrtableau.

Die Gitterschalen sind planmäßig brandlastfrei, so dass nur Kleinbrände (Mülleimer, Koffer) zu einer Verrauchung führen können. Der Rauch wird über den 10 cm umlaufenden Spalt in der Gitterschalenfassade und die Türen abgeführt. Aufgrund der flächendeckenden Rauchmelderüberwachung und die dynamische Fluchtwegsteuerung kann sichergestellt werden, dass keine Fluchtwegführung zu der vom Brand betroffenen Gitterschale erfolgt.
Alle übrigen Fluchtwege stehen uneingeschränkt zur Verfügung.

Vertraulicher Entwurf

12 ANLAGENTECHNISCHER BRANDSCHUTZ

12.1 Notrufeinrichtungen

Aufgrund der flächendeckenden Brandmeldeanlage sind aus brandschutztechnischer Sicht keine Notrufeinrichtungen erforderlich.

12.2 Gefahrenmeldeanlage

Der gesamte DB-Bereich der uPva muss mit einer Brandmeldeanlage gemäß VDE 0833; VdS 2095; DIN 14675, Abs. 5.3 (Kategorie 1 Vollschutz) und EN 54 ausgestattet werden. Die möglichen Ausnahmen nach DIN 0833, Teil 2, sind zulässig. Die Technischen Anschlussbedingungen der zuständigen Feuerwehr sind einzuhalten.

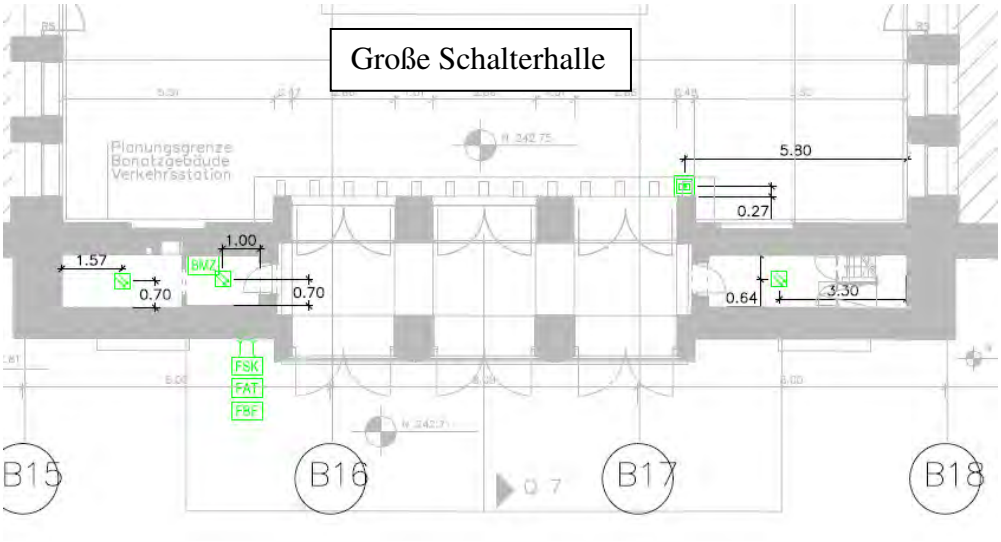


Bild 12.1: Lage Feuerwehrinformationsstelle

Die BMZ als Feuerwehrinformationsstelle für den Ersteinsatz ist im Bereich des Empfangsgebäudes Ebene E00 vorgesehen. Die Vorgaben der LAR sind zu beachten. Im Zugangsbereich wird dort das Feuerwehrschlüsseldepot (FSD) installiert.

Vertraulicher Entwurf

Der Raum der Feuerwehrerstinformationsstelle wird als Einsatz-Führungsraum für die Feuerwehr eingerichtet. Folgende Geräte und Einrichtungen der BMA sind hier untergebracht (vergl. auch Kap. 6):

- Feuerwehrbedienfeld (FBF) nach DIN 14662,
- Feuerwehranzeigetableau (FAT) nach DIN 14661,
- Feuerwehreinsprechstelle,
- Aufnahmefach mit den notwendigen Feuerwehrlaufkarten,
- Übertragungseinrichtungen (ÜE) zur zuständigen Feuerwehrleitstelle.
- Monitore zur Aufschaltung der Video-Überwachungsanlage des Bahnhofs,
- Dynamische Anzeige des Verrauchungszustandes, (Anzeige der Abfolge der Detektor-Aktivierungen kennzeichnet Rauchausbreitung)
- Manuelle Ansteuerung der NRWG
- Laufkartendrucker

Die technische Brandmeldeanlage kann ebenfalls in diesem Raum untergebracht werden. Ist dies nicht möglich, kann der technische Teil der Brandmeldeanlage in einem zusätzlichen Raum untergebracht werden. Die genannten Normen und Vorschriften sind dabei einzuhalten.
Die Störungsmeldungen der BMA sind an eine vom Betreiber genannte ständig besetzte Stelle weiterzuleiten.

Die Brandmeldeanlage wird auf die Brandkenngröße Rauch ausgelegt. Die Bahnhofshalle wird flächig mit Lichtstrahlrauchmeldern überwacht. Im Bereich der Gleisanlagen wird zur wirksamen und lokalisierten Ansteuerung der Entrauchungsanlage und zur Reduzierung von möglichen Täuschungsalarmen zusätzlich eine geeignete zweite Melderebene eingesetzt.
Die abschließende Detektorauswahl und –platzierung sind im Rahmen der Werk- und Montageplanung genau festzulegen, die ordnungsgemäße Funktion ist vor Inbetriebnahme im Objekt realitätsnah zu testen.
Hinsichtlich der Realisierbarkeit der Anlage für die hier vorliegenden Randbedingungen liegen Protokolle über positive Abstimmungsgespräche mit Systemanbietern vor (siehe Anlage 5). Entsprechend den Anforderungen im Fachtechnischen Prüfbericht Nr. 12-002-13/07/2012 wird hierfür noch ein detaillierter Nachweis auf Basis von Herstellerangaben im Rahmen der Ausführungsplanung geführt.
Die Energieversorgung (Notstromversorgung) der BMA ist für eine Überbrückungszeit von 72 Stunden auszulegen, zuzüglich 0,5 Stunden Alarmierungszeit. Die Störungsweiterleitung erfolgt über Primärleitung oder ein gleichwertiges Gerät, das den Übertragungsweg selbständig überwacht.

