

Studiengesellschaft für  
Tunnel und Verkehrs-  
anlagen mbH

Mathias-Brüggen-Str. 41  
50827 Köln

## **Anlage 17.1 B**

### **Anhang 2**

## **2. S-Bahn-Stammstrecke München**

### **Räumungsberechnung**

#### **für die uPva **MMHO****

Auftraggeber: DB Netz AG  
Arnulfstraße 27  
80335 München

Auftragnehmer: STUVAtec GmbH,  
Mathias-Brüggen-Str. 41  
50827 Köln

---

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
1	Ausgangssituation .....	3
2	Objektbeschreibung .....	3
3	Grundlagen der Räumungsberechnung.....	5
4	Berechnung der Räumungszeit in Anlehnung an die NFPA 130 .....	9
5	Räumungssimulation mit ASERI.....	12
6	Ergebnis.....	14
7	Verwendete Unterlagen .....	15

## 1 Ausgangssituation

Die uPva MMHO ist Teil der 2. S-Bahn-Stammstrecke in München. Die bisherigen Räumungsberechnungen aus den Jahren 2008 und 2017 [6, 9] müssen aktualisiert werden, da sich die Anzahl und der Verlauf der Treppenanlagen sowie die zu berücksichtigende Anzahl an Personen gegenüber der bisherigen Planung geändert haben.

Es wird nachfolgend untersucht, welche Räumungszeiten sich bei einem Ereignis auf der Bahnsteigebene in der uPva ergeben. Diese Räumungszeiten werden für verschiedene Rettungswegabschnitte ermittelt und mit den Ergebnissen der Brandsimulation (Verrauchungszeit) verglichen. Ziel ist es, einen ausreichenden Verrauchungsschutz für die fliehenden Personen über den gesamten Fluchtweg bis ins Freie nachzuweisen.

## 2 Objektbeschreibung

Die uPva MMHO ist eine Durchgangshalttestelle für S-Bahnen und verfügt über folgende öffentlich zugängliche Ebenen:

### (1) Bahnsteigebene (Ebene -5)

Es handelt sich um eine uPva mit einem Mittelbahnsteig und zwei Seitenbahnsteigen (Spanische Lösung), die jeweils eine Nutzlänge von ca. 210 m aufweisen (Bild 1).

Die beiden Seitenbahnsteige können im Bereich der beiden Bahnsteigenden über Fluchtstollen und weiter über Fluchttreppenräume verlassen werden. Diese Fluchttreppenräume führen vom nördlichen Seitenbahnsteig bis ins Sperrengeschoss (Ebene -1) (Bild 1: Treppenanlage Nr. 1 und Nr. 4) und vom südlichen Seitenbahnsteig direkt bis zur Geländeoberkante (GOK) ins Freie (Bild 1: Treppenanlagen Nr. 10 und Nr. 13). Ferner können Personen etwa in den Drittelspunkten über Fahrtreppenanlagen zur Verteilerebene (Ebene -3) fliehen (Bild 1: Treppenanlage Nr. 2 und Nr. 3 bzw. Nr. 11 und Nr. 12).

Am Mittelbahnsteig sind an beiden Bahnsteigenden Ausgänge zu Nottreppenräumen erreichbar, die an einen Fluchtstollen im First oberhalb des Mittelbahnsteigs angeschlossen sind (Bild 1: Treppenanlage Nr. 5a und Nr. 9a). Darüber hinaus kann der Mittelbahnsteig etwa in den Drittelspunkten über zwei Fahrtreppenanlagen (Bild 1: Treppenanlage Nr. 6 und Nr. 7) zur Verteilerebene (Ebene -3) verlassen werden.

(2) Entrauchungsebene (Deckenbereich Ebene-5)

Von den oberhalb des Mittelbahnsteigs gelegenen Fluchtstollen im Westen und Osten gelangen die Personen anschließend über die Treppenanlage Nr. 5b und Nr. 9b (Bilder 2 bis 6) ins Sperrengeschoss (Ebene -1).

(3) Ballastebene (Ebene -4)

Ab der Ballastebene -4 werden alle Treppenanlagen innerhalb der Umfassungsbau- teile der großen Baugrube nach oben geführt (Bild 3).

(4) Verteilerebene (Ebene -3)

Die von den drei Bahnsteigen (Ebene -5) kommenden sechs Fahrtreppenanlagen (Bild 2: Treppenanlagen Nr. 2, Nr. 3, Nr. 6, Nr. 7, Nr. 11 und Nr. 12) enden auf der Verteilerebene (Ebene -3). Von dort führen weitere Treppenanlagen zu der darüber liegenden Zwischenpodestebene (Ebene -2) (Bilder 4 und 5: Treppenanlagen Nr. 15 bis Nr. 18). Auf der Südseite ist die Verteilerebene (Ebene -3) über einen Verbindungsgang mit der Bahnsteigebene des U-Bahnhof der SWM/MVG verbunden (Bild 4).

(5) Zwischenpodestebene (Ebene -2)

Die Zwischenpodestebene dient zum Richtungswechsel der Treppenläufe zwischen der Verteilerebene (Ebene -3) und dem Sperrengeschoss (Ebene -1) (Bild 5: Treppenanlagen Nr. 15 bis Nr. 18).

(4) Sperrengeschoss (Ebene -1)

Im Sperrengeschoss kommen die Treppenanlagen von der Zwischenpodestebene (Ebene -2) an (Bild 6: Treppenanlagen Nr. 19 bis Nr. 21). Ferner enden hier einzelne Fluchttreppenräume, die bis zur Bahnsteigebene (Ebene -5) (Bild 6: Treppenanlagen Nr. 1 und Nr. 4) bzw. bis zur Ballastebene (Ebene -4) (Bild 6: Treppenanlagen Nr. 5b und Nr. 9b) herabreichen. Über die Treppenanlagen Nr. 22 und Nr. 23 kann vom Sperrengeschoss das Freie erreicht werden. Am südlichen Ende ist der U-Bahnhof der SWM/MVG über eine Treppenanlage Nr. 24 angebunden (Bild 6).

(6) Die Betriebs- und Technikräume auf den Ebenen -3 bis -1 werden durch eine interne Treppenanlage Nr. 14 verbunden, die jedoch nicht für die Räumung der Personen von der Bahnsteigebene zur Verfügung steht (Bilder 4 bis 6). Die Treppenanlage Nr. 8 zwischen der GOK und der Bahnsteigebene steht ausschließlich der Feuerwehr zur Verfügung und wird für die Räumungsberechnung nicht angesetzt.

### 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 MMHO wird angenommen, dass zwei vollbesetzte S-Bahn-Langzüge geräumt werden müssen. Abweichend von den bisherigen Räumungsberechnungen [6, 9] wird hier die größere Personenkapazität der S-Bahn-Fahrzeuge Typ ET 423 in Ansatz gebracht, die die Fahrzeuge seit einer Optimierung des Innenraums im Jahr 2020 aufweisen [10]. Ferner werden die wartenden Personen auf dem Mittelbahnsteig basierend auf aktuelleren Fahrgastprognosen [7] berücksichtigt.

Jeder modernisierte S-Bahn-Langzug (ET 423) besteht aus drei Zugeinheiten, die jeweils über 166 Sitzplätze und 446 Stehplätze verfügen [10]. Ein S-Bahn-Langzug mit drei Zugeinheiten befördert demnach  $3 \times (166 + 446) = 1.836$  Personen, die jeweils zum benachbarten Seitenbahnsteig aussteigen [10]. Auf dem Mittelbahnsteig warten gemäß den Vorgaben aus der Verkehrsprognose [7] 1.308 Personen. Die gesamte uPva muss daher von  $2 \times 1.836 + 1.308 = 4.980$  Personen geräumt werden (Tabelle 1).

Bahnsteig	Personenzahl
nördlicher Seitenbahnsteig	aussteigende Personen: 1.836
Mittelbahnsteig	wartende Personen: 1.308
südlicher Seitenbahnsteig	aussteigende Personen: 1.836
	Summe: 4.980

Tabelle 1: Für die Räumung der uPva MMHO berücksichtigte Personenzahlen [7, 10]

(2) Verfügbare Treppenanlagen

Bei der Berechnung der Räumungszeit wird davon ausgegangen, dass die Personen die uPva MMHO über alle verfügbaren Treppenanlagen einschließlich der

Fluchttreppenträume verlassen. Es werden die in Tabelle 2 mit der jeweiligen Nutzbreite angegebenen Treppen berücksichtigt. Als Nutzbreite gilt die lichte Breite zwischen den Handläufen.

(3) Streckentunnel

Es wird angenommen, dass die Fahrgäste von der Bahnsteigebene (Ebene -5) nur über die Treppenanlagen bis ins Freie fliehen, nicht aber über die Streckentunnel.

