

Endreß Ingenieurgesellschaft mbH Brandschutzsachverständige

Evakuierungsnachweis



S-Bahn-Haltestelle Franckenstadion Nürnberg

Auftraggeber	DB Station & Service AG Bahnhofsmanagement Nürnberg Bahnhofsplatz 9 90443 Nürnberg
Auftragnehmer	Endreß Ing. GmbH Brandschutzsachverständige Berner Straße 38 60437 Frankfurt am Main
erstellt	23.04.2012

- 🔥 Von der IHK Frankfurt am Main Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Brandschutz
- 🔥 Nachweisberechtigter für Brandschutz gem. HBO § 59
- 🔥 Prüfsachverständige nach HPPVO
- 🔥 Brandschutzkonzepte Bauwerke aller Art (inkl. Sonderbauten)
- 🔥 Schadstoffgutachten
- 🔥 CFD Brandsimulationen
- 🔥 Fachbauleitung Brandschutz
- 🔥 1:1 Brandversuche

Gesellschafter/Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. Tobias Endreß
Bauingenieur
Industrie-Informatiker
Brandschutzsachverständiger

Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. Jürgen Endreß
Branddirektor a. D.
ö.b.u.v. Sachverständiger
für Brandschutz

Leiter Forschung/Ausbildung:

Dipl.-Phys. Dr. Gernot Mauser
Brandschutzsachverständiger

Teamleiter:

Dr. Ansgar R. Gietmann
Dottore in architettura
Brandschutzsachverständiger

Dipl.-Ing. Carsten Steiner
Brandschutzsachverständiger EIPOS

Dipl.-Ing. Andreas Adam
Brandschutzsachverständiger

Dipl.-Ing. Frank Bieler
Brandschutzsachverständiger



Berner Straße 38
60437 Frankfurt am Main



069 – 9509594-0



069 – 9509594-45



www.brandschutz-gutachter.de



Info@brandschutz-gutachter.de



TaunusSparkasse
BLZ: 51250000
Kt-Nr.: 1041541

Amtsgericht: Frankfurt am Main
HRB 85735
Steuernr.: 045 232 41258
UID-Nr.: DE 265 591 693
DUNS: 341390634

Qualifikationen / Mitgliedschaften



vfdb

Mitglied im
b.v.s.
HESSEN

Endreß Ingenieurgesellschaft mbH

Brandschutzsachverständige

Index

Nr.	Datum	Kapitel, Abschnitt	Geänderte Punkte / Passagen etc.	Bearbeiter / Auftragnehmer
1	Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.	Gesamter Nachweis	Erstmaliges Erstellen eines Evakuierungskonzept	T. McDonald, Endreß IG

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Allgemeines.....	5
1.1 Abkürzungsverzeichnis.....	5
1.2 Begriffe	5
1.3 Besondere Parameter.....	7
1.4 Bedingungen der Berechnungen	8
1.5 Verwendete Unterlagen	8
2. Nutzung der S-Bahn-Haltestelle	9
3. Ziel der Untersuchung.....	10
4. Szenarien zur Untersuchung	13
4.1 Szenario 1: Istzustand – Entfluchtung vor einem Spiel im Stadion	13
4.2 Szenario 2: Sollzustand – Entfluchtung vor einer Veranstaltung im Stadion	15
4.3 Szenario 3: Sollzustand – Entfluchtung nach einer Veranstaltung im Stadion.....	16
5. Simulation der Entfluchtungszeit mit SIMULEX.....	19
5.1 Allgemeines	19
5.2 Funktionen.....	19
5.3 Darstellung	20
5.4 Personendarstellung.....	20
5.5 Personenzusammensetzung	21
5.6 Geschwindigkeiten.....	21
5.7 Abgrenzung	24
5.8 Literatur	24
6. Geometrische Situation	26

Endreiß Ingenieurgesellschaft mbH

Brandschutzsachverständige

7.	Personenzahlen der Simulation	30
8.	Ergebnisse	32
9.	Fazit	71
10.	Unterschriften	74

1. Allgemeines

1.1 Abkürzungsverzeichnis

BSK	(ganzheitliches) Brandschutzkonzept
CAD	Computer Aided Design – computergestütztes, graphisches Hilfsmittel
DIN	Deutsche Industrie Norm des Deutschen Instituts für Normung e. V., Berlin
DXF	Data exchange format, Herstellerunabhängiges Dateiformat für CAD-Zeichnungen
EN	Europäische Norm (harmonisierte Norm) der durch die EU beauftragten Normierungsorganisationen
NFPA	National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, USA

1.2 Begriffe

Wird im Folgenden von Evakuierung oder *Entfluchtung* gesprochen, so ist die *Selbstrettung* der Personen in einen sicheren Bereich nach einer wahrgenommenen Gefährdung gemeint. Dieser Vorgang ist zu unterscheiden von einer *Räumung* einer baulichen Anlage, bei der Sicherheitskräfte unter Umständen mit Androhen oder Ausüben unmittelbarer Gewalt das Verlassen einer Anlage erzwingen.

Abzugrenzen ist die Entfluchtung auch von der *Fremdrettung*, bei Bränden meist durch die Feuerwehr. Hier werden Rettungsmittel, z. B. Leitern, Rauchschutzhauben, von außen an die gefährdeten Personen herangebracht. Die Zeit, welche für eine Fremdrettung aufgebracht werden muss, ist auch erheblich von der Kapazität der Rettungsmittel und der Organisation der Rettungskräfte abhängig.

Die Selbstrettung setzt ein Erkennen einer Gefahrensituation und eine freiwillige, zielgerichtete Handlung voraus, um sich selbst in Sicherheit zu bringen.

Dieses Erkennen oder das Erreichen der Freiwilligkeit ist erfahrungsgemäß mit einer *Reaktionszeit* verbunden. Hierfür wird meist eine Zeit in der Größenordnung von einer Minute angesetzt, die „Reaktionsminute“. Sie hat nichts mit der physiologischen Fähigkeit zu tun, auf einen äußeren Anreiz hin damit zu beginnen, einen Muskel zu bewegen. Sondern ist eher eine durchschnittliche psychologische Größe der Willensbildung in einer sozialen Situation.

Erkennen setzt eine Informationsaufnahme voraus. Dies kann ein Signalton oder die Durchsage einer Alarmierungsanlage sein.

Durch Berechnungs- oder Simulationsverfahren kann nur die Zeit der reinen *Selbstrettungsphase* oder „*Bewegungszeit*“ festgestellt werden; das ist die Zeit vom Beginn der gezielten Bewegung bis alle Personen einen Ort erreicht haben, an dem eine Gefahr für sie nicht mehr besteht. Dieser Ort wird bei Bränden häufig als das „*Freie*“ bezeichnet.

Außer der Personenzahl, die aus einer baulichen Anlage flüchten können muss, sind die räumlichen Verhältnisse *wesentliche Parameter* einer Berechnung der Bewegungszeit. Dazu gehören etwa *Weglängen* und *Wegbreiten*. Ganz wesentlich sind dabei die *Engstellen*, die nur einen begrenzten Durchgang von Personen pro Zeiteinheit erlauben und daher zu *Staus* oder *Wartezeiten* vor den Engstellen führen. Zu den einschränkensten Engstellen gehören *Treppenbreiten* und *Türbreiten*.

Tritt ein Stau erst im Verlauf eines Fluchtweges nach vorangehenden Engstellen auf, wird das als *Rückstau* bezeichnet. Das Verwenden dieses Begriffes ist auch verfahrensabhängig: Bei Handrechenarten wird in der Regel von vorne, dem Ausgangsort der Personen, nach hinten, dem Freien, durchgerechnet. Kommt es zu einem Rückstau, so müssen meist in vorangehenden Rechenschritten die dichteabhängigen Werte der Berechnung korrigiert werden.

1.3 Besondere Parameter

Gegenüber den gemessenen Parametern für Gehgeschwindigkeiten oder Treppenkapazitäten werden immer wieder reduzierte Werte benutzt - mit dem Argument, es handele sich dabei um einen konservativeren Ansatz.

Dies ist jedoch in der Regel nicht der Fall. Die „Notwendigkeit“ der Anpassung der Parameter nach unten entgegen den tatsächlich experimentell bestimmten Werten, ergibt sich aus den starken, wirklichkeitsfremden Vereinfachungen einiger Rechenverfahren. So liefert das einfache Handrechenverfahren der NFPA 130 in der Regel¹ deutlich zu kurze Evakuierungszeiten. Dies wird dann ausgeglichen, indem neue Parameter „geschätzt“ werden. Dieser falsche Weg zielt nur darauf ab ein falsches Verfahren zu retten, weil es weniger Aufwand bedeutet.

Tatsächlich führen solche „effektiven Parameter“ nur bei einer sehr geringen Anzahl von Personen zu einer höheren und damit konservativeren Evakuierungszeit gegenüber einem vollwertigen Rechenverfahren. Bei hohen Personenzahlen führt die stark nichtlineare Dichteabhängigkeit dieser Parameter dazu, dass in realistischen Rechenverfahren deutlich niedrigere Parameterwerte tatsächlich in die Berechnung eingehen als die im Umlauf befindlichen „effektiven Parameter“. Damit folgen für realistische Verfahren längere Evakuierungszeiten. Realistische Verfahren mit korrekten, experimentell belegten (dichteabhängigen) Parametern sind die konservativeren Berechnungen².

¹ Das verkürzte Berechnungsverfahren der NFPA 130 soll keine realistische Evakuierungszeit bestimmen, sondern eine Optimierungsgröße für das Design für Neuanlagen ergeben, der mit einem fiktiven von diesem Verfahren abhängigen Zielwert verglichen wird.

² Aus einem nicht konservativen Verfahren kann man auch durch „effektive Parameter“ nicht das Gegenteil herstellen.

1.4 Bedingungen der Berechnungen

Die beschriebenen und bewerteten Evakuierungssimulationen beziehen sich auf den Planstand vom 11.11.2011.

Die Lage der Laufwege sowie die Position der Einbauten (z.B. Stützen, Fahrschein- und Snackautomaten, usw.) sind die Parameter, die sich nicht maßgeblich auf die resultierenden Bewegungszeiten auswirken.

Die Anordnung der Unterführung und der Treppenanlagen und deren Abmessungen bilden den Haupteinfluss auf die Evakuierungszeiten.

1.5 Verwendete Unterlagen

Pläne			
Inhalt / Darstellung	Stand	Maßstab	Quelle / Ersteller
In dem endgültigen Nachweis verwendet			
4595_Entwurf A2_2011-11-11	11/2011	1:1.000	Planungsbüro Vogelsang
Daten und Diagramme			
Übersichtzeichnungen der Wagen Bombardier ET442 (3EGH489002-8101 BL1 N 4-tlg NUE 18-05-10)	2010	1:50	Bombardier
111219 Halteplatz S3 bei Sonderhalten Frankenstadion	12/2011	-	Herr Schimmich DB Regio

2. Nutzung der S-Bahn-Haltestelle

Die S-Bahn-Haltestelle Frankenstadion dient als Haltestelle für das gleichnamige Fußballstadion, in dem Großveranstaltung mit Ordnungsdiensten (z.B. Fußballspiele) sowie Großveranstaltungen ohne Ordnungsdienste (z. B. Konzerte) ausgerichtet werden. Bei den Ordnungsdiensten handelt es sich z.B. um die Polizei, die DB-Sicherheit oder private Sicherheitsunternehmen.

Die S-Bahn-Haltestelle liegt auf der Bahnlinie Regensburg-Nürnberg. Sie wird sowohl vom regulären Zugbetrieb angefahren als auch bei Sonderveranstaltungen genutzt, wobei die Nutzung bei Sonderveranstaltungen überwiegt.

Die Haltestelle verfügt über zwei Gleise in Richtung Nürnberg-Hauptbahnhof, sowie in Richtung Regensburg. Die Haltestelle wird regelmäßig durch die S-Bahnlinie 2 und bei Großveranstaltungen zusätzlich durch die S-Bahnlinie 3 angefahren.

Bei Großveranstaltungen nutzen im Wesentlichen Fußballfans der Spiele des 1. FC Nürnberg den Haltepunkt. Außerdem wird die Haltestelle bei weiteren Großveranstaltungen wie die Deutsche-Touren-Meisterschaften, Rock im Park und unterschiedlichen Konzertereignissen im Jahr besonders genutzt. Normalerweise halten die Züge mit einer Taktung von 10 Minuten abwechselnd auf den beiden Gleisen. Bei Verspätungen kann es jedoch zu Überschneidungen kommen, so dass ggf. zwei Züge parallel auf beiden Gleisen halten.

3. Ziel der Untersuchung

Bahnreisende können den Bahnsteig über drei Treppenanlagen verlassen. Im vorliegenden Evakuierungsnachweis wird das Personenaufkommen für die östlich gelegene Treppenanlage mit Unterführung und Fußweg untersucht. Der Fußweg dient als Verbindung zwischen der Unterführung und dem weiterführenden Weg zum Stadion. Der derzeitige Fußweg ist geradlinig (Abbildung 1). Wegen des geplanten Büro- und Verwaltungsgebäudes der Teambank muss der Lauf des Fußwegs geändert werden.

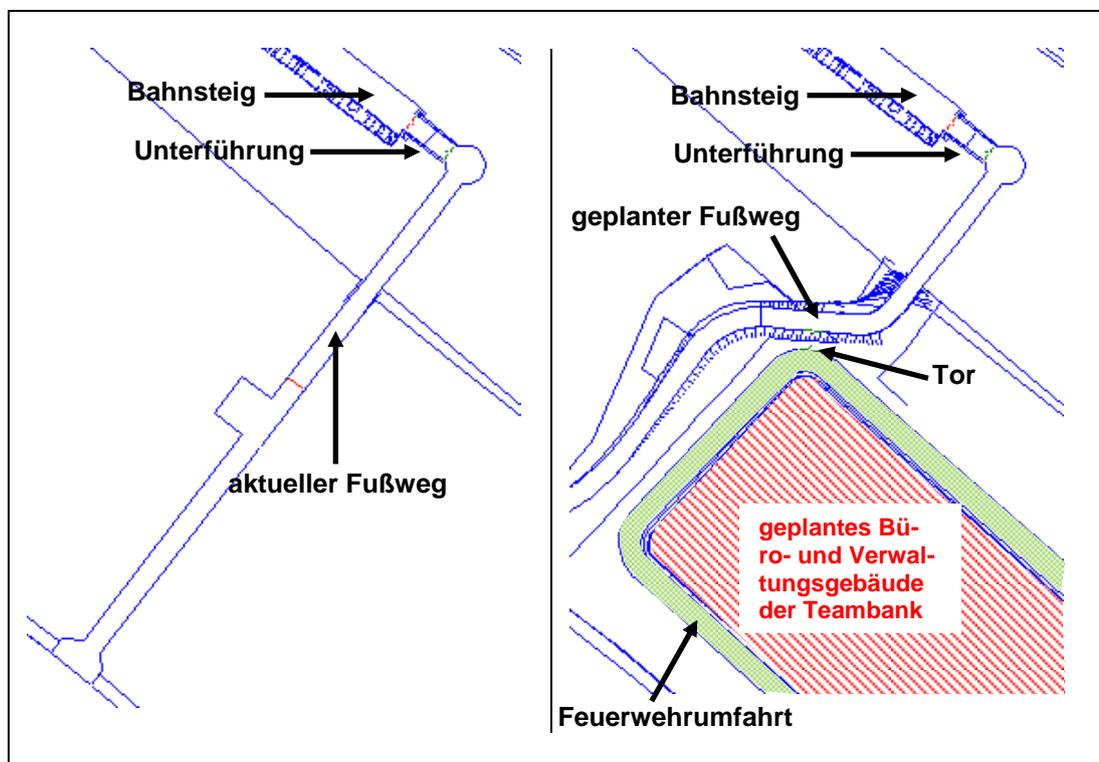


Abbildung 1: Darstellungen der derzeitigen (L) und geplanten (R) Fußwege.

Das Ziel der Untersuchung besteht zum Einen darin, eine Entfluchtung von Bahnreisenden, die sich auf dem Bahnsteig der S-Bahn-Haltestelle Frankenstadion aufhalten, über den derzeit vorhandenen geradlinigen Fußweg mit einer Entfluchtung über einen geplanten gebogenen Fußweg zu vergleichen (Vergleich Szenarien 1 und 2). Dabei wird in den Szenarien 1 und 2 die östlich gelegene Treppenanlage mit Unterführung und Fußweg

mehr und die mittlere Treppenanlage sowie die westliche Treppenanlage weniger belastet.

Um eine Ganzheitlichkeit zu erzielen, wurde außerdem das Szenario 3 simuliert. In diesem Szenario werden im Gegensatz zu den Szenarien 1 und 2 die mittlere Treppenanlage und die westliche Treppenanlage mehr und die östlich gelegene Unterführung weniger belastet. Dabei wird bei einer Entfluchtung über die östlich gelegene Treppenanlage mit Unterführung der gebogene Fußweg zugrunde gelegt.

Zum Anderen soll die erforderliche Zeit ermittelt werden, die benötigt wird, einen voll besetzten Zug und einen voll besetzten Bahnsteig über den neu geplanten Fußweg zu evakuieren (Szenario 4).

Dabei wird ausschließlich das Aufkommen von Bahnreisenden bei Großveranstaltungen mit Einsatz von Ordnungsdiensten betrachtet.

Bei Großveranstaltungen mit Einsatz von Ordnungsdiensten befindet sich auf dem Fußweg mindestens eine Kontrollstelle bzw. zwei Absperrungen, durch die alle Besucher durchströmen müssen (Abbildung 2). Dies bedeutet, dass bei einem Gefahrenfall auf dem Bahnsteig ein Evakuierungsstrom von Bahnreisenden in Richtung Stadion an der Kontrollstelle/Absperrung behindert wird, da die Sperrung in bestimmten Fällen auch im Evakuierungsfall nicht geöffnet wird (z. B. Verhinderung des Zusammentreffens von Fans von gegnerischen Fußballmannschaften). Im Notfall dürfen die an der Kontrollstelle/Absperrung positionierten Sicherheitskräfte ein Tor zu einer Feuerwehrumfahrt auf einem benachbarten Grundstück öffnen, über die die evakuierten Bahnreisenden flüchten können.

Ziel dieses Nachweises ist es weiterhin, eine angemessene Bewertung für die Lage sowie Dimensionierung des oben beschriebenen Tores zu erhalten.

