

STUVAtec
Studiengesellschaft für
Tunnel und Verkehrs-
anlagen mbH

Mathias-Brüggen-Str. 41
50827 Köln

Anlage 17.2.1 D

Anhang 2

2. S-Bahn-Stammstrecke München

Räumungsberechnung für die uPva MHBP

Auftraggeber: DB Netz AG
Arnulfstraße 27
80335 München

Auftragnehmer: STUVAtec GmbH
Mathias-Brüggen-Straße 41
50827 Köln

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangssituation	3
2	Objektbeschreibung	3
3	Grundlagen der Räumungsberechnung.....	9
4	Berechnung der Räumungszeit in Anlehnung an die NFPA 130	13
5	Räumungssimulation mit ASERI.....	17
6	Zusammenfassende Bewertung	18
7	Verwendete Unterlagen	20

1 Ausgangssituation

Die uPva MHBP erhält einen ca. 210 m langen Mittelbahnsteig sowie zwei zugehörige Seitenbahnsteige (Spanische Lösung). An jeder der beiden Bahnsteigkanten kann ein S-Bahn-Langzug halten. Von der Bahnsteigebene stehen den Personen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, das Freie zu erreichen (Bild 1). Zu beachten ist, dass vereinbarungsgemäß die Fahrtreppen des Zentralen Aufgangs bei der Räumungsberechnung nicht in Ansatz gebracht werden. Es stehen den fliehenden Personen daher rein rechnerisch nur die festen Treppenanlagen in den geschützten Treppenträumen am westlichen und östlichen Bahnsteigende zur Verfügung, um das Freie zu erreichen.

Es wird nachfolgend untersucht, welche Räumungszeiten sich bei einem Brandereignis in der uPva ergeben, um nachfolgend diese Räumungszeiten auf den Rettungswegabschnitten mit den Ergebnissen der Brandsimulation vergleichen zu können.

2 Objektbeschreibung

Die uPva MHBP ist eine Durchgangshaltestelle für S-Bahnen und kann im Ereignisfall über folgende Treppenanlagen bis ins Freie verlassen werden:

(1) Fluchttreppenträume West (Bayerstraße und Arnulfstraße)

Am westlichen Ende der Bahnsteige stehen den Personen durch Brandschutztüren abgetrennte Fluchttreppenträume zur Verfügung (Bild 1). Von den beiden Seitenbahnsteigen gelangen die Personen über Fluchtstollen zu den Fluchttreppen Nr. 05 und Nr. 06, die zur Ebene -5 hinaufführen. Es stehen je Seitenbahnsteig jeweils zwei Zugänge zu den Fluchtstollen zur Verfügung. Die Personen auf dem Mittelbahnsteig gelangen über den Fluchttreppenraum Nr. 01 am westlichen Bahnsteigende zunächst in einen Fluchtstollen in der Firste oberhalb des Mittelbahnsteigs. Am Ende des Stollens erreichen diese Personen über die Treppe Nr. 01a ebenfalls die Ebene -5 (Bild 2).

Von der Ebene -5 fliehen die Personen von den Seitenbahnsteigen und dem Mittelbahnsteig gemeinsam über die Treppenanlagen Nr. 17 und Nr. 18 hinauf zur Ebene -3 (Bild 3). In der Folge gelangen die Personen über eindeutig geführte Flure und die Treppenanlagen Nr. 17a und Nr. 17b ins Freie an der Arnulfstraße sowie Nr. 18a und Nr. 18b ins Freie an der Bayerstraße (Bilder 3 und 6).

(2) Fluchttreppenräume Ost (Bahnhofplatz)

Nahe dem östlichen Ende der Bahnsteige befindet sich auf jedem Bahnsteig ein Fluchttreppenraum (insgesamt drei Fluchttreppenräume), sodass im Osten von jedem Bahnsteig ein Fluchttreppenraum erreicht werden kann. Die Treppenanlagen Nr. 02 und Nr. 04 führen von der Bahnsteigebene (Ebene -6) bis ins Freie an der Geländeoberkante (GOK, Ebene 0). Die Treppenanlage Nr. 03 endet auf der Zwischenebene -2. Dort teilen sich die Personen auf die benachbarten Treppenanlagen Nr. 02a und Nr. 04a auf, welche ab dieser Ebene breiter ausgeführt werden und über Bodenklappen direkt ins Freie führen (Bilder 1 bis 5).

(3) Zentraler Aufgang

Von den beiden Seitenbahnsteigen stehen jeweils sechs Fahrtreppen und vom Mittelbahnsteig sechs Fahrtreppen zur Verfügung, die die Bahnsteigebene mit dem Zentralen Aufgang verbinden (Bild 1). Der Zentrale Aufgang besitzt darüber hinaus diverse weitere Fahrtreppen, die bis auf die Ebene 0 an der GOK innerhalb des Empfangsgebäudes der oPva Hbf führen. Dort kann über verschiedene Ausgänge das Freie erreicht werden.

Vereinbarungsgemäß bleiben bei der Räumungsberechnung die Fahrtreppenanlagen des Zentralen Aufgangs, die ins Empfangsgebäude führen, unberücksichtigt. Im Ereignisfall muss jedoch davon ausgegangen werden, dass auch die Fahrtreppen des Zentralen Aufgangs zur Flucht genutzt wird (Sicherheitsreserve).

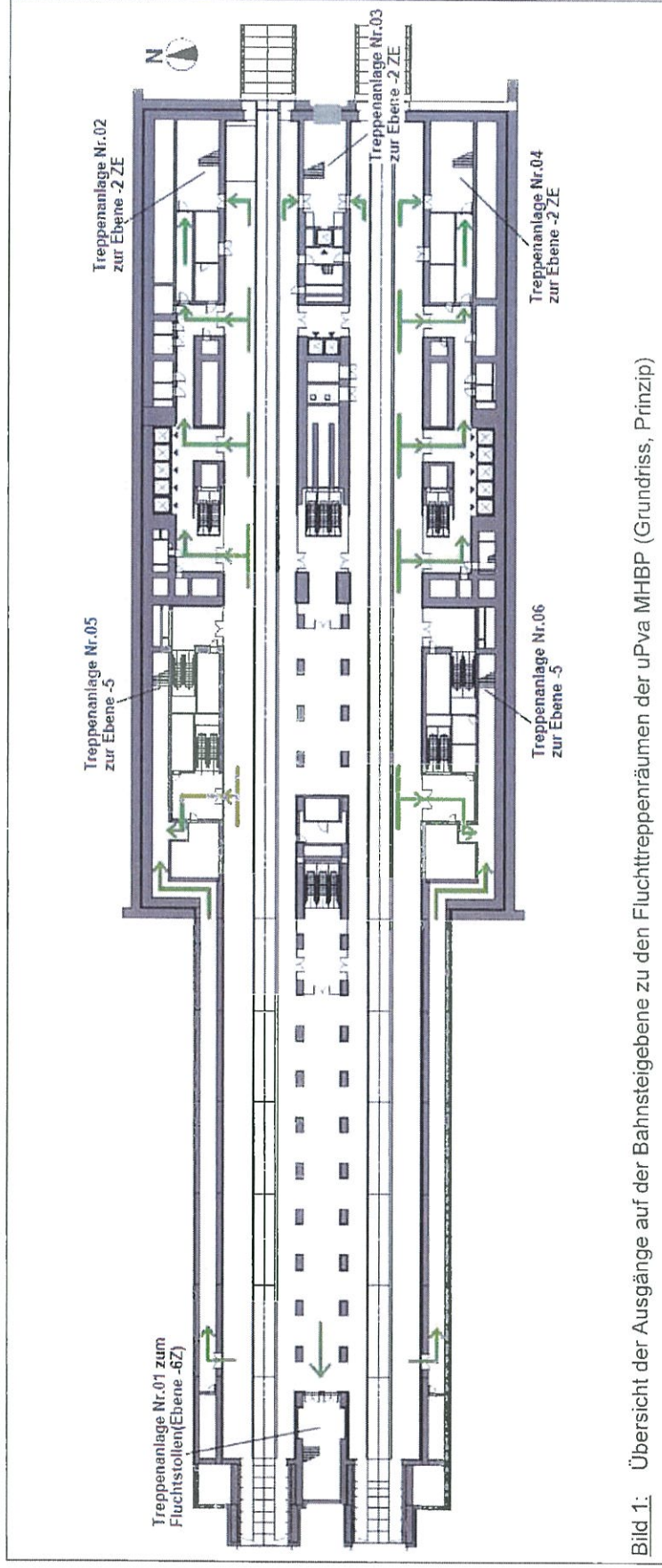


Bild 1: Übersicht der Ausgänge auf der Bahnsteigebene zu den Fluchttreppenträumen der uPva MHBP (Grundriss, Prinzip)