Vertraulicher Entwurf

Bei einer Ansteuerung sicherheitstechnischer Anlagen, wie Brandschutzklappen oder Entrauchungsventilatoren, durch Rechner der GLT werden an die Steuer- und Übertragungselemente der GLT die gleichen Anforderungen an die Ausfallsicherheit der Anlagen gestellt wie für die BMA (vgl. DIN 0833, EN 54).
Zur frühzeitigen Erkennung von Initialbränden stehen verschiedene Systeme zur Auswahl, die sich in ihren physikalischen Erkennungsprinzipien und ihrer räumlichen Anordnung unterscheiden. Die bereichsabhängige Auswahl des Melderprinzips erfolgt im Rahmen der Ausführungsplanung durch den Fachplaner risikobezogen und muss alle Aspekte der Brandfrüherkennung und –bekämpfung berücksichtigen.
Zur Vermeidung von Falschalarmen sind Melder der Betriebsart TM vorzusehen. Es wird die 2 – Melder- bzw. Linienabhängigkeit oder Melder mit erhöhten Anforderungen (intelligente Melder) entsprechend den Anforderungen der Feuerwehr für die Alarmauslösung geplant. Für die Verlegung der Brandmeldekabel gelten die entsprechenden Bestimmungen des VDE und VdS.
Die folgenden Melderarten werden für die verschiedenen Bereiche empfohlen:

Bereich	**Melderart**
nicht öffentliche Bereiche Technik- und Lagerräume, Personalräume	Kenngröße Rauch z. B. Optische Rauchmelder (Punktmelder)
Installationskanal unter dem Bahnsteig	Kenngröße Rauch z. B. Sondermelder / Rauchansaugsystem (RAS)
Trogwandzwischenräume	Kenngröße Rauch z. B. Optische Rauchmelder (Punktmelder)
Lounge	Kenngröße Rauch z. B. Optische Rauchmelder (Punktmelder)
Bahnsteige / Verkehrsfläche - Rettungswege	Kenngröße Rauch Lichtstrahlrauchmelder
Gitterschalen	Kenngröße Rauch Lichtstrahlrauchmelder

Tabelle 46: Melderarten

Aus brandschutztechnischer Sicht ist die Verwendung von Lichtstrahlrauchmeldern (Linearmeldern) in der Bahnhofshalle des Projektes S21 erforderlich, da aufgrund der großen zu überbrückenden Weiten der Bahnhofshalle und der gekrümmten Deckenfläche andere Melderarten nicht sinnvoll sind.

Vertraulicher Entwurf

Zur Vermeidung von Falschalarmen sind die Anforderungen der VDS-Richtlinie 2095 zu beachten.

Für das Projekt S21 Bahnhofshalle ist die Betriebsart TM geplant, wegen der geplanten Lichtstrahlrauchmelder, zur Vermeidung von Fehlalarmen, z. B. durch Vogelflug, mit Alarmzwischenspeicherung. Die Zeit für die maximale Verzögerung beträgt (siehe Kapitel 5.4.1. der VdS-Richtlinie 2095) ≤ 10 s. Aus brandschutztechnischer Sicht bestehen gegen diese Verzögerung keine Bedenken. Diese Zeitspanne ist ausreichend, um einen Fehlalarm durch einen fliegenden Vogel zu vermeiden.
Falschmeldungen aufgrund von Banner oder Fahnen (Fußballfans) können am maßgebenden Steg A (hier beträgt der Abstand zwischen Steg und Lichtstrahlrauchmelderebene ca. 2,45 m) durch eine 2-Linien- oder Mehrkriterienabhängigkeit (intelligente Melder im Bahnsteigbereich zur Brandortlokalisierung) verhindert werden. Darüber hinaus wird die Entrauchung der Bahnhofshalle in Abhängigkeit vom Brandort über intelligente Melder zur Brandortlokalisierung im Bahnsteigbereich angesteuert, so dass für die Aktivierung der NRWG-Flächen eine zusätzliche Falschalarmsicherheit gegeben ist.

Die Lichtstrahlrauchmelder werden nach VdS/VDE so angeordnet, dass sie die maximalen Überwachungsbereiche von 1.200 m² (Ebene 0 ≤ 6 m Raumhöhe) bzw. 1.300m² (Ebene -1 ≤ 12m Raumhöhe) nicht überschreiten. Es verbleiben nicht abgedeckte Bereiche von max. 94m². Die schnelle und sichere Evakuierung der Bahnsteige bei bestätigter Rauchdetektion wird dadurch nicht beeinträchtigt. Bei einem kleinen Brandereignis ist keine direkte Personengefährdung zu erwarten und bei einem maßgeblichen Brandereignis (Bemessungsbrand) erfolgt aufgrund der flächigen Rauchentwicklung eine schnelle Detektion trotz der vorhandenen Fehlflächen.

Ein Überblick über die Abdeckung der Bahnhofshalle mit Lichtrauchmeldern ist im Plan ASK_190-1 der ingenhoven architects dargestellt (siehe Bild 8.47, Seite 139).

Die nur lokalen Unter- bzw. Überschreitung des Abstandes D_L (Abstand des Melders zur Decke) und D_H (horizontaler Abstand Melder-Wand bzw. Melder Decke) lassen nach Aussage der BMA-Fachplanung keine funktionale Beeinträchtigung des Lichtstrahlrauchmelder-Systems erwarten.

Vertraulicher Entwurf

Die Unterschreitungen des Soll-Wertes von D_L betragen ca. 0,2 m des zugelassenen Abstandes zwischen Decke und Sender. Dies kann als unproblematisch angesehen werden, da sich der Rauch in dem höheren Gewölbebereich sammelt.
Die Überschreitungen von D_L liegen bei ca. 0,5 m. Nur im Bereich der Lichtaugen gibt es größere Überschreitungen der Abstände von Melder zur Decke bzw. zu den Glasflächen der Lichtaugen. In diesen Bereichen wird auch die max. Hallenhöhe von 12 m übertroffen. Nach Einschätzung von BPK kann auf eine weitere (dritte) Detektionsebene im Lichtauge verzichtet werden.