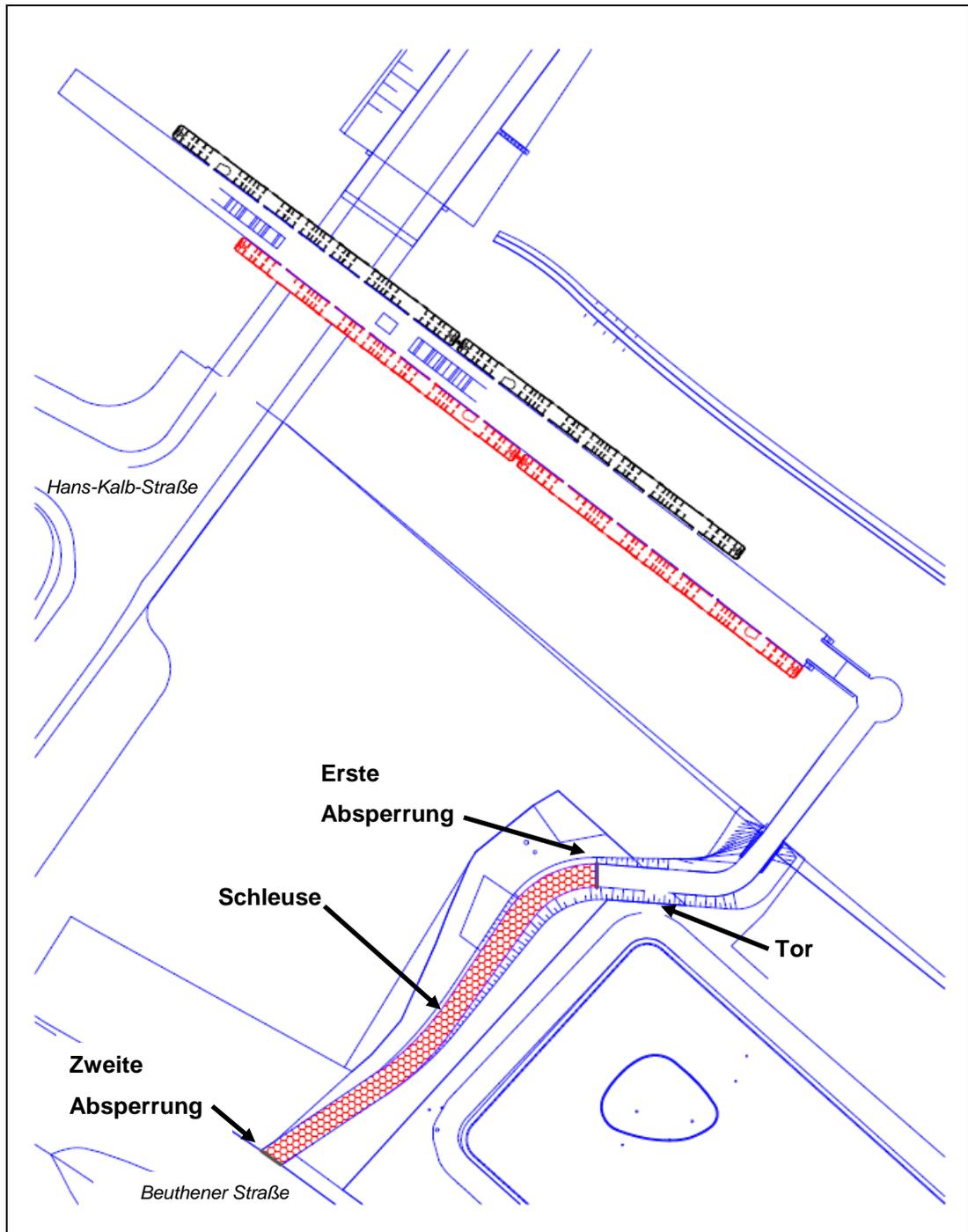


Abbildung 2: Darstellung der Lage der Schleuse und der Absperrungen.

4. Szenarien zur Untersuchung

Um die Auswirkungen des neu geplanten gebogenen Fußweges auf einen Evakuierungsstrom zu ermitteln, wurden die nachfolgend genannten vier Szenarien bei im Stadion stattfindenden Großveranstaltungen mit Einsatz von Ordnungsdiensten betrachtet.

Bei Großveranstaltungen ohne Ordnungsdienste (z. B. Konzerte), befinden sich, entgegen der Beschreibung in Abschnitt 3, bei den Szenarien 2, 3 und 4 üblicherweise keine Sicherheitskräfte im Verlauf des Fußweges. Bei solchen Veranstaltungen werden vom Veranstalter in der Regel außerhalb des Bereiches des Veranstaltungsortes keine besonderen Kontrollstellen vorgesehen, da nicht mit einer erhöhten Gewaltbereitschaft wie ggf. bei Fußballspielen zu rechnen ist. (So ist bei diesen Veranstaltungen keine getrennte Führung von Fans gegnerischer Fußballmannschaften erforderlich.)

In allen Szenarien wurde ein Zug der Baureihe ET-442 des Herstellers Bombardier verwendet. Dieser Zug wird ab diesem Jahr die Haltestelle Frankenstadion bei Großveranstaltungen als Transportmittel der S-Bahnlinie S3 anfahren. Der ET-442 verkehrt in der Regel in Doppeltraktion und kann insgesamt 936 Passagiere (2 mal 221 Sitzplätze und 2 mal 247 Stehplätze) aufnehmen. Der ET-442 ist auch deswegen für die Untersuchung maßgebend, weil er im Vergleich zu den anderen Zügen der S-Bahnlinie S2 die meisten Passagiere befördern kann.

4.1 **Szenario 1: Istzustand – Entfluchtung vor einer Veranstaltung im Stadion (Belastung östlich gelegene Treppenanlage mehr, übrige Treppenanlagen weniger)**

In Szenario 1 halten sich ca. 100 Personen auf dem Bahnsteig auf. Wegen Verzögerungen im Betriebsablauf sind außerdem zwei voll besetzte Züge gleichzeitig in die S-Bahn-Haltestelle eingelaufen und haben die

Personen auf den Bahnsteig entlassen. In der Folge müssen den Bahnsteig 1.972 Personen verlassen.

Aufgrund einer Gefahrensituation auf dem Bahnsteig müssen alle Personen vom Bahnsteig evakuiert werden. Da die Gefahrensituation in der Nähe der mittleren Treppe stattfindet, sind die mittlere Treppe und die westliche Treppe nur für die Personen verfügbar, die unmittelbar in der Nähe dieses Bereiches ausgestiegen sind. Es handelt sich um 1.074 Personen. Die Zahl ermittelt sich aus der Fluchtrichtung in Verbindung mit dem Standort der Gefahrensituation (unmittelbares Verlassen des Gefahrenbereiches in Richtung des nächstgelegenen Ausgangs).

Die übrigen Personen (898) durchqueren die östliche Unterführung von der S-Bahn-Haltestelle kommend und bewegen sich auf dem derzeit vorhandenen Fußweg in Richtung Stadion. Der bestehende Fußweg verläuft geradlinig von der Unterführung in Richtung Stadion. Kontrollstellen werden in diesem Szenario auf dem Fußweg nicht eingerichtet.

Die Ergebnisse des Szenarios 1 dienen hinsichtlich der ermittelten Evakuierungszeiten als Vergleichswerte für das Szenario 2. Um die Ergebnisse der beiden Szenarien sinnvoll vergleichen zu können, wird in Szenario 1 in der gleichen Entfernung vom Bahnsteig wie das Tor in Szenario 2 eine *Zwischenposition* für die Fliehenden festgelegt. Für diese *Zwischenposition* können die Zeiten, bis alle Personen die Position passiert haben, berechnet werden. Das heißt, es ist der Zeitpunkt ausschlaggebend, an dem die letzte Person die *Zwischenposition* passiert hat, bzw. durch das neu geplante Tor zur Feuerwehrumfahrt getreten ist.

4.2 **Szenario 2: Sollzustand – Entfluchtung vor einer Veranstaltung im Stadion (Belastung östlich gelegene Treppenanlage mehr, übrige Treppenanlagen weniger)**

In Szenario 2 ist weitestgehend die gleiche Situation vorhanden wie in Szenario 1. Aber in diesem Szenario wurde der Simulation der neu geplante gebogene Fußweg zugrunde gelegt.

In diesem Szenario wird außerdem die oben beschriebene Kontrollstelle auf dem Fußweg berücksichtigt. An der Kontrollstelle warten noch 120 Personen, die noch von dem vorherigen Takt, also einem anderen Zug, stammen.

Sobald ein Gefahrenfall auf dem Bahnsteig auftritt, muss durch die am Bahnsteig positionierten Ordnungskräfte die Information an das Sicherheitspersonal im Bereich der Kontrollstelle weitergegeben werden, damit diese das Tor zu der Feuerwehrumfahrt auf dem benachbarten Grundstück öffnen und den Personenstrom leiten können.

Die Personen zwischen Absperrung und Bahnsteig flüchten dann durch das Tor auf die Feuerwehrumfahrt des Nachbargrundstückes (siehe Abbildung 1).

4.3 **Szenario 3: Sollzustand – Entfluchtung vor einer Veranstaltung im Stadion (Belastung östlich gelegene Treppenanlage weniger, übrige Treppenanlagen mehr)**

In Szenario 3 ist weitestgehend die gleiche Situation vorhanden wie in Szenario 2. Jedoch ist in diesem Szenario der Gefahrenfall auf dem Bahnsteig verlagert. Die Gefahrensituation findet auf dem Bahnsteig zwischen der mittleren Treppenanlage und der östlich gelegenen Treppenanlage statt. Daher ist die östliche Treppe nur für die Personen verfügbar, die unmittelbar in der Nähe dieser Treppe ausgestiegen sind. Es handelt sich um 313 Personen. Die Zahl ermittelt sich aus der Fluchtrichtung in

Verbindung mit dem Standort der Gefahrensituation (unmittelbares Verlassen des Gefahrenbereiches in Richtung des nächstgelegenen Ausgangs).

Die übrigen Personen (1.779) flüchten über die mittlere Treppenanlage sowie die westliche Treppenanlage auf die Hans-Kalb-Straße und entfernen sich entlang der Straße aus dem Gefahrenbereich.

4.4 Szenario 4: Sollzustand – Entfluchtung nach einer Veranstaltung im Stadion

Bei dem Szenario 4 wird davon ausgegangen, dass der neu geplante Fußweg nach einer Großveranstaltung mit Einsatz von Ordnungsdiensten durch zwei Kontrollen/Absperrungen an den beiden Enden des Fußweges abgesperrt wird und als Schleuse fungiert. Die Kontrollen dienen dazu, von der Sonderveranstaltung im Stadion zurückkehrende Besucher taktweise in den S-Bahn-Haltestellenbereich einzuschleusen.

Die Veranstaltungsbesucher werden taktweise in die Schleuse eingelassen. Es werden nur so viele Besucher in die Schleuse eingelassen wie der Zug zum Abtransport aufnehmen kann.

Der Zug läuft ein und die Schleuse wird in Richtung Bahnsteig geöffnet. Die Personen strömen aus der Schleuse durch die Unterführung auf den Bahnsteig. Wenn der letzte Besucher die Schleuse verlassen hat, wird der Zugang zum Bahnsteig wieder abgesperrt.

Der Zugang in die Schleuse an der Beuthener Straße wird geöffnet, wenn der voll besetzte Zug abgefahren ist, und die Personen, die auf den nächsten Zug warten müssen, strömen in die Schleuse ein. Dies bedeutet, dass die Schleuse für die vor kurzem ausgeströmten Personen im Notfall als Evakuierungsweg nicht verfügbar ist.

Es wird im Szenario 4 davon ausgegangen, dass ein weiterer vollbesetzter Zug einfährt, in dem ein Brandereignis stattfindet, während die nächste „Zugladung“ sich auf dem Bahnsteig befindet, bzw. in Richtung Bahnsteig unterwegs ist. Die Personen aus dem brennenden Zug müssen ebenfalls aus dem Zug und vom Bahnsteig evakuiert werden.

Besonders ungünstig ist es, wenn das Ende des auf den Bahnsteig strömenden Personenstromes sich schon am Anfang der Unterführung befindet, d. h. außerhalb der Reichweite der Sicherheitskräfte ist, die an der letzten Absperrung stehen. In diesem Fall erhalten die Personen, welche als erstes den Bahnsteig erreichen bzw. auf diesem schon warten, unmittelbar eine Auskunft über die Gefahrensituation in dem eingefahrenen Zug und nehmen ggf. die aus dem Zug flüchtenden Personen wahr. Infolgedessen drehen sie sich zur Entfluchtung um und laufen in die Richtung zurück, aus der sie gekommen sind.

Im Gegensatz zu den Personen auf dem Bahnsteig erhält das Ende des Personenstromes keine Auskunft über die Gefahrensituation. Diese Personen werden also ihren Weg in Richtung Bahnsteig so lange fortsetzen, bis sie die neue Information zum Richtungswechsel erhalten. Somit kann durch den zeitlich verzögerten Informationserhalt in den Personenströmen eine Situation entstehen, in der die Personenströme aufgrund der entgegengesetzten Bewegungsrichtungen für einen gewissen Zeitraum zum Stillstand kommen.

Grundsätzlich gilt auch für das Szenario 4, dass durch die am Bahnsteig positionierten Ordner bzw. Polizisten die Information über einen Gefahrenfall in einem eingefahrenen Zug oder auf dem Bahnsteig an das Sicherheitspersonal im Bereich der Absperrung unmittelbar weitergegeben werden muss, damit diese das Tor zu der Feuerwehrumfahrt auf dem benachbarten Grundstück öffnen können.

Diese Sicherheitskräfte müssen die Räumung durch Anweisungen unterstützen: Sie müssen die letzten Personen im zum Bahnsteig fließenden Personenstrom über den Gefahrenfall informieren, damit sich die Information von zwei Seiten über die Ströme ausbreiten kann und sich diese möglichst schnell einheitlich in die Fluchtrichtung bewegen.

Alle Personen werden dann über das Tor und die Feuerwehrumfahrt des Nachbargrundstückes evakuiert.

Insbesondere beim Szenario 4 (Entfluchtung nach einer Veranstaltung im Stadion) ist das auf dem Fußweg vorgesehene Sicherheitspersonal, wie oben beschrieben, zur Weitergabe von Informationen und zur Öffnung des Tores von großer Bedeutung. Bei Veranstaltungen, bei denen keine Sicherheitskräfte auf dem Fußweg vorgesehen sind, besteht das Problem, dass zwei Personenströme, die über keine Informationen verfügen, gegeneinander laufen und die Personenströme nicht über das Tor und die Feuerwehruzufahrt abfließen können.

5. Simulation der Entfluchtungszeit mit SIMULEX

5.1 Allgemeines

SIMULEX ist ein Computer-Programm zur Berechnung der Entfluchtungszeit von sehr vielen Personen innerhalb eines ausgedehnten geometrisch komplexen Gebäudes bzw. Anlage. SIMULEX gehört wie auch EXODUS zu den international am weitesten verbreiteten Programmen zur Simulation von Evakuierungsbewegungen.

Das Programm verwendet als Eingabe Gebäudepläne im DXF-Format, einem offenen Standardformat zum Austausch von CAD-Daten. Personen können im Rahmen einer grafischen Oberfläche innerhalb des Gebäudeplanes positioniert werden. Der Nutzer kann Ausgänge in der grafischen Oberfläche definieren und verschiedener Pläne etwa als Ebenen vernetzen. Das Modell ermöglicht auf diese Weise zurzeit 100 Vernetzungen, 100 Treppenträume und 50 Ausgänge.

5.2 Funktionen

Das Modell erlaubt es, unterschiedliche Geschwindigkeiten der Fortbewegung zu verwenden, wie eine normale unbehinderte Gehgeschwindigkeit oder reduzierte Geschwindigkeiten infolge der Nähe anderer Personen. Es simuliert Überholvorgänge und Ausweichen. Die Wege der einzelnen Personen werden mit Hilfe von Funktionen bestimmt, welche die Entfernungen von jedem Punkt zu den Ausgängen darstellt.

Grundsätzlich werden Wege mit den kürzesten Entfernungen bevorzugt, wenn diese unbehindert sind. Durch die Wechselwirkung mit anderen Personen entstehen Ausweichrouten oder Wartezeiten durch Staus.

Die Berechnung ist als Multiagent-Modell einzuordnen. Dabei wird das Verhalten jeder Person in kleinen Zeitschritten individuell und in Wechselwirkung zu den anderen bestimmt.

Einzelnen Personen können unterschiedliche Eigenschaften wie Geschlecht, Alter etc. zugeordnet werden, die zu individuell unterschiedlichen Parametern führen. Diese Berechnungen in kleinen Teilschritten sind daher sehr zeitaufwendig.

Das Modell erlaubt es jedem Nutzer eine individuelle Reaktionszeit zuzuordnen. Hierzu können verschiedene statistische Verteilungen vorgegeben werden.

Intern verwendet SIMULEX ein Netz mit Zellenabständen von 0,2 m x 0,2 m. Diese „Auflösung“ des Modells ist kleiner als die Personenausdehnung.

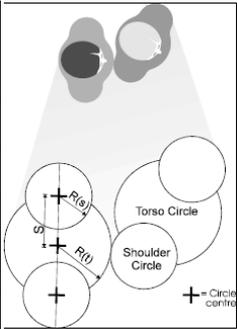
5.3 Darstellung

Das Programm verfügt über eine grafische Ausgabe, welche die gesamte Evakuierungsbewegung in jedem Bereich darstellen kann. Dadurch lassen sich Engpässe, an denen es zu Staus oder gar gegenseitigen Blockaden mit der Folge von panikartigen Zuständen kommt, einfach auffinden.

5.4 Personendarstellung

SIMULEX stellt Personen wie das in Deutschland weit verbreitete Programm ASERI als Kombination von Kreisen in einer abstrahierten Draufsicht dar. Der größte Kreis stellt dabei den Torso der Person dar, die beiden kleineren die Schultern, bzw. die Arme.

Personentyp	Torsoradius [m]	Schulterradius [m]	Schulterabstand [m]
Mann	0,27	0,17	0,11
Frau	0,24	0,14	0,09
Kind	0,21	0,12	0,07
ältere Person	0,24	0,14	0,09
Mittelwert	0,25	0,15	0,1



5.5 Personenzusammensetzung

SIMULEX erlaubt es ein Ensemble von Personen mit unterschiedlichen Eigenschaften zusammenzustellen. Diese können zwar grundsätzlich auch frei gewählt werden, die Standarteinstellungen von SIMULEX entsprechen allerdings realistischen Zählungen. Sie werden daher hier nicht verändert. Damit ist eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen SIMULEX-Simulationen gegeben.

Personen	Typ der Personenzusammensetzung			
	Bürobesetzung	Nahverkehr	Käufer	Schulbesetzung
Mann	60%	50%	35%	3%
Frau	40%	40%	40%	7%
Kind	-	10%	15%	90%
ältere Person	-	-	10%	-

Für die folgenden Berechnungen wurde die Personenzusammensetzung „Nahverkehr“ verwendet.

Die Personenzusammensetzungen beziehen sich auf alle individuellen Parameter der Personen, nicht nur auf ihre Größe, sondern insbesondere auch auf ihre Geschwindigkeiten.

5.6 Geschwindigkeiten

SIMULEX verwendet die stark dichteabhängige Personengeschwindigkeit in der Form einer abstandsabhängigen Geschwindigkeit. Dadurch geht in die Ermittlung der Individualgeschwindigkeit nur noch der Abstand zu der oder den jeweils nächsten Personen ein.

Dies ist einerseits eine rechnerische Vereinfachung für sehr große Personenzahlen, stellt aber vor allem - im Gegensatz zu Handrechnungen – einen lokalen Ansatz für die Dichte dar.