(4) Vorlaufzeit

Damit die Beurteilung der Verrauchungssituation auf den Fluchtwegabschnitten durch einen Vergleich von Räumungszeit und Verrauchungszeit (Brandsimulation) möglich ist, muss sich der Beginn der Räumungszeit auf den Brandbeginn beziehen. Dies erfolgt mit Hilfe der Vorlaufzeit. Die Vorlaufzeit besteht aus der Restfahrzeit zur betrachteten uPva sowie der Alarmierungs- und Reaktionszeit der Fahrgäste. Für die Vorlaufzeit werden insgesamt 4,6 Minuten bis zum Fluchtbeginn angesetzt. Darin enthalten ist eine Restfahrzeit von der uPva München Ostbahnhof tief Personenbahnhof (MOPT) zur uPva MMHO von 2,6 Minuten.

(5) Personenverteilung

Die Personen werden auf die Treppenanlagen gemäß den verfügbaren Personenkapazitäten der Treppenanlagen verteilt (hydraulisches Prinzip). Die Personen, die sich zu Räumungsbeginn auf der Verteilerebene und dem Sperrengeschoss befinden, fliehen zeitgleich mit allen anderen Personen aus der uPva ins Freie und behindern hierdurch nicht die Flucht der Fahrgäste, die von der Bahnsteigebene kommen.

(6) Gehgeschwindigkeiten

- a) auf der Bahnsteigebene und den Verbindungsgängen der Fluchttreppenträume (Ebene -5, Entrauchungsebene): 0,63 m/s [1]
- b) auf der Verteilerebene (Ebene -3), dem Zwischenpodest (Ebene -2) dem Sperrengeschoss (Ebene -1) und an der Geländeoberfläche: 1 m/s [1]
- c) Vertikalgeschwindigkeit der Personen beim Überwinden der Treppenanlagen (Fahrtreppen und feste Treppen) in Aufwärtsbewegung: 0,2 m/s

## 2. S-Bahn-Stammstrecke München

7. Planänderung zum Planfeststellungsbeschluss PFA 2

Räumungsberechnung uPva MMHO

Seite 7 von 25

Anlage 17.1 B

Anhang 2

Treppenverbindung		Nr.	Treppenanlagen	Personenkapazität der Treppenanlagen [Personen / Minute]	Personenaufteilung auf die Treppenanlagen [Personen]
Bahnsteig / Verteilerebene	nördlicher Seitenbahnsteig	1	1 feste Treppe, Nutzbreite 2,2 m	3 x 33 = 99	666 <sup>2)</sup>
		2	2 Fahrtreppen, Nutzbreite je 1 m	2 x 25 = 50	336 <sup>3)</sup>
		3	2 Fahrtreppen, Nutzbreite je 1 m, davon 1 gesperrt	1 x 25 = 25	168 <sup>3)</sup>
		4	1 feste Treppe, Nutzbreite 2,2 m	3 x 33 = 99	666 <sup>2)</sup>
	Mittelbahnsteig	5	1 feste Treppe, Nutzbreite 2,2 m	3 x 33 = 99	435 <sup>2)</sup>
		6	2 Fahrtreppen, Nutzbreite je 1 m	2 x 25 = 50	219 <sup>3)</sup>
		7	2 Fahrtreppen, Nutzbreite je 1 m	2 x 25 = 50	219 <sup>3)</sup>
		8	1 feste Treppe, Nutzbreite 1,3 m	nur für Feuerwehr	---
		9	1 feste Treppe, Nutzbreite 2,2 m	3 x 33 = 99	435 <sup>2)</sup>
	südlicher Seitenbahnsteig	10	1 feste Treppe, Nutzbreite 2,2 m	3 x 33 = 99	610 <sup>1)</sup>
		11	2 Fahrtreppen, Nutzbreite je 1 m,	2 x 25 = 50	308 <sup>3)</sup>
		12	2 Fahrtreppen, Nutzbreite je 1 m	2 x 25 = 50	308 <sup>3)</sup>
		13	1 feste Treppe, Nutzbreite 2,2 m	3 x 33 = 99	610 <sup>1)</sup>
Verteilerebene / Zwischenpodestebene	15	2 Fahrtreppen, Nutzbreite je 1 m	2 x 25 = 50	336 (Nr. 2) + 168 (Nr. 3) + 219 (Nr. 6) + 219 (Nr. 7) + 308 (Nr. 11) + 308 (Nr. 12) = 1.558	214
	16	1 feste Treppe, Nutzbreite 2,4 m	4 x 33 = 132		565
	17	1 feste Treppe, Nutzbreite 2,4 m	4 x 33 = 132		565
	18	2 Fahrtreppen, Nutzbreite je 1 m	2 x 25 = 50		214
Zwischenpodestebene / Sperrengeschoß	19	2 Fahrtreppen, Nutzbreite je 1 m	2 x 25 = 50	alle auf dem Zwischenpodest ankommenden Personen: 1.558	261
	20	1 feste Treppe, Nutzbreite 3,6 m	6 x 33 = 198		1.036
	21	2 Fahrtreppen, Nutzbreite je 1 m	2 x 25 = 50		261
Sperrengeschoß / Geländeoberfläche	22	1 feste Treppe, Nutzbreite 3,6 m 2 Fahrtreppen, Nutzbreite je 1 m	6 x 33 + 2 x 25 = 248	1.558 (Nr. 19 + Nr. 20 + Nr. 21) + 666 (Nr. 1) + 666 (Nr. 4) + 435 (Nr. 5) + 435 (Nr. 9) = 3.760	1.880
	23	1 feste Treppe, Nutzbreite 3,6 m 2 Fahrtreppen, Nutzbreite je 1 m	6 x 33 + 2 x 25 = 248		1.880

<sup>1)</sup> Personen fliehen direkt bis zur Geländeoberfläche; <sup>2)</sup> Personen fliehen direkt bis zum Sperrengeschoß; <sup>3)</sup> Personen fliehen zur Verteilerebene

**Tabelle 2:** Treppenanlagen der uPva MMHO und deren Nutzung bei der Räumung (4.980 Personen)

Die nach NFPA 130 [1] zulässige Vertikalgeschwindigkeit von 0,24 m/s wird auf ca. 80 % reduziert, um die größere körperliche Anstrengung und Ermüdung beim Überwinden der großen Höhenunterschiede zu berücksichtigen.

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

Die Verbindungsgänge zum U-Bahnhof der SWM/MVG auf der Verteilerebene (Ebene -3) und dem Sperrengeschoss (Ebene -1) werden im Ereignisfall durch Brandschutztore geschlossen. Sie stellen keine Fluchtwege für Fahrgäste der S-Bahn dar 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 Treppenbreiten werden über diese Gehspurbreite in die ganzzahlige Anzahl von Gehspuren umgerechnet. Restbreiten (< 60 cm) werden nicht in die Räumungsberechnungen mit einbezogen (Sicherheitsreserve). Dies gilt insbesondere für Fahrtreppen. Diese haben in der uPva MMHO eine Nutzbreite von 1 m. In den Räumungsberechnungen wird pro Fahrtreppe jedoch nur eine Gehspur angesetzt (Sicherheitsreserve).

(9) Personenkapazität der Treppenanlagen

Pro Fluchtspur werden folgende Personenkapazitäten angesetzt:

a) Aufwärts begangene notwendige Treppe (feste Treppe): 33 Personen pro Minute

b) Aufwärts begangene, stillgesetzte Fahrtreppe: 25 Personen pro Minute

- Auch fahrende Fahrtreppen werden gemäß NFPA 130 [1] als Rettungswege zugelassen. Es wird in der Räumungsberechnung aber davon ausgegangen, dass alle Fahrtreppen zur Zeit der Räumung ausgeschaltet sind. Dies gilt in der Räumungsberechnung auch für aufwärts laufende Fahrtreppen (Sicherheitsreserve), die jedoch in der Praxis so lange wie möglich in Betrieb bleiben sollten, um z. B. älteren Menschen die Flucht zu erleichtern [2].

- Die Begehbarkeit der stehenden Fahrtreppe ist beschwerlicher, da die stehende Fahrtreppe im Bereich des Treppenzu- und -abgangs unterschiedlich hohe Treppenstufen besitzt und auf dem Weg nach oben die Fahrtreppenstufen höher sind als bei notwendigen (festen) Treppen. Um diesem Umstand

und der großen Tiefenlage der uPva Rechnung zu tragen, wird die Personkapazität einer stehenden Fahrtreppe gegenüber den notwendigen Treppenanlagen in Anlehnung an [3] auf drei Viertel reduziert ( $33 \times 3/4 \approx 25$ ).