Bei den Abweichungen zu D_H handelt es sich nur um punktuelle Unterschreitungen von ca. 0,1 m des vom Hersteller empfohlenen Werts von mind. 0,5 m. Dies kann bei den Lichtstrahlrauchmeldern unter den Stegen auftreten, wo die LRM Infrarot-Strahlen lokal Abstände von 0,4 m zu Aufzugsschächten oder Fahrdrahtabhängern haben; diese lokalen Punkte sind vernachlässigbar, aus brandschutztechnischer Sicht bestehen keine Bedenken.

Aus brandschutztechnischer Sicht wird durch das geplante Lichtstrahl-Rauchmeldersystem, trotz der vorhandenen Fehlflächen und Abstandsabweichungen, die im Hinblick auf den Installations- und Wartungsaufwand wirtschaftlichste und architektionisch vertretbare Lösung zur Sicherstellung des maßgeblichen Schutzziels der Rauchdetektion im Brandfall und der damit verbundenen Aktivierung der Personenalarmierung und Alarmierung der Feuerwehr gewährleistet.
Die Planung mit Lichtstrahlrauchmeldern zur Rauchdetektion und intelligenten Meldern zur Brandortlokalisierung wurde mit verschiedenen Systemherstellern (Hekatron, Bosch, Siemens, Securiton) besprochen. Die Gesprächsprotokolle sind dem Brandschutzkonzept als Anlage beigefügt. Es wurde die grundsätzliche Realisierbarkeit und Produktfunktionalität durch die o.g. Firmen bestätigt.
Ist bei dem außerplanmäßigen Einsatz von Dieselfahrzeugen zu Wartungszwecken und in Notfällen eine Abschaltung der Brandmeldeanlage zur Vermeidung von Fehlalarmen notwendig, sind organisatorische Ersatzmaßnahmen zu ergreifen.

Auf Druckknopfmelder kann wegen der flächendeckenden Installation einer automatischen Brandmeldeanlage für die Kenngröße Rauch verzichtet werden.

Für das Zurücksetzen der Brandmeldeanlage ist es wesentlich, dass die Entrauchung unabhängig von der BMA zurückgesetzt werden kann.

In der Anlage zum Brandschutzkonzept ist eine Grobsteuermatrix zusammengestellt, welche die grundsätzlichen Funktionen und Abhängigkeiten berücksichtigt. Die Abhängigkeiten und Ansteuerungen müssen in einer Steuermatrix im Rahmen der Werk- und Montageplanung mit den

Vertraulicher Entwurf

Fachplanern der entsprechenden Gewerke detailliert beschrieben und zusammengefasst bzw. ausgearbeitet werden.

12.3 Alarmierungsanlage

12.3.1 Beschallungsanlage

Die betriebsgemäße Beschallungsanlage hat keine brandschutztechnische Funktion.

12.3.2 Sprachalarmanlage (SAA), Elektroakustisches Notfallwarnsystem (ENS)

Zur Einleitung der Evakuierung sind akustische Alarmierungsanlagen so zu installieren, dass ein Signal an jeder beliebigen Stelle im öffentlichen Bereich des Bahnhofs sicher wahrnehmbar ist.
In den öffentlichen Bereichen der Bahnhofshalle ist eine Sprachalarmierung (Notfallevakuierungssystem) gemäß DIN VDE 0833-4 Sicherheitsstufe II, Kategorie I geplant. Geeignete mehrsprachige Texte (mindestens deutsch und englisch) sind vorzuhalten. Hierbei ist die RIL 513 zu beachten. Die Anlage muss dem Stand der Technik (DIN VDE 0100, 0800, 0833-1, -2 und -4, 0165 der DIN 14675 und der DIN EN 54-1 bis 12 und 24) entsprechen. Die Anlage zur Sprachalarmierung SAA kann auch als Beschallungsanlage verwendet werden.
In den nicht öffentlichen Bereichen (Technikräume usw.) sind DIN-Ton Hupen (ENS) zur Alarmierung ausreichend.
Die Verkabelung der SAA- und ENS-Installationen müssen bis zum ersten Verteilerkreis, auch innerhalb eines Brandabschnittes, in der Qualität E 90 verlegt werden.

Innerhalb der Fluchttreppenhäuser ist eine elektroakustische Alarmierung nicht erforderlich, da diese nur im Alarmierungsfall zugänglich sind und genutzt werden. Die Zugänge erhalten optische Kennzeichnungen. Eine akustische und optische Alarmierung ist an den Treppenraum-Ausstiegsklappen anzubringen.

12.4 Lösch- / Inertisierungsanlagen

Innerhalb der Bahnhofshalle sind keine Löschanlagen vorhanden.
Die Lounge ist flächendeckend nach CEA 4001 OH 3 gesprinklert.

Vertraulicher Entwurf

12.5 Anlagen zur Rauchgasabführung

12.5.1 Natürliche Entrauchung

Im Dach der Bahnhofshalle sind 23 Lichtaugen mit NRWG Flächen zur Sicherstellung der natürlichen Entrauchung installiert (Bild 12.3).

Bild 12.2: Visualisierung Lichtauge ia

Die Lichtaugen sind im flach geneigten Bereich geschlossen. In den Steilbereichen der Lichtaugen Verglasungen können Teilbereiche als NRWG windabhängig geöffnet werden.
In den folgenden Grafiken sind die möglichen Öffnungsflächen und ihre jeweilige Größe farbig markiert.
Bezogen auf die Windrichtung wird in (Bild 12.3) dargestellt, welche Flächen für eine Entrauchung geöffnet werden können.