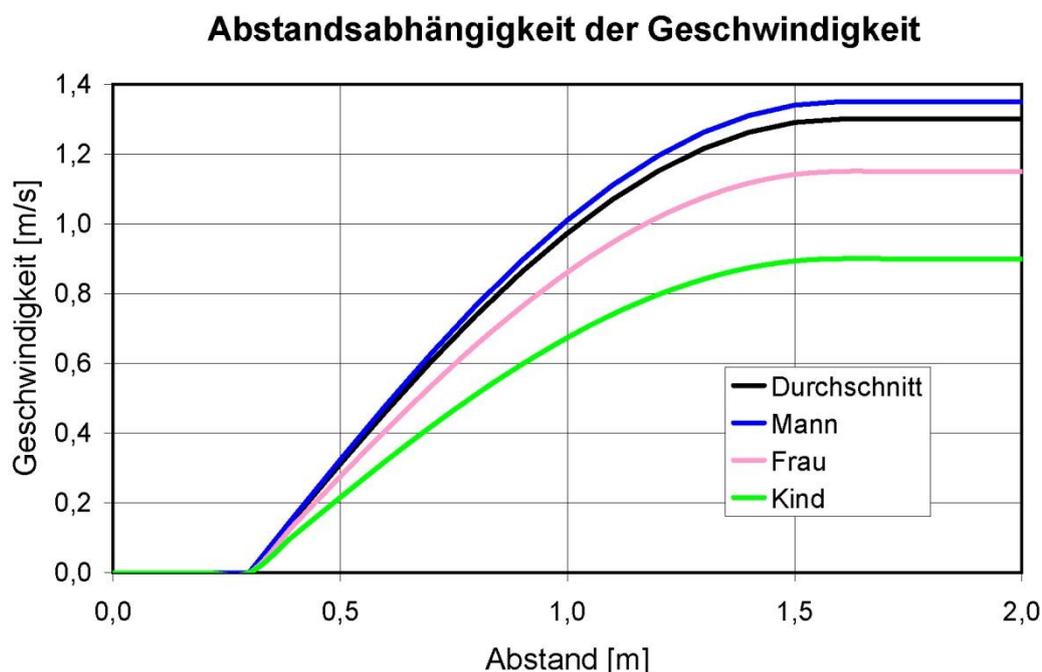


Diagramm der Geschwindigkeitsverteilung in Abhängigkeit vom Personenabstand in SIMULEX.

SIMULEX ordnet jeder Person eine zu der Personengruppe passende Individualgeschwindigkeit zu. Das heißt: es lässt für jede Personengruppe eine Geschwindigkeitsverteilung zu und ordnet der einzelnen Person eine Geschwindigkeit aus dieser Verteilung zu.

Dadurch entstehen wesentlich größere Geschwindigkeitsunterschiede zwischen den Personen, wodurch der Personenfluss, insbesondere an den Engstellen, von den langsameren Personen zusätzlich „ausgebremst“ wird. Dieser Umstand, dass sowohl schnellere als auch langsamere Personen in einer weit gefächerten Geschwindigkeitsverteilung vorkommen, gehört zu den sehr konservativen Annahmen in Programmen wie SIMULEX. Er ist zusammen mit der Abstandsabhängigkeit dafür verantwortlich, dass SIMULEX zu langen Entfluchtungszeiten tendiert.

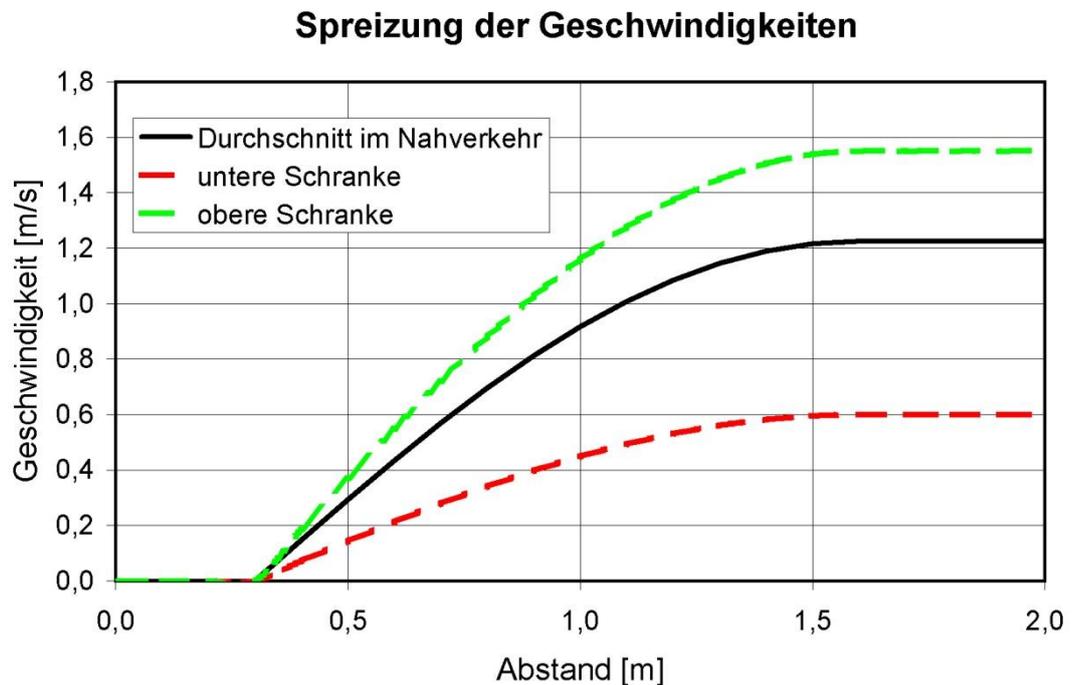


Diagramm der Schwankungsbreiten der Individualgeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Personenabstand. Die Durchschnittsgeschwindigkeit bezieht sich auf das Personenensemble „Nahverkehr“. Die resultierende Verteilung ist tatsächlich unsymmetrisch bezüglich dieser Durchschnittsgeschwindigkeit. Gerade die „Ausreißer“ nach unten behindern den Personenstrom stark.

Geschwindigkeiten auf den Treppen werden in diesem Modell relativ auf die Individualgeschwindigkeiten bezogen. Die Verhältnisse sind mit 35% treppauf und 50% treppab festgelegt. Dies stellt eine starke Vereinfachung dar und unterschätzt die Treppengeschwindigkeiten.

Dadurch entstehen auch mit der Abstandsabhängigkeit längere Staus vor den Treppen als mit einer exakten Parametrisierung. Erfahrungsgemäß hat der Effekt der Geschwindigkeitsverteilung jedoch den größeren Einfluss, so dass diese konservative Einstellung akzeptiert werden kann.

5.7 Abgrenzung

Wie in allen zur Zeit im Markt angetroffenen Evakuierungsmodellen werden nur Grundstrukturen des Personenverhaltens abgebildet; komplexere psychologische Verhaltensmuster wie das Ignorieren von Alarmierungssignalen, die Verweigerung von Anweisungen und das abschätzende Reagieren auf Handlungsweisen einer Mehrheit der Betroffenen sind dabei nicht im Modell integriert. Auch kennt das Modell kein besonderes Gruppen- oder Familienverhalten.

5.8 Literatur

Das Verfahren wird im Detail in folgenden technischen Unterlagen beschrieben:

„SIMULEX User Manual, Evacuation modeling software“, Integrated Environmental Solutions Inc., 2001.

„SIMULEX Technical Reference, Evacuation modeling software“, Integrated Environmental Solutions Inc., 2000.

Eigenschaften und Verhalten des Modells sowie seine Validierung sind veröffentlicht:

P. Thompson, E. Marchant: „SIMULEX; Developing New Computer Modelling Techniques for Evaluation“, Proc. 4th Int. Symp. on Fire Safety Science, 1994, S. 613ff

P. Thompson, E. Marchant: „A computer model for the evacuation of large building populations“, Fire Safety Journal 24(1995)131

P. Thompson and E. Marchant: „Testing and application of the computer model SIMULEX“, Fire Safety Journal 24(1995)149

P. Thompson and E. Marchant: „Computer and Fluid Modelling of Evacuation“, Safety Science 18(1995)277

P. Thompson et al.: „Modelling Evacuation in Multi-storey Buildings with SIMULEX“. Fire Engineers Journal 56(1996)6

- P. Olsson, M. Regan: 1998, „A comparison between actual and predicted evacuation times“, 1. Int. Symp. on Human Behavior in Fire, Univ. of Ulster, 1998, S. 461ff
- P. Thompson et al.: “SIMULEX: Analysis and Changes for IMO Compliance”, Proc. 2nd International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics, 2003, S. 173ff
- M. Spearpoint: “The Effect of Pre-evacuation Distributions on Evacuation Times in the SIMULEX Model“ Journal of Fire Protection Engineering 14(2004)33
- E. Kuligowski, J. Milke: “A Performance-based Egress Analysis of a Hotel Building using two Models“ Journal of Fire Protection Engineering 15(2005)287

6. Geometrische Situation

Die S-Bahn-Haltestelle Frankenstadion besteht aus einem überdachten Bahnsteig. Der Bahnsteig hat eine Länge von ca. 265 m und eine Breite von rund 3,9 m bis 5,8 m im westlichen Teil und von rund 7,6 m bis 7,8 m in den mittleren und östlichen Teilen.

Im Standardfall können die Bahnreisenden die Haltestelle über eine der drei Treppenanlagen verlassen (Abbildung 3). In der Mitte und im Westen des Bahnsteiges führen zwei Treppenanlagen zu den gegenüberliegenden Seiten der Hans-Kalb-Straße (Abbildung 4). Über die Treppenanlage im Osten wird über eine Unterführung ein Fußweg erreicht, der zur Beuthener Straße und weitergehend zum Stadion führt.

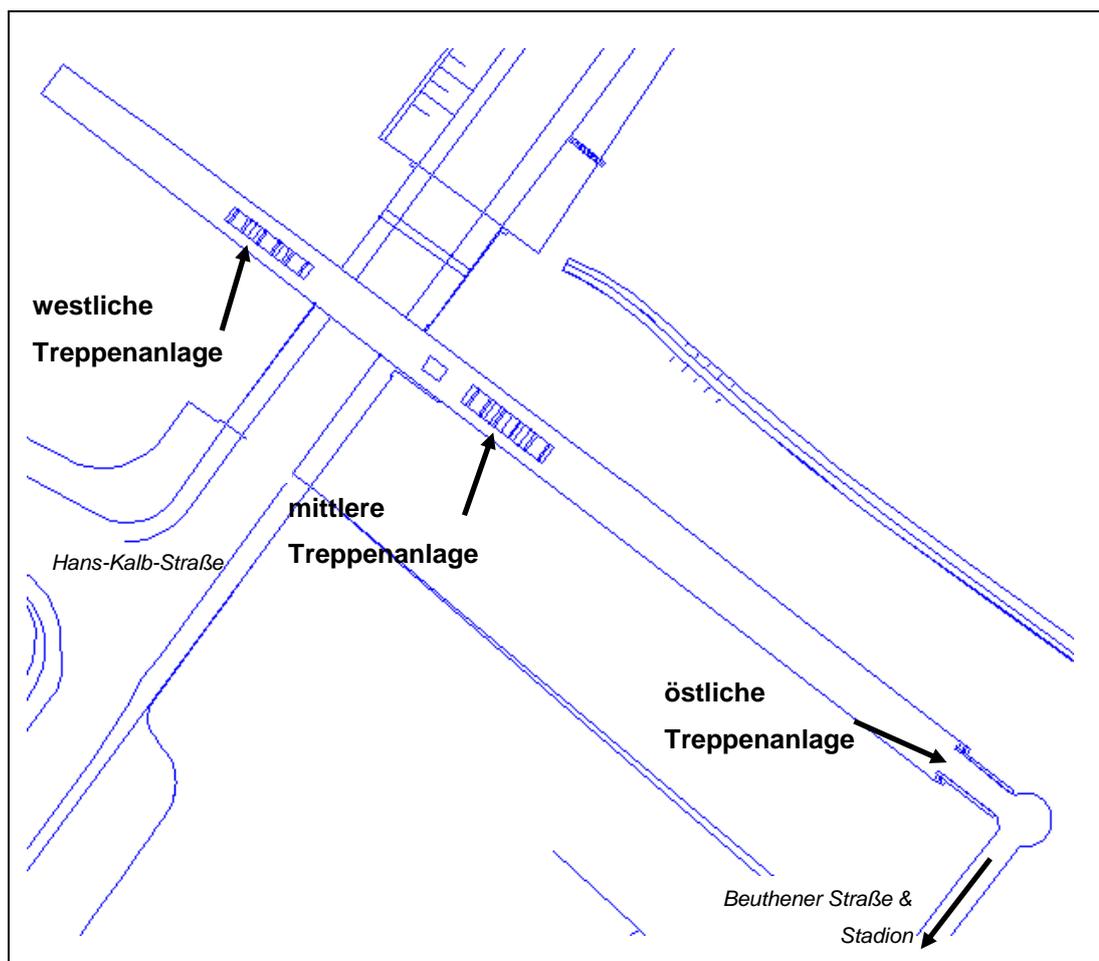


Abbildung 3: Darstellung der Lage der Treppenanlagen auf dem Bahnsteig.

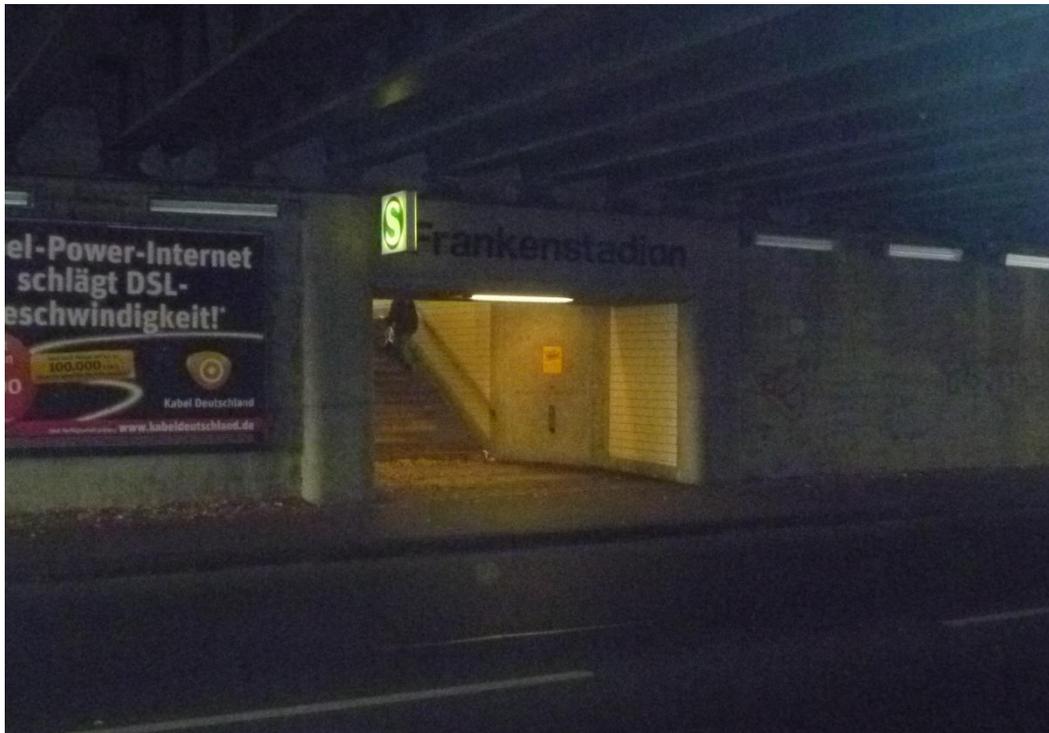


Abbildung 4: Der Ausgang der westlichen Treppenanlagen an der Hans-Kalb-Straße.

Die in der Simulation verwendeten Längen und Breiten der Treppenanlagen sowie der Unterführung und des Fußweges sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die Breiten der Bauteile wurden direkt aus den vorliegenden Planunterlagen entnommen. Die Längen der Treppenanlagen wurden anhand der horizontalen Längen gemäß Planunterlagen ermittelt.

Tabelle 1: Relevante lichte Breiten und Länge der Treppenanlagen.

Treppenanlage	Breite [m]	Länge [m]
westliche Treppenanlage	2,3	17,2
mittlere Treppenanlage	2,4	17,2
östliche Treppenanlage	4,2	12,4
Unterführung	4,5	38,3
Fußweg (bis zum Tor)	4,5	27,3

Mit dem geänderten Fußweg wird ein Notausgang bzw. ein Tor zu einer Feuerwehrumfahrt auf dem benachbarten Grundstück vorgesehen (Abbildung 5). Für die Simulation in Simulex wurde der Standort des Tores an der nahegelegenen Ecke des benachbarten Grundstückes und 27,3 m entfernt von der Unterführung angenommen. Außerdem wurde eine Breite des Tores von 4,5 m vorausgesetzt. Dies entspricht der Breite der Unterführung und des Fußweges.

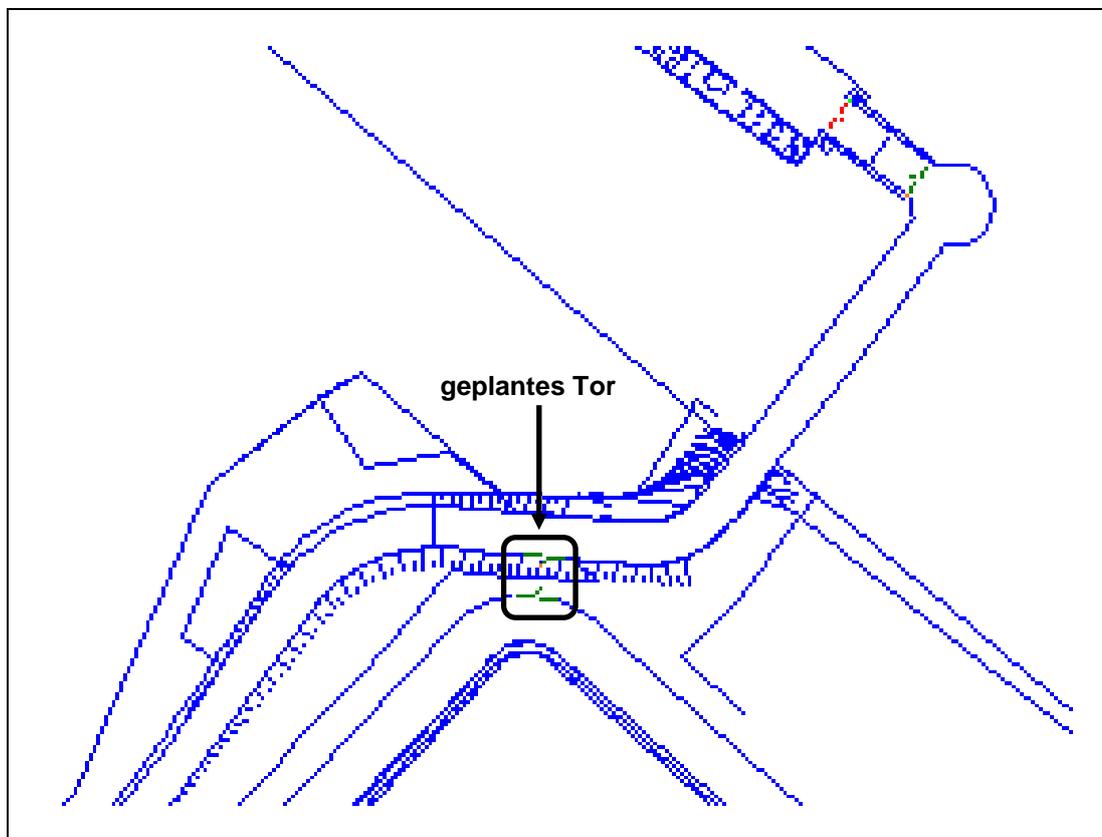


Abbildung 5: Darstellung der geplanten Notausgang bzw. Tor.