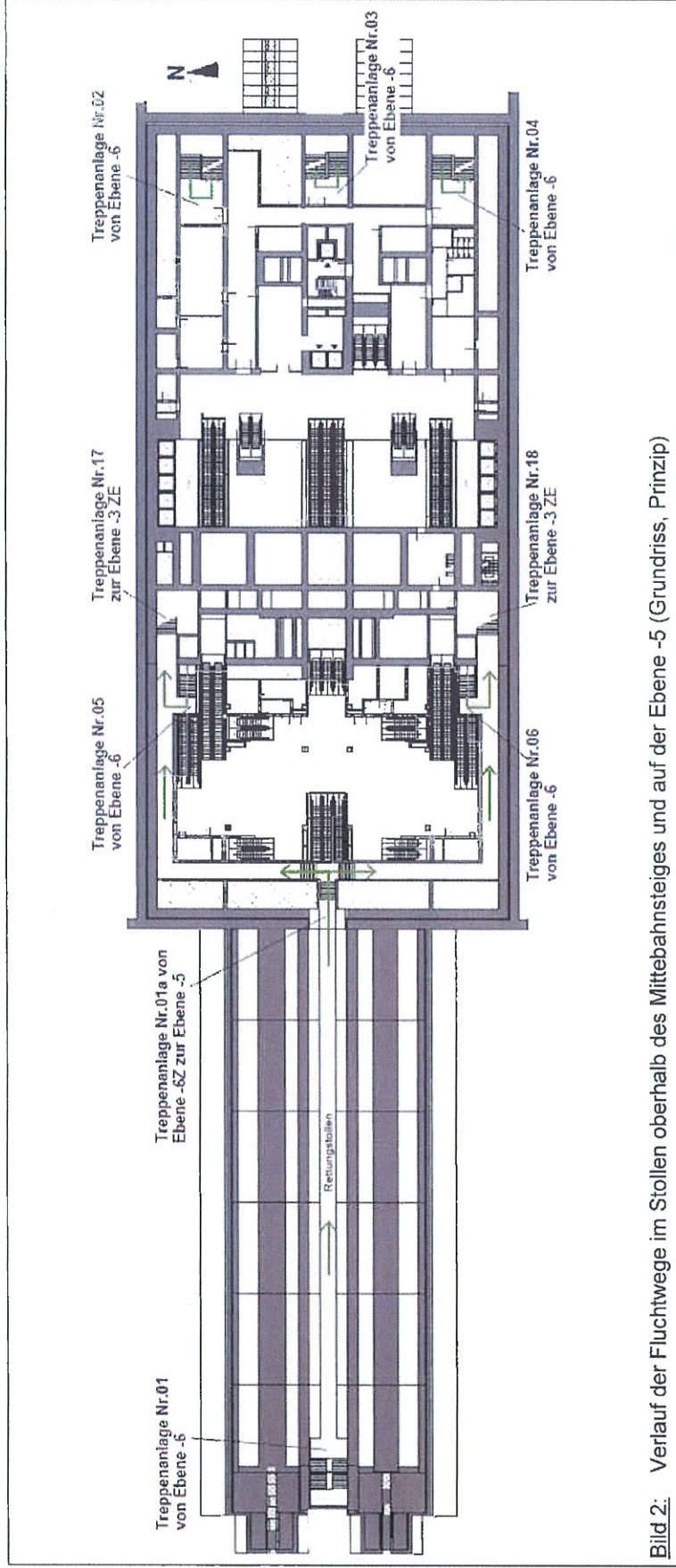
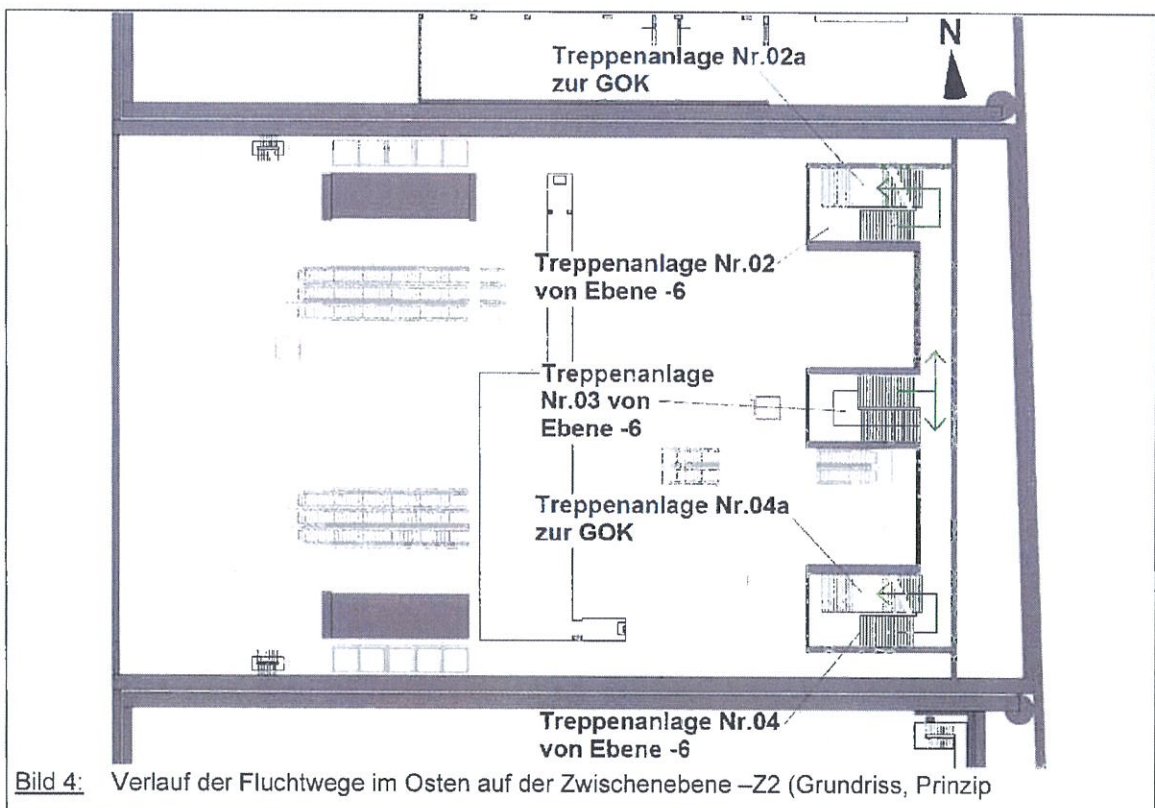
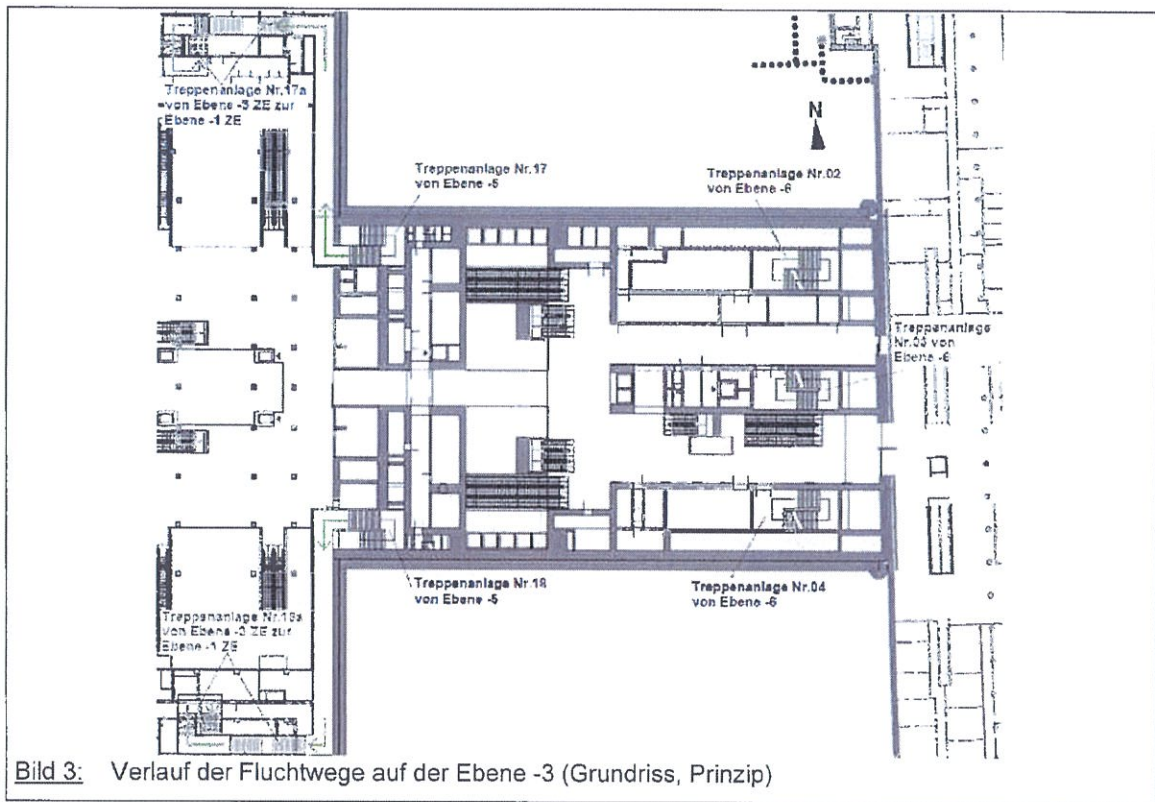
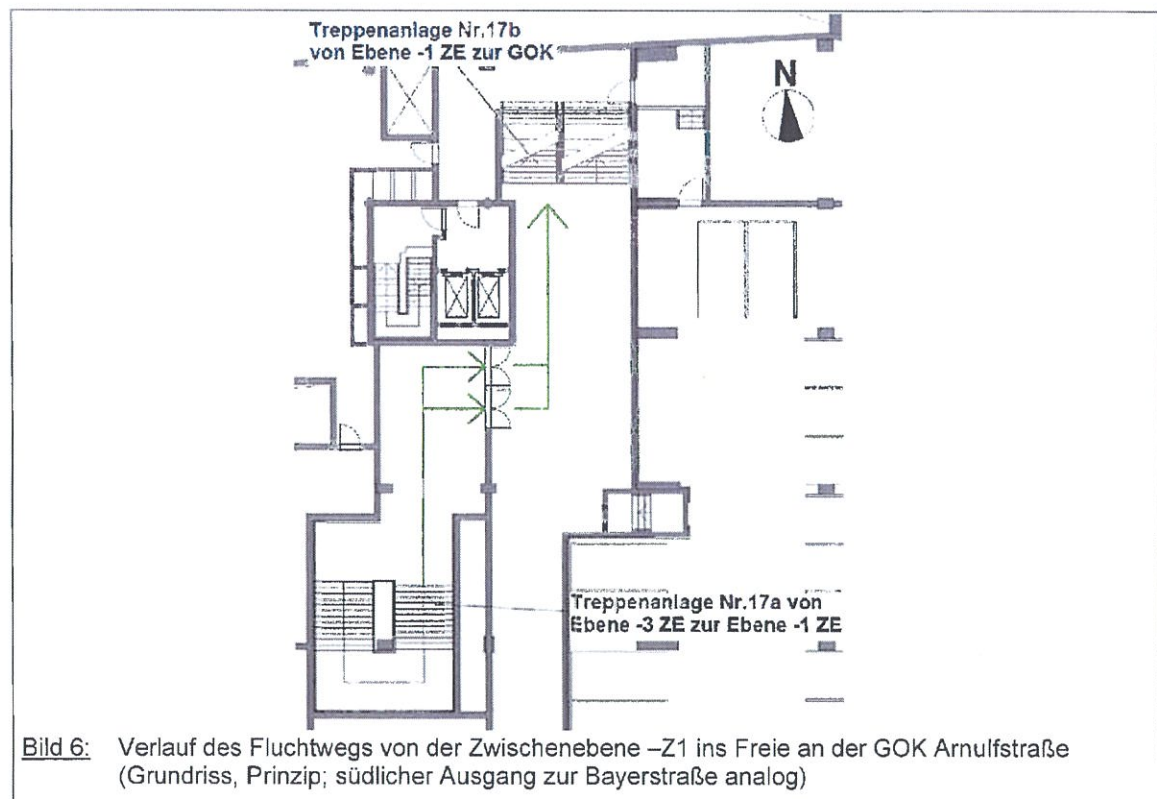
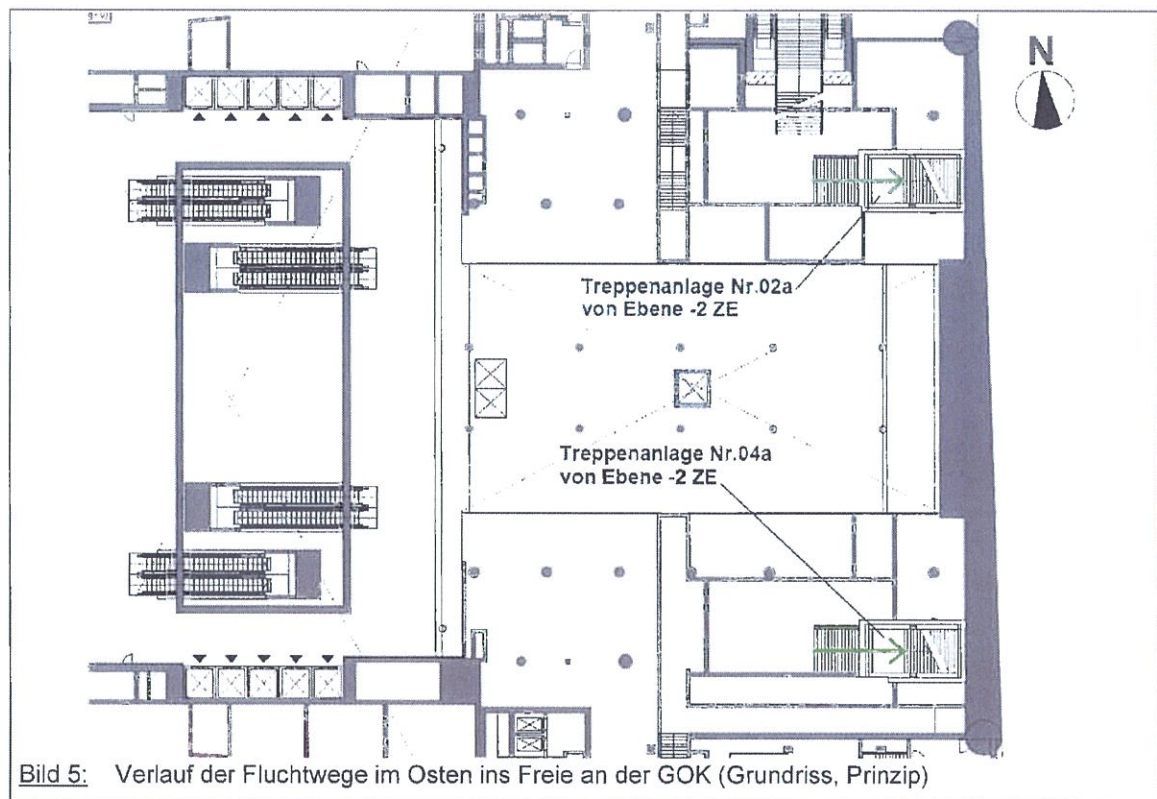


Bild 2: Verlauf der Fluchtwege im Stollen oberhalb des Mittelbahnsteiges und auf der Ebene -5 (Grundriss, Prinzip)





3 Grundlagen der Räumungsberechnung

Für die Räumungsberechnung in Anlehnung an die NFPA 130 [1] unter Berücksichtigung der verschärfenden Vorgaben des Forschungsvorhabens Notfallszenarien [2] werden folgende Grundlagen herangezogen:

(1) Maßgebende Personenzahl

Bei der Räumung der uPva Hauptbahnhof (3) wird angenommen, dass zwei voll besetzte S-Bahn-Langzüge geräumt werden müssen. Abweichend von den bisherigen Räumungsberechnungen wird bei der Personenkapazität der S-Bahn-Fahrzeuge Typ ET 423 bereits die Datengrundlage verwendet, die die Fahrzeuge nach einer Optimierung des Innenraums ab dem Jahr 2020 aufweisen werden [4]. Ferner werden basierend auf aktuelleren Fahrgastprognosen [6] unter Berücksichtigung der neuen U9 der SWM/MVG mehr wartende Personen auf dem Mittelbahnsteig als bisher berücksichtigt.