Vertraulicher Entwurf

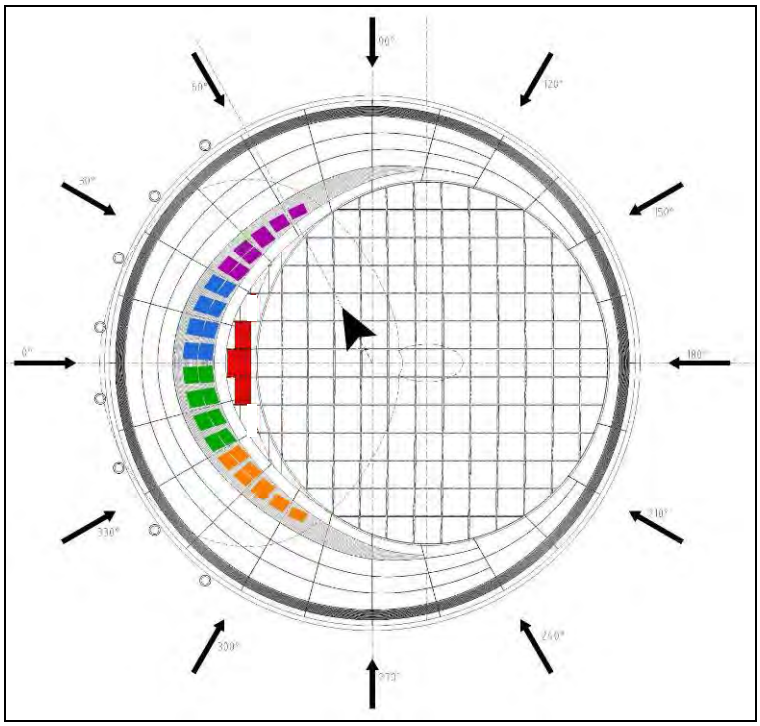


Bild 12.3: Anordnung öffenbarer Flächen in den Lichtaugen [ia]

Größen der öffenbaren Flächen in Abhängigkeit von der Windrichtung

Windrichtung	**öffenbare Flächen**	**geometrische Öffnungsfläche**	**aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche**
0° - 30°		6,37 m²	5,58 m²
60° - 90°		10,56 m²	9,11 m²
90° - 120°		6,76 m²	6,81 m²
120° - 150°		10,95 m²	10,71 m²
150° - 210°		13,52 m²	13,64 m²
240° - 270°		6,76 m²	6,81 m²
300° - 330°		10,56 m²	9,18 m²
330° - 0°		6,37 m²	5,58 m²
Windstille		17,32 m²	10,37 m²

Tabelle 47:öffenbare Flächen

Vertraulicher Entwurf

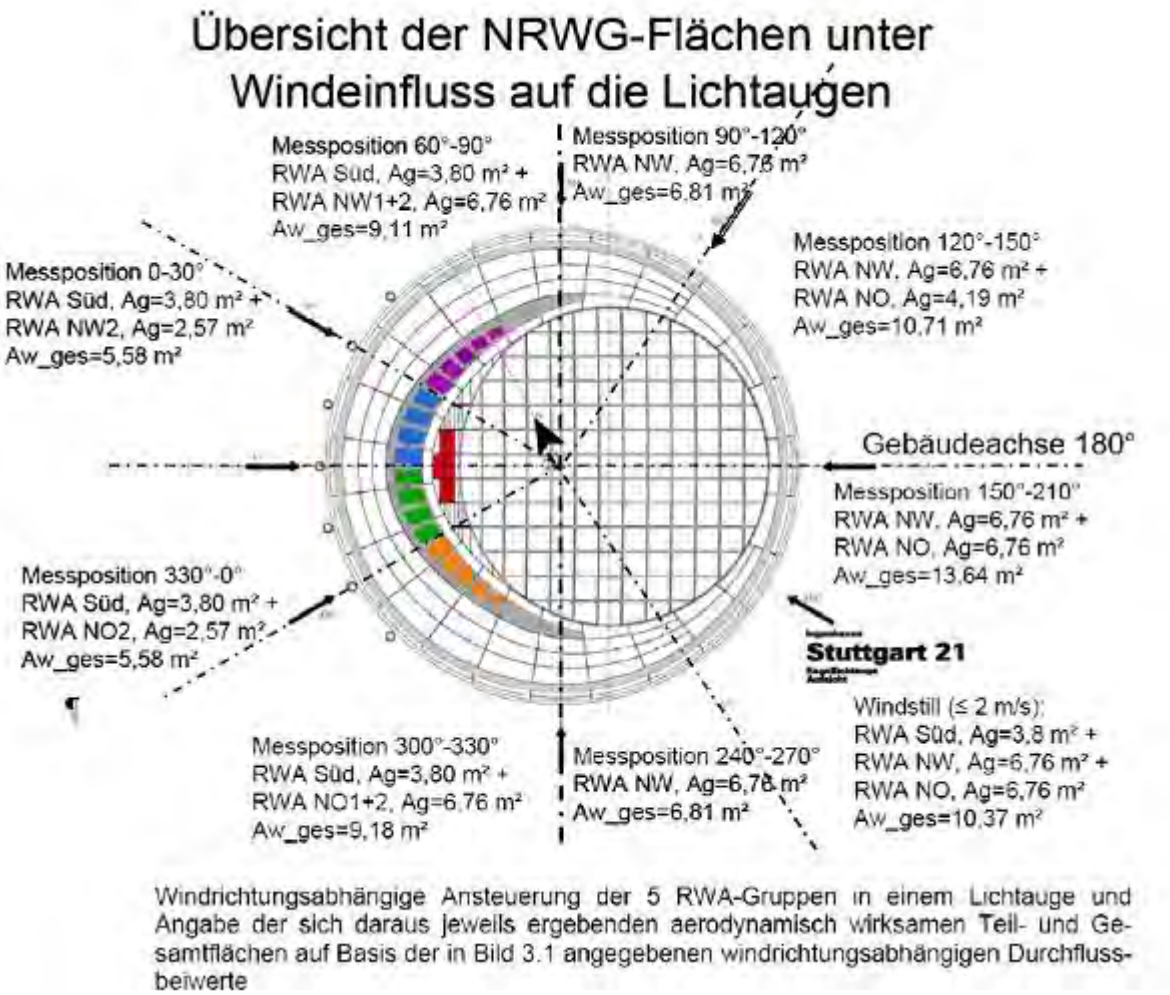


Bild 12.4: Auszug aus dem I.F.I Bericht STG33-2-2 vom 21.07.2011

Bei Windwirkung in diesem Segment können für die Entrauchung die orangen, roten und lila gekennzeichneten Öffnungsflächen aktiviert werden. Hieraus resultiert die kleinste aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche von

$$A_{aerod} = 5{,}58\ m^2$$

je NRWG.