Bei Szenario 1 wurde in SIMULEX eine Zwischenposition 27,3 m entfernt von der Unterführung eingesetzt. Für die Zwischenposition können die Zeiten bis alle Personen die Position passiert haben, berechnet werden. Die Entfernung entspricht der Entfernung von der Unterführung bis zum Tor in den Szenarien 2, 3 und 4.

Bei den Szenarien 1, 2 und 3 sind zwei Züge in die Haltestelle eingefahren. Der in Richtung Südosten fahrende Zug hält in der Regel mit seinem

Fahrzeugvorderbau direkt neben der östlichen Treppenanlage an. Der Haltepunkt des in Richtung Nordwesten fahrenden Zuges ist ca. 160 m von der östlichen Treppenanlage entfernt. Die Züge haben jeweils eine Gesamtlänge von 144,6 m. Jeder Wagen besitzt sechs Türen, die jeweils eine lichte Breite von 1,3 m aufweisen.

7. Personenzahlen der Simulation

Es wurden Personenzahlen vom Auftraggeber auf Basis der Beförderungskapazität eines Zugs bereitgestellt. Diese Zählungen geben die maximale „Zugladung“ von 936 Personen wieder.

Für die Szenarien 1, 2 und 3 wurde angenommen, dass zwei voll besetzte Züge in die Haltestelle eingelaufen sind und sich 100 Personen auf dem Bahnsteig aufhalten, da sie z. B. einen vorherigen Zug nicht erreicht haben (Tabelle 2 und Tabelle 3). Weiterhin wird angenommen, dass sich bei den Szenarien 2 und 3 jeweils zusätzlich ca.120 Personen in der Nähe der Absperrung aufhalten, die vor der Kontrollstelle warten. Bei dem Szenario 4 wurde eine „Zugladung“ (936 Personen) auf dem Bahnsteig, in der Unterführung und auf dem Fußweg verteilt (Tabelle 4). Außerdem hält im Szenario 4 ein vollbesetzter Zug (936 Personen) am Bahnsteig.

Tabelle 2: Personenverteilung in Szenario 1.

Bereich	Teilbereich	Anzahl	rel. Anteil
Zug – Richtung Regensburg	Sitzplätze	442	22 %
	Stehplätze	494	25 %
Zug – Richtung Nürnberg	Sitzplätze	442	22 %
	Stehplätze	494	25 %
Bahnsteig	Gesamter Bahnsteig	100	5 %
		1.972	100 %

Tabelle 3: Personenverteilung in den Szenarien 2 und 3.

Bereich	Teilbereich	Anzahl	rel. Anteil
Zug – Richtung Regensburg	Sitzplätze	442	21 %
	Stehplätze	494	24 %
Zug – Richtung Nürnberg	Sitzplätze	442	21 %
	Stehplätze	494	24 %
Bahnsteig	Gesamter Bahnsteig	100	5 %
an der Absperrung	Außenbereich	120	6 %
		2.092	100 %

Tabelle 4: Personenverteilung in Szenario 4.

Bereich	Teilbereich	Anzahl	rel. Anteil
Zug – Richtung Regensburg	Sitzplätze	442	24 %
	Stehplätze	494	26 %
Bahnsteig	Gesamter Bahnsteig	635	34 %
Unterführung	östliche Treppenanlage	76	4 %
	Tunnel	190	10 %
Fußweg	Außenbereich	35	2 %
		1.872	100 %

8. Ergebnisse

Mit Hilfe der Simulation konnten die nachfolgend in Tabelle 5 aufgelisteten Ergebnisse ermittelt werden.

Tabelle 5: Entfluchtungszeit bis zu bestimmten Punkten (lichte Öffnungsmaße der Punkte gemäß Kapitel 6).

Szenarien	westliche Treppenanlage geräumt	mittlere Treppenanlage geräumt	östliche Treppenanlage geräumt	Tor passiert nach
Szenario 1	441 s (7:21 min)	159 s (2:39 min)	338 s (5:38 min)	443 s (7:23 min)
Szenario 2	437 s (7:17 min)	159 s (2:39 min)	353 s (5:53 min)	454 s (7:34 min)
Szenario 3	445 s (7:25 min)	486 s (8:06 min)	150 s (2:30 min)	nicht maßgebend
Szenario 4	121 s (5:21 min)	167 s (2:47 min)	482 s (8:02 min)	585 s (9:45 min)

Als sicherer Bereich wurde das Verlassen der Treppenanlagen betrachtet. Bei dem Szenario 1 liegt die Bewegungszeit bis zum Erreichen des sicheren Bereiches bei 7 Minuten 21 Sekunden. Zu diesem Zeitpunkt haben alle Personen den Bahnsteig verlassen.

Mit dem geänderten Fußweg in Szenario 2 liegt die Bewegungszeit bei 7 Minuten 17 Sekunden. Anhand der ermittelten Bewegungszeiten wird deutlich, dass bei Berücksichtigung aller Treppenanlagen die geplante Änderung des Fußweges keine Auswirkungen auf die Evakuierungszeit des Bahnsteiges hat.

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass die Evakuierungszeit nicht vom Verlauf des Fußweges, sondern von der Kapazität der westlichen Treppenanlage abhängt. In den Szenarien 1 und 2 dauert es am längsten die westliche Treppenanlage zu räumen.

Um das Szenario 1 mit dem Szenario 2 vergleichen zu können, wurden die Bewegungszeiten bis zur *Zwischenposition* (Szenario 1) bzw. bis zum Tor gemessen. In Szenario 1 (geradliniger Fußweg) erreichte die letzte Person die Zwischenposition in 7 Minuten 23 Sekunden. In Szenario 2 (neu geplanter gebogener Fußweg) passierte die letzte Person das Tor 11 Sekunden später. Die geringe Erhöhung beweist, dass die Änderung des Fußweges für die Evakuierung der Besucher nicht maßgebend ist.

Im Szenario 3 ist der Bahnsteig nach 8 Minuten 6 Sekunden geräumt. Die Räumung des Bahnsteiges dauert im Vergleich zu der Räumung bei den Szenarien 1 oder 2 ca. 50 Sekunden länger. Die längere Räumungszeit ergibt sich aufgrund der geänderten Personenverteilung auf die Treppenanlagen. Im Szenario 3 werden die mittlere Treppenanlage und die westliche Treppenanlage stärker belastet als die östliche Treppenanlage. Im Szenario 2 wird die östliche Treppenanlage hingegen stärker beansprucht als im Szenario 3. Da die mittlere Treppenanlage und die westliche Treppenanlage schmaler sind als die östliche Treppenanlage ergibt sich aufgrund der stärkeren Belastung dieser Treppenanlagen im Szenario 3 die längere Räumungszeit des Bahnsteigs gegenüber dem Szenario 2.

In Szenario 4 ist der Bahnsteig nach 8 Minuten 2 Sekunden geräumt. Da die Mehrzahl der Personen in diesem Szenario die östliche Treppenanlage benutzt, ist die westliche Treppenanlage gegenüber den anderen Szenarien nicht mehr als Engstelle maßgebend.

Bei den angegebenen Zeiten in Szenario 1, 2 und 3 handelt es sich ausschließlich um reine Bewegungszeiten. Reaktionszeiten sind nicht berücksichtigt. In Szenario 4 wurden aufgrund der vorhandenen zeitlichen Verzögerung der Informationsweitergabe (siehe Abschnitt 4.4) durch eingegebene verzögerte Bewegungszeiten die Reaktionszeiten der Personen simuliert. Das heißt, verschiedenen Personengruppen wurden unterschiedliche und zeitlich versetzte Startzeiten für ihre Bewegung auferlegt.

Durch das Simulationsverfahren selbst kann nur die Zeit der reinen Selbstrettungsphase festgestellt werden.

Abbildung 6 stellt die zeitliche Entwicklung der Summe der Personen im sicheren Bereich dar. Bei allen Treppenanlagen wuchs die Durchgangssumme reibungslos, bis die letzte Person die Treppen verlassen hat. Ab diesem Zeitpunkt pendelte jede Kurve ein.

Die Bewegungszeit von 443 Sekunden wird durch den Schnittpunkt der gestrichelten Linie mit der X-Achse gezeichnet.

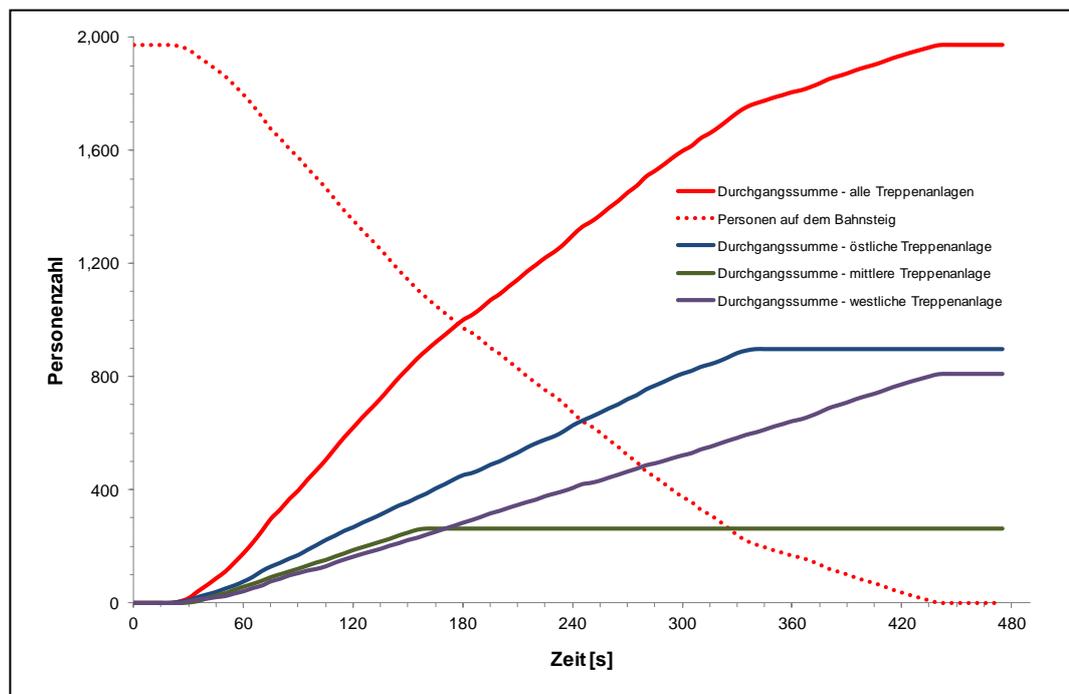


Abbildung 6: Szenario 1 - Die Durchgangssumme entspricht der Summe der Personen, die der Bahnsteig verlassen haben und stellt somit die Summe der Personen im sicheren Bereich dar. Die gestrichelte Linie stellt die Anzahl der Personen dar, die sich noch auf dem Bahnsteig oder einer Treppenanlage befinden.

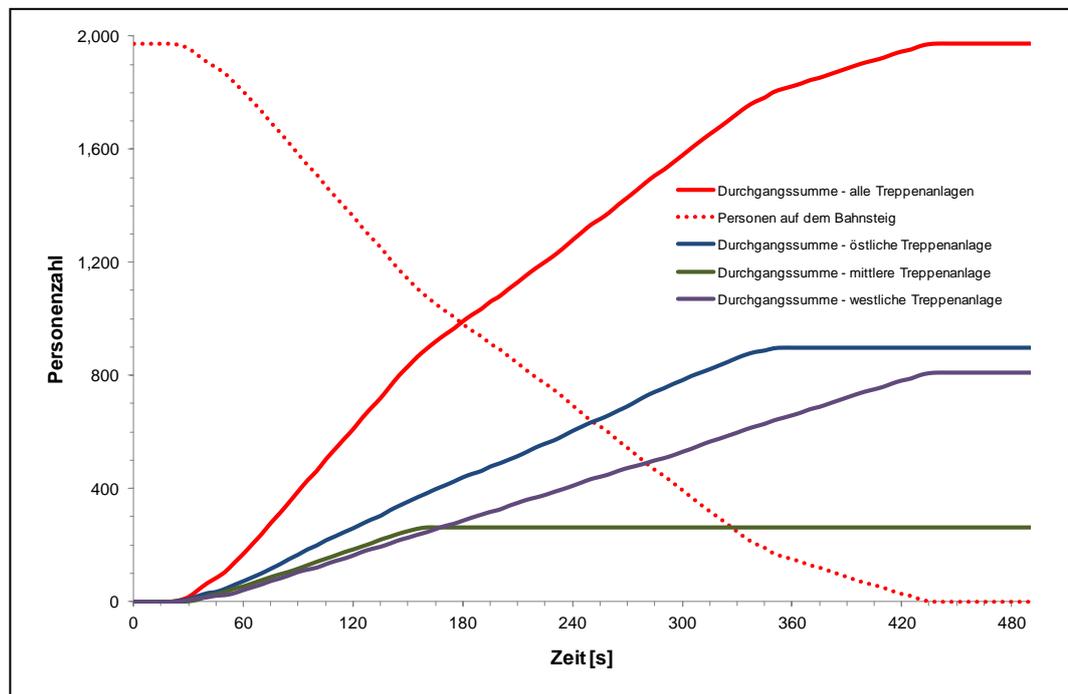


Abbildung 7: Szenario 2 - Die Durchgangssumme entspricht der Summe der Personen, die der Bahnsteig verlassen haben und stellt somit die Summe der Personen im sicheren Bereich dar. Die gestrichelte Linie stellt die Anzahl der Personen dar, die sich noch auf dem Bahnsteig oder einer Treppenanlage befinden.

Aus Abbildung 7 wird deutlich, dass es keinen wesentlichen Unterschied zwischen den Bewegungszeiten in den Szenarien 1 und 2 gibt. Alle Kurven für Szenario 2 gleichen den Kurven für Szenario 1 in Abbildung 6. Die Bewegungszeit von 454 Sekunden wird mit der gestrichelten Linie dargestellt.

Die Bewegungszeiten der Personen für Szenario 3 werden in Abbildung 8 dargestellt. Nur wenige Personen nutzen die östliche Treppenanlage, da diese Treppenanlage aufgrund des Gefahrenereignisses beschränkt ist. Nach 150 Sekunden traten keine weiteren Personen auf die östliche Treppenanlage. In diesem Fall flüchtet die Mehrzahl der Personen durch die westliche Treppenanlage und die mittlere Treppenanlage. Nach 486 Sekunden ist der Bahnsteig geräumt.

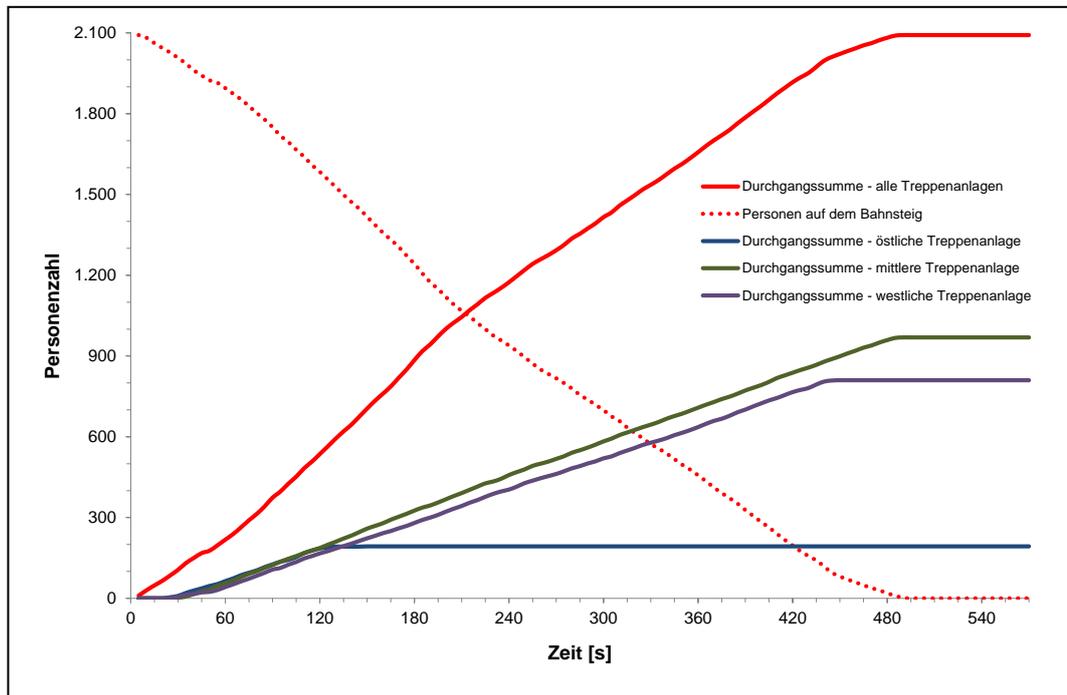


Abbildung 8: Szenario 3 - Die Durchgangssumme entspricht der Summe der Personen, die der Bahnsteig verlassen haben und stellt somit die Summe der Personen im sicheren Bereich dar. Die gestrichelte Linie stellt die Anzahl der Personen dar, die sich noch auf dem Bahnsteig oder einer Treppenanlage befinden.

Die Bewegungszeiten der Personen für Szenario 4 werden in Abbildung 9 dargestellt. Da der Zugang auf die mittlere und die westliche Treppe aufgrund des Gefahrenereignisses nur beschränkt möglich ist, nutzen nur wenige Personen diese Treppenanlagen. Daher kann die Evakuierung über diese Bereiche innerhalb von 167 Sekunden stattfinden. Die Mehrzahl der Personen flüchtet durch die östliche Treppenanlage. Nach 482 Sekunden ist der Bahnsteig geräumt.

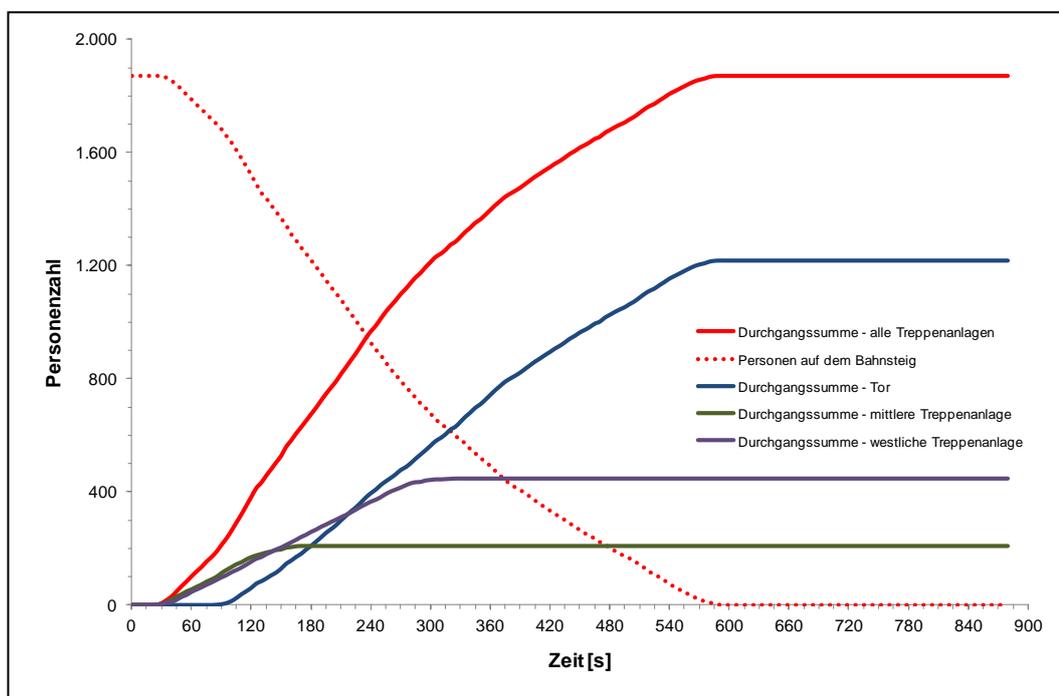


Abbildung 9: Szenario 4 - Die Durchgangssumme entspricht der Summe der Personen, die der Bahnsteig verlassen haben und stellt somit die Summe der Personen im sicheren Bereich dar. Die gestrichelte Linie stellt die Anzahl der Personen dar, die sich noch auf dem Bahnsteig, auf einer Treppenanlage, oder auf dem Fußweg befinden.