Jeder modernisierte S-Bahn-Langzug (ET 423) besteht aus drei Zugeinheiten, die jeweils über 166 Sitzplätze und 446 Stehplätze verfügen. Ein S-Bahn-Langzug mit drei Zugeinheiten befördert demnach $3 \times (166 + 446) = 1.836$ Personen, die jeweils zum benachbarten Seitenbahnsteig aussteigen [4]. Auf dem Mittelbahnsteig warten gemäß den Vorgaben aus der Verkehrsprognose [6] 1.676 Personen. Die gesamte Bahnsteigebene der uPva muss daher von 5.348 Personen geräumt werden (Tabelle 1).

Bahnsteig	Personenzahl
nördlicher Seitenbahnsteig	aussteigende Personen: 1.836
Mittelbahnsteig	wartende Personen: 1.676
südlicher Seitenbahnsteig	aussteigende Personen: 1.836
	Summe: 5.348

Tabelle 1: Für die Räumung der uPva MHBP berücksichtigte Personenzahlen [4, 6]

(2) Verfügbare Treppenanlagen

Bei der Berechnung der Räumungszeit wird davon ausgegangen, dass die Personen die Bahnsteige der uPva MHBP ausschließlich über die Fluchttreppenträume am westlichen und östlichen Bahnsteigende bis ins Freie verlassen. Die

Fahrtreppen innerhalb des Zentralen Aufgangs werden vereinbarungsgemäß bei der Räumungsberechnung nicht berücksichtigt (Sicherheitsreserve).

Es werden die in Tabelle 3 mit der jeweiligen Nutzbreite angegebenen Treppen berücksichtigt. Die jeweils angegebene Breite entspricht der nutzbaren Treppenaufbreite zwischen den seitlichen Begrenzungen (z. B. Handlauf, Kehrinne).

(3) Streckentunnel

Es wird angenommen, dass die Fahrgäste von der Bahnsteigebene (Ebene -6) nur über die Fluchttreppenträume bis ins Freie fliehen, nicht aber über die Streckentunnel.

(4) Vorlaufzeit

Für die Restfahrzeit zur uPva MHBP (3 Minuten [3]) sowie für die Alarmierungs- und Reaktionszeit der Fahrgäste werden insgesamt 5 Minuten angesetzt bis die Flucht beginnt.

(5) Personenverteilung auf der Bahnsteigebene

Abweichend von den Berechnungen zur Variante ohne U9 wird bei den hier vorliegenden Berechnungen eine hydraulische Verteilung der Personen auf die Treppenanlagen zugrunde gelegt. Diese Änderung resultiert maßgeblich daraus, dass infolge der zusätzlichen Treppenanlagen im mittleren Haltestellenbereich und der dortigen neuen Umsteigebeziehung zur U9 davon ausgegangen wird, dass sich die Personen im Vergleich zur Variante ohne U9 gleichmäßig entlang der Bahnsteige verteilen.

(6) Gehgeschwindigkeiten

a) Auf der Bahnsteigebene (Ebene -6) und den Verbindungsgängen der Fluchttreppenträume: 0,63 m/s [1]

b) An der Geländeoberfläche: 1 m/s [1]

c) Vertikalgeschwindigkeit der Personen beim Überwinden der Treppenanlagen: 0,2 m/s

Der Wert der NFPA 130 (0,24 m/s) wird auf ca. 80 % reduziert, um die größere körperliche Anstrengung und Ermüdung beim Überwinden der großen Höhenunterschiede zu berücksichtigen.

Treppenverbindung	Nr.	Treppenanlage	Personenkapazität der Treppenanlage [Personen/Minute]	Personenaufteilung auf die Treppenanlagen [Personen]
Bahnsteigebene -6/Ebene -5	01/01a	1 feste Treppe, Nutzbreite 2,4 m	4 x 33 = 132	745
	05	1 feste Treppe, Nutzbreite 2,4 m	4 x 33 = 132	816
	06	1 feste Treppe, Nutzbreite 2,4 m	4 x 33 = 132	816
Bahnsteigebene -6/Zwischenebene -2	02	1 feste Treppe, Nutzbreite 3 m	5 x 33 = 165	1.020
	03	1 feste Treppe, Nutzbreite 3 m	5 x 33 = 165	931
	04	1 feste Treppe, Nutzbreite 3 m	5 x 33 = 165	1.020
	17/17a/17b	1 feste Treppe, Nutzbreite 3 m	5 x 33 = 165	745 (Nr. 01) + 816 (Nr. 05) + 816 (Nr. 06) = 2.377
Ebene -5/Geländeoberfläche Arnulfstraße	18/18a/18b	1 feste Treppe, Nutzbreite 3 m	5 x 33 = 165	1.188
Zwischenebene -2/Geländeoberfläche Bahnhofplatz	02a	1 feste Treppe, Nutzbreite 3,6 m	6 x 33 = 198	1.020 (Nr. 02) + 931 (Nr. 03) + 1.020 (Nr. 04) = 2.971
	04a	1 feste Treppe, Nutzbreite 3,6 m	6 x 33 = 198	1.485

Tabelle 2: Verteilung der Personenanzahl bei der Räumungsberechnung für die uPva MHBP über die Fluchttreppenträume West und Ost (ohne Ansatz der Treppenanlagen des Zentralen Aufgangs); hydraulische Verteilung [5]

(7) Verbindungen zur U-Bahn der SWM/MVG

Die Verbindungsgänge und Treppenanlagen zu den U-Bahnhöfen U1/U2 und U9 der SWM/MVG werden im Alarmfall automatisch geschlossen und stellen keine Fluchtwege dar. Ferner sind diese Verbindungsgänge und Treppenanlagen an den Zentralen Aufgang und nicht an die Fluchttreppenräume angeschlossen und werden daher bei der Räumungsberechnung nicht angesetzt.

(8) Gehspurbreiten

Den Räumungsberechnungen wird entsprechend dem Forschungsvorhaben Notfallszenarien [2] eine Gehspurbreite von 60 cm zugrunde gelegt. Die Treppentrennen werden über diese Gehspurbreite in die ganzzahlige Anzahl von Gehspuren umgerechnet. Restbreiten (< 60 cm) werden nicht in die Räumungsberechnung mit einbezogen (Sicherheitsreserve).

(9) Personenkapazität von Treppenanlagen

Pro Gehspur (0,6 m) werden folgende Personenkapazitäten angesetzt:

- a) Aufwärts begangene notwendige (feste) Treppe: 33 Personen pro Minute
- b) Fahrtreppen werden bei dieser Räumungsberechnung nicht in Ansatz gebracht, da die Fluchttreppenräume ausschließlich über notwendige (feste) Treppen verfügen und die Fahrtreppen im Zentralen Aufgang nicht angesetzt werden.

(10) Personenkapazitäten von Türen

Die fliehenden Personen müssen auf dem Weg zu den Treppenanlagen in den Fluchttreppenräumen deren Zugangstüren passieren. Türen weisen eine Personenkapazität von ca. 49 Personen pro Minute je Gehspur (0,6 m) auf [1].

Da die Breite der Zugangstüren vor den maßgebenden notwendigen (festen) Treppen jeweils größer ist als die in geringer Entfernung befindliche Treppentrennenbreite folgt hieraus, dass immer die Treppenanlage aufgrund der geringeren Personenkapazität die maßgebende Engstelle ist. Aus diesem Grund kann der Einfluss der Türen auf die Räumungszeit vernachlässigt werden.

(11) Aufzüge

Aufzüge stehen im Brandfall nicht zur Verfügung und werden bei der Räumungsberechnung nicht berücksichtigt.

4 Berechnung der Räumungszeit in Anlehnung an die NFPA 130

Die Räumungszeit RZ wird in Anlehnung an die NFPA 130 [1] unter Berücksichtigung der verschärfenden Vorgaben des Forschungsvorhabens Notfallszenarien [2] für den längsten Rettungsweg aus der Addition der Geh- und Wartezeiten auf den einzelnen Rettungswegabschnitten zuzüglich der Vorlaufzeit (5 Minuten) ermittelt.

Es werden folgende Teilräumungszeiten ermittelt (Tabelle 3):

- (1) Die Zeit RZ 1 ist diejenige Räumungszeit, bis die letzte Person einen temporär sicheren Bereich (z. B. hinter den Brandschutztüren) erreicht hat.
- (2) Die Zeit RZ 2 ist diejenige Räumungszeit, bis die letzte Person die Geländeoberfläche erreicht hat und 10 m vom jeweiligen Ausgang entfernt ist.

Es wird bei der Räumungsberechnung davon ausgegangen, dass sich die Personen hydraulisch auf die festen Treppenanlagen verteilen und von dort ins Freie fliehen (Kapitel 3). Für die Räumungsberechnung ist der Fluchtweg über die Notausgänge im Westen maßgebend. Dies begründet sich damit, dass bei vergleichbar zu überwindendem Höhenunterschied insgesamt eine längere horizontale Strecke entlang der Flure zurückgelegt werden muss, als bei den Fluchttreppenräumen im Osten (Bahnhofplatz).

Für die Berechnung der Räumungszeiten wurden nur diejenigen Ausgänge berücksichtigt, die unmittelbar ins Freie führen. Die Treppenanlagen des Zentralen Aufgangs werden bei der Berechnung hingegen nicht angesetzt, auch wenn im Ereignisfall davon auszugehen ist, dass auch die Fahrtreppen des Zentralen Aufgangs zur Flucht genutzt werden (Sicherheitsreserve).

Zur Berechnung der Räumungszeiten müssen Geh- und Wartezeiten vorliegen. Die Wartezeiten werden mit Hilfe von Schleusungszeiten ermittelt. Als Schleusungszeit wird diejenige Zeit verstanden, die eine Personengruppe benötigt, um z. B. einen Engpass vor einem Treppenaufgang zu passieren.

Die Räumungszeit RZ ergibt sich aus der Addition der Gehzeiten T_i , den Wartezeiten W_i , der Restfahrzeit bis zur uPva MHBP, der Alarmierungszeit und der Reaktionszeit der Fahrgäste (Tabellen 3 und 4). Die Gehzeiten T_1 bis T_9 für die einzelnen Rettungswegabschnitte werden mithilfe der verschiedenen Weglängen und Höhenunterschiede in der uPva in Verbindung mit den im Kapitel 3 genannten Gehgeschwindigkeiten berechnet (Tabelle 4).