Es werden nur bei einem Brandereignis im Bereich zwischen den Stegen A und C (Achsen 5-15) die NRWG Flächen geöffnet. Bei einem Brandereignis zwischen Tunnelmund Nord und Steg A oder zwischen Steg C und Tunnelmund Süd bleiben die NRWG Flächen geschlossen und die Entrauchung erfolgt maschinell über die Ventilatoren im angrenzenden Tunnel mit Zuluftzufuhr über den entfernten Tunnel, was zu einer Durchspülung der uPva führt (siehe auch Kapitel 12.5.2).

Vertraulicher Entwurf

Sobald der Brand durch Melder lokalisiert wurde, öffnen die windabhängig möglichen NRWG Flächen der 8 oberhalb des Brandes befindlichen Lichtaugen. Sobald der Brandrauch die lokalen Rauchmelder weiterer Lichtaugen erreicht und auslöst, öffnen diese ebenfalls.
Für die Zuluft werden die reversiblen Ventilatoren in den beiden Entrauchungsbauwerken automatisch auf „Zuluft"-Betrieb gestellt und beidseitig ein Volumenstrom von je 1.200.000 m³/h in die Bahnhofshalle geführt.
Es wurde angenommen, dass der Brand 2 Minuten nach Eintreffen des brennenden Zuges detektiert, der Brandort lokalisiert und die Alarmierung ausgelöst wurde.

Weiterhin wurde angenommen, dass die angesteuerten NRWG Flächen 1 Minute nach Aktivierung vollständig geöffnet sind.
Innerhalb der Simulationen wurde davon ausgegangen, dass die Ventilatoren 3 Minuten nach Aktivierung ihre Maximalleistung erreichen.

Die NRWG Anlagen und die Ventilatoren müssen DIN EN 12 101 entsprechen.

12.5.2 Maschinelle Entrauchung

Bei einem Brandereignis am nördlichen Bahnhofsende zwischen Steg A und dem Tunnelmund oder am südlichen Bahnhofsende zwischen Steg C und dem Tunnelmund wird der Rauch maschinell über die Ventilatoren der angrenzenden Entrauchungsbauwerke abgeführt.

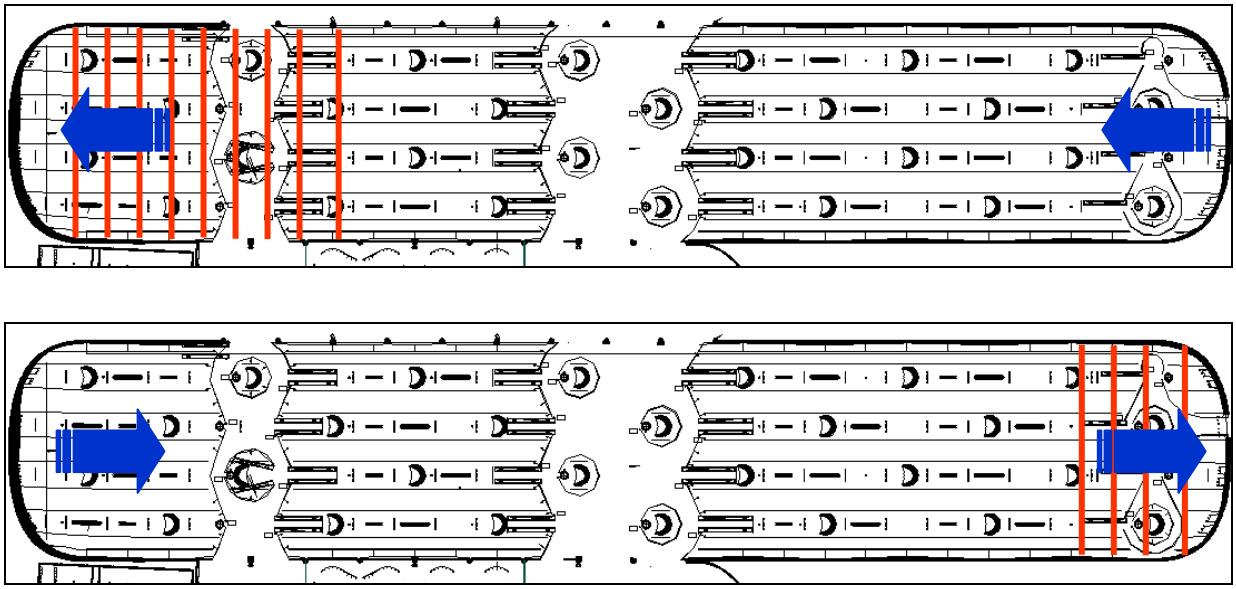


Bild 12.5: Richtung der Luftströmung aus den angrenzenden Tunnelbereichen i.A. von der Brandherdlage (rote Linien)

Vertraulicher Entwurf

Für diese reversibel schaltbaren Ventilatoren ist ein Netto-Volumenstrom von jeweils 1.200.000 m³/h erforderlich.
Dieser Sachverhalt wurde innerhalb aller FDS-Simulationen zum Nachweis der Entrauchung berücksichtigt. Die Ventilatoren müssen nach DIN EN 12 101-3 bemessen werden, Grundlage hierfür ist ein Brand im Tunnelbereich. Im Übergangsbereich von der Bahnhofshalle zum Tunnel entstehen bei einem Brand am Bahnhofsende Temperaturen von ca. 600°C.

Bei einem Brand in einem Trogwandzwischenraum erfolgt die Rauchableitung nach Löschen des Brandes über die NRWG: Abluftschaltung erfolgt manuell über das Feuerwehrtableau.

12.5.3 Differenzdruckanlagen

Im Hauptbahnhof sind keine Differenzdruckanlagen vorgesehen.

12.6 Gebäudefunkanlage

Die erforderliche sichere Funkverbindung für die Rettungsdienste (BOS) muss gewährleistet werden. Es ist die Installation einer BOS-Funkanlage innerhalb des Bahnhofs geplant.
Im Hinblick auf die technischen Entwicklungen (Digitalfunk) ist die Ausführung mit den zuständigen Feuerwehren abzustimmen.