Die folgenden Abbildungen geben die simulierte Situation zu bestimmten Zeiten wieder. Jeder rote Punkt stellt eine Person dar. Die Abbildungen sind selbsterklärend.

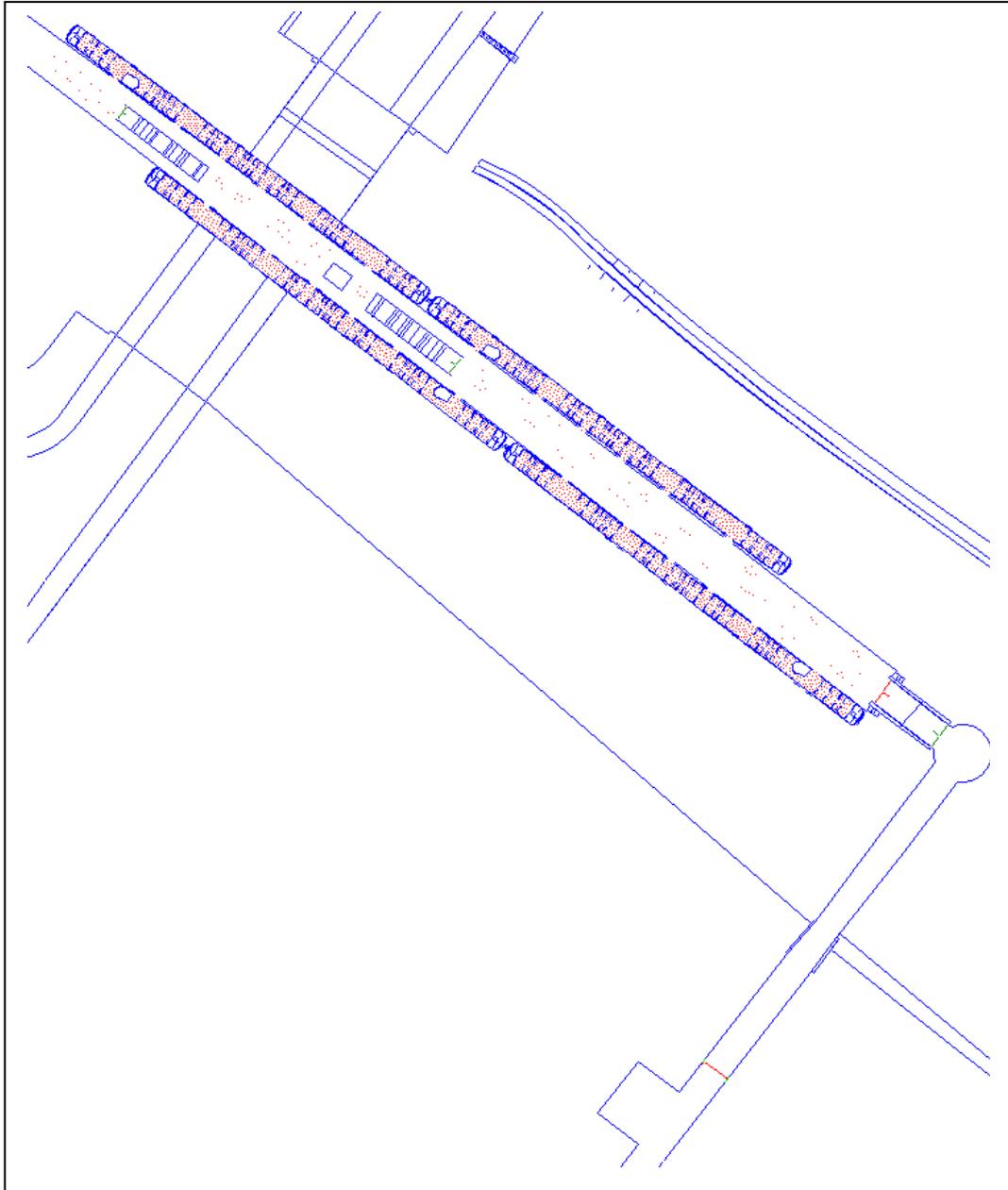


Abbildung 10: Geometrisches Modell beim Szenario 1 vor dem Simulationsstart.

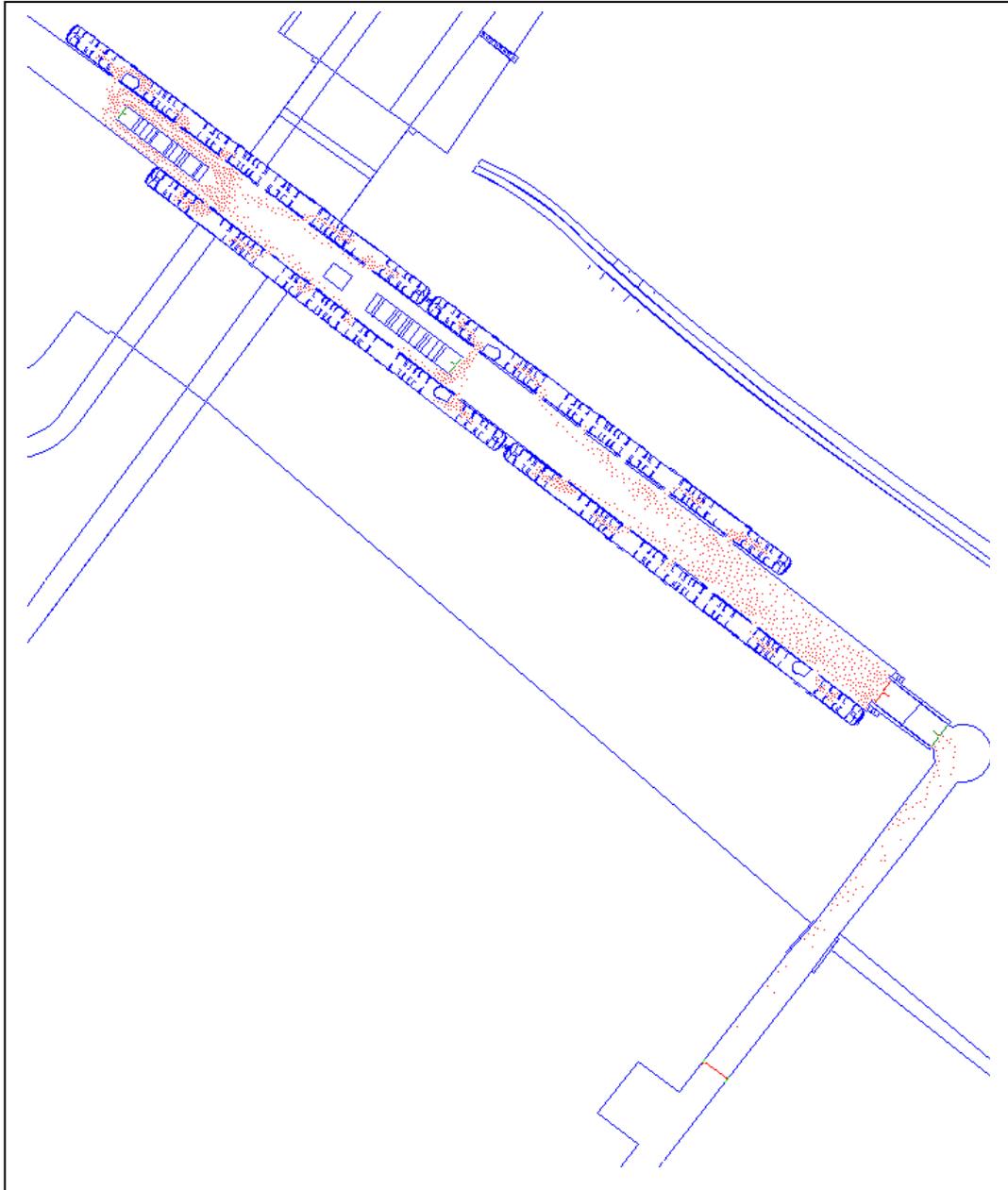


Abbildung 11: Geometrisches Modell beim Szenario 1 nach 60 Sekunden.

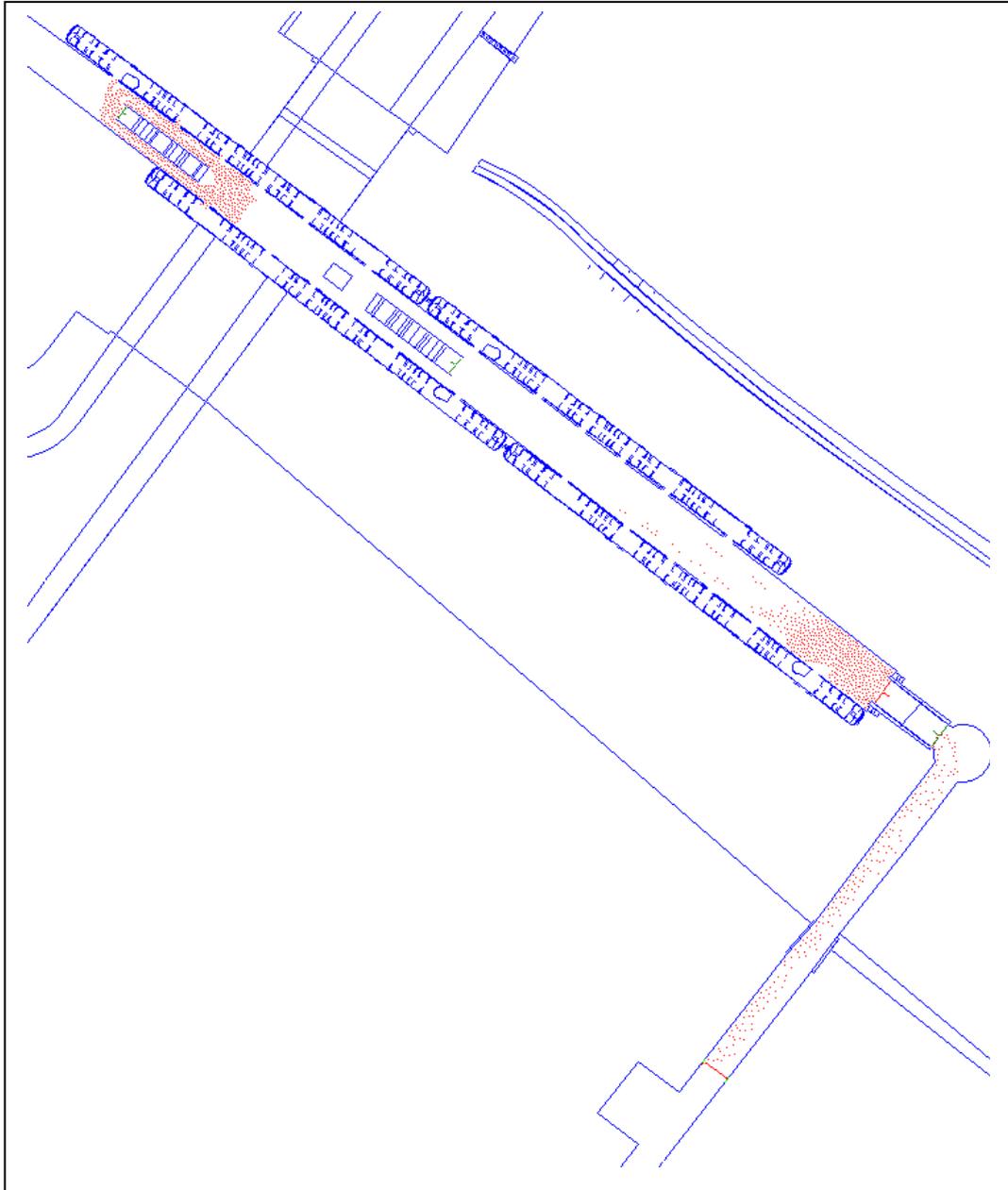


Abbildung 12: Geometrisches Modell beim Szenario 1 nach 120 Sekunden.

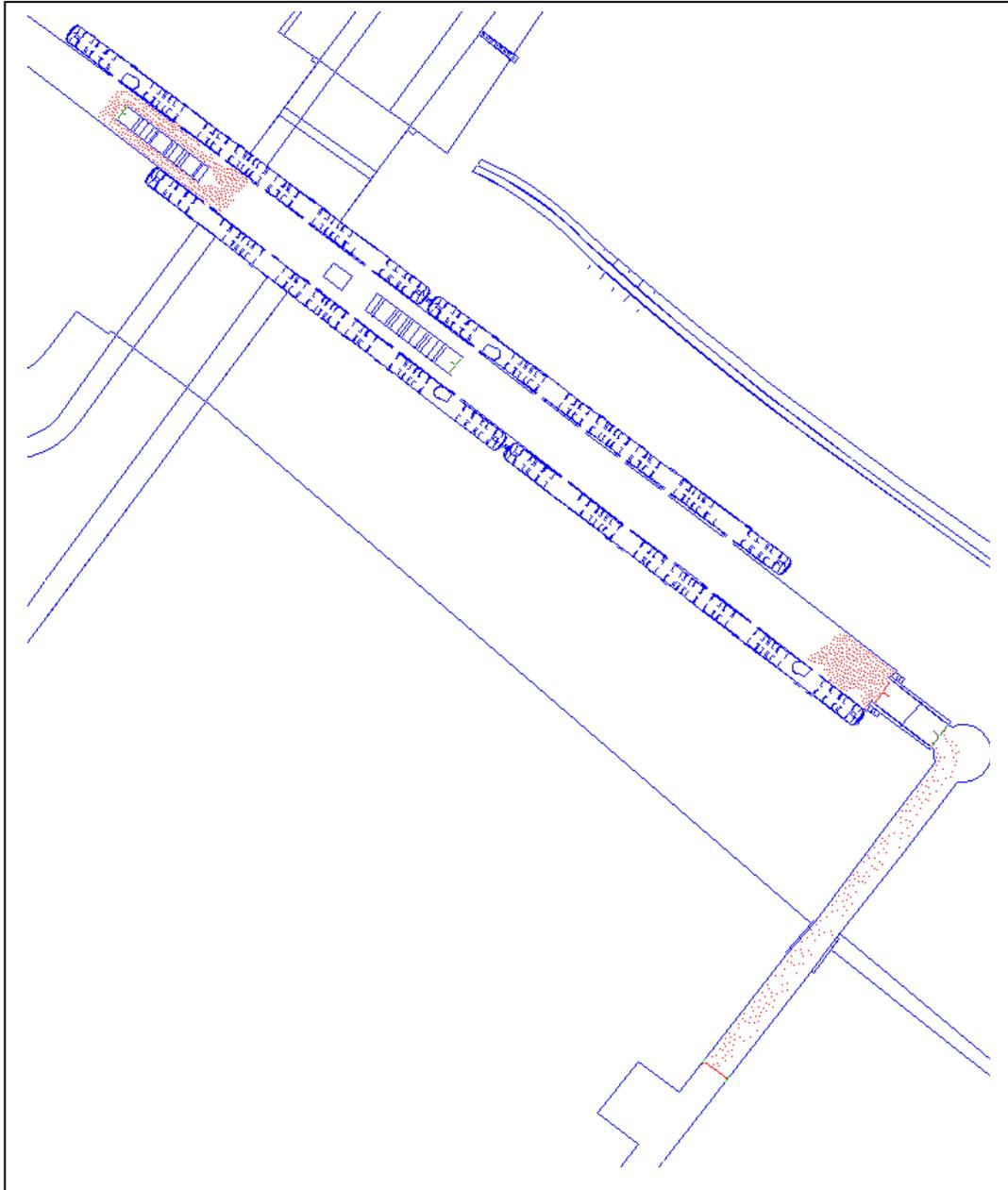


Abbildung 13: Geometrisches Modell beim Szenario 1 nach 180 Sekunden.

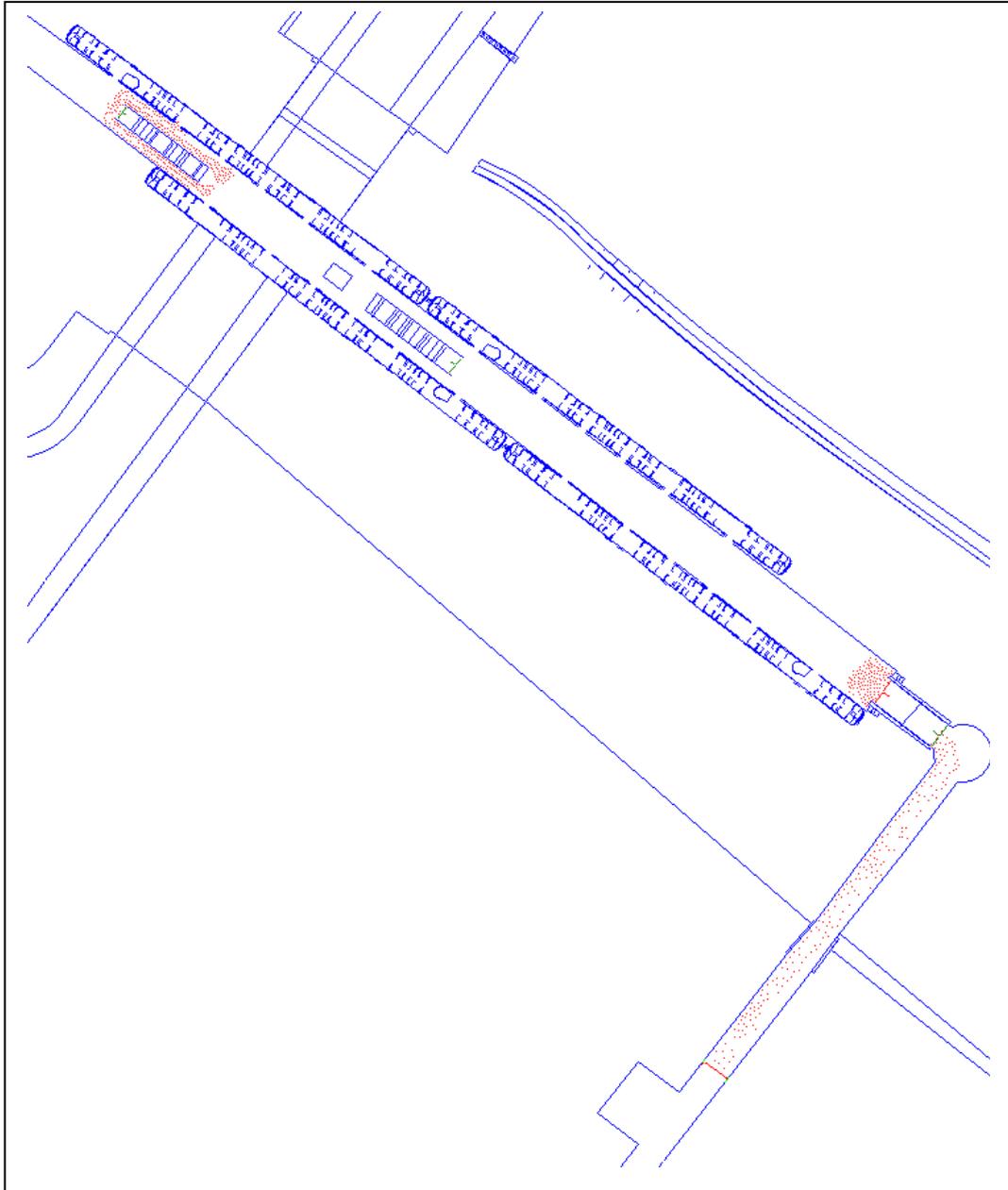


Abbildung 14: Geometrisches Modell beim Szenario 1 nach 240 Sekunden.