Zeitabschnitte der Räumung		Dauer [min]
Zeit bis Fluchtbeginn (bestehend aus der Restfahrzeit nach Brandbeginn bis in die uPva MHBP, der Alarmierungszeit und der Reaktionszeit der Fahrgäste)		5,0
Gehzeit der Person, die den längsten Rettungsweg hat	$T_1 =$ Zeit zum Erreichen des temporär raucharmen Bereichs vor der Treppenanlage Nr. 01 (ca. 105 m/0,63 m/s)	2,8
Wartezeit am Zugang zum geschützten Bereich	Wartezeit vor dem temporär raucharmen Bereich: $W_1 = S_1 - T_1 = (4,7 - 2,8)$ min	1,9
Räumungszeit RZ1 (letzte Person erreicht geschützten Bereich = $5 \text{ min} + T_1 + W_1$)		ca. 10

Tabelle 3: Ermittelte Räumungszeit bis alle Personen einen geschützten Bereich betreten haben für die uPva MHBP

Im vorliegenden Fall müssen die Räumungszeiten RZ1 und RZ2 getrennt voneinander für unterschiedliche Fluchtwege ermittelt werden. Dies begründet sich damit, dass für RZ1 infolge der geringeren Fläche des geschützten Bereichs der Mittelbahnsteig maßgebend ist und für RZ2 die Seitenbahnsteige die längere Schleusungszeit auf der Bahnsteigebene bedingen (mehr fliehende Personen bei gleicher Personenkapazität der Treppen im Vergleich zum Mittelbahnsteig). Es wird daher zunächst die Schleusungszeit RZ1 auf dem Mittelbahnsteig ermittelt, bis alle Personen den geschützten Bereich hinter den Brandschutztüren erreicht haben:

- (1) Personenanzahl vor den Zugängen zur Treppenanlage Nr. 01 (Tabelle 2):
745 Personen
- (2) Personenkapazität der Wartefläche im temporär raucharmen Bereich vor der Treppenanlage Nr. 01:
ca. $60 \text{ m}^2 \times 2 \text{ Personen pro m}^2 = 120 \text{ Personen}$
- (3) Personenkapazität der Treppenanlage Nr. 01:
4 Spuren \times 33 Personen pro Minute je Spur = 132 Personen pro Minute
- (4) Schleusungszeit:
Von den insgesamt 745 Personen, die zur Treppenanlage Nr. 01 fliehen, können zunächst nur 120 Personen in den temporär raucharmen Bereich gelangen. Die Staufläche reicht daher nicht zeitgleich für alle 745 Personen.
Die restlichen $745 - 120 = 625$ Personen müssen auf dem ungeschützten Bahnsteig so lange warten, bis entsprechend viele Personen den Wartebereich vor der Treppenanlage Nr. 01 über die feste Treppe verlassen haben, und deshalb wieder

Zeitabschnitte der Räumung		Dauer [min]
Zeit bis Fluchtbeginn (bestehend aus der Restfahrzeit nach Brandbeginn bis in die uPva MHBP, der Alarmierungszeit und der Reaktionszeit der Fahrgäste)		5,0
Gehzeiten der Person, die den längsten Rettungsweg hat	T ₁ = Zeit zum Erreichen der Treppenanlage Nr. 05 von der Bahnsteigebene zur Verteilerebene -5 (ca. 170 m / 0,63 m/s)	4,5
	T ₂ = Zeit zum Überwinden des vertikalen Höhenunterschiedes (ca. 7,5 m / 0,2 m/s)	0,6
	T ₃ = Zeit zum Erreichen der Treppenanlage Nr. 17 von der Ebene -5 zur Ebene -3 (ca. 12 m / 0,63 m/s)	0,3
	T ₄ = Zeit zum Überwinden des vertikalen Höhenunterschiedes (ca. 17,2 m / 0,2 m/s)	1,4
	T ₅ = Zeit zum Erreichen der Treppenanlage Nr. 17a von der Ebene -3 zur Zwischenebene -2 (43 m / 0,63 m/s)	1,1
	T ₆ = Zeit zum Überwinden des vertikalen Höhenunterschieds (ca. 12,9 m / 0,2 m/s)	1,1
	T ₇ = Zeit zum Erreichen der Treppenanlage Nr. 17b von der Zwischenebene -2 bis zum Freien an der Geländeoberkante (ca. 21 m / 0,63 m/s)	0,6
	T ₈ = Zeit zum Überwinden des vertikalen Höhenunterschieds (ca. 3,5 m / 0,2 m/s)	0,3
	T ₉ = Zeit für den Weg an der Geländeoberkante (ca. 10 m / 1 m/s)	0,2
Wartezeit an den Treppenaufgängen	Wartezeit am Fuß der Treppenanlage von der Bahnsteigebene zur Verteilerebene -5: $W_1 = S_1 - T_1 = (6,2 - 4,5)$ min	1,7
	Wartezeit am Fuß der Treppenanlage von der Verteilerebene -5 zur Verteilerebene -3: $W_2 = S_2 - S_1 = (7,2 - 6,2)$ min	1,0
	Wartezeiten an den weiteren Treppenanlagen bis zum Freien an der GOK	0
Räumungszeit RZ2 (bis ins Freie) = 5 min + T₁ + T₂ + T₃ + T₄ + T₅ + T₆ + T₇ + T₈ + T₉ + W₁ + W₂		ca. 18

Tabelle 4: Räumungszeit RZ2 (bis ins Freie) der uPva MHBP über den Notausgang West zur Arnulfstraße

Aufstellfläche im temporär raucharmen Bereich hinter den Brandschutztüren frei wird.

$$S = 625 \text{ Personen} / 132 \text{ Personen pro Minute} = 4,7 \text{ Minuten}$$

Mit Hilfe dieser Schleusungszeit kann die Räumungszeit RZ1, bis alle Personen einen geschützten Bereich hinter den Brandschutztüren erreicht haben, zu insgesamt rund 10 Minuten bestimmt werden (Tabelle 3).

Maßgebend für die Räumungszeit RZ2 sind die Seitenbahnsteige, da von diesen im Vergleich zum Mittelbahnsteig mehr Personen bei gleicher Treppenkapazität fliehen. Exemplarisch wird nachfolgend die Räumungszeit vom nördlichen Seitenbahnsteig aus bestimmt. Für den südlichen Seitenbahnsteig stellt sich dieselbe Zeit ein.

Für die Ermittlung der Wartezeiten auf den einzelnen Rettungswegabschnitten im Westen der uPva werden folgende Schleusungszeiten benötigt:

- (1) Schleusungszeit am Fuß der von der Bahnsteigebene zur Verteilerebene -5 führenden Treppenanlage Nr. 05 im Fluchttreppenraum (Bilder 1 und 2)
 - a) Personenanzahl am Fußpunkt der Treppenanlage Nr. 05: 816 Personen (Tabelle 2)
 - b) Personenkapazität der von der Bahnsteigebene -6 zur Verteilerebene -5 führenden Treppenanlage Nr. 05:
4 Spuren x 33 Personen pro Minute je Spur = 132 Personen pro Minute
 - c) Schleusungszeit $S_1 = 816 \text{ Personen} / 132 \text{ Personen pro Minute} = 6,2 \text{ Minuten}$
- (2) Schleusungszeit der am Fuß von der Verteilerebene -5 zur Verteilerebene -3 führenden Treppenanlage Nr. 17:
 - a) Personen, die von der Bahnsteigebene über die Treppenanlagen Nr. 05 in die Verteilerebene -5 kommen, nutzen anschließend die Treppenanlage Nr. 17, um weiter nach oben zu gelangen. Ferner verteilen sich die vom Mittelbahnsteig über die Treppenanlagen Nr. 01/01a sowie den Stollen oberhalb des Mittelbahnsteigs zur Verteilerebene -5 gelangenden Personen gleichmäßig auf die beiden dort verfügbaren Treppenanlagen Nr. 17 und Nr. 18. Über die beiden genannten Treppenanlagen fliehen deshalb 1.189 und 1.188 Personen (Tabelle 2)
 - b) Personenkapazität der von der Verteilerebene -5 zur Verteilerebene -3 führenden Treppenanlage Nr. 17:
5 Spuren x 33 Personen pro Minute je Spur = 165 Personen pro Minute
 - c) Schleusungszeit $S_2 = 1.189 \text{ Personen} / 165 \text{ Personen pro Minute} = 7,2 \text{ Minuten}$.
- (3) Die Schleusungszeiten der nachfolgenden Treppenanlagen sind jeweils gleich, da sich die Treppenbreite nicht ändert. Die Wartezeiten der nachfolgenden Treppen-

anlagen auf dem Weg bis ins Freie betragen folglich jeweils 0 s, da die Treppenaufnutzbreite gleich bleibt und es deshalb an den folgenden Treppenfußpunkten zu keinen weiteren Rückstaus kommt.

Mit den Schleusungszeiten S_1 und S_2 können die zugehörigen Wartezeiten W_1 und W_2 berechnet werden (Tabelle 4). Insgesamt ergeben sich für den Notausgang West (Bayerstraße, Arnulfstraße) folgende auf den Brandbeginn bezogene Räumungszeiten:

- (1) Räumungszeit RZ1 bis zum Erreichen der geschützten Bereiche auf der Bahnsteigebene: ca. 10 Minuten (Tabelle 3)
- (2) Räumungszeit RZ2 bis zum Erreichen des Freien (ca. 10 m Abstand vom Ausgang): ca. 18 Minuten (Tabelle 4).

5 Räumungssimulation mit ASERI

Für die computergestützten Räumungssimulationen mit ASERI (Individualmodell) wurden unter anderem folgende Festlegungen getroffen:

- (1) Die Personen werden zu Simulationsbeginn gleichmäßig in den ihnen zugewiesenen Bereichen (Zugeneinheiten und Mittelbahnsteig) verteilt (Bild 7).
- (2) Bei der Flucht aus den Fahrzeugen auf die Seitenbahnsteige nutzen die Personen die nächstliegende Fahrzeugtür zum angrenzenden Seitenbahnsteig.
- (3) Den Personen wird der Modus „dynamische Ausgangswahl“ zugewiesen. Die Personen fliehen zum nächstliegenden Ausgang, nutzen aber z. B. bei Staubbildung auch andere erreichbare Ausgänge.
- (4) Die Fahrtreppen zum Zentralen Aufgang werden als nicht begehbar definiert (Sicherheitsreserve).
- (5) Die freie Gehgeschwindigkeit entspricht einer Gleichverteilung mit Mittelwert 1,1 m/s und einer Standardabweichung von 0,4 m/s. Dies ist die Wunschgeschwindigkeit, die Personen gehen können. Wenn der Weg nicht frei ist (z. B. Pulkbildung) passt sich die tatsächliche Geschwindigkeit den Gegebenheiten automatisch an.
- (6) Es wurden insgesamt zehn Simulationsläufe durchgeführt.

Im Ergebnis kann zusammenfassend festgestellt werden, dass bei den Räumungssimulationen mit ASERI unter Berücksichtigung einer Vorlaufzeit von 5 Minuten die letzte Person ca. 10 Minuten nach Brandbeginn einen temporär raucharmen Bereich hinter

den Brandschutztüren erreicht (RZ1; Mittelbahnsteig, Bild 8). Die letzte Person hat etwa 21 Minuten nach Brandbeginn das Freie über den Ausgang zur Arnulfstraße erreicht (RZ2; Bild 9).

Ferner zeigt sich, dass sich die maßgebenden Staueffekte vor den Treppenanlagen auf der Bahnsteigebene und im sicheren Bereich der Fluchtstollen einstellen.

So kann beobachtet werden, dass sich vor den Fußpunkten der Treppenanlagen Nr. 05 (Norden) und Nr. 06 (Süden) auf der Bahnsteigebene ca. 7,5 Min nach Brandbeginn jeweils ein Rückstau bildet, der sich ca. 11 Min nach Brandbeginn wieder auflöst (Bilder 10 bis 13). Die vom Mittelbahnsteig Richtung Westen fliehenden Personen reihen sich an den Fußpunkten der Treppen 17 (Norden) und 18 (Süden) in den von den Treppenanlagen Nr. 05 und Nr. 06 kommenden Personenstrom ein, ohne dass es im Fluchtstollen auf der Ebene -5 zu einem weiteren Rückstau kommt (Bilder 14 bis 17).