Vertraulicher Entwurf

13 MASSNAHMEN ZUR BRANDBEKÄMPFUNG

13.1 Einrichtung zur Selbsthilfe

13.1.1 Trag- und fahrbare Feuerlöscher

Zur Bekämpfung von Entstehungsbränden ist es notwendig, geeignete Handfeuerlöscher in ausreichender Anzahl gemäß DIN EN3 und BGR 133 in Dienst-, Betriebs-, Technik- und Lagerräumen vorzusehen.
Auf den Bahnsteigen werden geeignete Handfeuerlöscher vorgehalten. Zur Markierung von unbefugten Eingriffen sind diese zu verplomben.

13.1.2 Wandhydranten als Selbsthilfeeinrichtungen an nassen Steigleitungen

Es sind keine Wandhydranten als Selbsthilfeeinrichtungen auf den Bahnsteigen vorgesehen.

13.2 Einrichtungen für die Feuerwehr

13.2.1 Wandhydranten an trockenen / nassen Steigleitungen

Es sind Löschwasserentnahmestellen nass mit Feuerwehranschluss in maximalen Abständen von 80 m auf den Bahnsteigen vorgesehen. Jedes der zwei Fluchttreppenhäuser je Bahnsteig erhält einen dieser Wandhydranten an einer mit der Branddirektion noch festzulegenden Seite; der zugeordnete Treppenzugang auf den Straßburger-Platz wird gekennzeichnet. Für die Löschwasserversorgung wird eine Wassermenge von 1.200 l/min bereitgestellt. Diese steht an jeder Entnahmestelle über zwei Stunden bei 6 bar Fließdruck und über B-Doppel-C-Anschluss einmal zur Verfügung.

Innerhalb des Trogwandzwischenraumes wird auf Anforderung der Feuerwehr eine trockene Feuerlöschleitung mit B-Kupplung in jedem Abschnitt und einer Durchflussmenge von 400 l/min vorgesehen. Die Leitungen können über jeweils eine Einspeisung am Anfang und am Ende vom Kurt-Georg-Kiesinger-Platz/Straßburgerplatz befüllt werden. Der Feuerwehrangriff erfolgt von den beiden Enden her über das Gleisfeld (vgl. Kapitel 4.1.2).

Vertraulicher Entwurf

13.2.2 Feuerwehr-Schlüssel-Depot

Die Personenverkehrsanlage ist frei zugänglich. Für die abschließbaren Räume auf den Bahnsteigen ist im Feuerwehrangriffsweg ein Feuerwehr-Schlüssel-Depot im Bereich des Brandabfrageschrankes in der Großen Schalterhalle des Bonatzbaus vorgesehen.

13.2.3 Löschwasserversorgung

Gemäß DVGW Blatt 405 muss für den Hauptbahnhof Stuttgart in Abstimmung mit der Berufsfeuerwehr Stuttgart ständig eine Löschwassermenge von 96 m³/h (Grundschutz) über einen Zeitraum von 2 Stunden zur Verfügung stehen.
Hierbei können alle Löschwasserentnahmemöglichkeiten in einem Umkreis (Radius) von 300 m um das Brandobjekt berücksichtigt werden.
Der Nachweis der Löschwasserversorgung wurde durch den EnBW erbracht und liegt als Anlage diesem Brandschutzkonzept bei.

13.2.4 Feuerwehr-Einsatzmöglichkeiten

Die insgesamt vorgesehenen Maßnahmen zur Unterstützung eines Feuerwehr-Auftritts sind in den Kapiteln 4.1.2 und 6 bereits beschrieben:

- Zufahrt und Aufstell- und Bewegungsflächen: Bild 4.3

- Befahrbarkeit des Straßburger Platzes: Bild 4.A

- Zugänge und Entfernung von Aufstellflächen zu den Zugängen: Bild 4.B

- Lauflängen bis zu den Bahnsteigen und auf den Bahnsteigen: vergl. Kap. 8.2, Bild

- Behinderung durch flüchtende Personen:

In Kap. 8.2.2.8, Bild 8.16, 8.21, Bild 8.26, Bild 8.31 und Bild 8.36 sind jene Zeiten zusammengestellt, die für die Personenevakuierung benötigt werden; aus Sicherheitsgründen sind die maximalen Zeiten benannt, entsprechend dem konservativen Simulationsmodus „stair edge“. Danach ergeben sich praktisch keine Behinderungen des FW-Einsatzes durch flüchtende Personen, da die Evakuierung zu diesem Zeitpunkt i. w. abgeschlossen ist.

- Behinderung durch Rauch:

Vertraulicher Entwurf

In Kap. 8.2.2.8, sind jene Zeiten zusammengestellt, ab wann mit einer Verrauchung der Zugangsbereiche von Stegen und Treppenräumen unterhalb z = 1,50 m zu rechnen ist.
In Kap. 8.2.3.10 wurde der Nachweis geführt, dass eine kritische Verrauchung des Straßburger Platzes nicht zu befürchten ist.

Vertraulicher Entwurf

14 ORGANISATORISCHER BRANDSCHUTZ

14.1 Verantwortlichkeiten und Aufgabenteilung

14.1.1 Allgemein

Es muss abhängig von der Größe des Brandereignises im Hauptbahnhof eine Alarmweiterleitung an die zuständige Berufsfeuerwehr Stuttgart geben. In jedem Fall erhält die 3-S-Zentrale eine Alarmmeldung. Hierfür ist neben der Brandschutzordnung auch der Alarm- und Gefahrenabwehrplan zur Inbetriebnahme zu erstellen.
Es ist eine Brandschutzordnung zu erstellen. Die zuständigen Behörden (EBA, Bauaufsicht, Branddirektion) sind in diese Abstimmung einzubeziehen.

14.1.2 DB Station & Service AG

Die Verantwortlichkeit für die ordnungsgemäße Umsetzung des Notfallmanagements innerhalb der Personenverkehrsanlage trägt der Bahnhofsmanager.

14.1.3 DB Netz AG

Für den Gleis- und Tunnelbereich sowie den Fahrbetrieb liegt die Verantwortlichkeit bei der DB Netz AG. Erforderliche Maßnahmen werden im Rahmen des Notfallmanagements der DB AG abgewickelt.

