

TRAM Westtangente Projektteil UVR München

23. August 2022

Projekt-Nr. 2019009

Bericht-Nr. 2019009-RHAP-007

Auftrag der

SWM – Stadtwerke München GmbH

Emmy-Noether-Straße 2

80992 München

an die

STUVatec

Studiengesellschaft für

Tunnel und Verkehrsanlagen mbH

Mathias-Brüggen-Straße 41

50827 Köln

Räumungssimulation
mit ASERI für den
Bahnsteig West mit
einem nachgefahrenen
Straßenbahnfahrzeug

Inhalt

Inhalt	2
Vorbemerkung	3
1 Szenario und Aufgabenstellung.....	3
2 Grundlagen der Räumungssimulation.....	6
3 Ermittlung der Räumungszeit	8
3.1 Allgemeines.....	8
3.2 Räumungssimulation.....	9
4 Zusammenfassende Bewertung.....	11
Verwendete Unterlagen.....	13
Anlage A: Grafische Darstellungen des Straßenbahnfahrzeuges	14
Anlage B: Grafische Darstellungen der Simulation.....	16

Vorbemerkung

Mithilfe von Handrechnungen nach NFPA 130 [1] können Räumungszeiten für Situationen in denen sich Personenströme gegenseitig auf ihrer Flucht behindern wie z. B. beim Ausstieg aus einem Fahrzeug auf einen Notgehweg, auf dem sich bereits Personen befinden, nur mit einer Reihe von Annahmen ermittelt werden. Der Auftraggeber entschloss sich, um belastbare Aussagen ohne Unsicherheiten solcher Annahmen zu erhalten, die Räumungszeit für ein Szenario mit einem nachgefahrenen Fahrzeug (Abschnitt 1) mit dem computergestützten Simulationsprogramm ASERI ermitteln zu lassen.

Grundlage von ASERI ist eine Beschreibung der individuellen Bewegung aller beteiligten Personen unter Berücksichtigung wesentlicher Verhaltensaspekte (z. B. Reaktions- und Verzögerungszeiten, Wahl des Fluchtweges, Verhalten bei Staubildung). Durch dieses Vorgehen lassen sich individuelle Eigenschaften (z. B. Mobilität, Raumbedarf) explizit berücksichtigen. ASERI gehört damit zur Klasse der mikroskopischen Evakuierungsmodelle (Individualmodelle). ASERI wurde von der Firma IST GmbH, in Frankfurt am Main entwickelt und validiert. Es wird als Werkzeug für die Räumungssimulation mit Hilfe von Individualmodellen unter anderem im vfdb-Leitfaden für Ingenieurmethoden des Brandschutzes [2] geführt.

1 Szenario und Aufgabenstellung

Es wird nachfolgendes Szenario betrachtet:

- (1) Aus Norden fährt auf dem Westgleis ein vollbesetztes Straßenbahnfahrzeug vom Typ TZ5 in die UVR und hält am Bahnsteig West.
- (2) Nach dem Halt des Fahrzeuges wird ein Brand entdeckt.
- (3) Der Brandort liegt in der Mitte des Fahrzeuges.
- (4) Ein auf dem westlichen Gleis in Richtung Süden bereits nachfahrendes nicht brennendes Straßenbahnfahrzeug, ebenfalls vom Typ TZ5, kommt hinter dem ersten brennenden Straßenbahnfahrzeug im Haltestellenbereich West zum Stehen (Bilder 1 und 2)

Das Straßenbahnfahrzeug TZ5 besitzt 10 Türen auf der in Fahrtrichtung rechten Seite. Jede Tür ist ca. 1,3 m breit. Das Fahrzeug ist ca. 46 m lang und kann 271 Personen (Steh- und Sitzplätze) befördern [3]. Bei einer Länge der Haltestelle West von ca. 58 m, steht – bei einem Halteabstand zwischen zwei Fahrzeugen von ca. 1 m – dem nachgefahrenen Fahrzeug nur eine Länge der Bahnsteigkante von $L = 58 - 46 - 1 = 11$ m zur Verfügung. Die restliche Fahrzeuglänge ragt ca. 35 m in den Streckentunnel. Es können daher nur die Fahrgäste des nachfahrenden Zuges über die beiden vorderen (südlich gelegenen) Türen auf dem Bahnsteig aussteigen. Alle anderen Personen

TRAM Westtangente

Projektteil UVR München – Räumungssimulation Westbahnsteig

Seite 4 von 23

müssen das Fahrzeug durch die übrigen acht Türen verlassen und den nur 1,2 m breiten Notgehweg zwischen Straßenbahnfahrzeug und Tunnelwandung zur Flucht in Richtung Norden nutzen (Anlage A, Bild 3).

Es wird untersucht, wann alle Personen aus den beiden Fahrzeugen und vom Bahnsteig West entweder den Übergang/Quergang oder das nördliche Ende des nachgefahrenen Zugs über den Notgehweg passiert und die jeweilige Fahrbahn zu den beiden Portalen erreicht haben.

Das für die Simulation gewählte Szenario mit zwei Tramfahrzeugen und insgesamt 908 zu evakuierenden Personen sowie einer Länge des Engpasses (Länge des in den Streckentunnel hineinragenden Abschnitts des nachgefahrenen Straßenbahnfahrzeugs) von 35 m liegt im Vergleich zum Szenario „Buszug und nachgefahrenes Straßenbahnfahrzeug TZ5“ auf der sicheren Seite. Dies begründet sich durch die geringere Personenanzahl von nur 770 Personen und die kürzere Länge des Engpasses (Länge des in den Streckentunnel hineinragenden Abschnitts des nachgefahrenen Straßenbahnfahrzeugs) von nur 12 m. Eine zusätzliche Simulation mit einem Buszug und einer nachgefahrenen Tram ist daher nicht erforderlich.

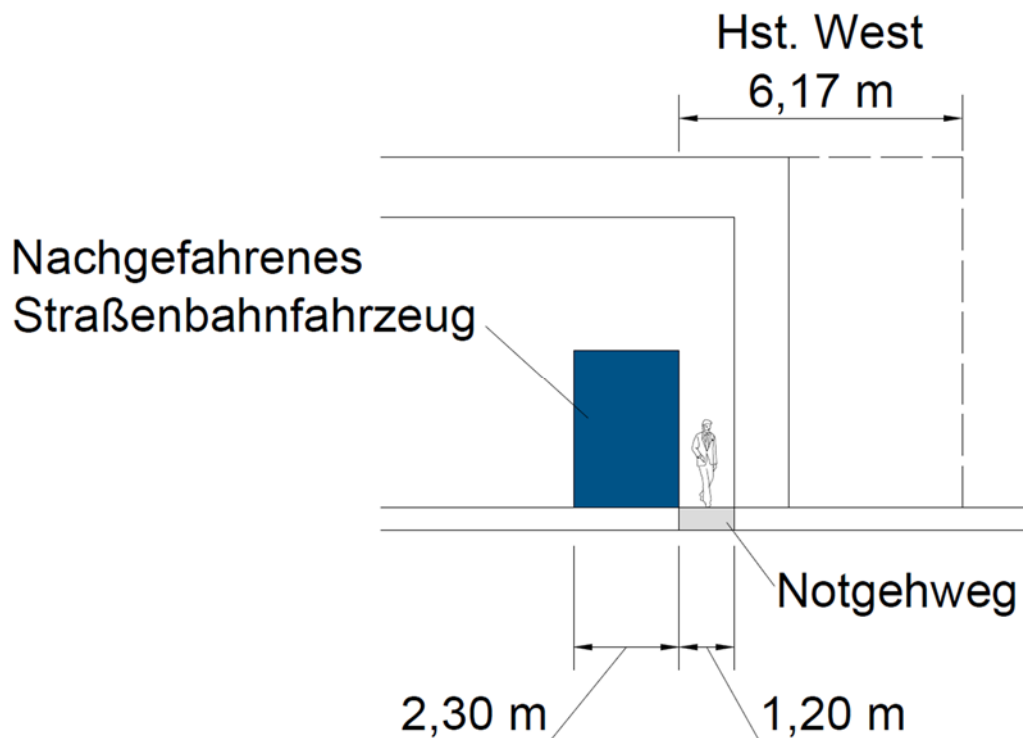


Bild 1: Haltestelle West mit nachgefahrenem Straßenbahnfahrzeug (Querschnitt, Prinzip)