- Gemäß [4] wird exemplarisch davon ausgegangen, dass während der Räumung der uPva eine der Fahrttreppen, die vom Bahnsteig in die Verteilerebene hochführen, z. B. wegen Reparaturarbeiten nicht benutzbar ist.

#### (10) Personenkapazität von Türen

Die fliehenden Personen müssen auf dem Weg zu den Treppenanlagen in den Fluchttreppenträumen und zu den Fahrttreppen 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 Treppenanlagen jeweils größer ist als die sich anschließenden Treppenanlagen folgt hieraus, dass immer die Treppenanlage aufgrund der geringeren Personenkapazität (z. B. feste Treppe: 33 Personen pro Minute und Spur) die maßgebende Engstelle ist. Aus diesem Grund kann der Einfluss der Türen auf die Räumungszeit vernachlässigt werden.

#### (11) Aufzüge

Aufzüge 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 (4,5 Minuten) ermittelt.

Es werden folgende Teilräumungszeiten ermittelt (Tabelle 3):

- (1) Die Zeit RZ1 ist diejenige Räumungszeit, bis die letzte Person einen temporär raucharmen Bereich (z. B. hinter den Brandschutztüren bzw. im Rettungstollen) erreicht hat.
- (2) Die Zeit RZ2 ist diejenige Räumungszeit, bis die letzte Person die Geländeoberfläche erreicht hat und 10 m vom jeweiligen Ausgang entfernt ist.

Gemäß durchgeführter Vorberechnungen sind die Seitenbahnsteige maßgebend für die nachfolgenden Berechnungen, da von dort mehr Personen (Mittelbahnsteig 1.308; Seitenbahnsteig: je 1.836) fliehen und im Vergleich zum Mittelbahnstieg jeweils dieselbe

Treppenkapazität zur Verfügung steht. Da beide Seitenbahnsteige über dieselbe Treppenkapazität verfügen (298 Personen pro Minute), jedoch die Treppenanlagen Nr. 1 und Nr. 4 des nördlichen Seitenbahnsteigs über das Sperrengeschoss bis ins Freie führen – die Treppenanlagen Nr. 10 und Nr. 13 des südlichen Bahnsteigs hingegen direkt ins Freie – wird am nördlichen Seitenbahnsteig die nicht nutzbare Fahrtreppe angesetzt, um die maßgebende Räumungszeit zu ermitteln (Tabelle 2).

Für die längste Räumungszeit RZ1 (alle Personen sind in temporär raucharmen Bereichen) ist eine Flucht über die Fahrtreppenanlagen vom nördlichen Seitenbahnsteig maßgebend. Die längste Räumungszeit RZ2 bis zum Erreichen des Freien (an der Geländeoberfläche) ergibt sich für diejenigen Personen, die vom mittleren Bereich des nördlichen Seitenbahnsteigs über die Treppenanlage Nr. 3 in die Verteilerebene und im weiteren Verlauf bis in das Sperrengeschoss und von dort weiter ins Freie fliehen (Bilder 1 bis 6; Tabelle 3).

Zur Berechnung der Räumungszeit müssen Geh- und Wartezeiten vorliegen. Die Wartezeiten werden mit Hilfe von Schleusungszeiten ermittelt (Tabelle 3). 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  $W_i$  und der Vorlaufzeit bestehend aus der Restfahrzeit bis zur uPva MMHO, der Alarmierungszeit und der Reaktionszeit der Fahrgäste (Tabelle 3). Für die Ermittlung der Gehzeiten  $T_1$  bis  $T_9$  für die einzelnen Rettungswegabschnitte werden die entsprechenden Weglängen und Höhenunterschiede in der uPva [5] in Verbindung mit den vorstehend genannten Gehgeschwindigkeiten herangezogen (Tabelle 3).

Für die Ermittlung der Wartezeiten auf einzelnen Rettungswegabschnitten werden folgende Schleusungszeiten benötigt:

- (1) Schleusungszeit vor dem durch die Brandschutztüren geschützten temporär raucharmen Bereich

Die Schleusungszeit  $S_1$  wird unter Berücksichtigung der verfügbaren Staufläche vor den Fahrtreppen (temporär raucharmer Bereich) ermittelt:

- a) Personenanzahl vor dem Zugang zur Treppenanlage Nr. 3 (Tabelle 2): 168 Personen

- b) Personenkapazität der Wartefläche im temporär raucharmen Bereich vor der Treppenanlage Nr. 2

ca.  $20 \text{ m}^2 \times 2 \text{ Personen pro m}^2 = 40 \text{ Personen}$

c) Personenkapazität der Treppenanlage Nr. 3

1 Spur x 25 Personen pro Minute je Spur = 25 Personen pro Minute  
(1 Fahrtreppe nicht begehbar)

d) Schleusungszeit

Von den insgesamt 168 Personen, die zur Treppenanlage Nr. 3 fliehen, können zunächst nur 40 Personen in den temporär raucharmen Wartebereich gelangen. Die Staufläche reicht daher nicht für alle 168 Personen.

Die restlichen  $168 - 40 = 128$  Personen müssen auf dem ungeschützten Bahnsteig so lange warten, bis entsprechend viele Personen den Wartebereich vor der Treppenanlage Nr. 3 über die eine Fahrtreppe verlassen haben und somit wieder Aufstellungsfläche im temporär raucharmen Bereich hinter den Brandschutztüren frei wird.

$$S_1 = 128 \text{ Personen} / 25 \text{ Personen pro Minute} = 5,1 \text{ Minuten}$$

(2) Schleusungszeit am Fuß der vom nördlichen Seitenbahnsteig aufwärts führenden Treppenanlage Nr. 3 (Bild 1):

a) Personenanzahl vor der Treppenanlage Nr. 3 auf der Bahnsteigebene: 168 Personen (Tabelle 2)

b) Personenkapazität der von der Bahnsteigebene aufwärts führenden Treppenanlage Nr. 3: 1 Spur x 25 Personen pro Minute je Spur = 25 Personen pro Minute (1 Fahrtreppe nicht begehbar; Tabelle 2)

c) Schleusungszeit  $S_2 = 168 \text{ Personen} / 25 \text{ Personen pro Minute} = 6,7 \text{ Minuten}$

(3) Schleusungszeit am Fuß der von der Verteilerebene (Ebene -3) zum Zwischenpodest (Ebene -2) führenden Treppenanlage Nr. 16 (Bild 4):

a) Personenanzahl vor der Treppenanlage Nr. 16 auf der Verteilerebene: 565 Personen

b) Personenkapazität der von der Verteilerebene (Ebene -3) zum Zwischenpodest (Ebene -2) führenden Treppenanlage Nr. 16: 4 Spuren x 33 Personen pro Minute je Spur = 132 Personen pro Minute

c) Schleusungszeit  $S_3 = 565 \text{ Personen} / 132 \text{ Personen pro Minute} = 4,3 \text{ Minuten}$

(4) Schleusungszeit am Fuß der vom Zwischenpodest (Ebene -2) zum Sperrengeschoss (Ebene -1) führenden Treppenanlage Nr. 20 (Bild 5)

- a) Personenanzahl vor der Treppenanlage Nr. 20 auf dem Zwischenpodest (Ebene -2) = 1.036 Personen
  - b) Personenkapazität der vom Zwischenpodest (Ebene -2) zum Sperrengeschoß (Ebene -1) führenden Treppenanlage Nr. 20: 6 Spuren x 33 Personen pro Minute je Spur = 198 Personen (Tabelle 2)
  - c) Schleusungszeit  $S_4 = 1.036 \text{ Personen} / 198 \text{ Personen pro Minute} = 5,2 \text{ Minuten}$
- (5) Schleusungszeit am Fuß der vom Sperrengeschoß (Ebene -1) ins Freie führenden Treppenanlage Nr. 22 (Bild 6)
- a) Personenanzahl vor der Treppenanlage Nr. 22: 1.880 Personen
  - b) Personenkapazität der vom Sperrengeschoß (Ebene -1) ins Freie führenden Treppenanlage Nr. 22: 6 Spuren x 33 Personen pro Minute je Spur + 2 Spuren x 25 Personen pro Minute je Spur = 248 Personen pro Minute
  - c) Schleusungszeit  $S_5 = 1.880 \text{ Personen} / 248 \text{ Personen pro Minute} = 7,6 \text{ Minuten}$

Mit den Schleusungszeiten  $S_1$  bis  $S_5$  können die zugehörigen Wartezeiten  $W_1$  bis  $W_5$  berechnet werden. Ferner können mit diesen Angaben die Räumungszeiten RZ1 und RZ2 ermittelt werden, welche auf volle Minuten gerundet werden (Tabelle 3).