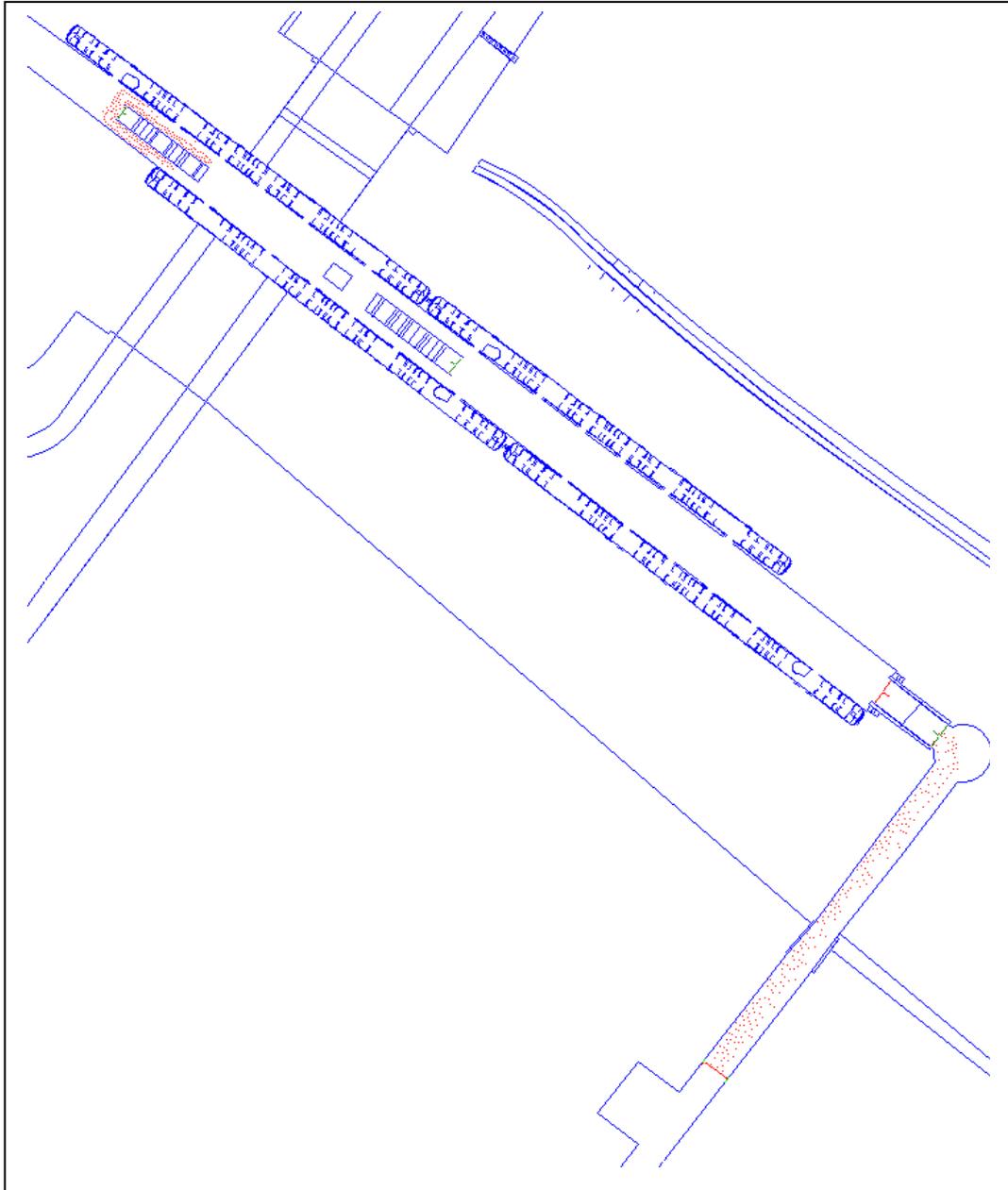


Abbildung 15: Geometrisches Modell beim Szenario 1 nach 300 Sekunden.

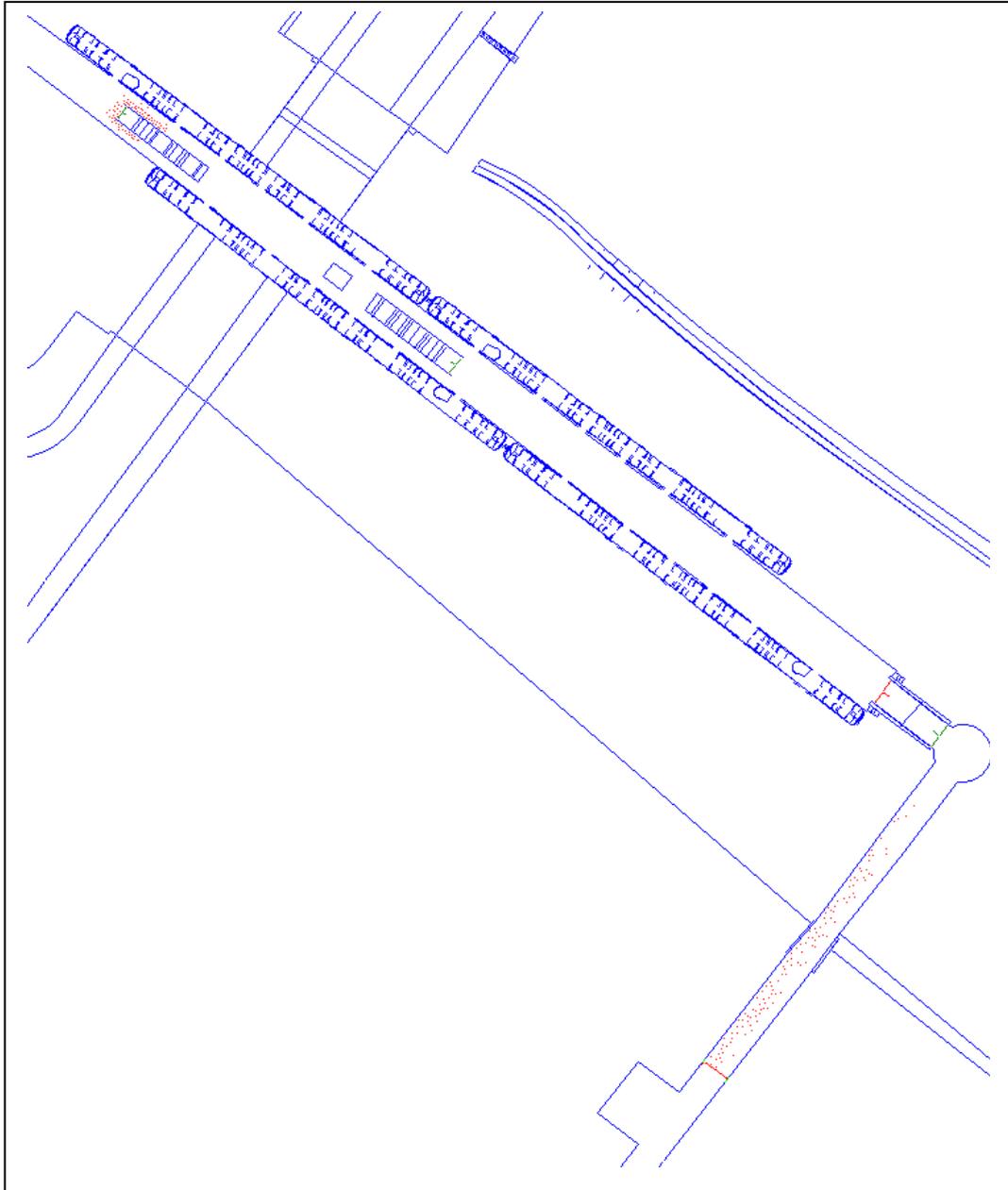


Abbildung 16: Geometrisches Modell beim Szenario 1 nach 360 Sekunden.

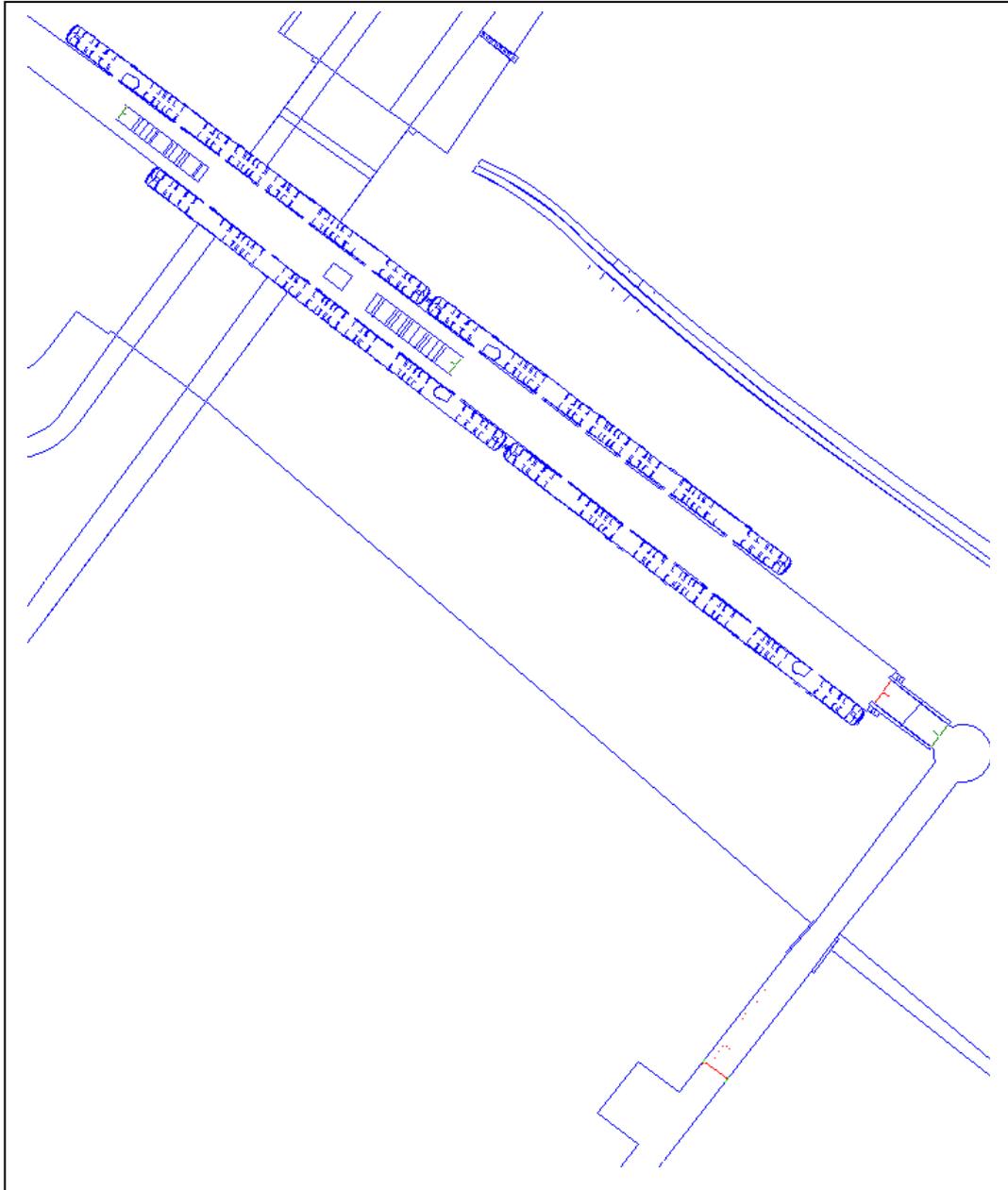


Abbildung 17: Geometrisches Modell beim Szenario 1 nach 420 Sekunden.

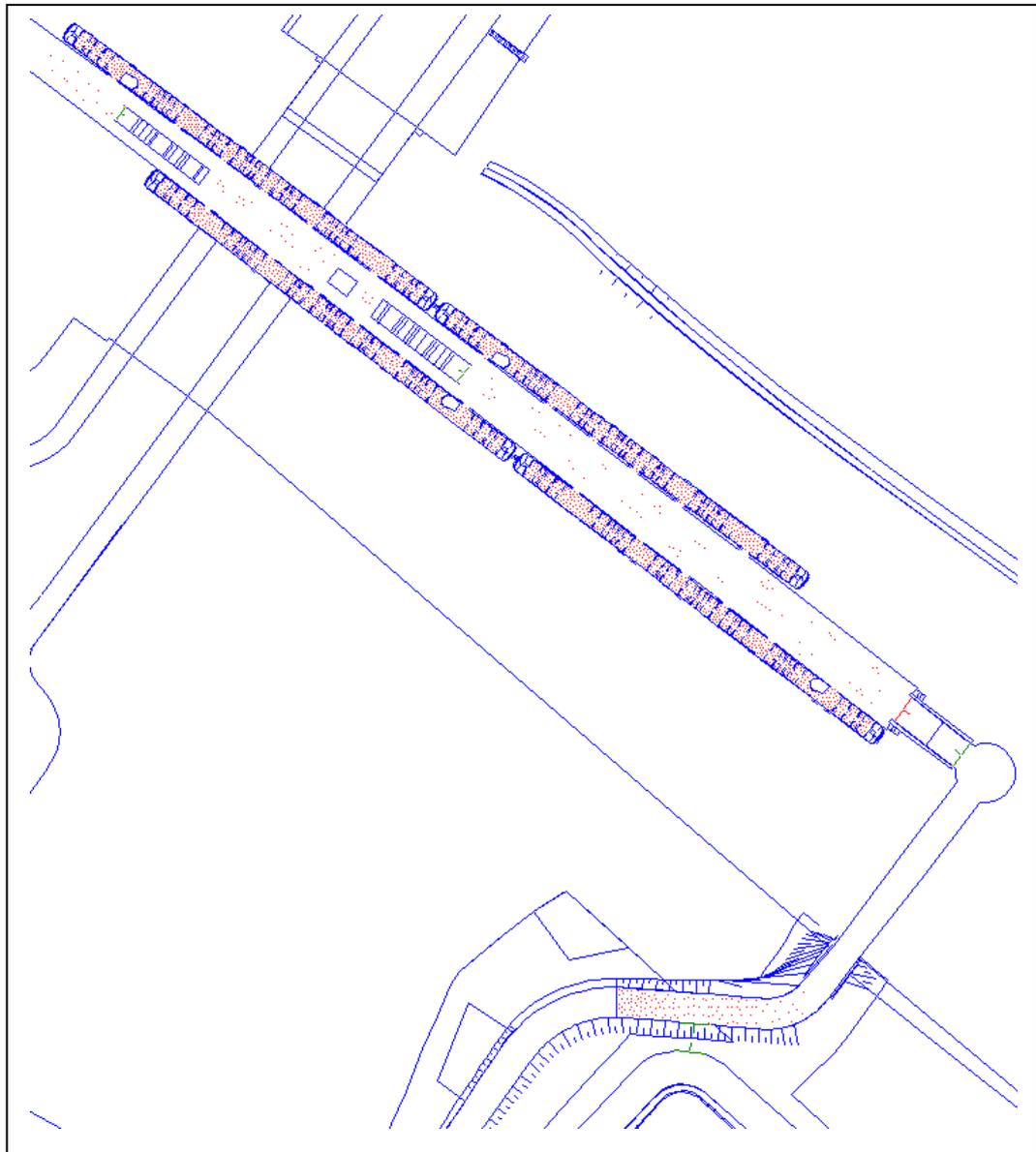


Abbildung 18: Geometrisches Modell beim Szenario 2 vor dem Simulationsstart.

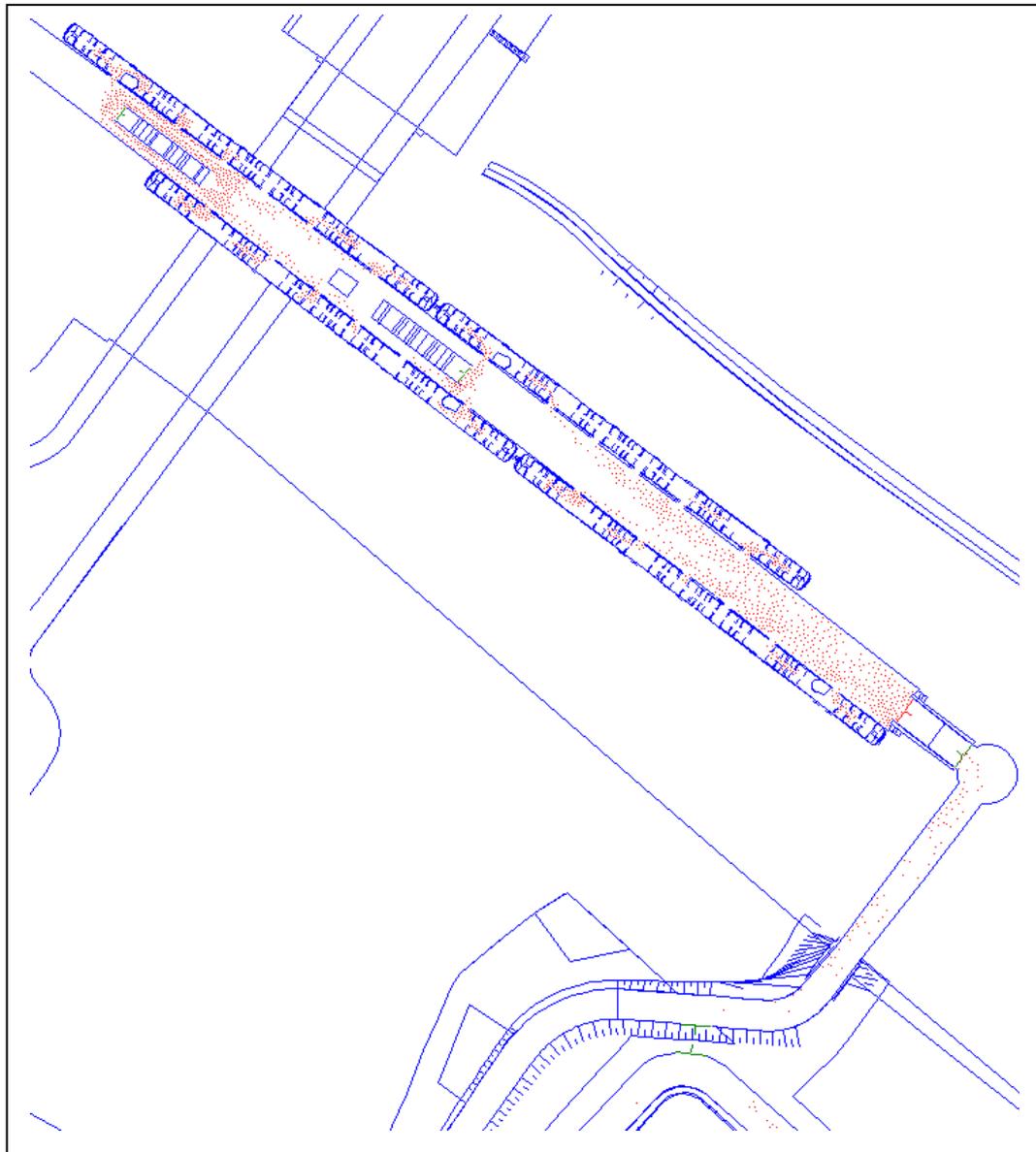


Abbildung 19: Geometrisches Modell beim Szenario 2 nach 60 Sekunden.