Den vom Mittelbahnsteig nach Westen fliehenden Personen stehen im Zufluss auf die beiden Treppen Nr. 17 und Nr. 18 geschützte Flächen von rund 600 m² zur Verfügung. Die von den Seitenbahnsteigen fliehenden Personen können sich im Fluchtstollen und dem geschützten Vorraum im Bahnsteigmitte im Norden und Süden auf eine geschützte Fläche von jeweils rund 370 m² verteilen, bevor sie die Treppenanlagen erreichen. Selbst wenn alle Personen, die im Verlauf der Räumung diese Bereiche nacheinander passieren, theoretisch zeitgleich auf diese Fläche verteilt werden, stellen sich unkritische Personendichten von ca. 2,2 P/m² (Seitenbahnsteige) und ca. 1,3 P/m² (Mittelbahnsteig) ein.

Vor den Treppenanlagen Nr. 02a und Nr. 04a auf der Ebene Z-2 stellt sich kein nennenswerter Stau ein, da sich die Personenströme an diesem Punkt soweit entzert haben, dass sich die von der mittleren Treppe Nr. 03 zuströmenden Personen in den Personenfluss der Treppenanlagen Nr. 02 und Nr. 04 einreihen können (Bild 18).

6 Zusammenfassende Bewertung

In Anlehnung an die NFPA 130 [1] unter Berücksichtigung der verschärfenden Vorgaben des Forschungsvorhabens Notfallszenarien [2] wurden Räumungszeiten für die uPva MHBP ermittelt (Tabelle 5).

	ASERI [min]	In Anlehnung an die NFPA 130 [min]
RZ1: Alle Personen befinden sich in einem temporär raucharmen Bereich	10	10
RZ2: Alle Personen haben das Freie erreicht	21	18

Tabelle 5: Räumungszeiten der beiden Berechnungsmethoden für die uPva MHBP einschließlich der Vorlaufzeit von 5 Minuten

Die beiden Berechnungsmethoden führen in der Größenordnung zu vergleichbaren Ergebnissen bei den maßgebenden Räumungszeiten. Hinsichtlich der Räumungszeit der Personen auf der Bahnsteigebene bis in einen temporär raucharmen Bereich (RZ1) kommen beide Verfahren zum gleichen Ergebnis. Hinsichtlich der Räumungszeit bis ins Freie (RZ2) ergibt die Simulation ein etwas längere Zeitspanne.

Bei Zugrundelegung der ermittelten Räumungszeiten muss die Bahnsteigebene mindestens bis zur 10. Minute nach Brandbeginn raucharm gehalten werden, damit alle Personen gefahrlos in die temporär raucharmen Bereiche hinter den Brandschutztüren gelangen können. Die Rettungswege entlang der temporär raucharmen Bereiche dürfen frühestens 21 Minuten nach Brandbeginn verrauchen, da erst dann alle Personen das Freie erreicht haben.

Wenn bei der Räumung die Fahrtreppen im Zentralen Aufgang zusätzlich zu den bei der vorstehenden Berechnung ausschließlich angesetzten festen Fluchttreppen genutzt werden, um die Bahnsteigebene ins Freie zu verlassen, dann ist von einer geringeren Räumungszeit auszugehen, da dann mehr Treppenanlagen zur Verfügung stehen, auf die sich die Personen verteilen können. In dieser Folge verkürzen sich die Wartezeiten an den Treppenanlagen und deshalb auch die Gesamtäumungszeit.

Köln, den 16. September 2020



Dipl.-Ing. Daniel Hahne
zertifizierter Sachverständiger für den vorbeugenden baulichen Brandschutz



7 Verwendete Unterlagen

- [1] NFPA 130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems; Ausgabe 2020, National Fire Protection Association, Quincy, USA
- [2] Notfallszenarien für Tunnelanlagen des schienengebundenen ÖPNV und deren Bewältigung, Bericht der Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V. - STUVA -, Köln, zum Forschungsauftrag FE 70.653/2001 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn, 2005
- [3] 2. S-Bahn-Stammstrecke: E-Mail der DB, Herr Straßner vom 10. Januar 2017 an opb, Herrn Kordes mit den geplanten Fahrzeiten zwischen den uPva
- [4] 2. S-Bahn-Stammstrecke München, E-Mail der DB Regio AG (S-Bahn München), Herr Mader, an die DB Netz AG, Herrn Arizti, am 28. Juli 2017 mit Angaben zum neuen Fahrzeuglayout der ET 423 mit erhöhter Personenkapazität
- [5] Planunterlagen der Planungsgemeinschaft Los 2, VE 30, Station Hp Hauptbahnhof, Maßstab 1:200, Stand Vorabzug 20. April 2020
- [6] 2. S-Bahn-Stammstrecke München: E-Mail der DB Netz AG, Frau Büttner, an die STUVAtec am 23. November 2018 mit Angaben zu den wartenden Personen an der uPva MHBP

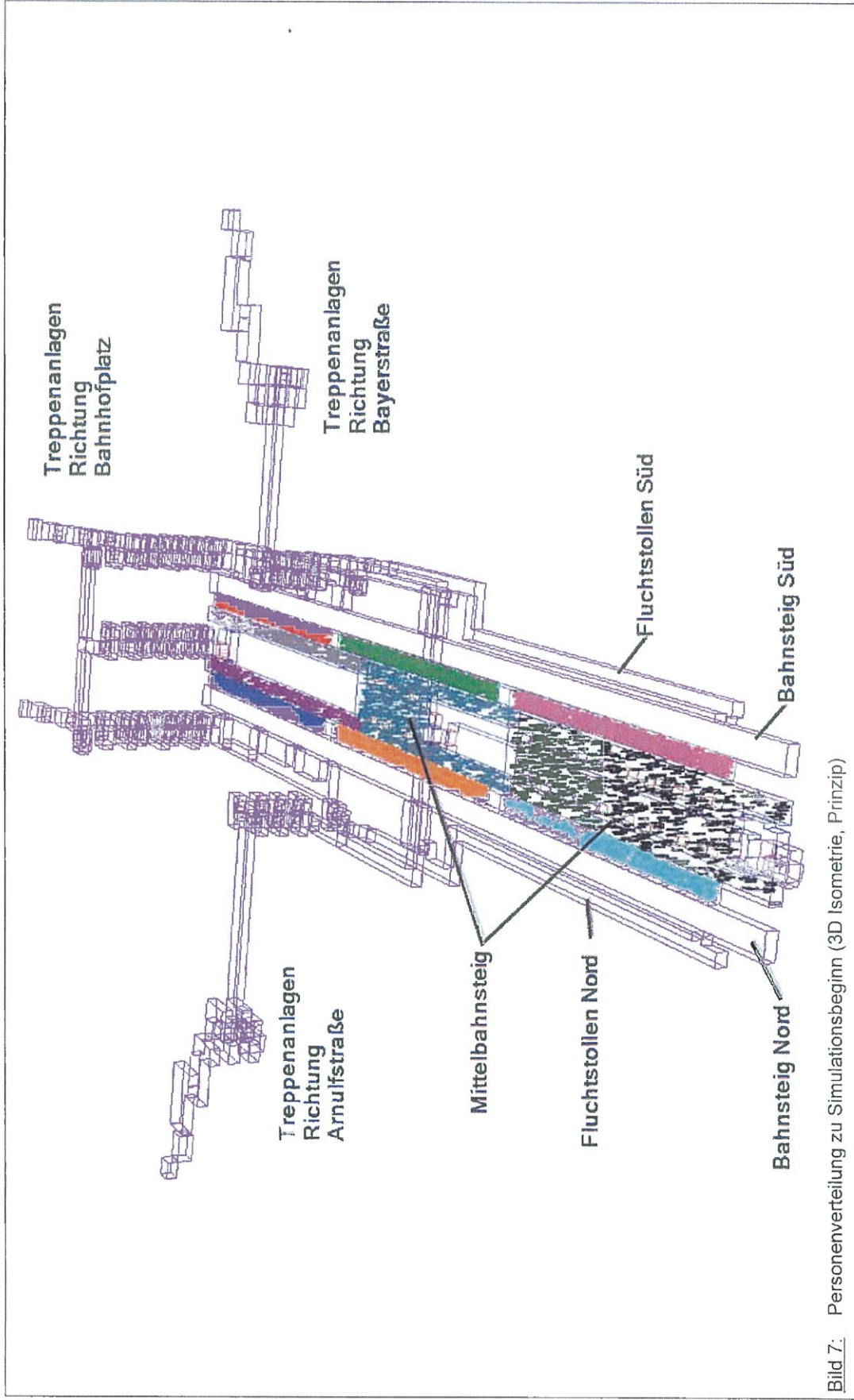


Bild 7: Personenverteilung zu Simulationsbeginn (3D Isometrie, Prinzip)

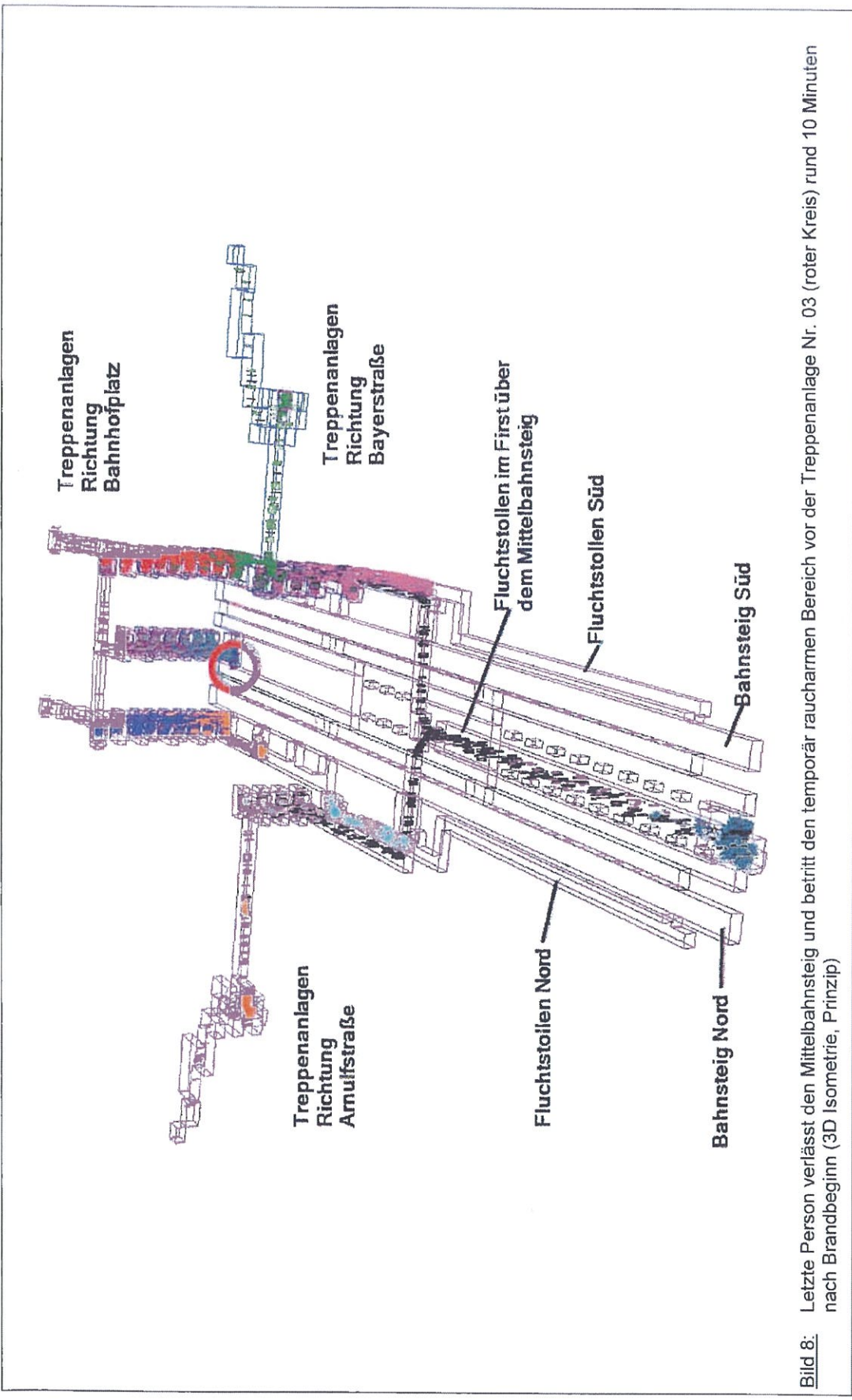


Bild 8: Letzte Person verlässt den Mittelbahnsteig und betritt den temporär raucharmen Bereich vor der Treppenanlage Nr. 03 (roter Kreis) rund 10 Minuten nach Brandbeginn (3D Isometrie, Prinzip)