## 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 (Zugeinheit 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 Staubildung auch andere erreichbare Ausgänge.
- (4) Eine Fahrtreppe der Treppenanlagen Nr. 3 auf dem nördlichen Seitenbahnsteig bleibt für das Räumungsszenario unberücksichtigt (Sicherheitsreserve).
- (5) Die anderen Fahrtreppen werden als stehend angesetzt.

Zeitabschnitte der Räumung		Dauer [min]
Zeit bis Fluchtbeginn (bestehend aus der Restfahrzeit bis in die uPva MMHO, der Alarmierungszeit und der Reaktionszeit der Fahrgäste)		4,6
Gehzeiten der Person, die den längsten Rettungsweg hat	$T_1$ = Zeit zum Erreichen des temporär raucharmen Bereichs vor der Treppenanlage Nr. 3 (ca. 30 m / 0,63 m/s)	0,8
	$T_2$ = Zeit zum Überwinden des vertikalen Höhenunterschieds zwischen Bahnsteigebene (Ebene -5) und Verteilerebene (Ebene -3) (ca. 14,1 m / 0,2 m/s)	1,2
	$T_3$ = Zeit zum Erreichen der Treppenanlage Nr. 16, die zum Zwischenpodest (Ebene -2) führt (ca. 17 m / 1 m/s)	0,3
	$T_4$ = Zeit zum Überwinden des vertikalen Höhenunterschieds zwischen Verteilerebene (Ebene -3) und dem Zwischenpodest (Ebene -2) (ca. 7,4 m / 0,2 m/s)	0,6
	$T_5$ = Zeit zum Erreichen der Treppenanlage Nr. 20, die zum Sperrengeschoss (Ebene -1) führt (ca. 5 m / 1 m/s)	0,1
	$T_6$ = Zeit zum Überwinden des vertikalen Höhenunterschieds zwischen Zwischenpodest (Ebene -2) und Sperrengeschoss (Ebene -1) (ca. 7,4 m / 0,2 m/s)	0,6
	$T_7$ = Zeit zum Erreichen der Treppenanlage Nr. 22, die vom Sperrengeschoss (Ebene -1) zur Geländeoberfläche ins Freie (ca. 50 m / 1 m/s)	0,8
	$T_8$ = Zeit zum Überwinden des vertikalen Höhenunterschieds zwischen Sperrengeschoss (Ebene -1) und der Geländeoberfläche (ca. 8,2 m / 0,2 m/s)	0,7
	$T_9$ = Zeit für den Weg an der Geländeoberfläche (ca. 10 m / 1 m/s)	0,2
Wartezeit an den Treppenaufgängen	Wartezeit vor dem temporär raucharmen Bereich: $W_1 = S_1 - T_1 = (5,1 - 0,8)$ min	4,3
	Wartezeit am Fuß der vom Bahnsteig zur Verteilerebene (Ebene -3) aufwärts führenden Treppe: $W_2 = S_2 - S_1 = (6,7 - 5,1)$ min	1,6
	Wartezeit auf der Verteilerebene (Ebene -3) am Fuß der Treppe zum Zwischenpodest (Ebene -2): $W_3 = S_3 - \max. (S_1, S_2) = (4,3 - 6,7)$ min	0
	Wartezeit auf dem Zwischenpodest (Ebene -2) am Fuß der Treppe zum Sperrengeschoss (Ebene -1): $W_4 = S_4 - \max. (S_1, S_2, S_3) = (5,2 - 6,7)$ min	0
	Wartezeit am Fuß der Treppe vom Sperrengeschoss (Ebene -1) zur Geländeoberfläche: $W_5 = S_5 - \max. (S_1, S_2, S_3, S_4) = (7,6 - 6,7)$ min	0,9
<b>Räumungszeit RZ1 (letzte Person erreicht geschützten Bereich) = 4,6 min + <math>T_1</math> + <math>W_1</math></b>		<b>ca. 10</b>
<b>Räumungszeit RZ2 (bis ins Freie) = 4,6 min + <math>T_1</math> + <math>T_2</math> + <math>T_3</math> + <math>T_4</math> + <math>T_5</math> + <math>T_6</math> + <math>T_7</math> + <math>T_8</math> + <math>T_9</math> + <math>W_1</math> + <math>W_2</math> + <math>W_3</math> + <math>W_4</math> + <math>W_5</math></b>		<b>ca. 17</b>

Tabelle 3: Ermittelte Räumungszeit für die uPva MMHO (Rettungsweg über die Treppenanlagen im zentralen Zugangsbauwerk bis ins Sperrengeschoss und weiter ins Freie)

(6) Die freie Gehgeschwindigkeit entspricht einer Gleichverteilung mit Mittelwert 1,1 m/s und einer Standardabweichung von 0,4 m/s.

(7) Es wurden insgesamt zehn Simulationsläufe durchgeführt.

Im Ergebnis kann zusammenfassend festgestellt werden, dass bei den Räumungssimulationen mit ASERI unter Berücksichtigung einer Vorlaufzeit von 4,6 Minuten die letzte Person ca. 9 Minuten nach Brandbeginn einen temporär raucharmen Bereich hinter den Brandschutztüren erreicht (RZ1; Bild 8). Die letzte Person hat etwa 18 Minuten nach Brandbeginn das Freie erreicht (RZ2; Bild 9).

## 6 Ergebnis

Mit Hilfe der computergestützten Räumungssimulation (ASERI) und in Anlehnung an die NFPA 130 [1] unter Berücksichtigung der verschärfenden Vorgaben des Forschungsvorhabens Notfallszenarien [2] wurden Räumungszeiten für die uPva München MMHO ermittelt (Tabelle 4).

	AESRI [min]	In Anlehnung an die NFPA 130 [min]
RZ1: Alle Personen befinden sich in einem temporär raucharmen Bereich	9	10
RZ2: Alle Personen haben das Freie erreicht	18	17

Tabelle 4: Räumungszeiten der beiden Berechnungsmethoden einschließlich der Vorlaufzeit (4,6 Minuten)

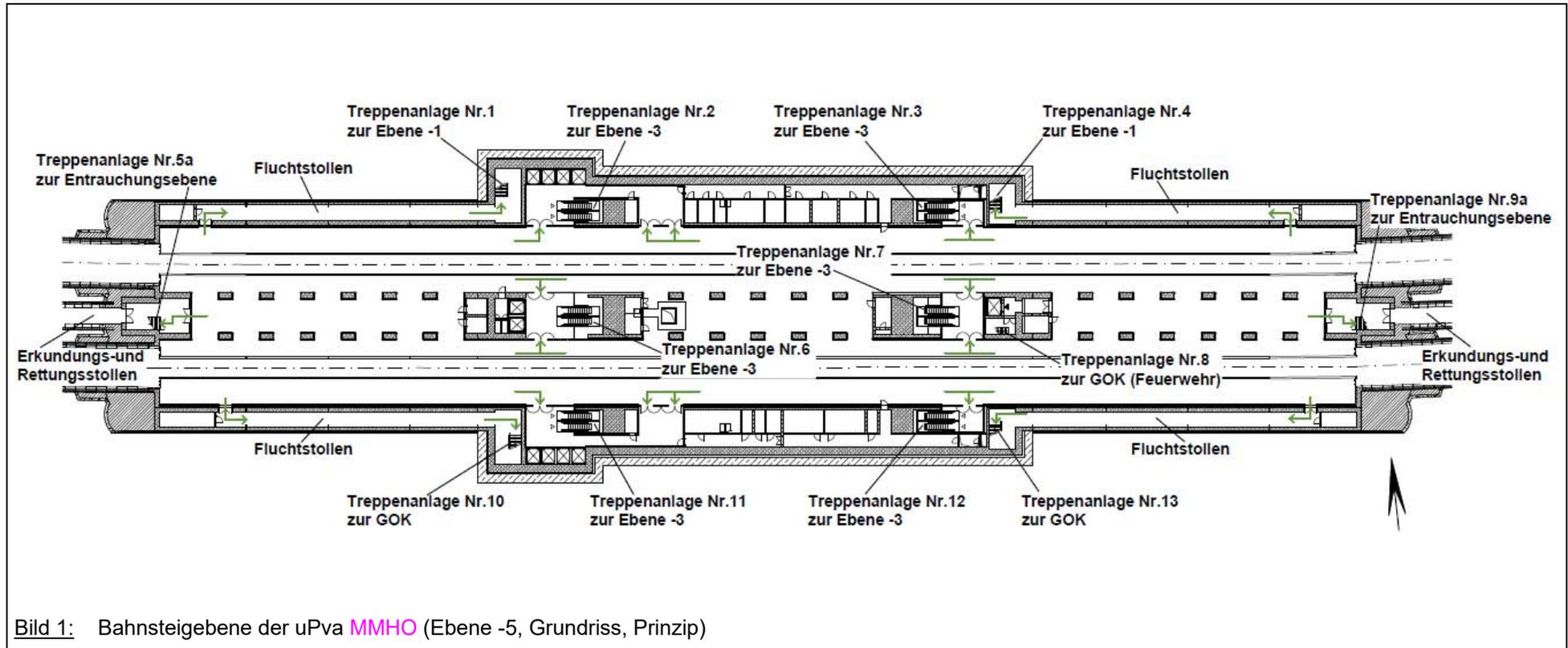
Die beiden Berechnungsmethoden führen in der Größenordnung zu vergleichbaren Ergebnissen bei den maßgebenden Räumungszeiten. Hinsichtlich der Räumungszeit der Personen auf der Bahnsteigebene bis in einen temporär raucharmen Bereich (RZ1) ergibt die Berechnung in Anlehnung an die NFPA 130 unter Berücksichtigung der verschärfenden Vorgaben des Forschungsvorhabens Notfallszenarien einen etwas größeren Wert. Hinsichtlich der Räumungszeit bis ins Freie (RZ2) führt hingegen die Simulation zu einer etwas längeren Zeitspanne.