14.1.4 Notfallmanagement

Das Verhalten im Brandfall wird in der Brandschutzordnung festgeschrieben. Hier sind die Anforderungen der Ril 123 zu beachten. Die zu benachrichtigenden Stellen sind dort ebenfalls zu benennen.
Die Mitarbeiter sind für richtiges Verhalten im Brandfall zu informieren und zu schulen; diese Unterweisungen sind zu dokumentieren.

Vertraulicher Entwurf

14.2 Rettungswegpläne

Für den Hauptbahnhof Stuttgart sind Rettungswegpläne zur Inbetriebnahme zu erstellen.

14.3 Feuerwehrpläne nach DIN 14095

Für den Hauptbahnhof Stuttgart sind Feuerwehrpläne nach DIN 14 095 zur Inbetriebnahme zu erstellen.

14.4 Brandschutzordnung nach DIN 14096

Zur Festlegung des richtigen Verhaltens im Brandfall und für Selbsthilfemaßnahmen muss für den Bahnhof eine Brandschutzordnung gemäß DIN 14096 Teil 1-3 aufgestellt werden.
Der Teil A ist an gut einsehbarer Stelle auszuhängen.

Innerhalb der Brandschutzordnung ist ein Rauchverbot für alle Bereiche des Bahnhofs und der Bahnsteige auszuweisen. Entsprechende Verbotsschilder sind auf dem Bahnsteig anzubringen.
Die Brandschutzordnung Teil C ist für sonstige Mieter zu erstellen.

Innerhalb der Brandschutzordnung sind auch das Notfallmanagement der Deutschen Bahn AG und der Alarm- und Gefahrenabwehrplan zu berücksichtigen.
Mieter und andere Fremdnutzer im Bereich dieser uPva sind über die Mietverträge oder entsprechende Vereinbarungen zu verpflichten, das Brandschutzkonzept in ihrem jeweiligen Bereich zu beachten und ordnungsgemäß umzusetzen.

14.5 Festlegungen von Anforderungen und besonderen Maßnahmen

Es ist sicherzustellen, dass die im Brandschutzkonzept benannten Durchgangs- und Ausgangsbreiten immer freigehalten und die Nutzungsbeschränkungen bezüglich Brandlast immer eingehalten werden.

Die Bauphasen sind nicht Bestandteil dieses Brandschutzkonzeptes und müssen bezüglich der Flucht- und Rettungswege, sowie der Abtrennungen zu in Betrieb befindlichen Bereichen gesondert betrachtet, geplant und dem Baufortschritt entsprechend aktualisiert werden.

Vertraulicher Entwurf

15 ZUSAMMENFASSUNG

Das erarbeitete ganzheitliche Brandschutzkonzept baut auf einer interaktiven Verknüpfung baulicher, gebäudetechnischer und organisatorischer Brandschutzkomponenten auf.
Bei einer inhaltlich richtigen und konsequenten Ausführungsplanung der brandschutztechnischen Vorgaben, deren ordnungsgemäßen baulichen Umsetzung und einer zuverlässigen Qualitätssicherung im laufenden Betrieb bestehen seitens des Unterzeichnerbüros keine Bedenken bezüglich des Brandschutzes für das Projekt uPva Stuttgart 21.
Die Aussagen dieses Brandschutzkonzeptes gelten ausschließlich für den uPva-Neubau des Hauptbahnhofes Stuttgart im Rahmen des Projektes Stuttgart 21. Eine Übertragung der hier aufgeführten Ergebnisse auf andere, auch scheinbar vergleichbare Objekte oder Situationen ist grundsätzlich nicht zulässig.

Dieses Brandschutzkonzept ist dem Eisenbahn-Bundesamt zur Freigabe vorzulegen.

15.1 Abweichungen

15.1.1 Auflistung der Abweichungen von den allgemein anerkannten Regeln der Technik

Nachfolgend werden alle jene Besonderheiten benannt, die Abweichungen von üblichen Regelvorgaben beinhalten, nicht nur von allgemein anerkannten Regeln der Technik, sondern auch von inhaltlich zuordenbaren Sonderbauvorschriften, Baustoffen und Bauteilqualitäten u.ä. Diese Betrachtung von „Abweichungen“ erfolgt unabhängig von den z. T. anderen Regelungen der DB gegenüber der BauO BW und ist daher z. T. nur als informell zu verstehen. Abweichungen von den DB - Regelungen werden gesondert aufgezeigt.

1. §27 BauO BW, Brandwänden (Abweichung von LBO)
   Aus betrieblichen Gründen ist eine Unterteilung der Bahnhofshalle trotz der großen Länge, mit Brandwänden nicht möglich.
   Als Abtrennung der Bahnhofshalle zur Lounge wird die geschlossene Fassade im Bereich der Gleise als VSG-Isolierverglasung ohne Brandschutzqualität ausgeführt, im Bereich zu den Stegen A und B als F30 Verglasung. Die Stegzugänge sind durch T30RS Türanlagen vom Bonatzbau getrennt.

Vertraulicher Entwurf

Bei Branddetektion vor der Glasfassade (Bahnsteigseite) erfolgt eine Alarmierung der Lounge und deren Evakuierung. Sofern es aufgrund eines Eisenbahnfahrzeugbrandes direkt unterhalb der Lounge zu einem Versagen dieser Verglasung (Temperaturen ca. 650 °C) kommt, ist durch die Sprinklerung ein ausreichender Schutz gegen Brandausbreitung in die Lounge und weiter in den Bonatzbau hinein gegeben. Dies sichert auch die Evakuierung dieses Bereiches. Durch die vorhandenen Sprinklerung und maschinelle Entrauchung sind keine maßgeblichen Einflüsse auf die Bereiche des Bonatzbaus zu erwarten.

Aufgrund der vorhandenen brandschutztechnischen Infrastruktur (flächendeckende BMA, SAA, vollflächige Sprinklerung der Lounge und des Bonatzbaus), sowie der positiv geführten Nachweise mit Ingenieurmethoden bestehen keine brandschutztechnischen Bedenken gegen diese Planung.
Erläuterungen hierzu sind unter Kapitel 7.1 und 7.3 zusammen gestellt.