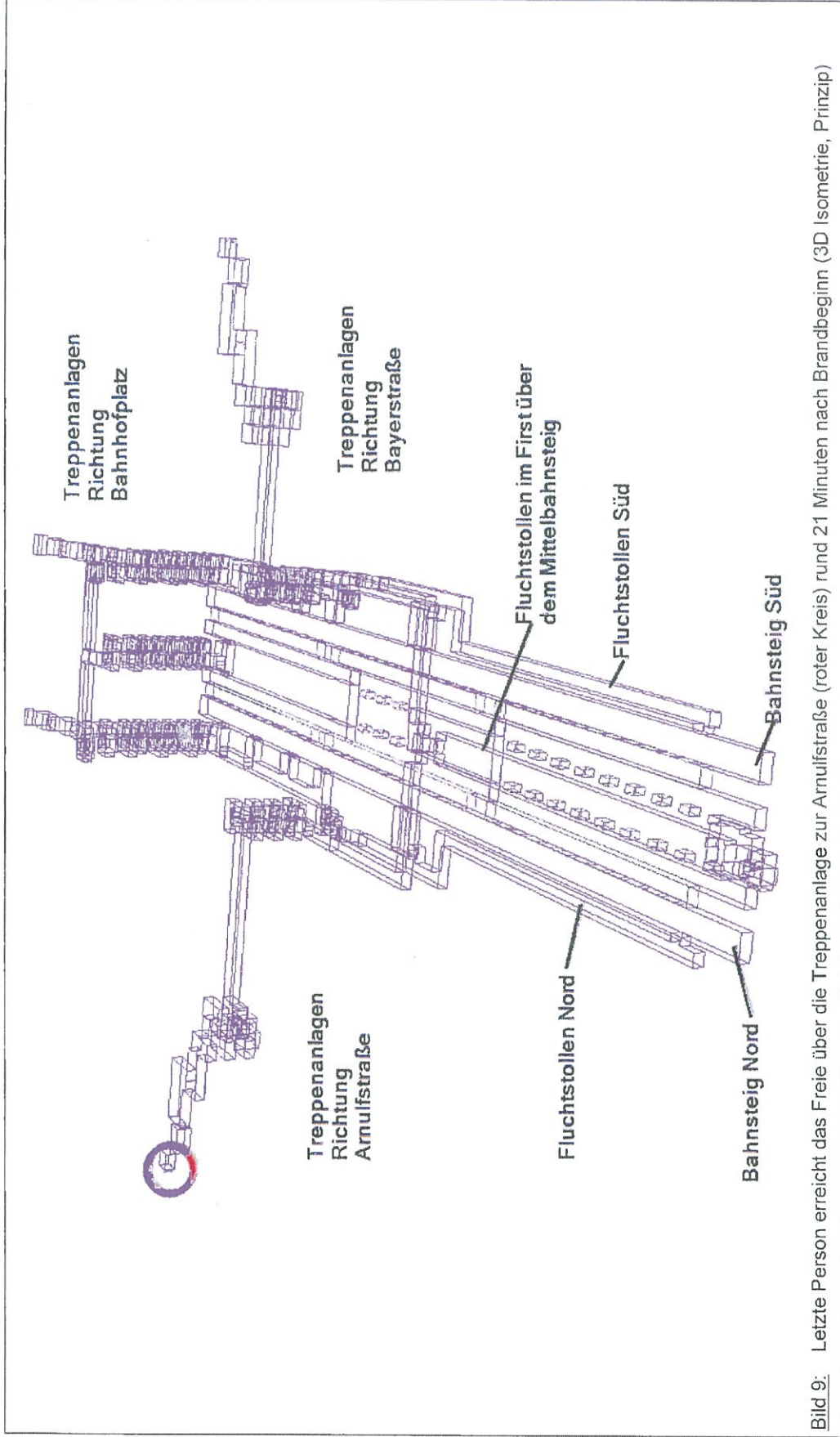


Bild 9: Letzte Person erreicht das Freie über die Treppenanlage zur Arnulfstraße (roter Kreis) rund 21 Minuten nach Brandbeginn (3D Isometrie, Prinzip)

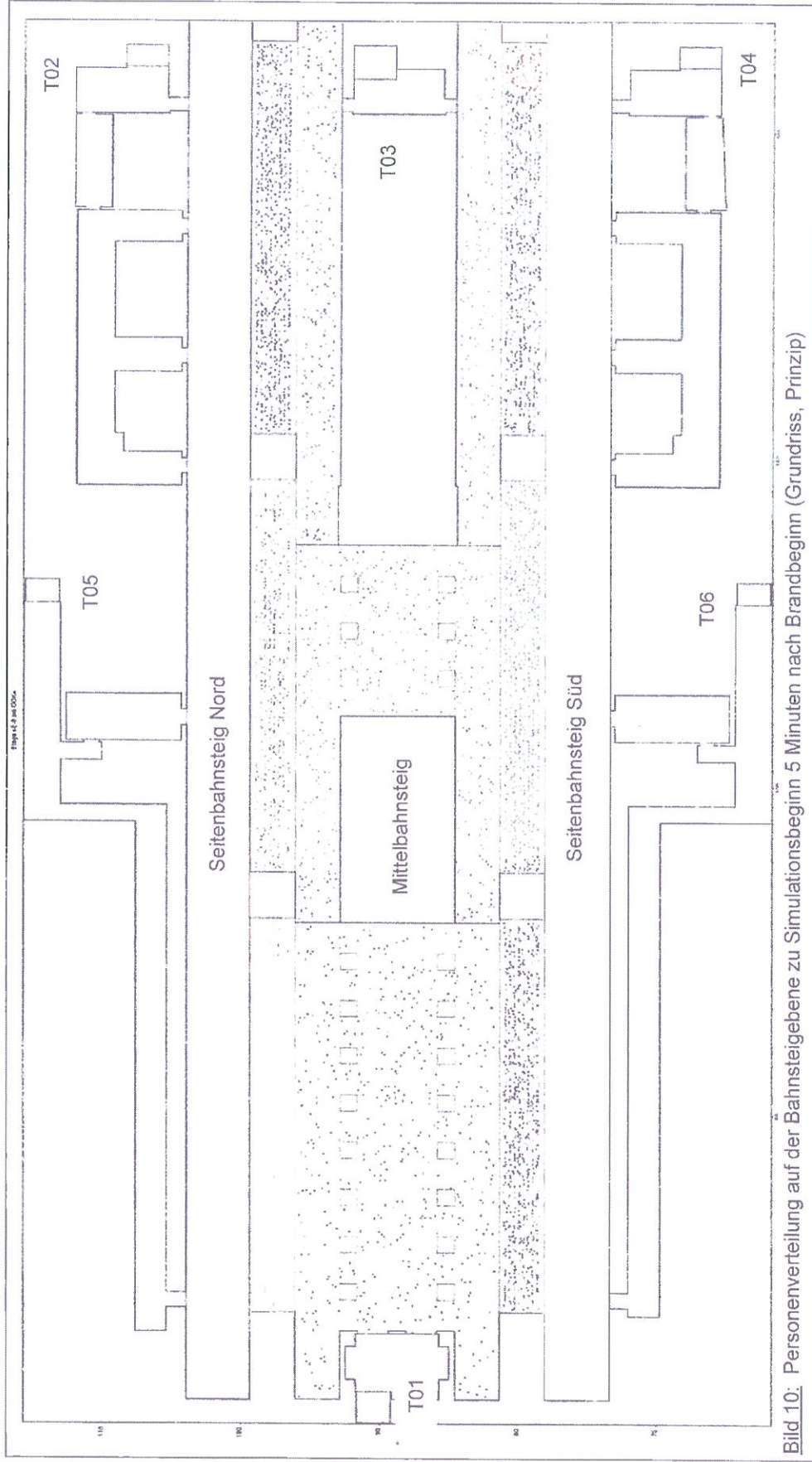


Bild 10: Personenverteilung auf der Bahnsteigebene zu Simulationsbeginn 5 Minuten nach Brandbeginn (Grundriss, Prinzip)