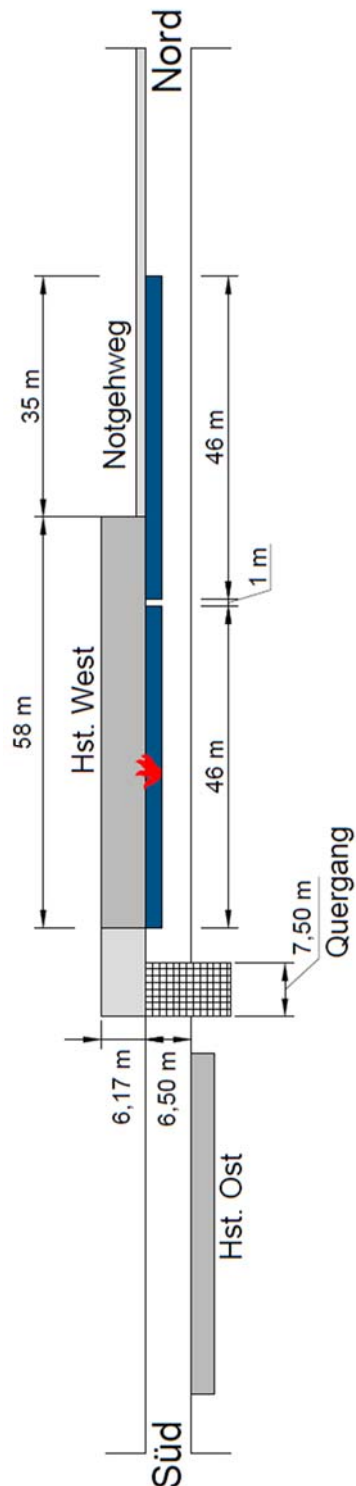


Bild 2: Fahrzeuganordnung für das beschriebene Szenario im Bereich der Haltestelle West-(Grundriss, Prinzip)

2 Grundlagen der Räumungssimulation

Für die Räumungssimulation werden folgende Grundlagen herangezogen:

(1) Maßgebende Personenzahl

Die maßgebende Personenanzahl beträgt für das betrachtete Szenario (Abschnitt 1) für zwei Straßenbahnfahrzeuge Typ TZ5 (100%-ige Belegung):

- a) Sitz- und Stehplätze für 2 Fahrzeuge: ca. $2 \times 271 = 542$ Personen [3]
- b) Auf dem Bahnsteig West wartende Personen aufgrund der Prognosedaten [4] und einem Sicherheitszuschlag [5] [6] für 2 Fahrzeuge:

ca. $2 \times 183 = 366$ Personen

- c) Summe $542 + 366 = 908$ Personen

Insgesamt müssen beim betrachteten 908 Personen berücksichtigt werden.

(2) Verfügbare Fluchtwege

- a) Fluchtweg über die Fußgängerquerung

Am Südkopf des Westbahnsteigs können Personen über die Fußgängerquerung (Bild 1), in Richtung Süden fliehen. Die Querung hat eine Breite von 7,50 m.

- b) Fluchtweg über den Notgehweg

Am Nordkopf des Westbahnsteigs können Personen über den Notgehweg (Bild 1) in Richtung Norden fliehen. Der Notgehweg hat eine Breite von 1,20 m.

(3) Personenverteilung

- a) Im Straßenbahnfahrzeug

In den beiden Straßenbahnfahrzeugen wird eine gleichmäßige Personenverteilung gewählt.

- b) Auf dem Bahnsteig West

Es kann angenommen werden, dass sich in der Praxis mehr Personen im südlichen Bereich der Haltestelle West aufhalten, da der Personenzustrom zur Haltestelle West über den im Süden der Haltestelle gelegenen Quergang/Übergang erfolgt. In der Simulation mit ASERI werden jedoch die Anfangspositionen der Personen mittels Zufallsverteilung gleichmäßig auf dem Bahnsteig festgelegt. Diese gleichmäßige Personenverteilung auf dem Bahnsteig bewirkt, dass tendenziell mehr Personen nach Norden fliehen als dies in der Praxis erwartet wird. Da der Fluchtweg nach Norden über den 1,2 m breiten Notgehweg zeitlich länger als der Weg zum Südportal ist, liegt

daher die gewählte Personenverteilung auf dem Bahnsteig auf der sicheren Seite.

Die Wahl des Fluchweges wird für vier unterschiedliche, unabhängige Personengruppen in jedem Simulationslauf festgelegt. Die genaue Aufteilung der Personengruppen in den einzelnen Varianten kann Tabelle 1 entnommen werden.

Variante	Personenanzahl	Startbereich	Ausgangswahl
1	271	vorderes Fahrzeug	dynamisch
	271	hinteres Fahrzeug	dynamisch
	122	Bahnsteig	dynamisch
	209	Bahnsteig	Süd
	35	Bahnsteig	Nord
2	271	vorderes Fahrzeug	dynamisch
	271	hinteres Fahrzeug	Nord
	122	Bahnsteig Nord	Nord
	122	Bahnsteig Mitte	dynamisch
	122	Bahnsteig Ost	Süd
3	271	vorderes Fahrzeug	dynamisch
	271	hinteres Fahrzeug	dynamisch
	366	Bahnsteig	dynamisch
4	271	vorderes Fahrzeug	Balance
	271	hinteres Fahrzeug	Balance
	316	Bahnsteig	Süd
	50	Bahnsteig	Nord

Tabelle 1: Wahl des Fluchweges der Personengruppen in den unterschiedlichen Varianten

(4) Fluchrichtungen

Folgende Fluchrichtungen werden gewählt:

- a) Nach Norden über den schmalen Notgehweg
- b) Nach Süden über den Übergang/Quergang
- c) Bei der Vorgabe „dynamische Ausgangswahl“ durch ASERI fliehen die Personen zum nächstliegenden Ausgang, nutzen aber z. B. bei Staubildung auch andere erreichbare Ausgänge.

- d) Durch die Option „Balance“ werden die verfügbaren Fluchtwege durch die fliehenden Personen möglichst gleichmäßig (hydraulische Verteilung) ausgelastet.