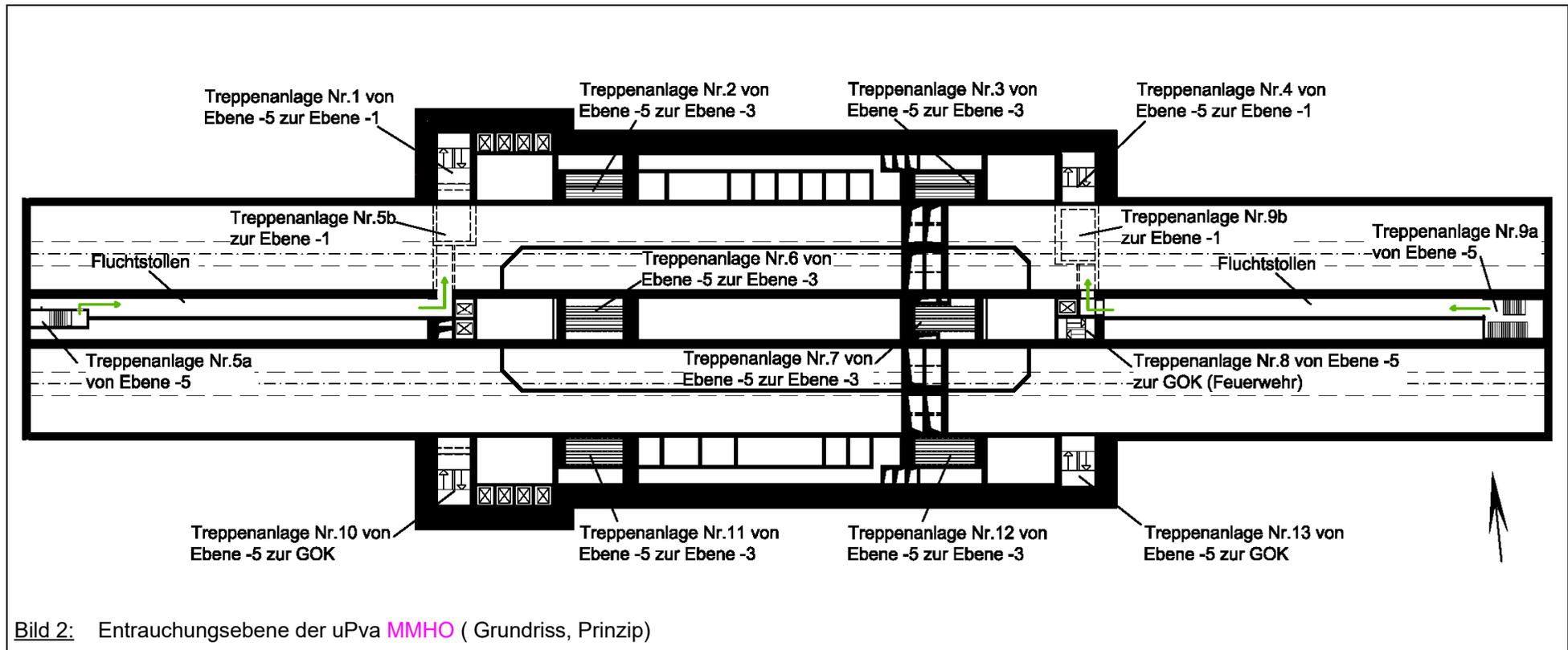
Bei Zugrundelegung der in Anlehnung an die NFPA 130 bestimmten Räumungszeit bis in einen temporär raucharmen Bereich (RZ1), muss die Bahnsteigebene mindestens bis zur 10. Minute nach Brandbeginn raucharm gehalten werden, damit alle Personen in temporär raucharmen Bereiche hinter den Brandschutztüren gelangen können. Die Rettungswege entlang der temporär raucharmen Bereiche dürfen frühestens 18 Minuten nach Brandbeginn verrauchen, da erst dann alle Personen das Freie erreicht haben (Tabelle 4).

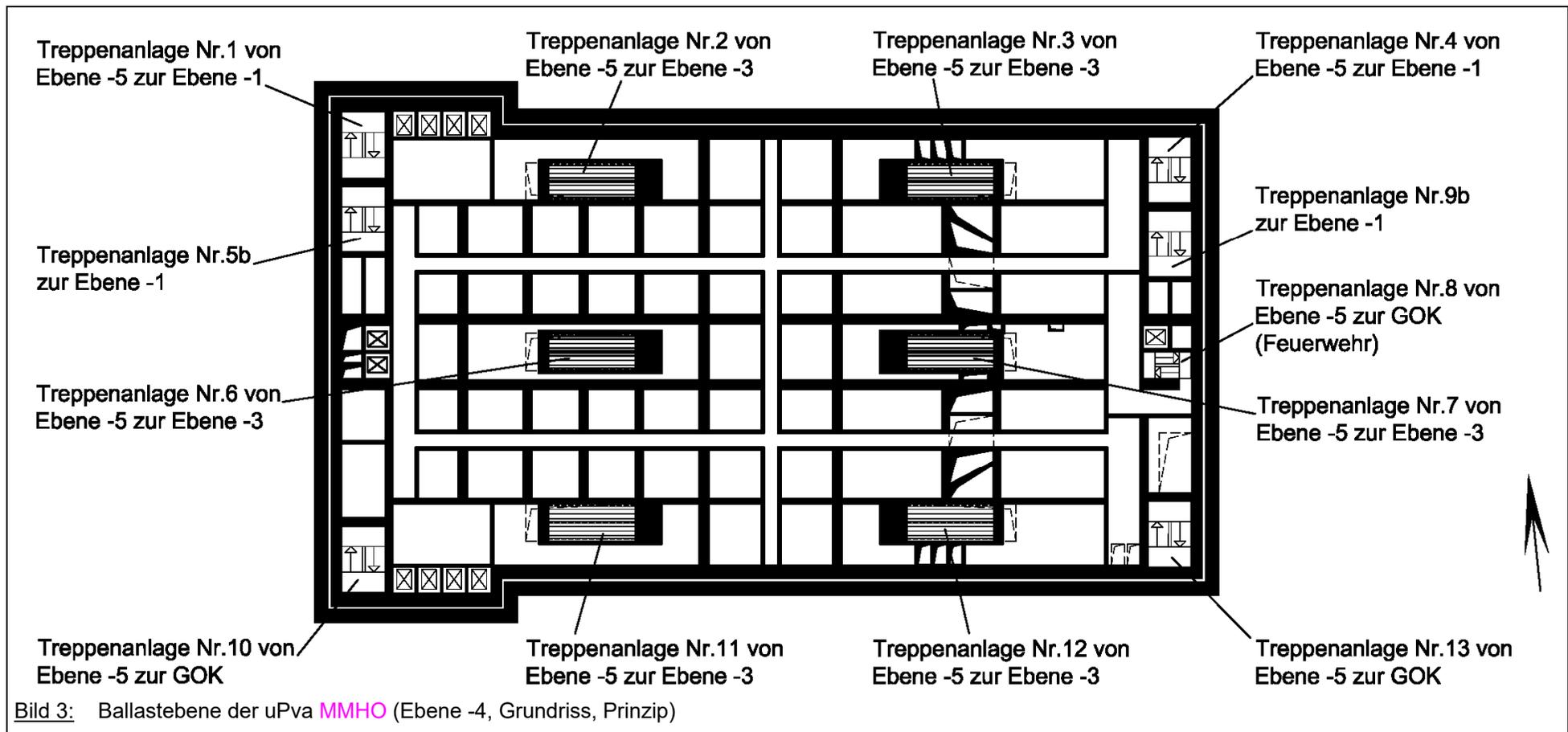
## 7 Verwendete Unterlagen

- [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] Bosch, J. W.: North-South-Line: The Development of a new Safety Concept; International Tunnel Fire and Safety Conference, Rotterdam, Dezember 1999
- [4] DB Station & Service AG, Anlagen- und Instandhaltungsmanagement (I.SBI): Planungsvorgaben für die brandschutztechnische Ausstattung unterirdischer Verkehrsanlagen (uPva), Stand 1. Februar 2018
- [5] Planunterlagen der Planungsgemeinschaft 2. S-Bahn-Stammstrecke München Gesamtplanung Los 2, Haltepunkt Marienhof, Vorabzug, Stand Februar 2021
  - (1) Grundriss Bahnsteigebene -5
  - (2) Grundriss Entrauchungsebene -5
  - (3) Grundriss Ballastebene -4
  - (4) Grundriss Verteilerebene -3
  - (5) Grundriss Zwischenebene -2
  - (6) Grundriss Sperrengeschoß Ebene -1
  - (6) Grundriss Technik-Zwischenebene -1
  - (7) Grundriss Ebene 0 (Oberfläche)