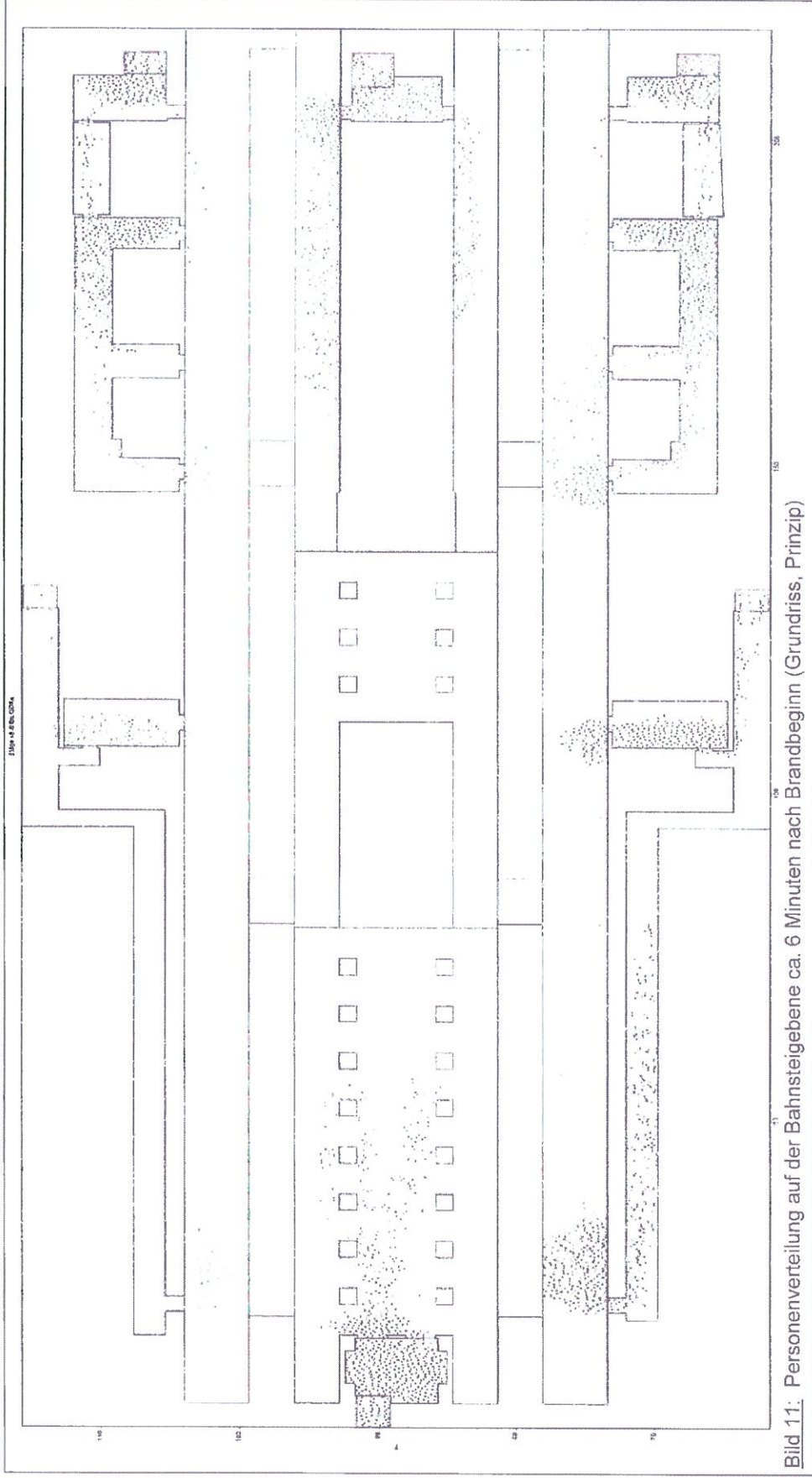
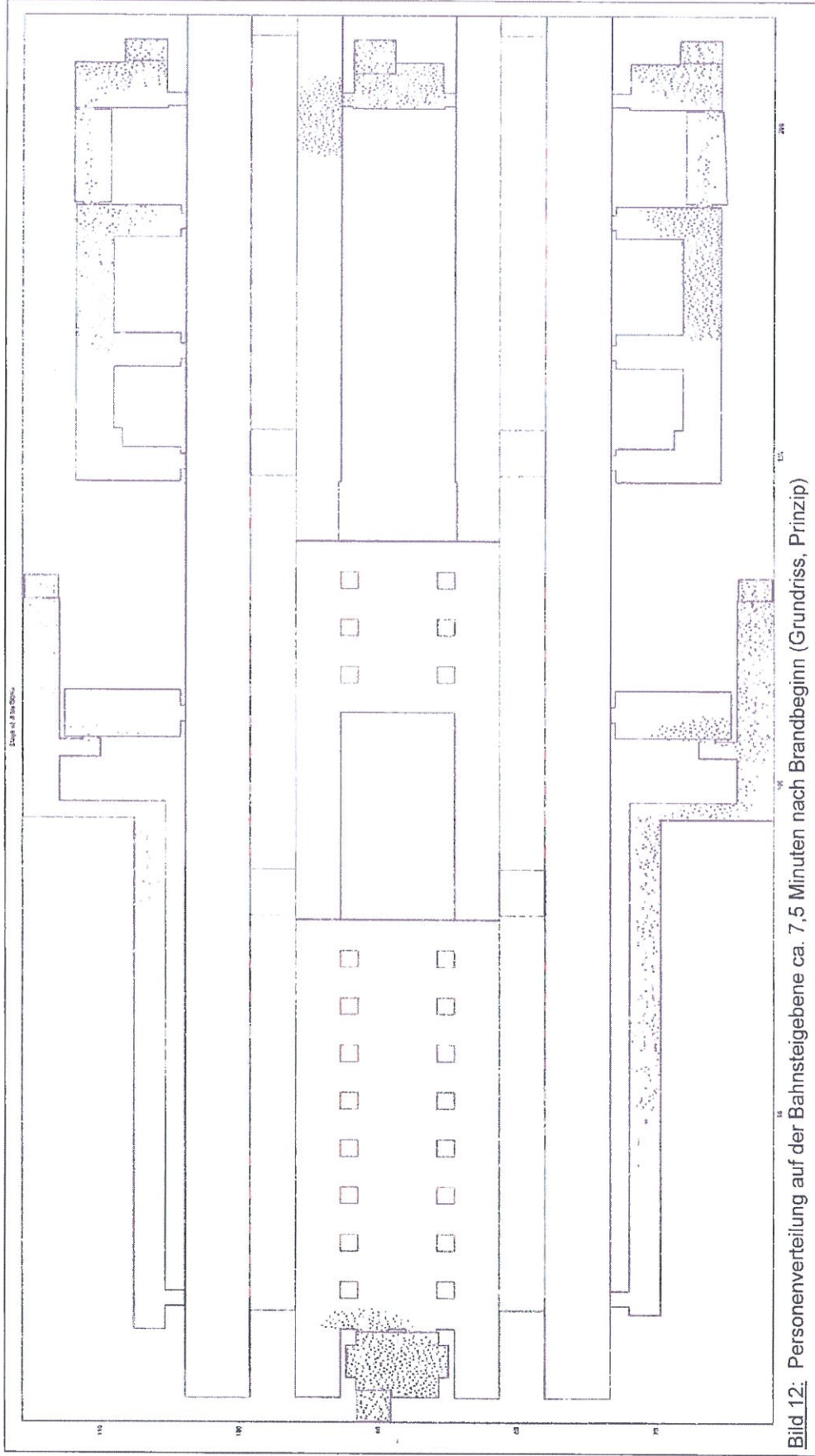


Bild 11: Personenverteilung auf der Bahnsteigebene ca. 6 Minuten nach Brandbeginn (Grundriss, Prinzip)



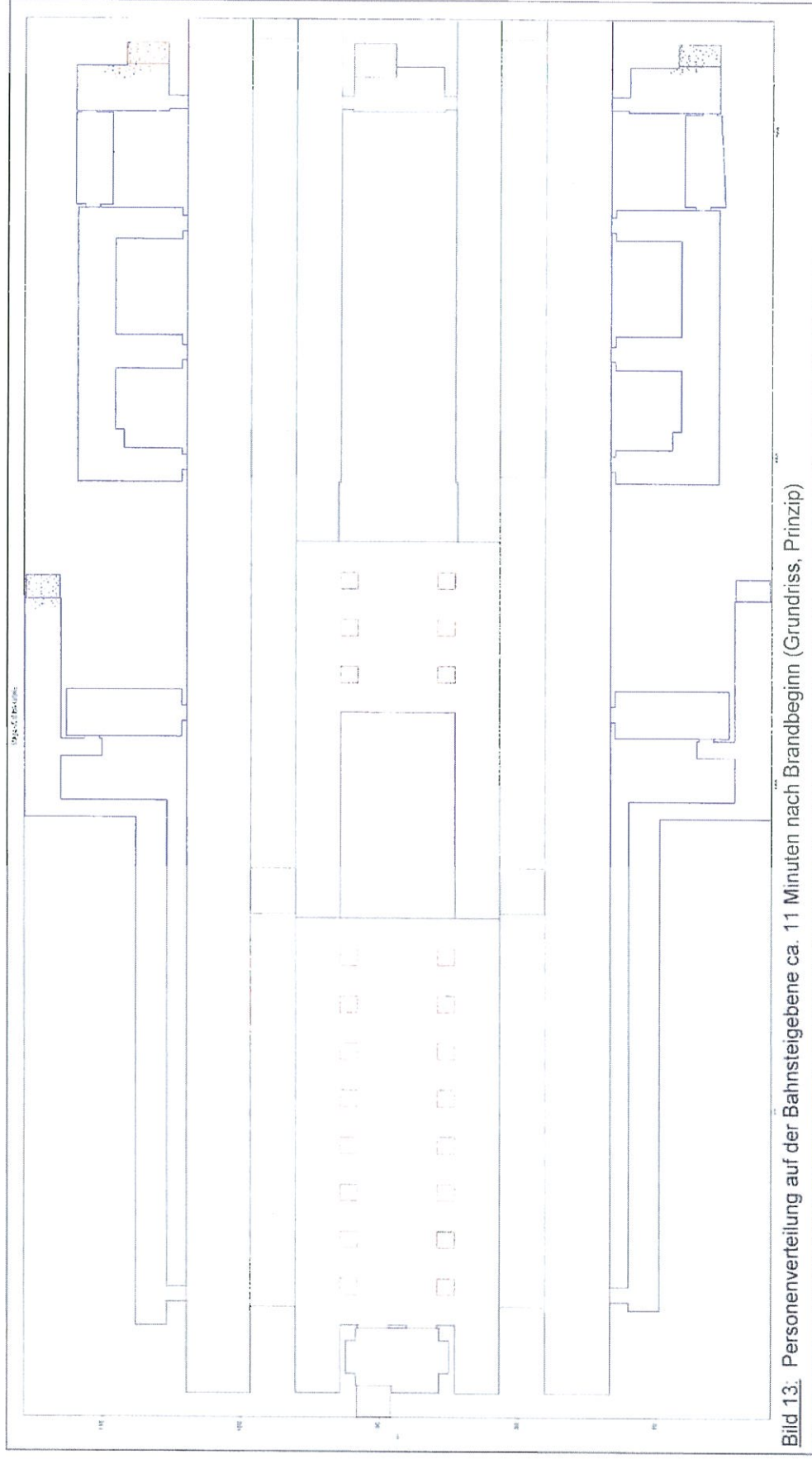
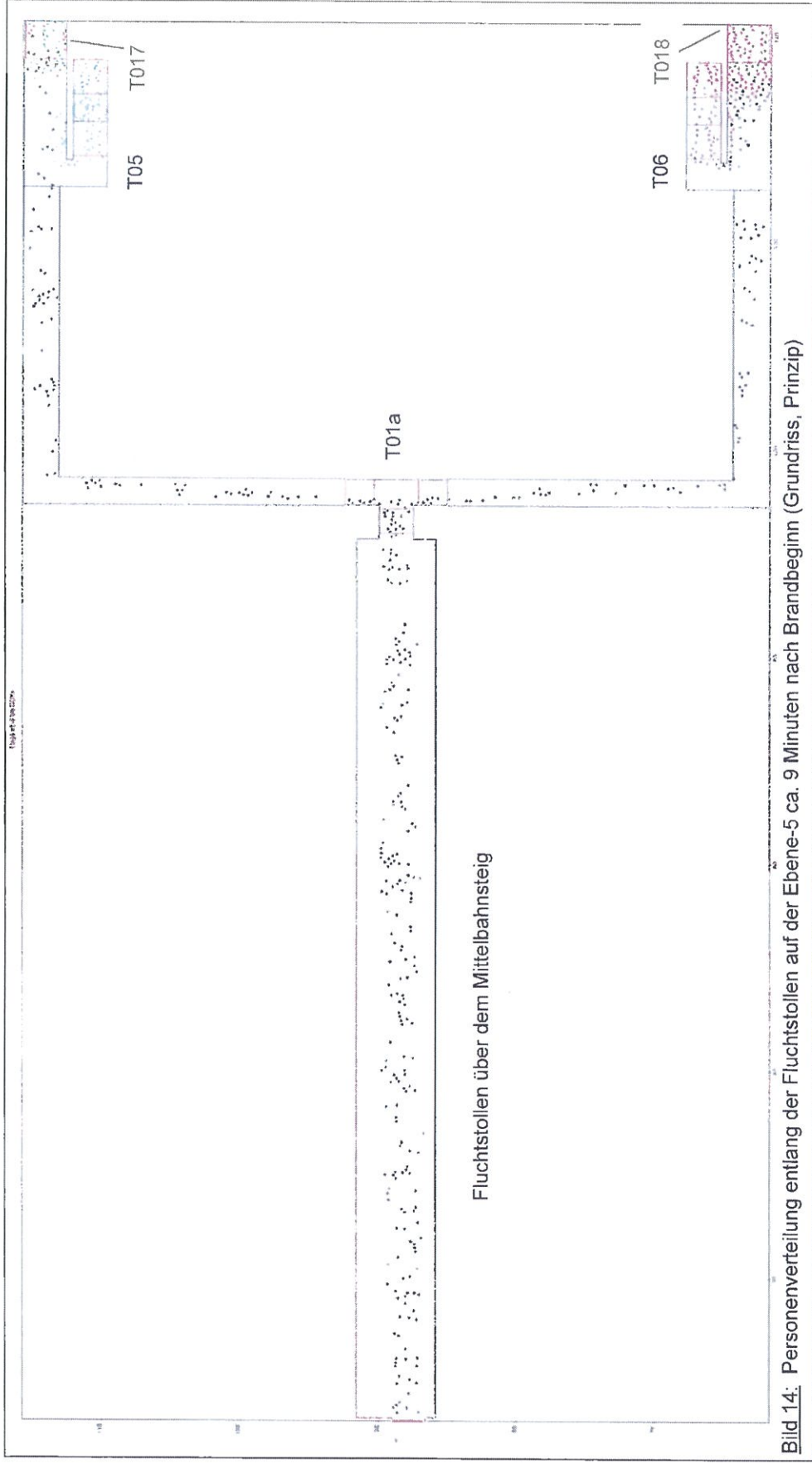