(5) Gehgeschwindigkeit

In ASERI wird die Gehgeschwindigkeit automatisch in Abhängigkeit von der jeweils vorliegenden Personendichte angepasst. In Bereichen mit geringer Personendichte (kein Stau) wird die Gehgeschwindigkeit erhöht und in Bereichen mit hoher Personendichte (Stau) reduziert. In den vier durchgeführten Simulationsvarianten stellt sich eine mittlere Gehgeschwindigkeit von etwa 0,45 bis 0,48 m/s ein. Diese mittleren Gehgeschwindigkeiten liegen aufgrund der Räumungssituation noch deutlich unter der Gehgeschwindigkeit von 0,63 m/s, die nach NFPA 130 [1] für Bereiche mit höherer Personendichte (z. B. Bahnsteigen) angegeben werden.

(6) Simulationsraum

In den Räumungssimulationen wird der Innenraum der beiden Straßenbahnfahrzeuge einschließlich Innenbestuhlung, der Westbahnsteig einschließlich der Fußgängerquerung im Süden sowie der Notweg im Norden bis zum Ende des nachgefahrenen Fahrzeugs abgebildet (Anlage B, Bilder 5 bis 11). Der Simulationsraum endet im Süden im Anschluss an die Fußgängerquerung und im Norden mit dem Ende des zweiten Straßenbahnfahrzeuges. Am jeweiligen Ende des Simulationsraumes erreichen die fliehenden Fahrgäste die Fahrbahn und können dann ungehindert über die beiden Portale ins Freie gelangen.

Die Fahrerkabinen sowie Karosserieteile der Straßenbahnfahrzeuge werden in der Simulation nicht abgebildet. Die Positionierung der Fahrzeuginnenräume im Modell entspricht jedoch unabhängig davon dem in Abschnitt 1 beschriebenen Szenario.

3 Ermittlung der Räumungszeit

3.1 Allgemeines

Nachfolgende Räumungszeiten geben jeweils die Zeitspanne zwischen Räumungsbeginn und dem Verlassen des Gefahrenbereichs (Simulationsraum) der letzten Person an. Die Räumungszeit wird mit Hilfe der Simulationssoftware ASERI auf Grundlage der individuellen Bewegungen jeder einzelnen Person (Individualmodell) in insgesamt zehn Simulationsgängen je Variante ermittelt und daraus für die Beurteilung ein Mittelwert gebildet.

3.2 Räumungssimulation

(1) Variante Nr. 1

Die Variante Nr. 1 ist durch folgende Personengruppen gekennzeichnet:

- a) Die Fluchtrichtung der Personen, die sich zu Simulationsbeginn in den beiden Fahrzeugen befinden (2 x 271 Personen) wird durch ASERI mittels „dynamischer Ausgangswahl“ festgelegt.
- b) Die Menge der wartenden Fahrgäste auf dem Bahnsteig wird in zwei Gruppen unterteilt. Bei der ersten Gruppe (1/3 der Wartenden; 122 Personen) erfolgt die Ausgangswahl der Personen ebenfalls dynamisch durch ASERI. Die Zweite Gruppe (2/3 der Wartenden; 244 Personen) ist bereits vor Fluchtbeginn auf einen bestimmten Ausgang festgelegt. Diese Gruppe wurde nach dem hydraulischen Prinzip anhand der Kapazitäten der verfügbaren Ausgänge vorab aufgeteilt. Demnach wählen 209 Personen den Ausgang über die Fußgängerquerung Richtung Süden und 35 Personen den Ausgang über den Notgehweg Richtung Norden.

Die Festlegung auf eine bestimmte Fluchtrichtung hat dabei keinen Einfluss auf die zufälligen Anfangspositionen dieser Personen.

Durch diese Personenaufteilung wählt der Großteil der fliehenden Personen (664 Personen) auf Grundlage der dynamischen Ausgangswahl die Fluchtrichtung. Infolge der Richtungsvorgabe von 2/3 der Wartenden werden zusammengehörige Gruppen simuliert, deren Bestreben es ist, gemeinsam den gleichen Ausgang zu nutzen.

Im Durchschnitt dauert die Räumung des Gefahrenbereichs (Simulationsraum) mit der beschriebenen Personenaufteilung in Variante Nr. 1 etwa 3,5 Minuten. Die Räumzeiten der einzelnen Simulationsläufe können Tabelle 2 entnommen werden.

In Variante Nr. 1 haben die Fahrzeuginsassen im Durchschnitt der zehn Simulationsläufe das Fahrzeug 1 nach ca. 1,3 Minuten bzw. das Fahrzeug 2 nach ca. 2,7 Minuten vollständig verlassen. Die Ausstiegszeitzeit aus dem Fahrzeug 2 ist länger, da hier die austiegenden Personen durch die bereits auf dem Notgehweg befindlichen Personen am Ausstieg behindert werden.

(2) Variante Nr. 2

Die Variante Nr. 2 ist durch folgende Personengruppen gekennzeichnet:

- a) Die Fluchtrichtung der Personen, die sich zu Simulationsbeginn im vorderen Fahrzeug befinden (271 Personen) wird durch ASERI mittels „dynamischer Ausgangswahl“ festgelegt. Die Fluchtrichtung der Personen, die sich zu Simulationsbeginn im hinteren Fahrzeug befinden (271 Personen) wird vorab auf den Notgehweg Nord festgelegt.

- b) Die Menge der wartenden Fahrgäste auf dem Bahnsteig wird in drei Gruppen unterteilt. Bei der ersten Gruppe (1/3 der Wartenden; 122 Personen) wird die Ausgangswahl vorab auf die Fußgängerquerung Richtung Süden festgelegt. Diese Personengruppe startet bei Simulationsbeginn im südlichen Bahnsteig Drittel. Bei der zweiten Gruppe (1/3 der Wartenden; 122 Personen) erfolgt die Ausgangswahl dynamisch durch ASERI. Diese Personengruppe startet bei Simulationsbeginn im mittleren Bahnsteig Drittel. Bei der dritten Gruppe (1/3 der Wartenden; 122 Personen) wird die Ausgangswahl vorab auf den Notweg Richtung Norden festgelegt. Diese Personengruppe startet bei Simulationsbeginn im nördlichen Bahnsteig Drittel.

Durch diese Personenaufteilung wird der Notweg in Richtung Norden trotz seiner geringen Personenkapazität stark beansprucht. Durch diese Vorgabe wird verstärkt berücksichtigt, dass sich im vorderen Fahrzeug ein Gefahrenbereich (Brand) befindet, wodurch die Auslastung des südlichen Bahnsteigkopfes reduziert wird.

Im Durchschnitt dauert die Räumung der Haltestelle mit der beschriebenen Personenaufteilung in Variante Nr. 2 ca. 3,9 Minuten. Die Räumzeiten der einzelnen Simulationsläufe können Tabelle 2 entnommen werden.

In Variante Nr. 2 haben die Fahrzeuginsassen im Durchschnitt der zehn Simulationsläufe das Fahrzeug 1 nach ca. 1,2 Minuten bzw. das Fahrzeug 2 nach ca. 3,4 Minuten vollständig verlassen. Die Ausstiegszeitzeit aus dem Fahrzeug 2 ist länger, da hier die austiegenden Personen durch die bereits auf dem Notweg befindlichen Personen am Ausstieg behindert werden.