- [6] 2. S-Bahn-Stammstrecke München, uPva MMHO: Räumungsberechnung, STUVAtec, STU2BR4BE0002m\_Räum, 31. Oktober 2008
- [7] 2. S-Bahn-Stammstrecke München, E-Mail der DB Netz AG, Frau Büttner, an die STUVAtec am 24. März 2021 mit Angaben zu den wartenden Personen in der uPva MMHO, resultierend aus den Nachfragewerten der Station Marienhof der INTRAPLAN Consult GmbH vom 23. Juli 2020
- [8] 2. S-Bahn-Stammstrecke München, E-Mail der DB Netz, Frau Büttner, vom 17. November 2020 an die STUVAtec mit Angaben zur Restfahrzeit zur uPva MMHO
- [9] 2. S-Bahn-Stammstrecke München, uPva MMHO: Räumungsberechnung, STUVAtec, 4019-HHAP-100, 13. Januar 2017
- [10] 2. S-Bahn-Stammstrecke München, E-Mail der DB Regio AG (S-Bahn München), Herr Mader, an die DB Netz AG, Herr Arizti, am 28. Juli 2017 mit Angaben zum neuen Fahrzeuglayout der ET 423 mit erhöhter Personenkapazität







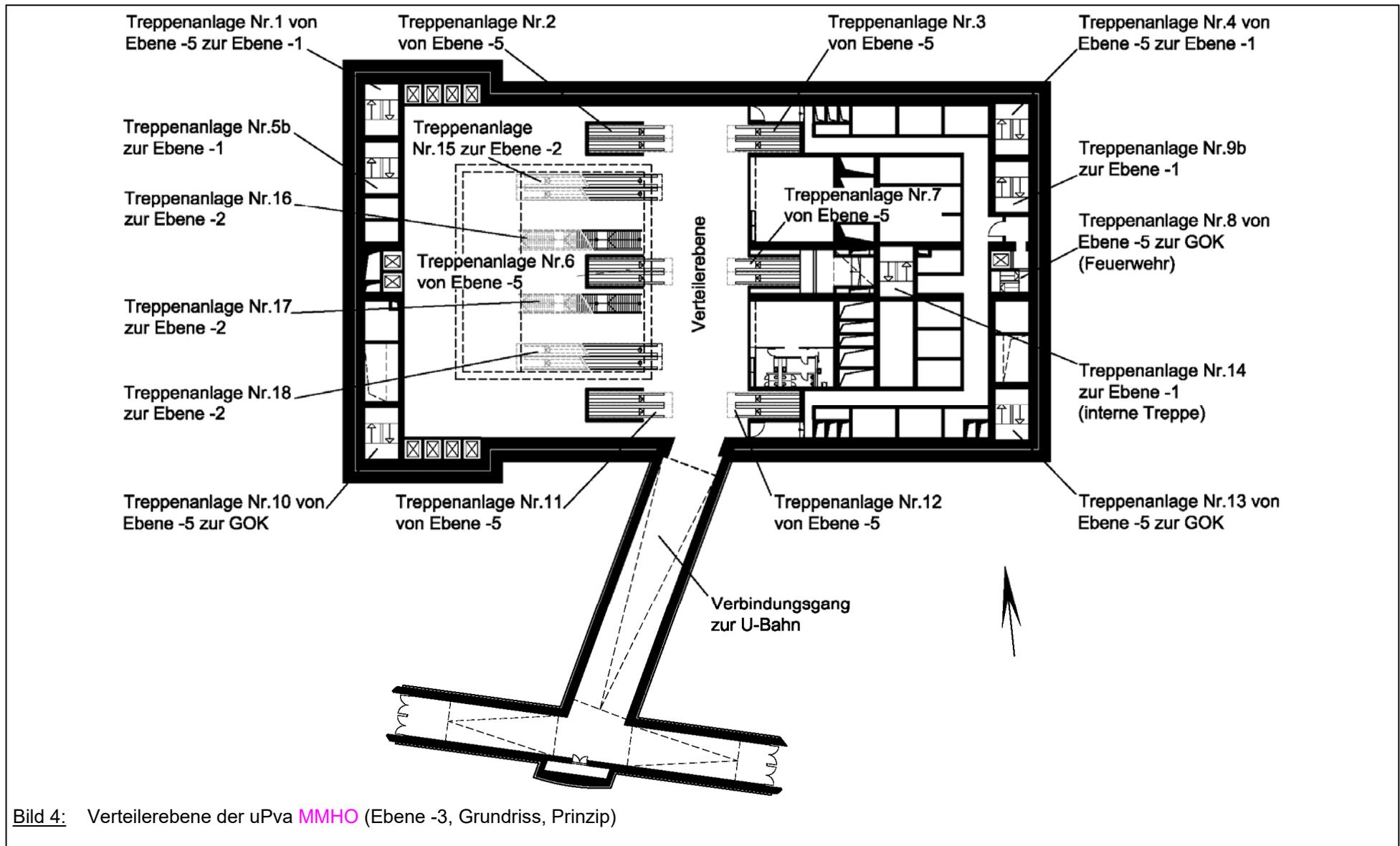
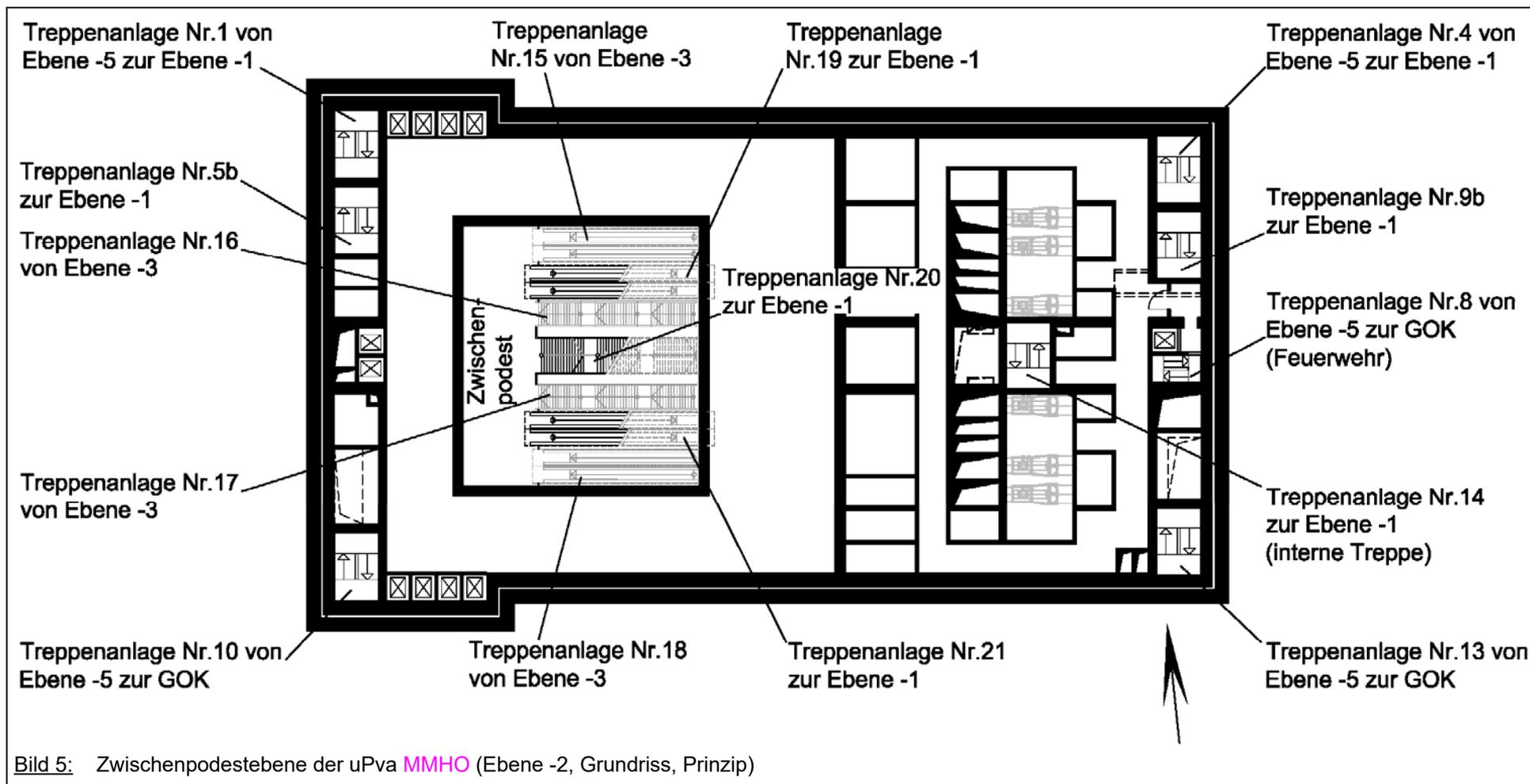
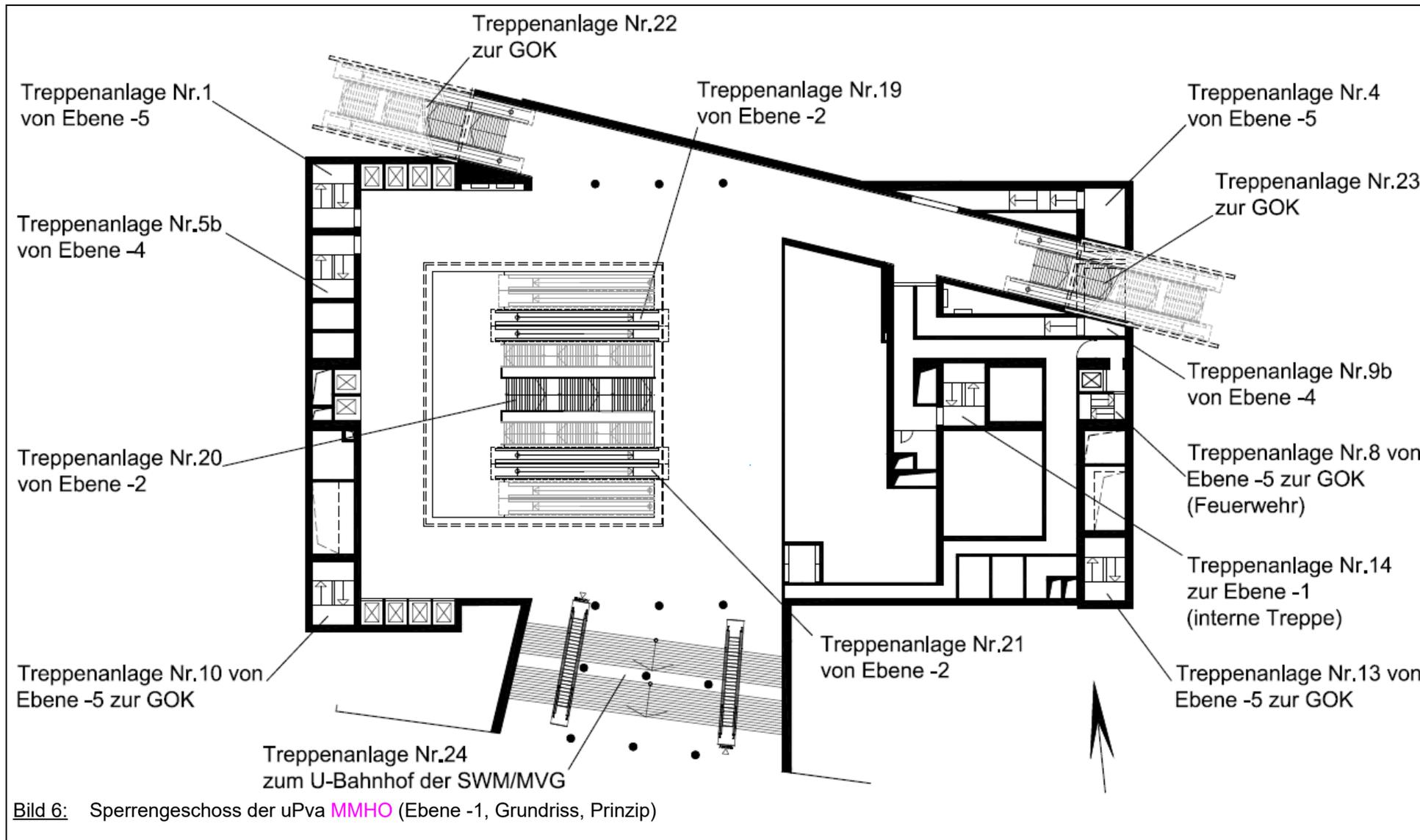