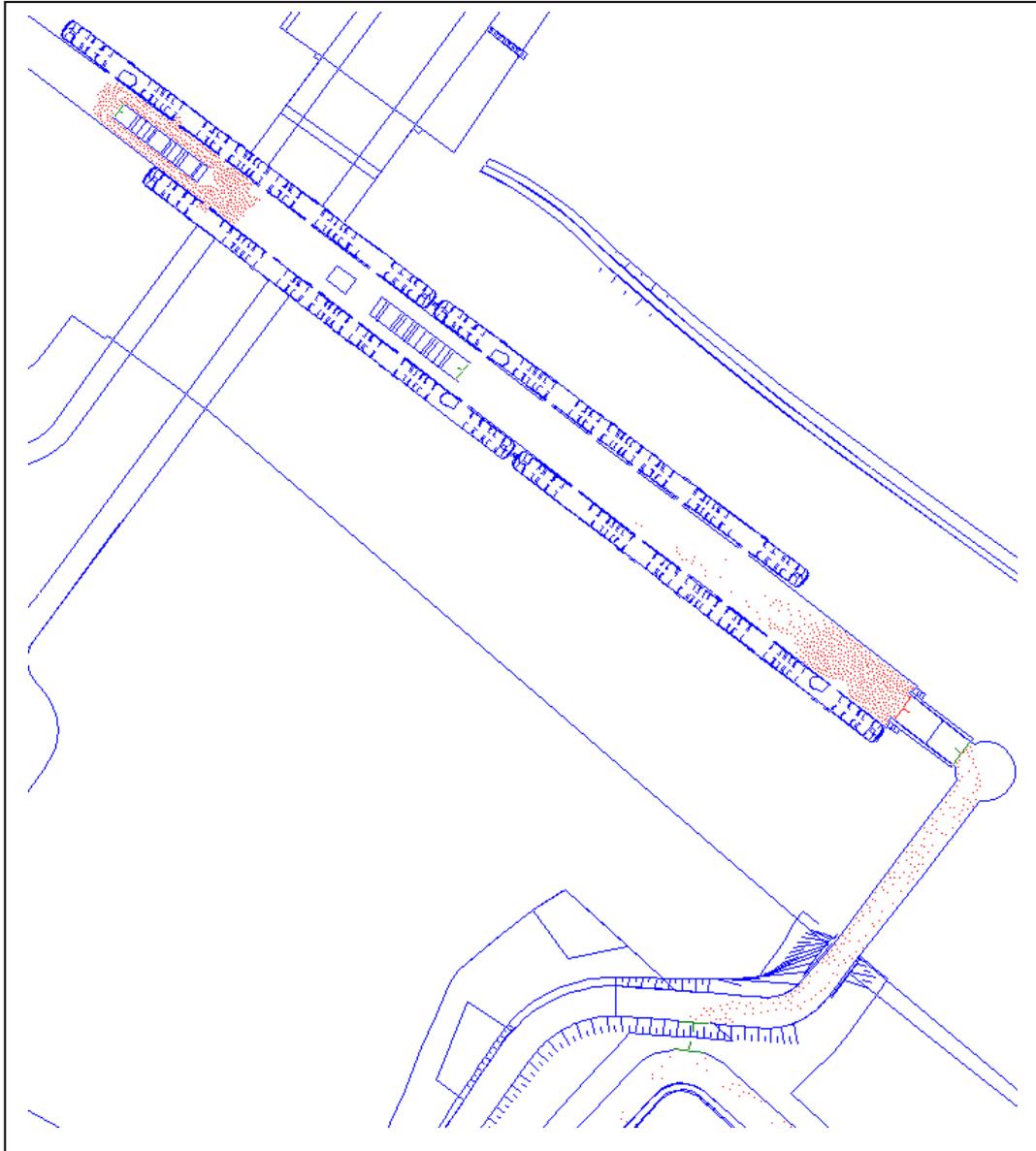


Abbildung 20: Geometrisches Modell beim Szenario 2 nach 120 Sekunden.

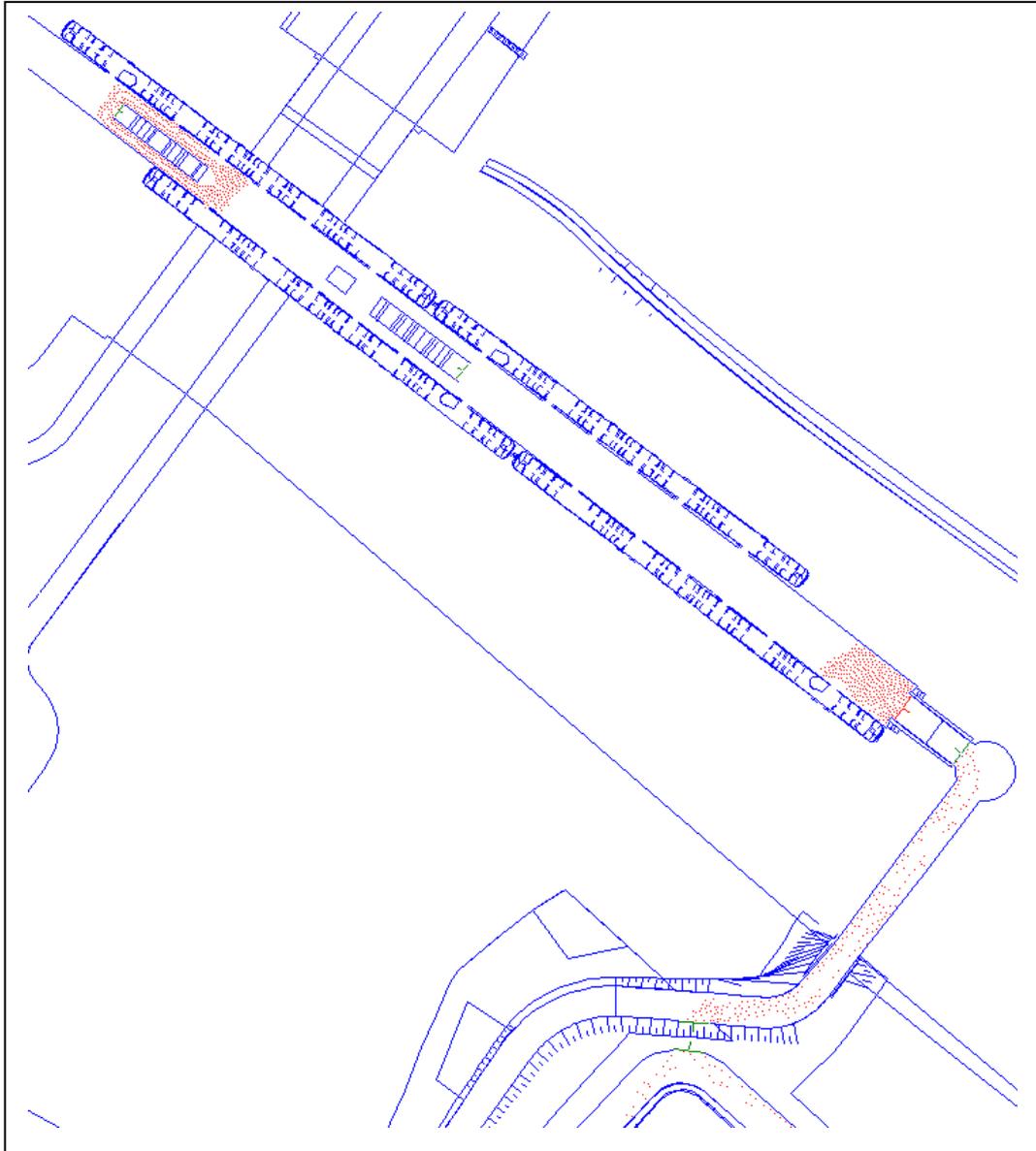


Abbildung 21: Geometrisches Modell beim Szenario 2 nach 180 Sekunden.

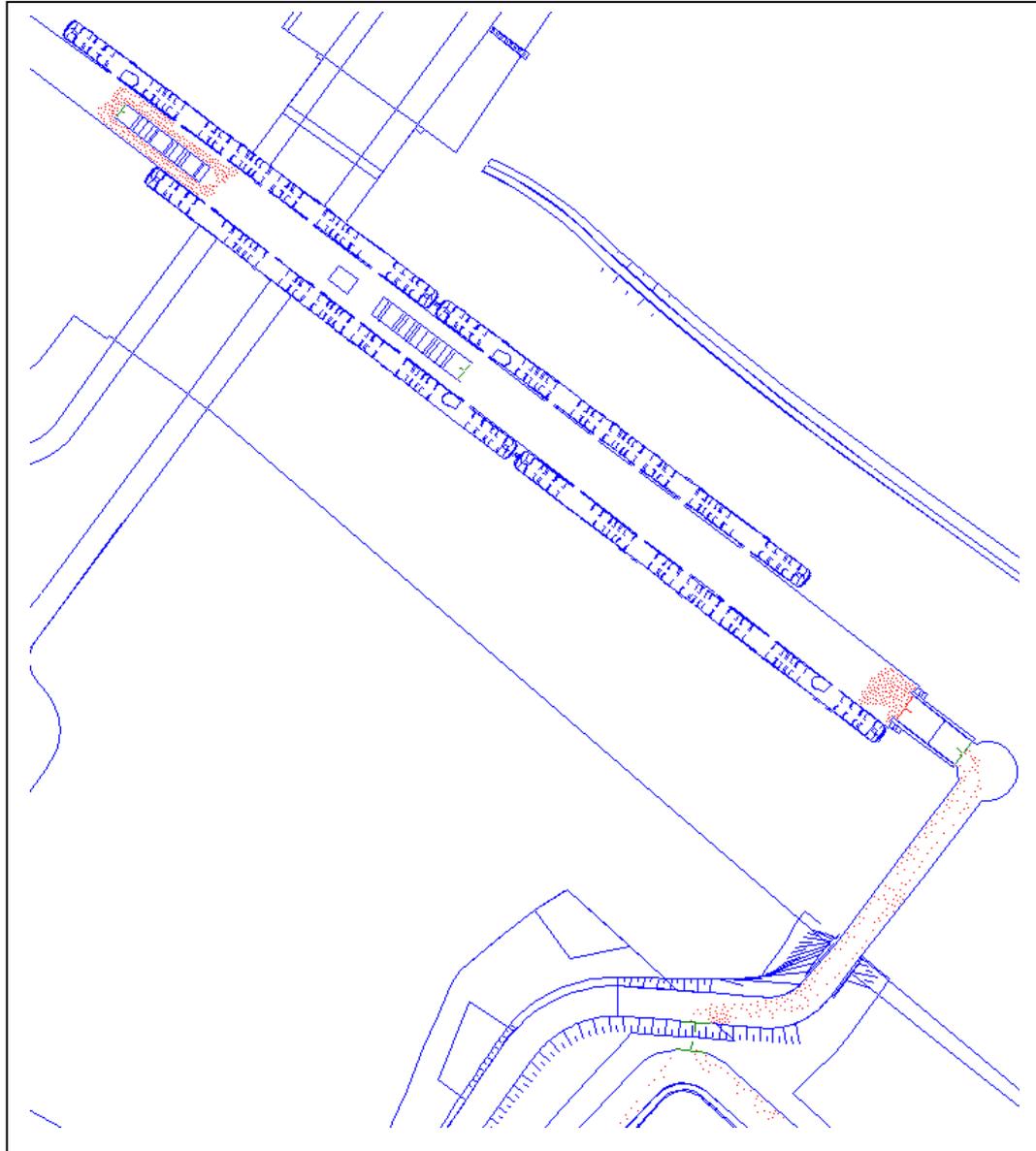


Abbildung 22: Geometrisches Modell beim Szenario 2 nach 240 Sekunden.

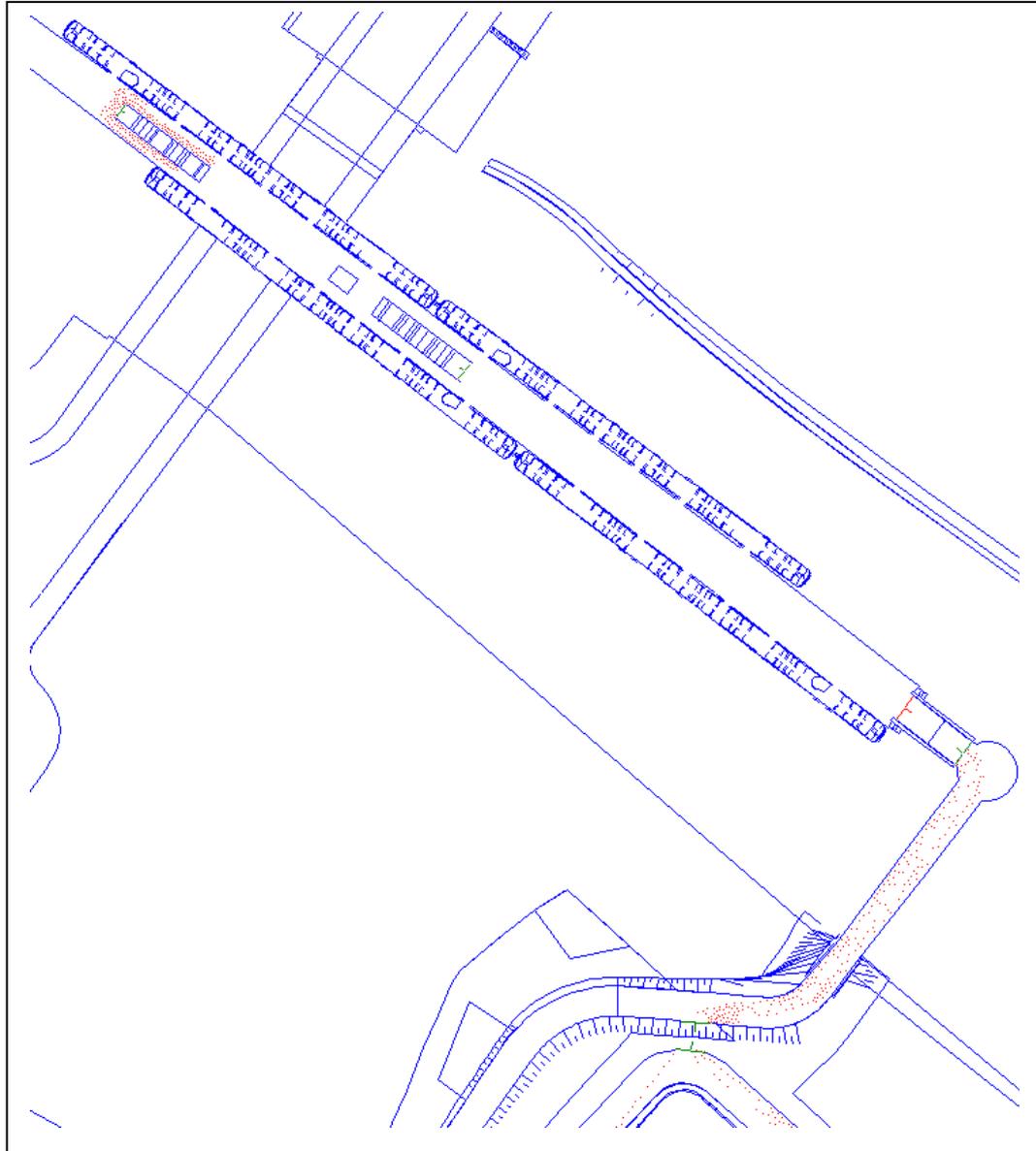


Abbildung 23: Geometrisches Modell beim Szenario 2 nach 300 Sekunden.

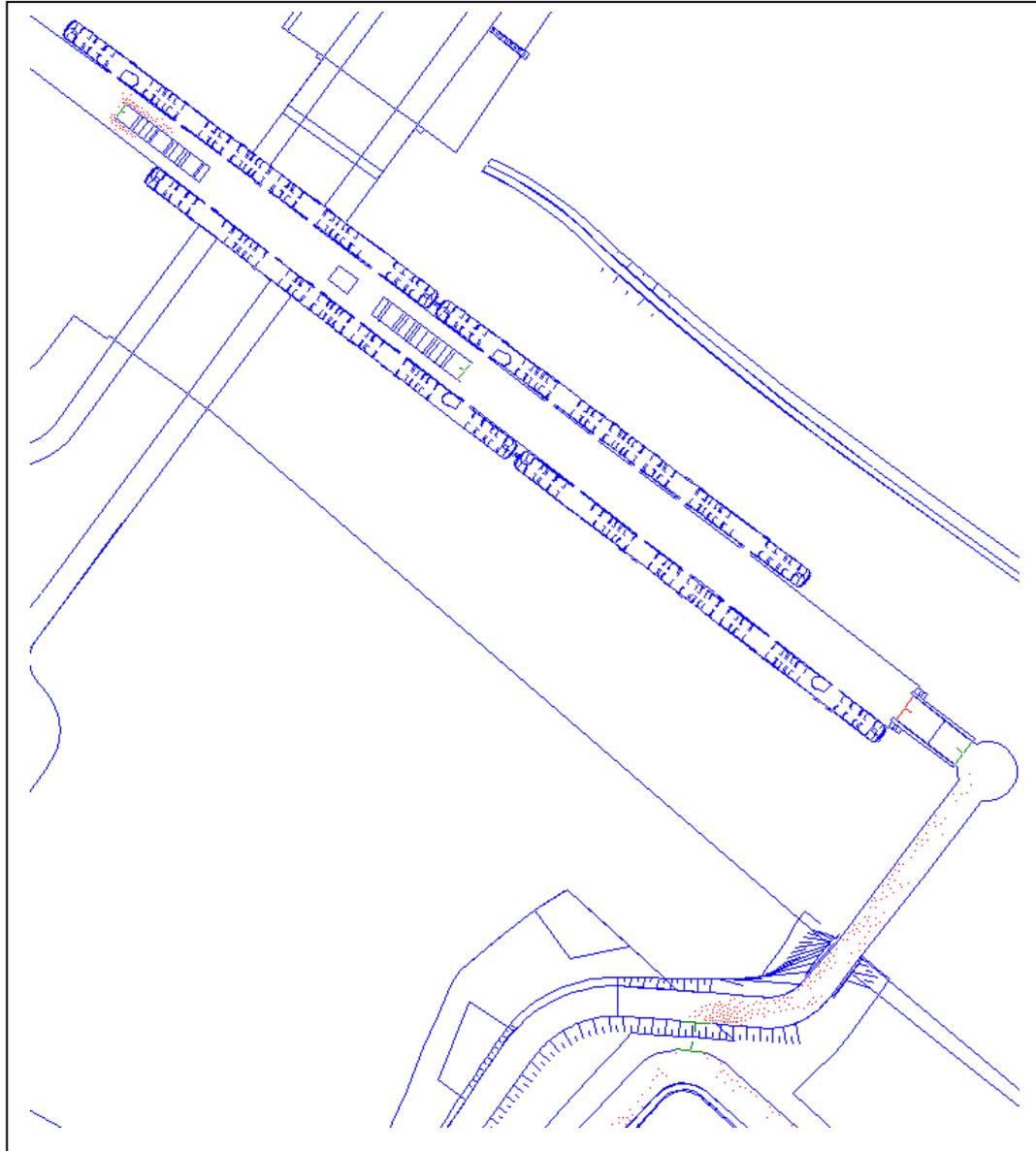


Abbildung 24: Geometrisches Modell beim Szenario 2 nach 360 Sekunden.