(3) Variante Nr. 3

Die Variante Nr. 3 ist durch folgende Personengruppen gekennzeichnet:

- a) Die Fluchtrichtung der Personen, die sich zu Simulationsbeginn in den Fahrzeugen befinden (2 x 271 Personen) wird durch ASERI mittels „dynamischer Ausgangswahl“ festgelegt.
- b) Für die Gruppe der wartenden Fahrgäste auf dem Bahnsteig (366 Personen) erfolgt die Ausgangswahl ebenfalls dynamisch durch ASERI.

Durch diese Personenaufteilung erfolgt eine freie, ungesteuerte Räumungssimulation durch ASERI anhand der vorliegenden Rahmenbedingungen für die Flucht und individuellen Entscheidungen der flüchtenden Personen.

Im Durchschnitt dauert die Räumung der Haltestelle mit der beschriebenen Personenaufteilung in Variante Nr. 3 ca. 3,9 Minuten. Die Räumzeiten der einzelnen Simulationsläufe können Tabelle 2 entnommen werden.

In Variante Nr. 3 haben die Fahrzeuginsassen im Durchschnitt der zehn Simulationsläufe das Fahrzeug 1 nach ca. 1,2 Minuten bzw. das Fahrzeug 2 nach ca. 3,0 Minuten vollständig verlassen. Die Ausstiegszeitzeit aus dem Fahrzeug 2 ist

länger, da hier die aussteigenden Personen durch die bereits auf dem Notgehweg befindlichen Personen am Ausstieg behindert werden.

(4) Variante Nr. 4

Die Variante Nr. 4 ist durch folgende Personengruppen gekennzeichnet:

- a) Die Fluchtrichtung der Personen, die sich zu Simulationsbeginn in den Fahrzeugen befinden (2 x 271 Personen) wird durch ASERI mittels „Balance“ festgelegt.
- b) Die Menge der wartenden Fahrgäste auf dem Bahnsteig wird mit Hilfe des hydraulischen Prinzips anhand der Personenkapazitäten der verfügbaren Ausgänge in zwei Gruppen unterteilt. Bei der ersten Gruppe (316 Personen) wird die Ausgangswahl vorab auf die Fußgängerquerung Richtung Süden festgelegt. Bei der zweiten Gruppe (50 Personen) wird die Ausgangswahl vorab auf den Notgehweg Richtung Norden gewählt.

Die Festlegung auf eine bestimmte Fluchtrichtung hat dabei keinen Einfluss auf die zufälligen Anfangspositionen dieser Personen.

Durch diese Personenaufteilung werden die Kapazitäten der Ausgänge weitgehend gleichmäßig genutzt.

Im Durchschnitt dauert die Räumung der Haltestelle mit der beschriebenen Personenaufteilung in Variante Nr. 4 ca. 3,4 Minuten. Die Räumzeiten der einzelnen Simulationsläufe können Tabelle 2 entnommen werden.

In Variante Nr. 4 haben die Fahrzeuginsassen im Durchschnitt der zehn Simulationsläufe das Fahrzeug 1 nach ca. 1,5 Minuten bzw. das Fahrzeug 2 nach ca. 2,9 Minuten vollständig verlassen. Die Ausstiegszeit aus dem Fahrzeug 2 ist länger, da hier die aussteigenden Personen durch die bereits auf dem Notgehweg befindlichen Personen am Ausstieg behindert werden.

Die Simulationsergebnisse sind exemplarisch für die Variante Nr. 3 (Lauf 1) in den Bildern der Anlage B dargestellt. Bei der dynamischen Ausgangswahl in dieser Variante ist durch Vergleich der Bilder 10 und 12 erkennbar, dass der Simulationsraum nach Simulationsbeginn im Süden bereits nach ca. 2,5 Minuten und im Norden erst nach etwa 4 Minuten verlassen wird. Die längere Zeit nach Norden ist durch die längere Ausstiegszeit im Bereich des nachgefahrenen Fahrzeuges und der geringeren Gehzeit auf den Notgehweg nach Norden begründet.

4 Zusammenfassende Bewertung

Unter Beachtung der getroffenen Festlegungen kann zusammenfassend festgestellt werden, dass

TRAM Westtangente

Projektteil UVR München – Räumungssimulation Westbahnsteig

Seite 12 von 23

- (1) 542 Personen in den beiden vollbesetzten Straßenbahnfahrzeugen (brennendes und nachgefahrenes Fahrzeug) vom Typ TZ5 und
- (2) 366 wartenden Personen auf dem Bahnsteig West

den Gefahrenbereich (Simulationsraum) entlang der beiden Straßenbahnfahrzeuge spätestens etwa 4 Minuten nach Räumungsbeginn (Tabelle 2) verlassen und die Fahrbahnen zur weiteren Flucht ins Freie über das Süd- bzw. Nordportal erreicht haben. Nicht enthalten sind in diesem Zeitraum die Vorlaufzeit [7] und die Gehzeit vom Simulationsraum bis zu den Portalen.

Die durchschnittliche Räumungszeit des vorderen Straßenbahnfahrzeuges (Fahrzeug 1) beträgt maximal ca. 1,5 Minuten (in Variante Nr. 4). Für das nachfahrende Straßenbahnfahrzeug (Fahrzeug 2) wurde eine durchschnittliche Räumungszeit von maximal ca. 3,4 Minuten (in Variante Nr. 2) ermittelt. Die Ausstiegszeit aus dem Fahrzeug 2 ist länger, da hier die aussteigenden Personen durch die bereits auf dem Notgehweg befindlichen Personen am Ausstieg behindert werden.

ari- ante	Lauf [min]										Ø
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	3,4	3,4	3,4	3,3	3,4	4,1	3,5	3,4	3,4	3,5	3,5
2	3,9	3,9	4,0	3,9	3,9	3,9	3,8	3,9	4,0	3,9	3,9
3	3,8	3,9	3,8	3,9	3,9	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
4	3,3	3,2	3,7	3,1	3,3	3,4	3,3	3,7	3,5	4,0	3,4

Tabelle 2: Zusammenfassung der Simulationsergebnisse bei Räumung des Gefahrenbereichs im gewählten Szenario (908 Personen)

Verwendete Unterlagen

- [1] NFPA 130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems; Ausgabe 2020, National Fire Protection Association, Quincy, USA
- [2] vfdb-Leitfaden TB 04-01: Ingenieurmethoden des Brandschutzes; 3., überarbeitete und ergänzte Auflage, Herausgeber D. Hosser, November 2013, Altenberge
- [3] TRAM Westtangente München: Typenplan Avenio Muenchen A6Z00035901826, 23. November 2015
- [4] INTRAPLAN Consult GmbH, Tram Westtangente – UVR Laim, Abgleich Bemessungszahlen für Brandschutzkonzept, 10.12.2019
- [5] TRAM Westtangente, Projektteil UVR München: E-Mail von Herrn Böttcher, intraplan vom 14. Januar 2020 an die swm: Wartende Personen für nachrückendes Fahrzeug
- [6] TRAM Westtangente, Projektteil UVR München: E-Mail von Herrn Pfützner, swm an die STUVAtec vom 4. Februar 2020: Wartende Personen für nachrückendes Fahrzeug
- [7] TRAM Westtangente, Projektteil UVR München: Ermittlung der Bemessungszeiten für verschiedene Szenarien mit Trams und Bussen, STUVAtec, 2019009-SCBE-034