Bild 4: Verteilerebene der uPva MMHO (Ebene -3, Grundriss, Prinzip)





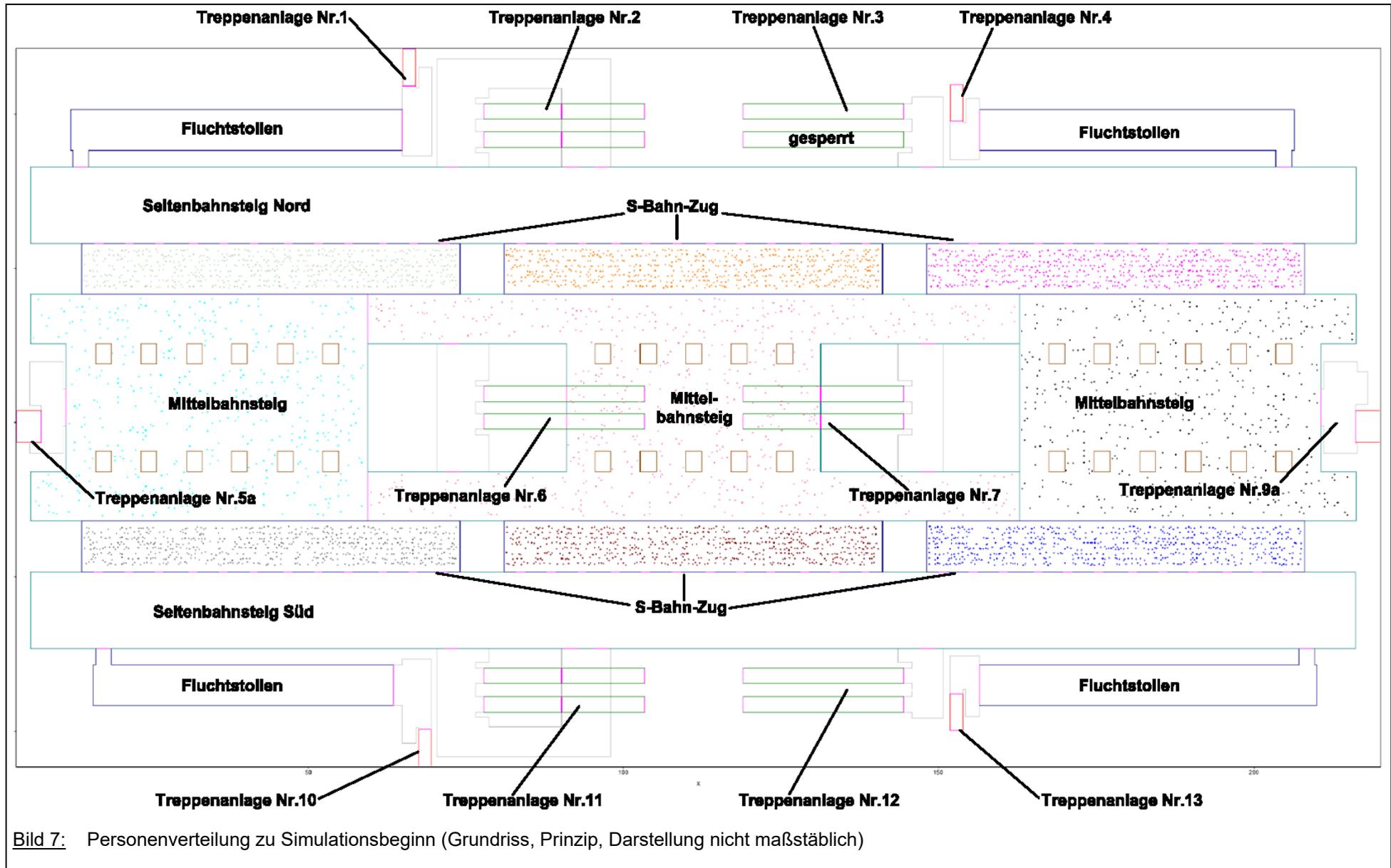


Bild 7: Personenverteilung zu Simulationsbeginn (Grundriss, Prinzip, Darstellung nicht maßstäblich)