Bild 13: Personenverteilung auf der Bahnsteigebene ca. 11 Minuten nach Brandbeginn (Grundriss, Prinzip)



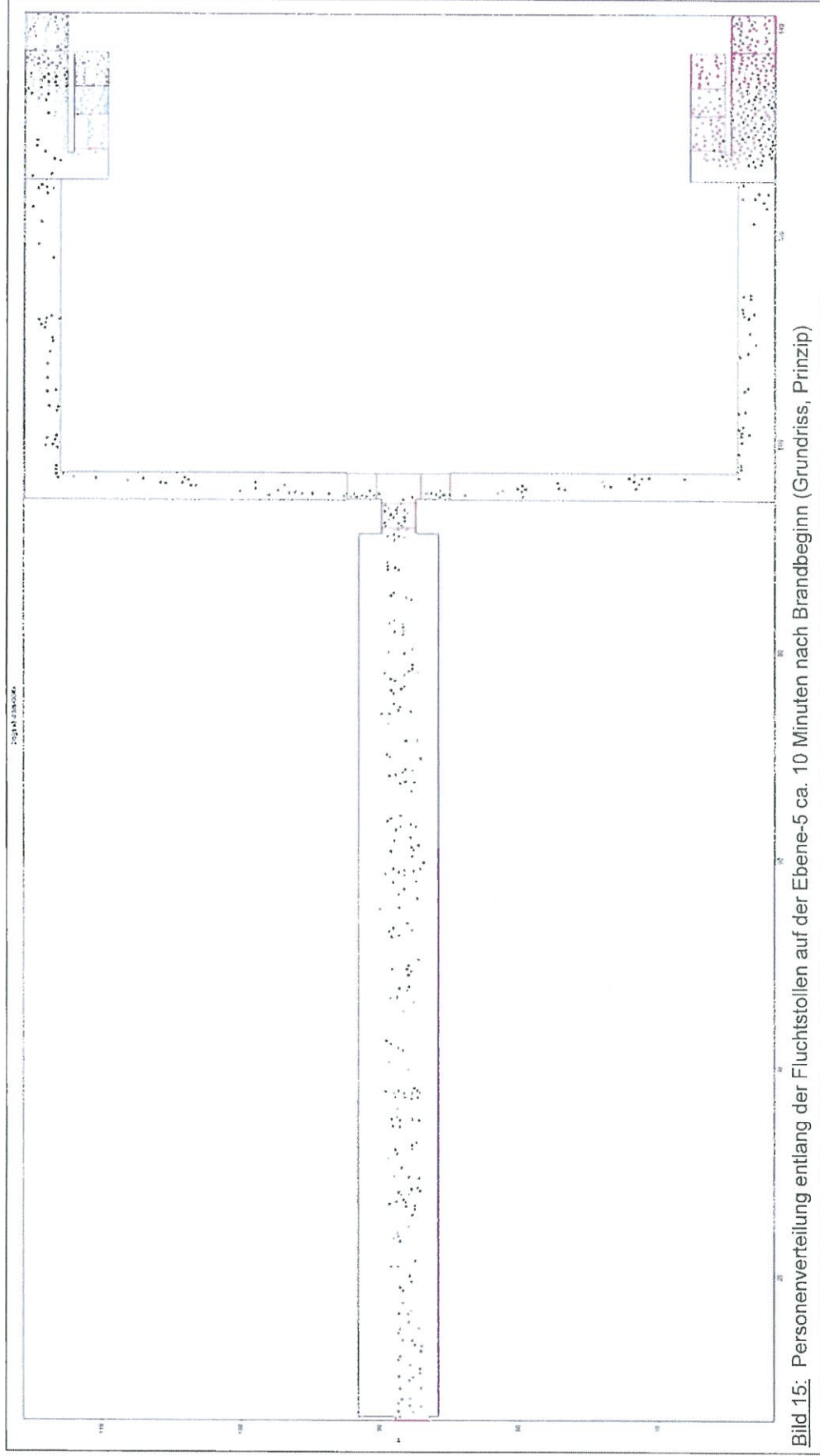
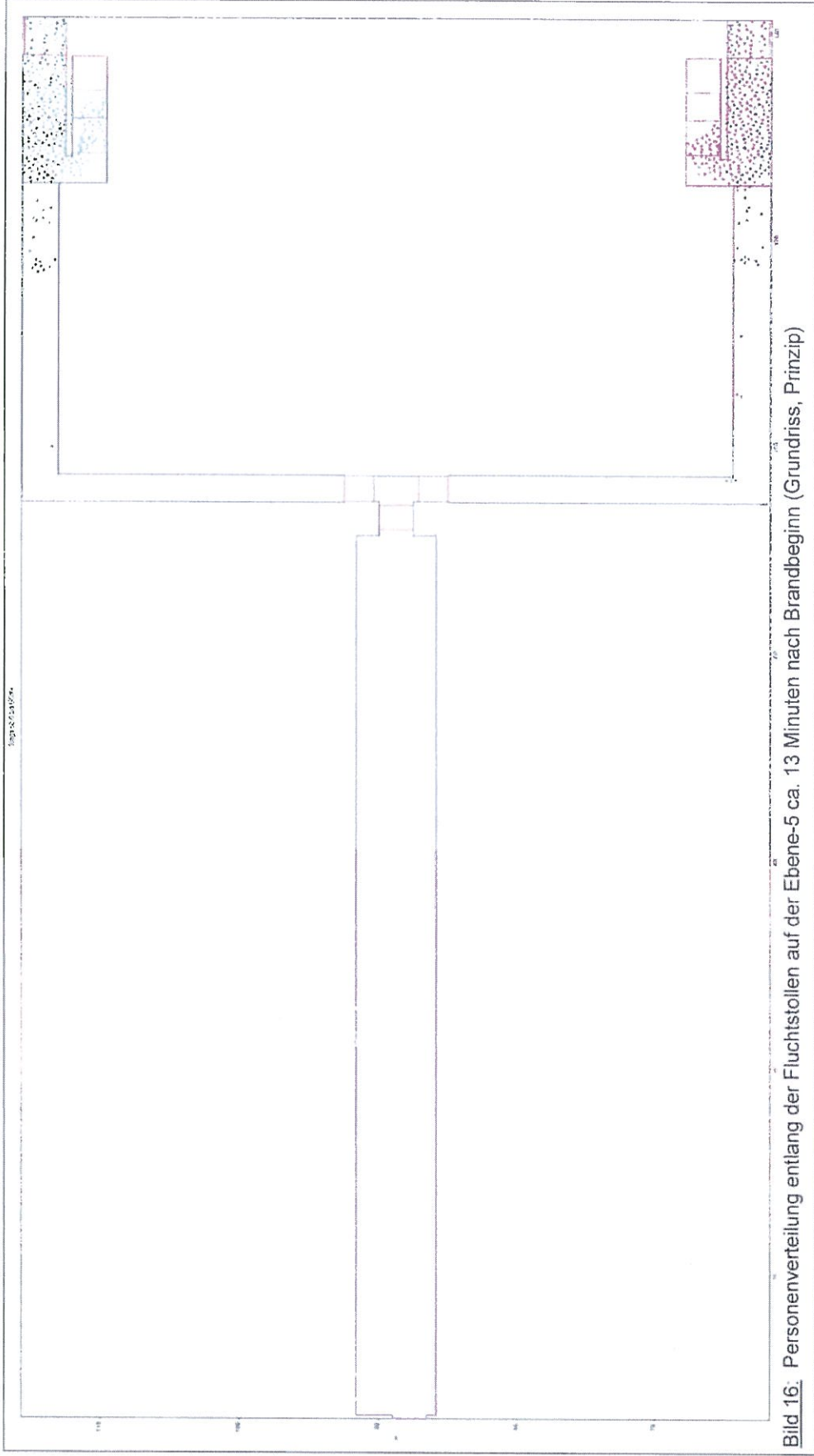


Bild 15: Personenverteilung entlang der Fluchtstollen auf der Ebene-5 ca. 10 Minuten nach Brandbeginn (Grundriss, Prinzip)



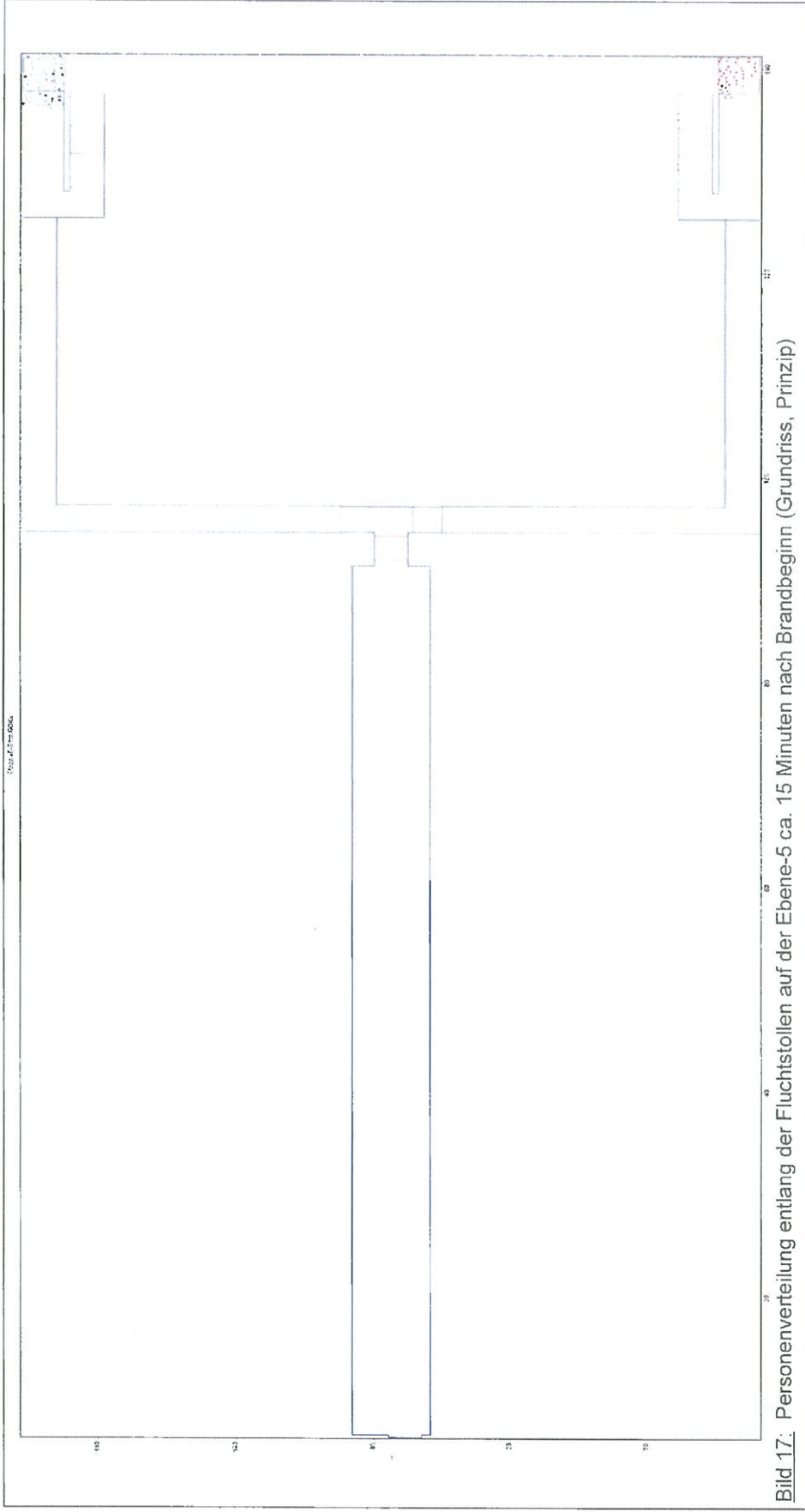


Bild 17: Personenverteilung entlang der Fluchtstollen auf der Ebene-5 ca. 15 Minuten nach Brandbeginn (Grundriss, Prinzip)