2. F30 Anforderung an Stege, F30 Brandschutzbeschichtung für Abhänger (fehlende Zulassung)
   Die Stahlzugglieder der Stegabhängung erhalten, wie die anderen relevanten Stahlteile der Stegtragkonstruktion, eine F30 Beschichtung. Zugglieder sind nicht durch die Zulassungen für Brandschutzbeschichtungen abgedeckt. Für die Zulassung der Beschichtung in diesem Bereich, auch auf Edelstahl, wurde ein gesonderter Nachweis geführt.
   Aufgrund bekannter Untersuchungen bei der MPA Braunschweig bestehen keine brandschutztechnischen Bedenken gegen diese Planung.
   Erläuterungen hierzu sind unter Kapitel 7.3.1 zusammengestellt.

3. F30 Anforderung an Stege, Glasbetonsteine im Steg (fehlende Zulassung)
   Innerhalb der Stegflächen sind Glasbetonelemente vorgesehen. Die Glaselemente haben keine bauaufsichtlich zugelassene Brandschutzqualität für die hier vorliegende Einbausituation. Aufgrund des geringen flächenmäßigen Anteils und der Rettungswegmöglichkeiten im Bahnhof bestehen keine brandschutztechnischen Bedenken gegen diese Planung.
   Eine Risikoeinschätzung mit Erläuterungen hierzu sind unter Kapitel 7.3.4 zusammengestellt.

4. Flächendeckende Brandmeldeanlage (Abweichungen zur VdS Richtlinie 2095)
   Durch die geplante Überwachung mit Lichtstrahlrauchmeldern wird aus brandschutztechnischer Sicht der erforderliche Überwachungsschutz sichergestellt. Gegen die vorhandenen Überwachungsfehlflächen und Abstandsunterschreitungen bestehen aus brand-

Vertraulicher Entwurf

schutztechnischer Sicht im Hinblick auf die zu berücksichtigenden Brandszenarien keine Bedenken.
Erläuterungen hierzu sind unter Kapitel 12.2 zusammengestellt.

5. Anwenderhandbuch „Bemessungsbrände für S-Bahnen und Gemischten Reisezugverkehr“ (Abweichung von EBA – Anforderung)
   Punkt 4.7 (1): Die Dauer der Fremdrettungsphase beträgt für Neu- und Bestandsanlagen in der Regel 15Minuten (von der 15. bis zur 30. Brandminute nach Brandbeginn)….
   Infolge der von der Branddirektion Stuttgart benannten Zeit von bis zu 30 Minuten nach Alarmierung bis zum Beginn aktiver Rettungs- und Löschmaßnahmen liegt die Fremdrettungsphase zwischen der 29. und der 44. Brandminute.

   Zu diesem Zeitpunkt ist die maximale Brandintensität (23. Brandminute) bereits überschritten und der Brand ist in der Abklingphase.
   Aufgrund dieser Besonderheit ist die Bahnhofshalle bei Eintreffen der Feuerwehr (19. Brandminute) im Bereich der Stege, für den ungünstigsten Brandfall vor Steg C, bereits verraucht und auch im Bereich der Bahnsteige kann für ca. 50 % der Bahnsteigflächen die geforderte 1,5 m hohe raucharme Schicht nicht nachgewiesen werden.
   Erleichternd ist, dass über die Fluchttreppenhäuser die Feuerwehr sicher und rauchfrei bis auf die Bahnsteigflächen gelangen kann und dass diese Wege zum Zeitpunkt des Feuerwehrangriffs nicht mehr durch flüchtende Personen genutzt wurden.
   Weiterhin besteht für die Feuerwehr die Möglichkeit, über das Auffahren aller NRWG Flächen eine zusätzliche Rauchentlastung zu schaffen.
   Diese Sondersituazion gilt nur bei „Brand vor Steg C“. Bei allen anderen untersuchten Brandszenarien wurde die ausreichende Qualität der Feuerwehrangriffswege nachgewiesen.

15.1.2 Maßnahmen

Das Brandschutzkonzept ist in allen Bereichen umzusetzen.

Vertraulicher Entwurf

16 UNTERSCHRIFT DES ERSTELLERS

Prof. Dr.-Ing. W. Klingsch
Düsseldorf, xx.xx.xx

Dipl.-Ing. R. Demirel

B. Eng. M. Krabbe

Alle Rechte vorbehalten

© 2013 by BPK
Brandschutzplanung Klingsch Ingenieurgesellschaft mbH
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 **schriftliche** Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Printed in Germany, 03/2013

Vertraulicher Entwurf

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Brandschutzvisualisierung

Plannummer	Planbezeichnung	Datum
5.5.4.1.1	Bauteilqualitäten E-2	13.07.2012
5.5.4.2.1	Bauteilqualitäten E-1M	13.07.2012
5.5.4.3.1	Bauteilqualitäten E-1	13.07.2012
5.5.4.3.2	Entrauchung E-1	13.07.2012
5.5.4.4.1	Bauteilqualitäten E0	13.07.2012
5.5.4.4.2	Entrauchung E0	13.07.2012
5.5.4.4.3	Sprinklerung E0	13.07.2012
5.5.4.5.1	Bauteilqualitäten E+1	13.07.2012
5.5.4.5.2	Entrauchung E+1	13.07.2012
5.5.4.9.1	Bauteilqualitäten E-3	13.07.2012

Tabelle 48: Brandschutzvisualisierung Anlagen

Anlage 2: Löschwassernachweis vom 02.07.2010

Anlage 3: Protokolle der Feuerwehrgespräche vom 30.11.2009 und 09.09.2010

Anlage 4: Email DS Infra vom 31.07.2003 zu Personenzahlen

Anlage 5: Herstellergespräche Brandmeldeanlagen:

- Hekatron-Termin vom 10.07.2012,
- Bosch, Termin vom 07.09.2012
- Siemens, Termin vom 26.09.2012
- Securiton, Termin vom 27.09.2012

Anlage 6: BPK Grobsteuermatrix vom 28.08.2012

Anlage 7: Unabhängige 2. Stromeinspeisung 12.11.2010

Anlage 8: Wirkung der Tunnellüftung bei Entrauchung eines 53 MW Brandes im Hauptbahnhof, Ver. 1.1, HBI, vom 08.03.2013