Anlage A: Grafische Darstellungen des Straßenbahnfahrzeuges

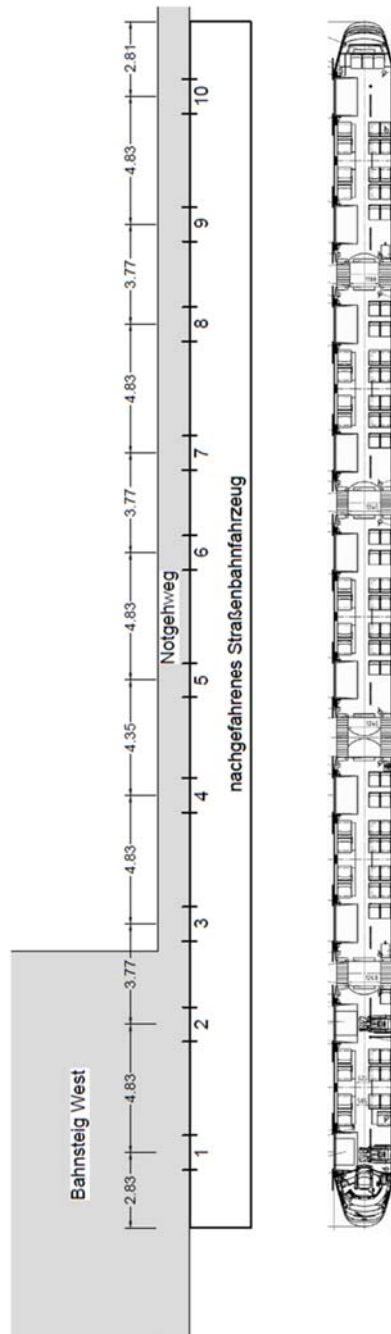


Bild 3: links: Lage Türen des nachgefahrenen Fahrzeuges im betrachteten Szenario; rechts: Aufteilung Fahrzeuginnenraum (Grundriss, Prinzip)

TRAM Westtangente

Projektteil UVR München – Räumungssimulation Westbahnsteig

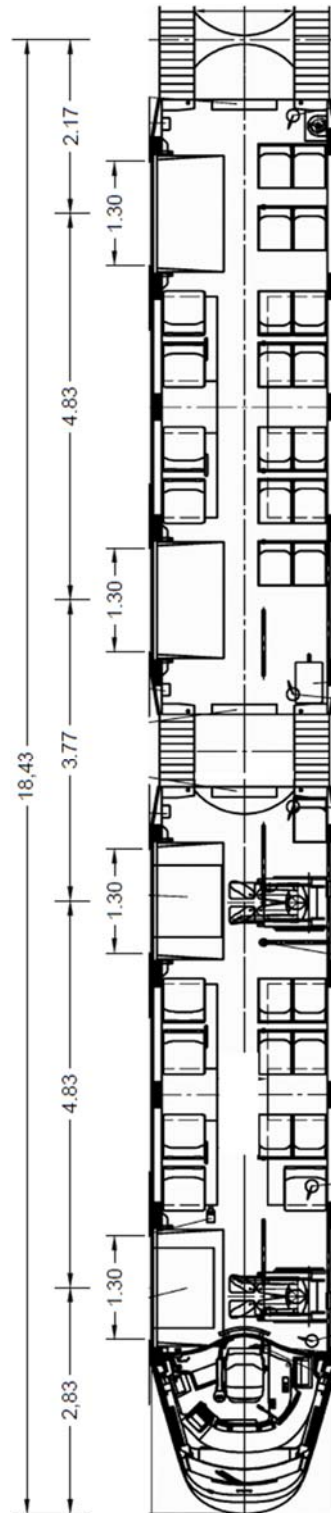


Bild 4: Fahrzeuginnenraum der vorderen zwei Fahrzeugsegmente (Grundriss, Detail)

Anlage B: Grafische Darstellungen der Simulation

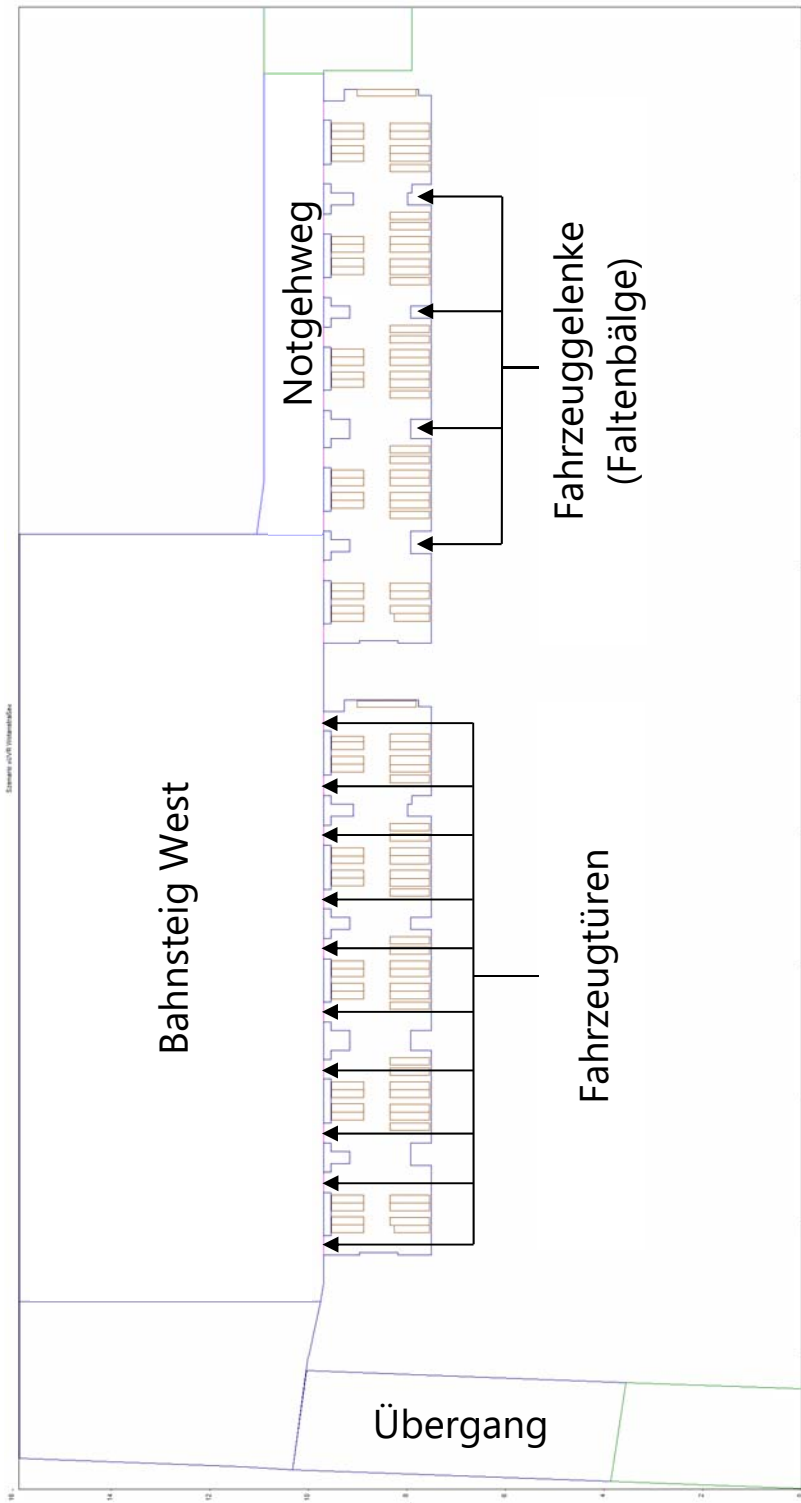


Bild 5: Simulationsraum ohne Personen (in allen Varianten gleich)