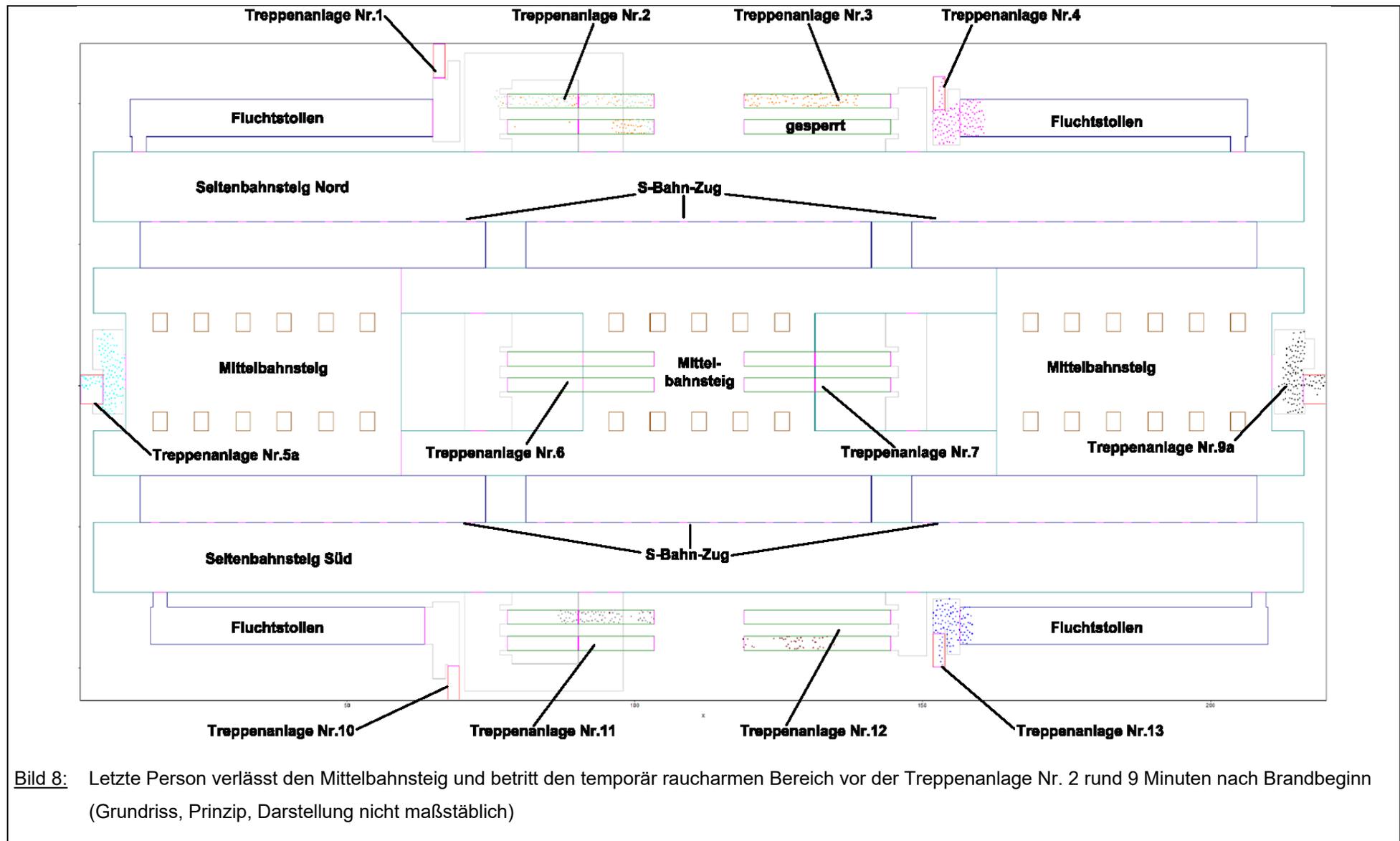


Bild 8: Letzte Person verlässt den Mittelbahnsteig und betritt den temporär raucharmen Bereich vor der Treppenanlage Nr. 2 rund 9 Minuten nach Brandbeginn (Grundriss, Prinzip, Darstellung nicht maßstäblich)

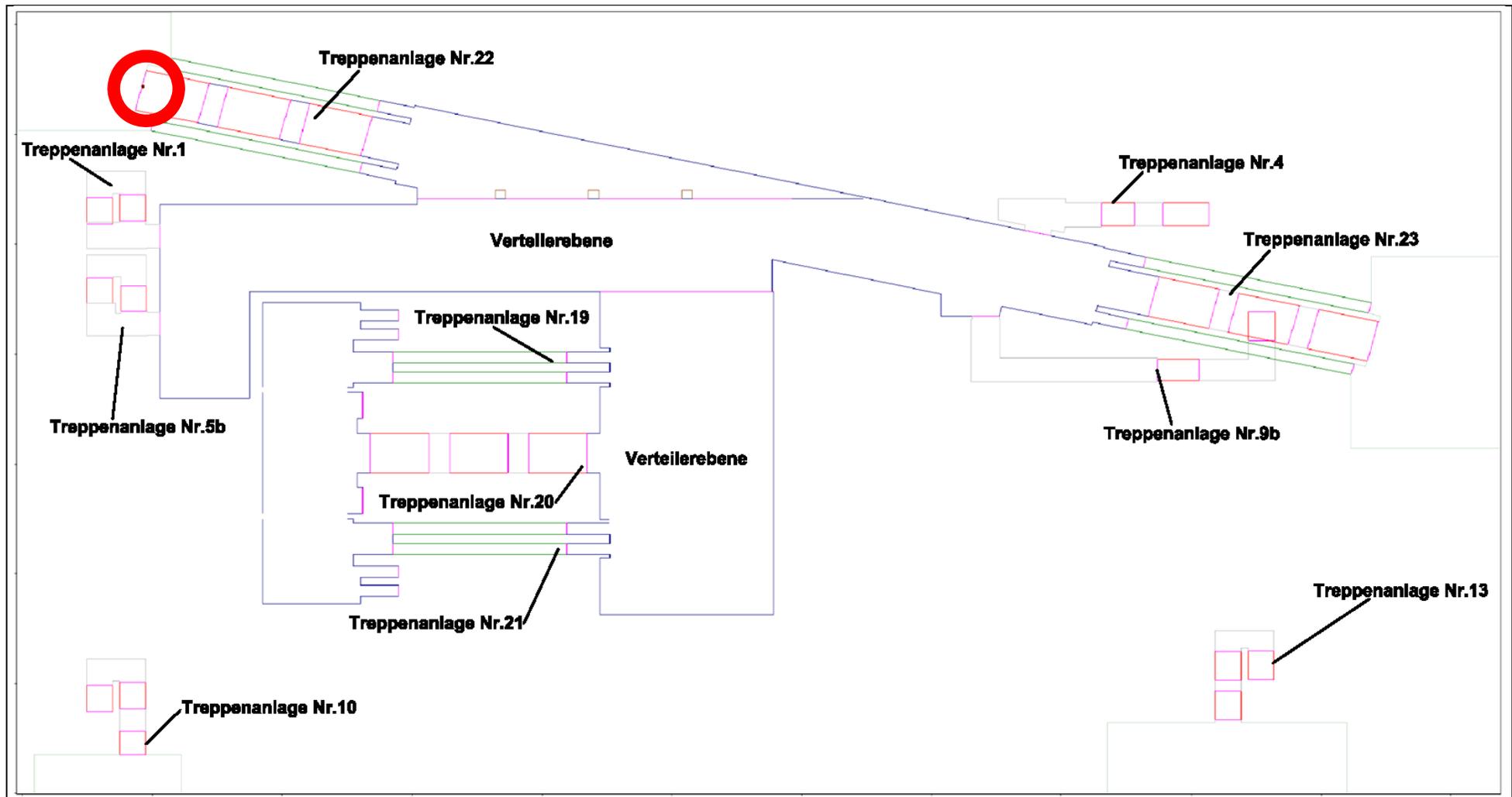


Bild 9: Letzte Person erreicht das Freie an der Geländeoberkante rund 18 Minuten nach Brandbeginn (Grundriss, Prinzip, Darstellung nicht maßstäblich)