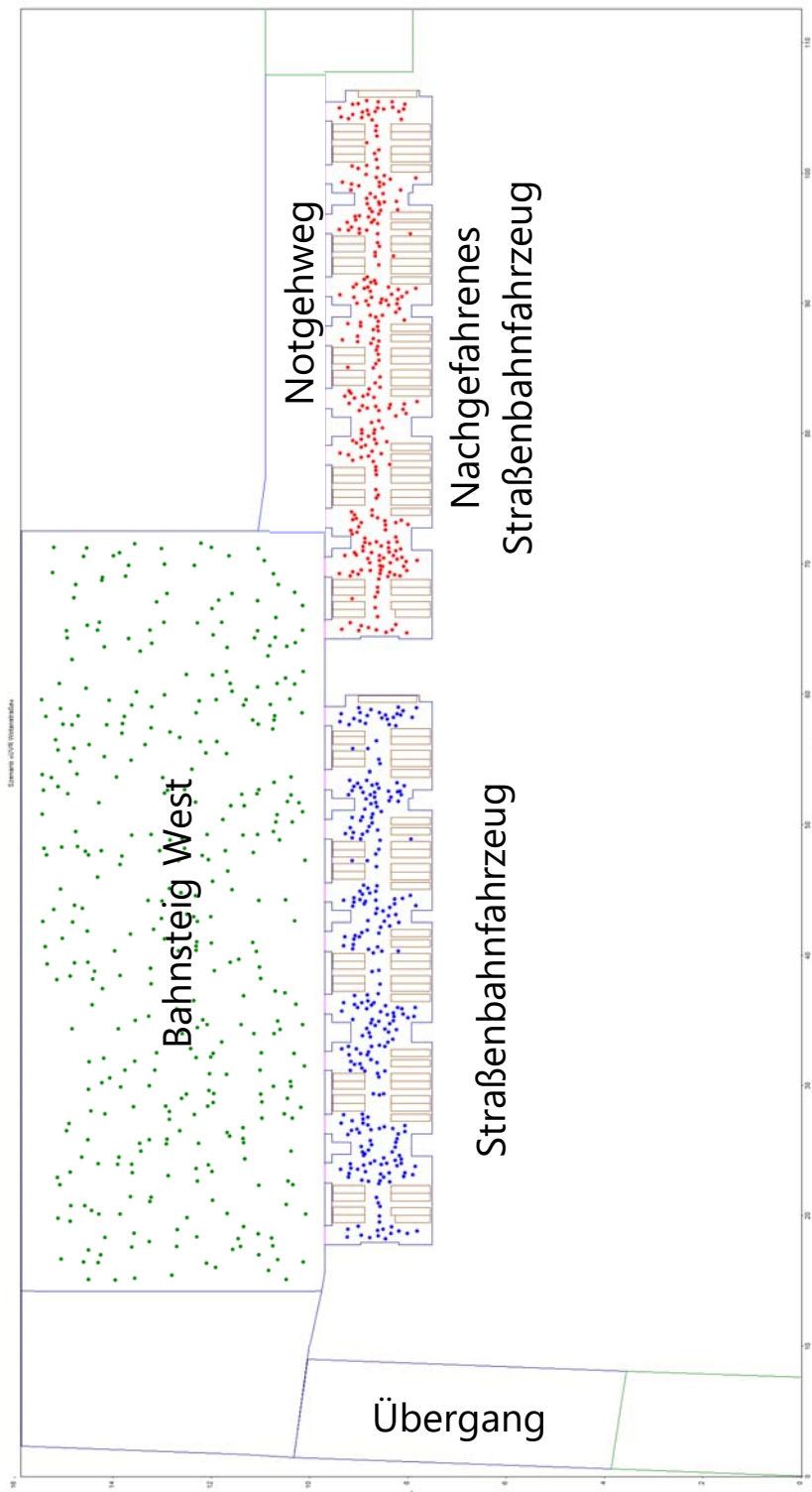


Bild 6: Personenverteilung bei Simulationsbeginn (Variante Nr. 3, Lauf 1)
Hinweis: In der Simulation werden die Fahrzeuge nur durch ihren Innenraum ohne Fahrerkabine und Karosserie abgebildet.

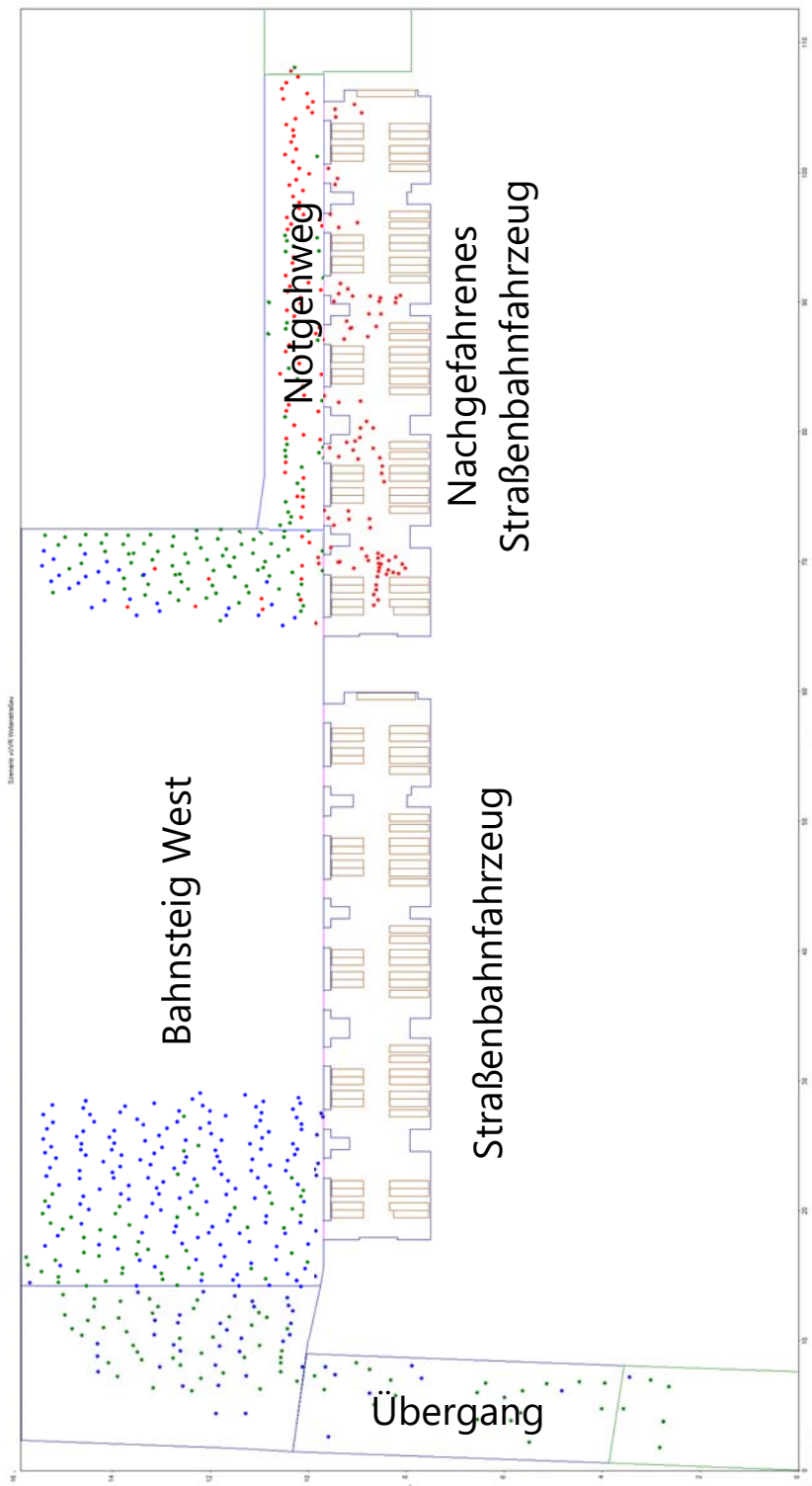


Bild 7: Personenverteilung 1,0 Minute nach Simulationsbeginn (Variante Nr. 3, Lauf 1)

Hinweis: In der Simulation werden die Fahrzeuge nur durch ihren Innenraum ohne Fahrerkabine und Karosserie abgebildet.

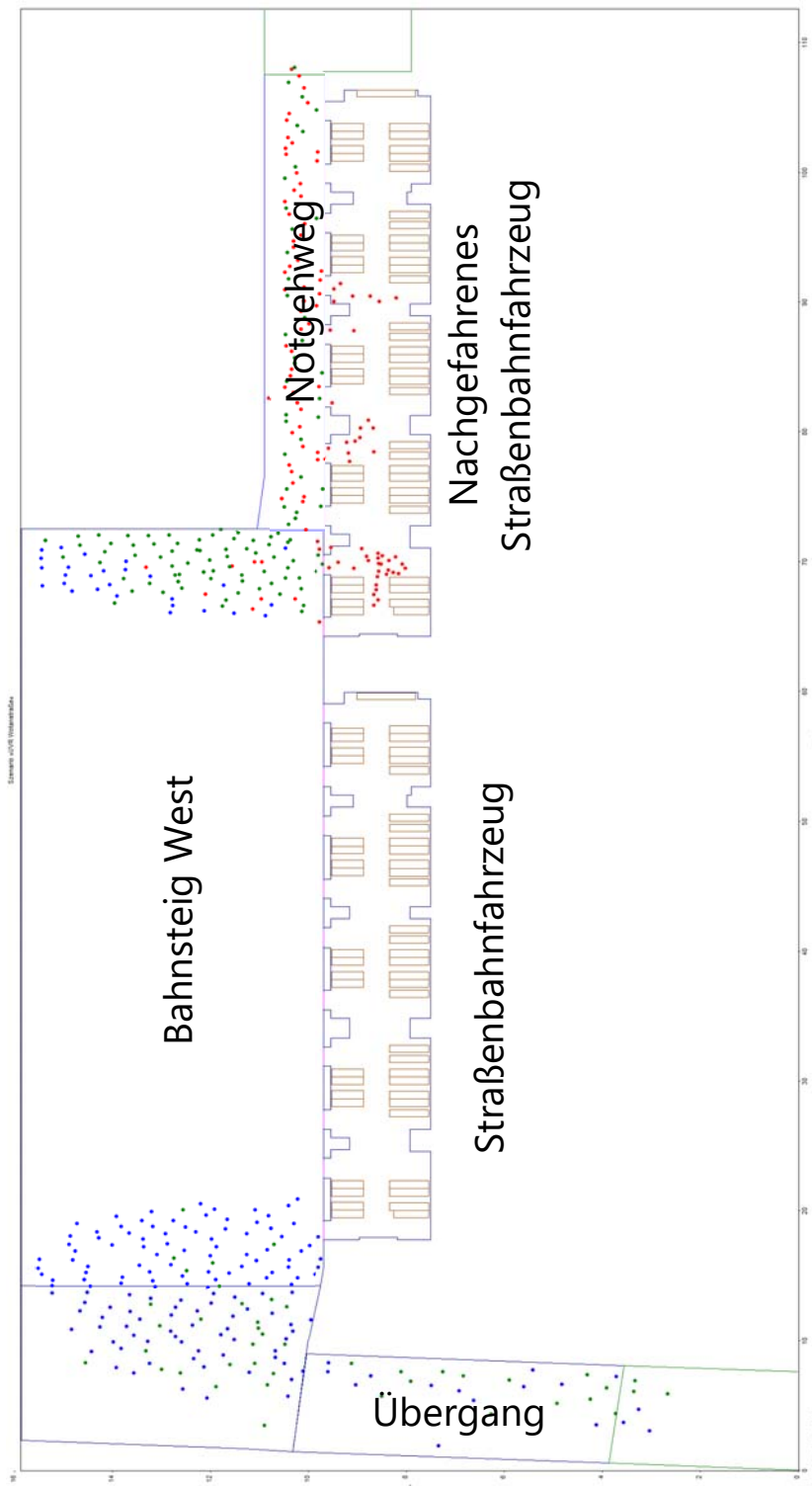


Bild 8: Personenverteilung 1,5 Minuten nach Simulationsbeginn (Variante Nr. 3, Lauf 1)

Hinweis: In der Simulation werden die Fahrzeuge nur durch ihren Innenraum ohne Fahrerkabine und Karosserie abgebildet.

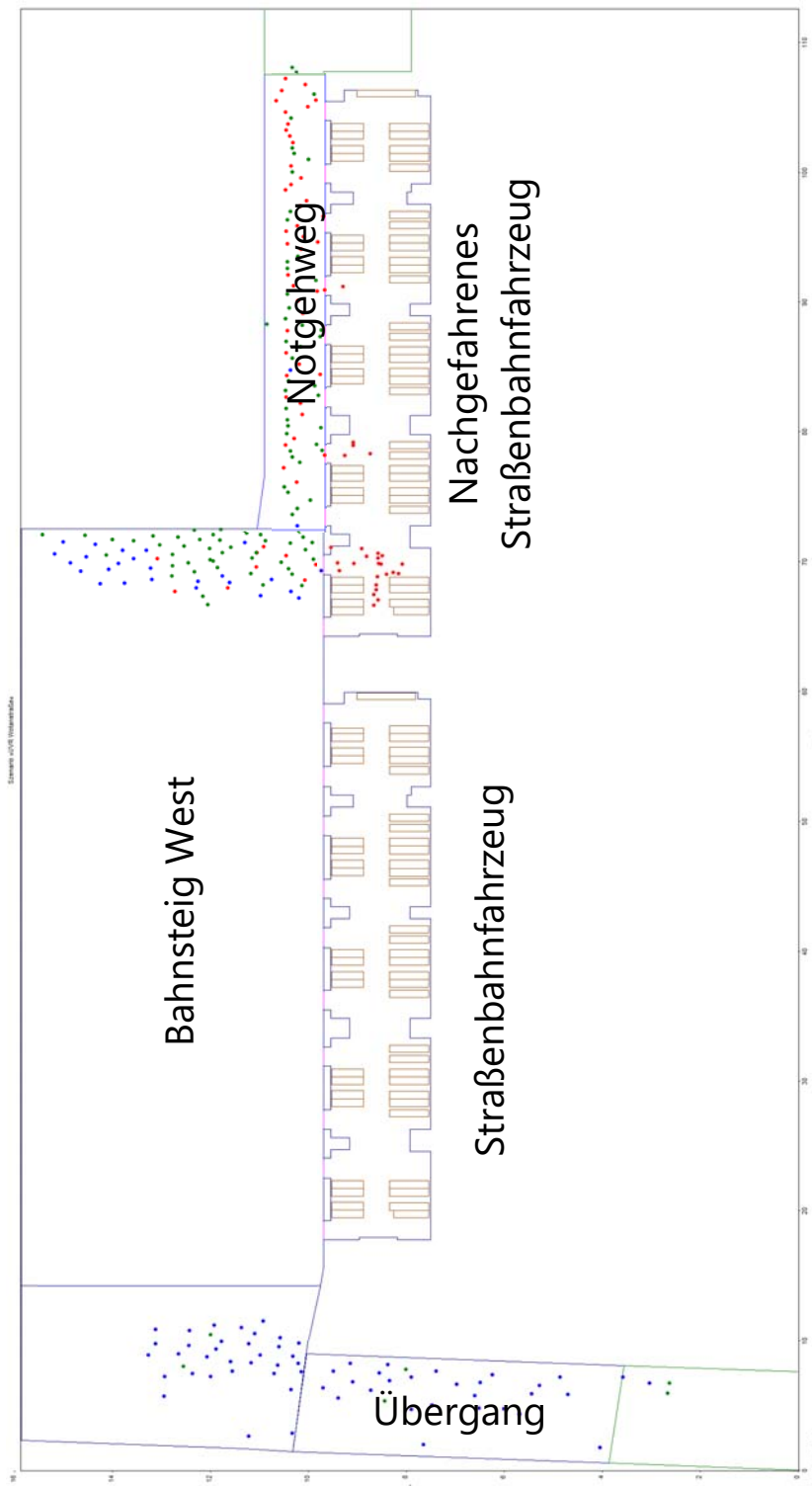


Bild 9: Personenverteilung 2,0 Minuten nach Simulationsbeginn (Variante Nr. 3, Lauf 1)

Hinweis: In der Simulation werden die Fahrzeuge nur durch ihren Innenraum ohne Fahrerkabine und Karosserie abgebildet.



Bild 10: Personenverteilung 2,5 Minuten nach Simulationsbeginn (Variante Nr. 3, Lauf 1)

Hinweis: In der Simulation werden die Fahrzeuge nur durch ihren Innenraum ohne Fahrerkabine und Karosserie abgebildet.



Bild 11: Personenverteilung 3,0 Minuten nach Simulationsbeginn (Variante Nr. 3, Lauf 1)

Hinweis: In der Simulation werden die Fahrzeuge nur durch ihren Innenraum ohne Fahrerkabine und Karosserie abgebildet.

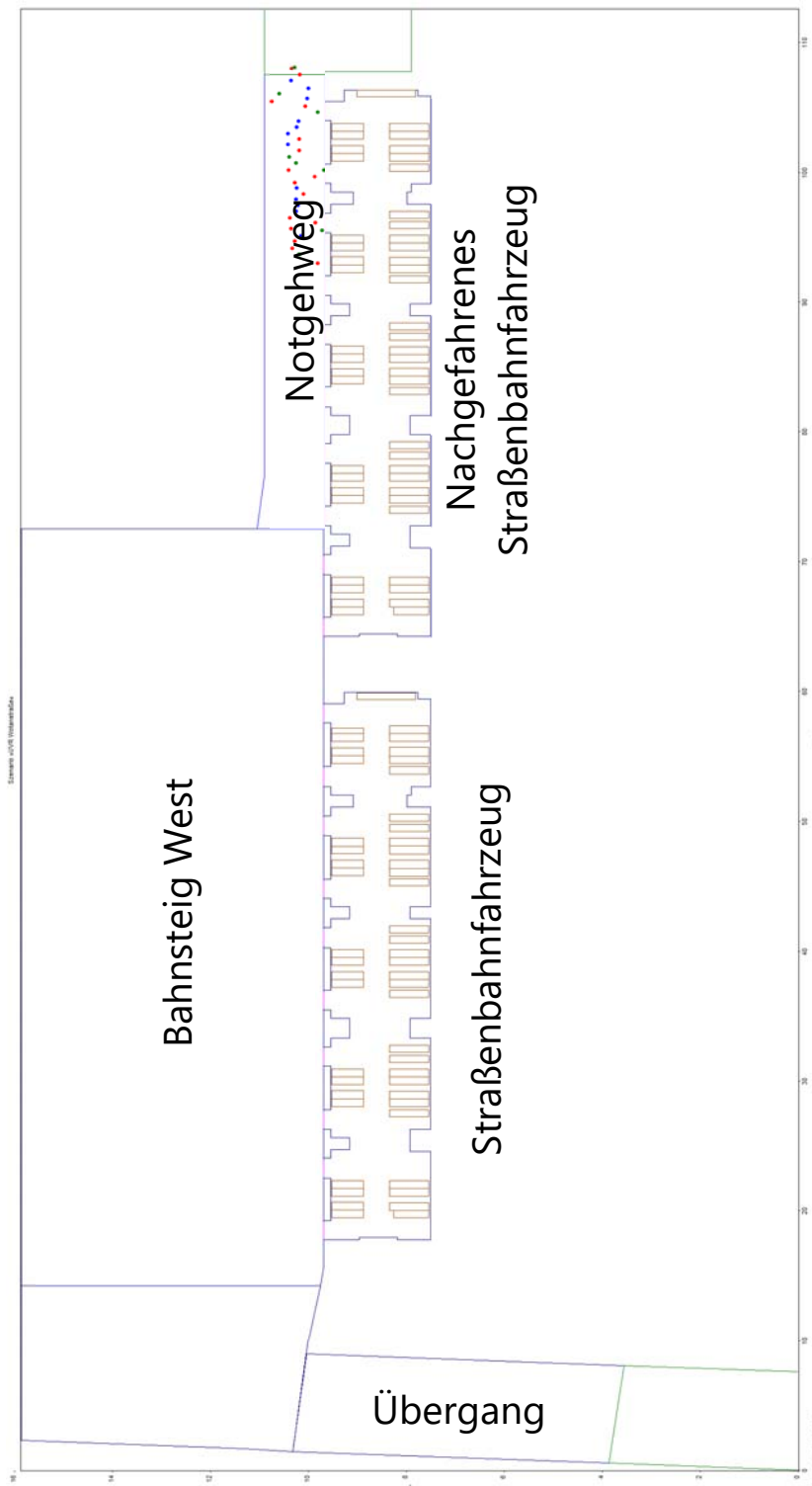


Bild 12: Personenverteilung 3,5 Minuten nach Simulationsbeginn (Variante Nr. 3, Lauf 1)

Hinweis: In der Simulation werden die Fahrzeuge nur durch ihren Innenraum ohne Fahrerkabine und Karosserie abgebildet.