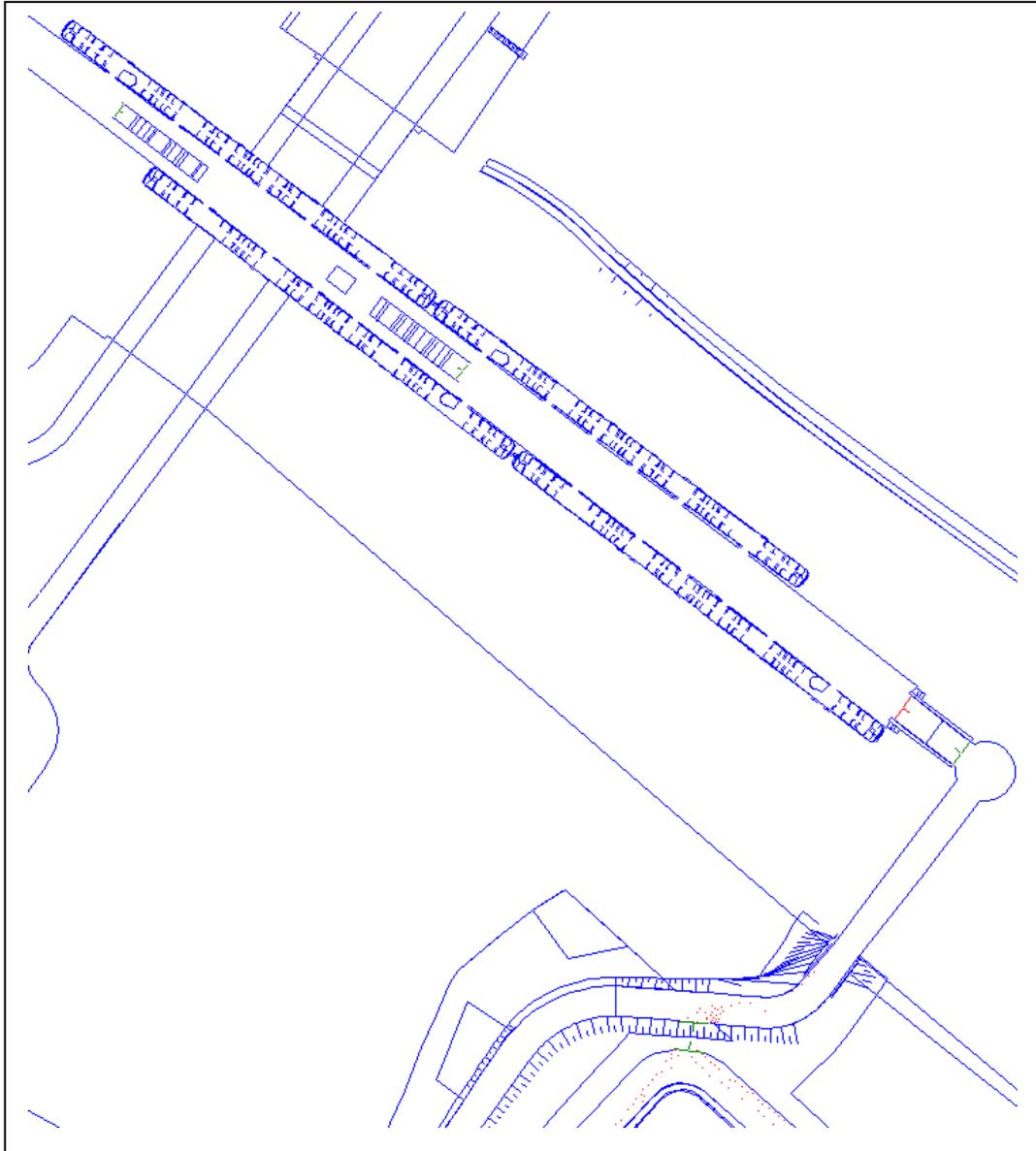


Abbildung 25: Geometrisches Modell beim Szenario 2 nach 420 Sekunden.

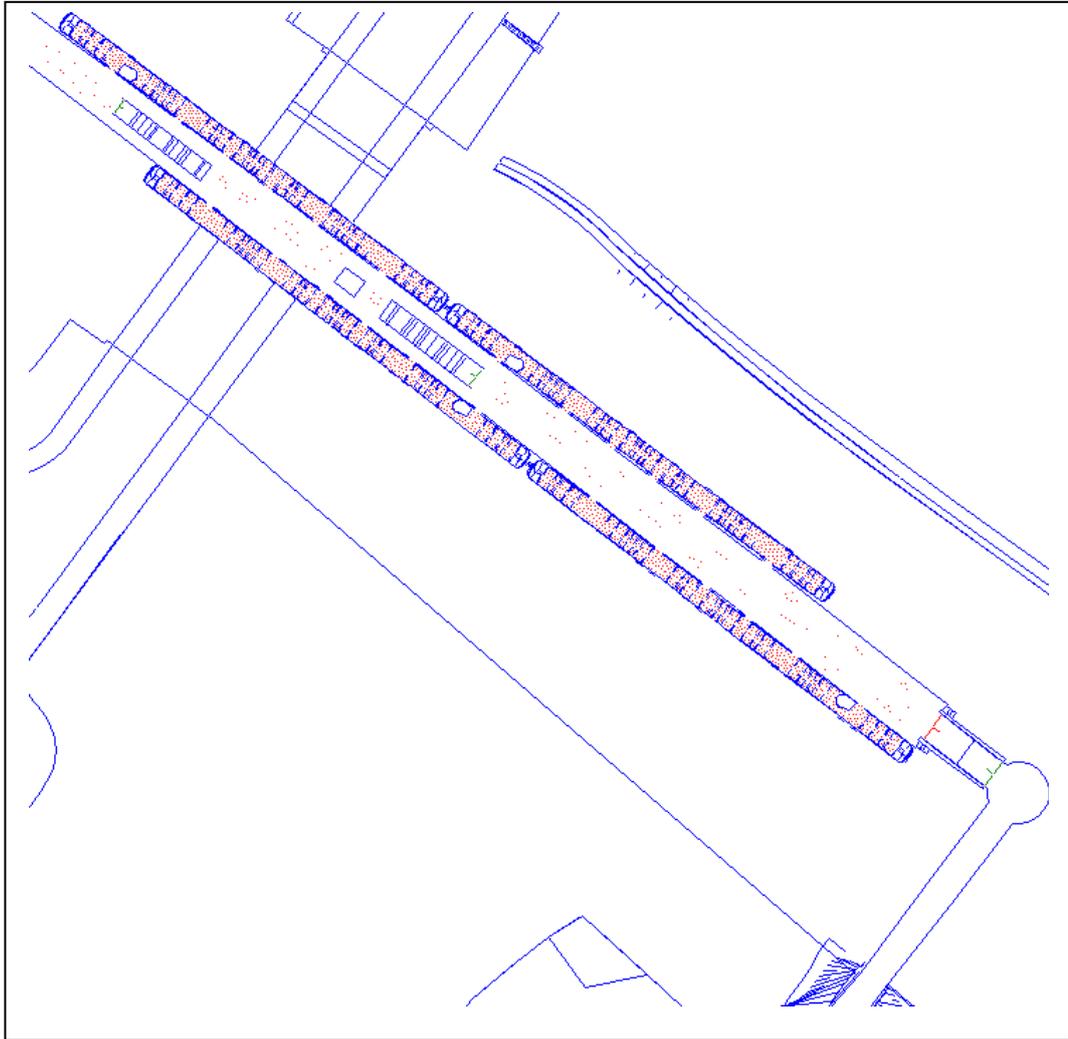


Abbildung 26: Geometrisches Modell beim Szenario 3 vor dem Simulationsstart.

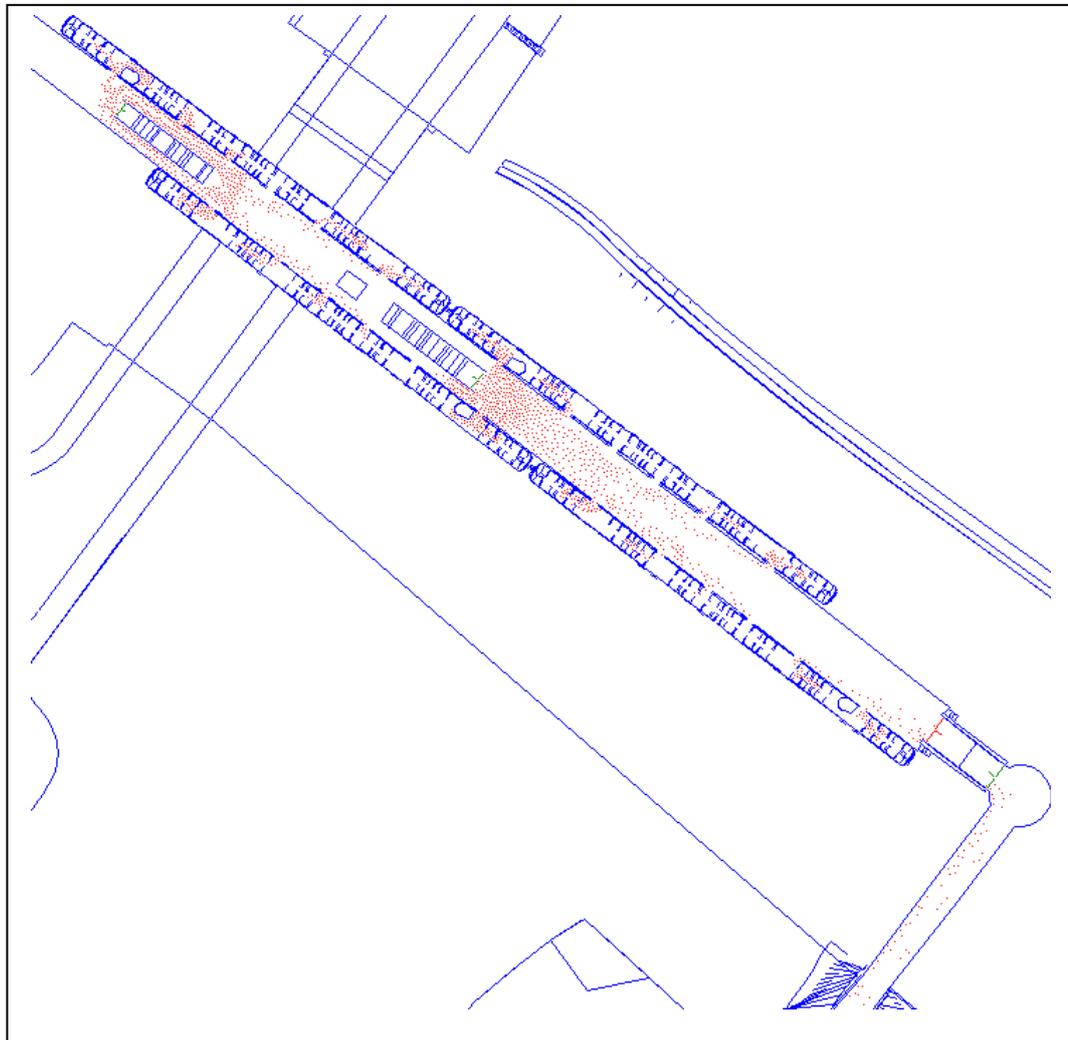


Abbildung 27: Geometrisches Modell beim Szenario 3 nach 60 Sekunden.

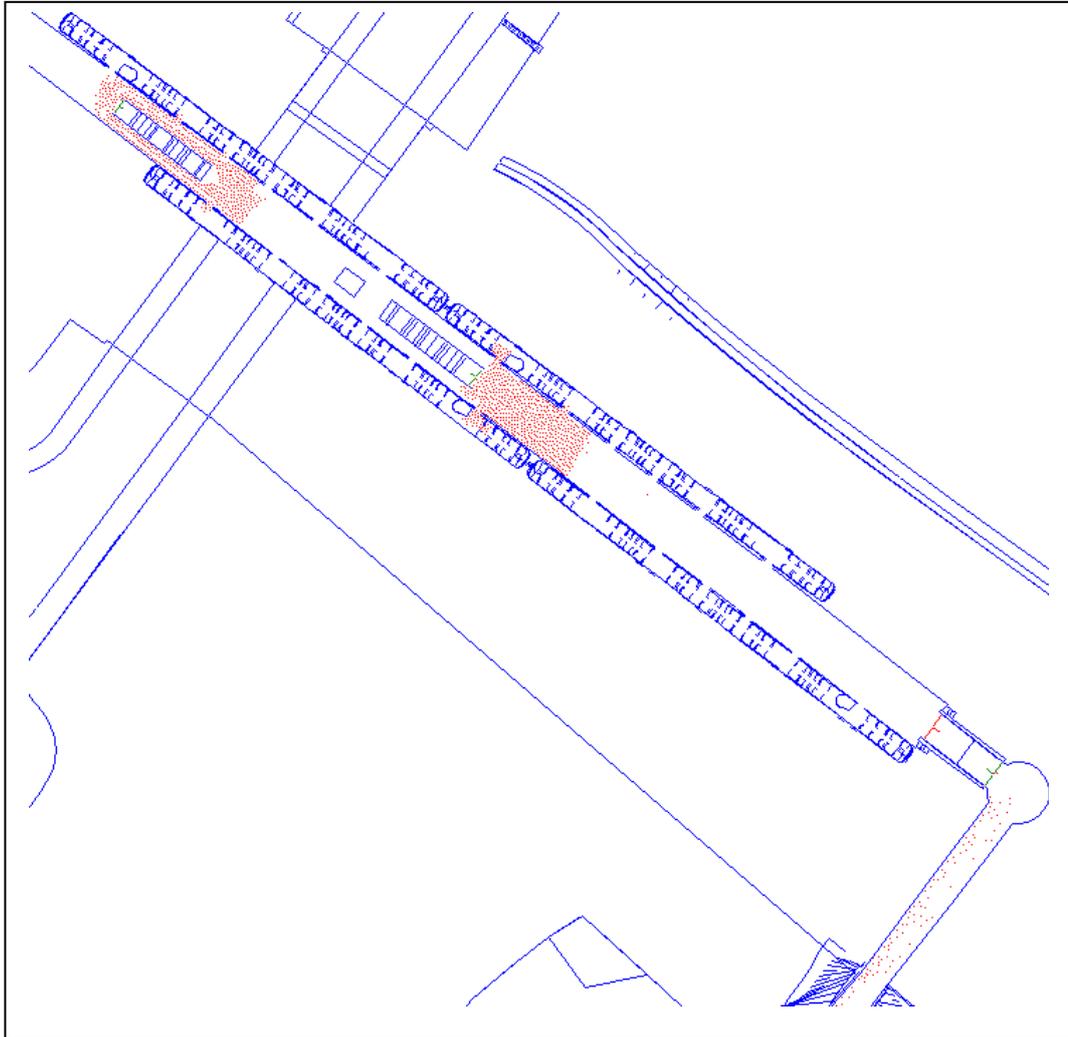


Abbildung 28: Geometrisches Modell beim Szenario 3 nach 120 Sekunden.

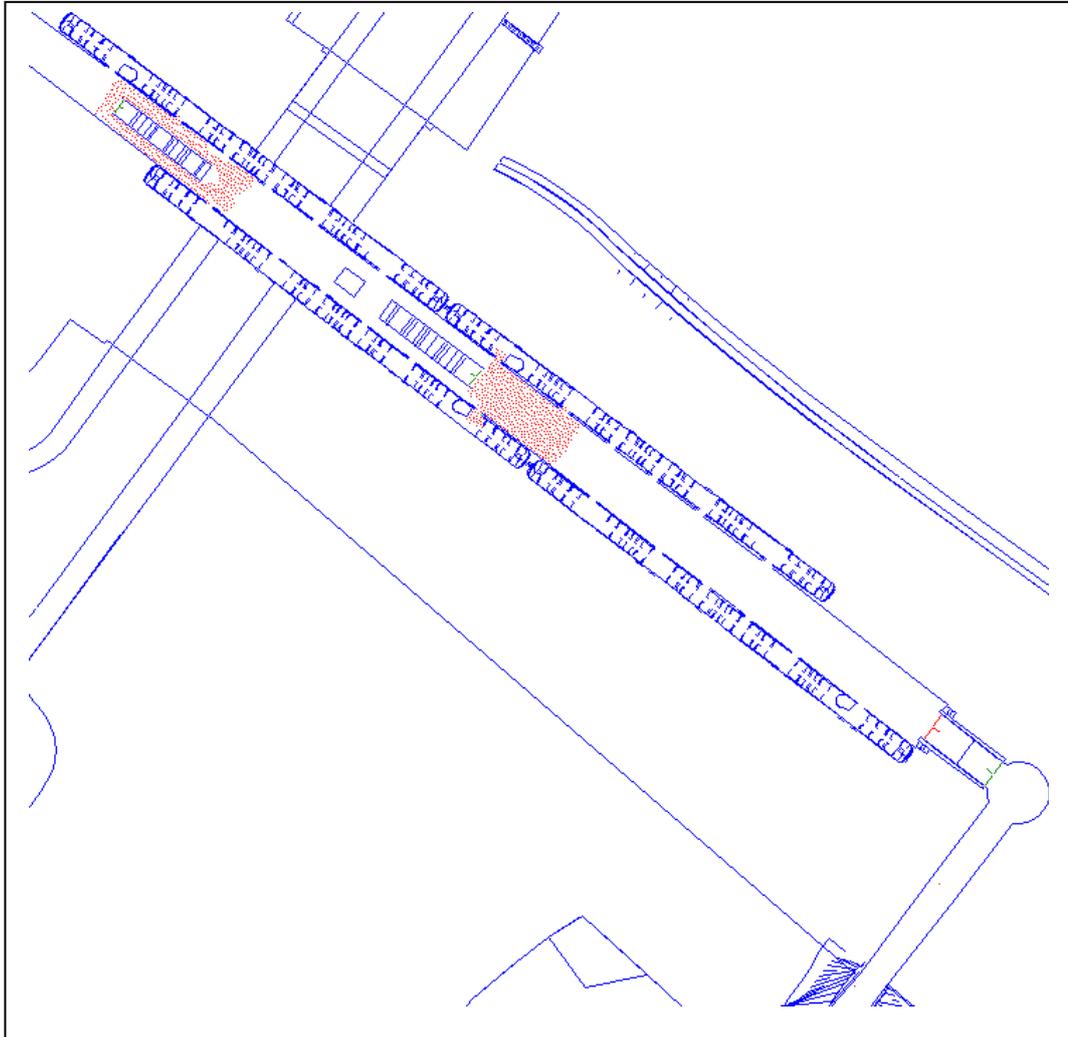


Abbildung 29: Geometrisches Modell beim Szenario 3 nach 180 Sekunden.

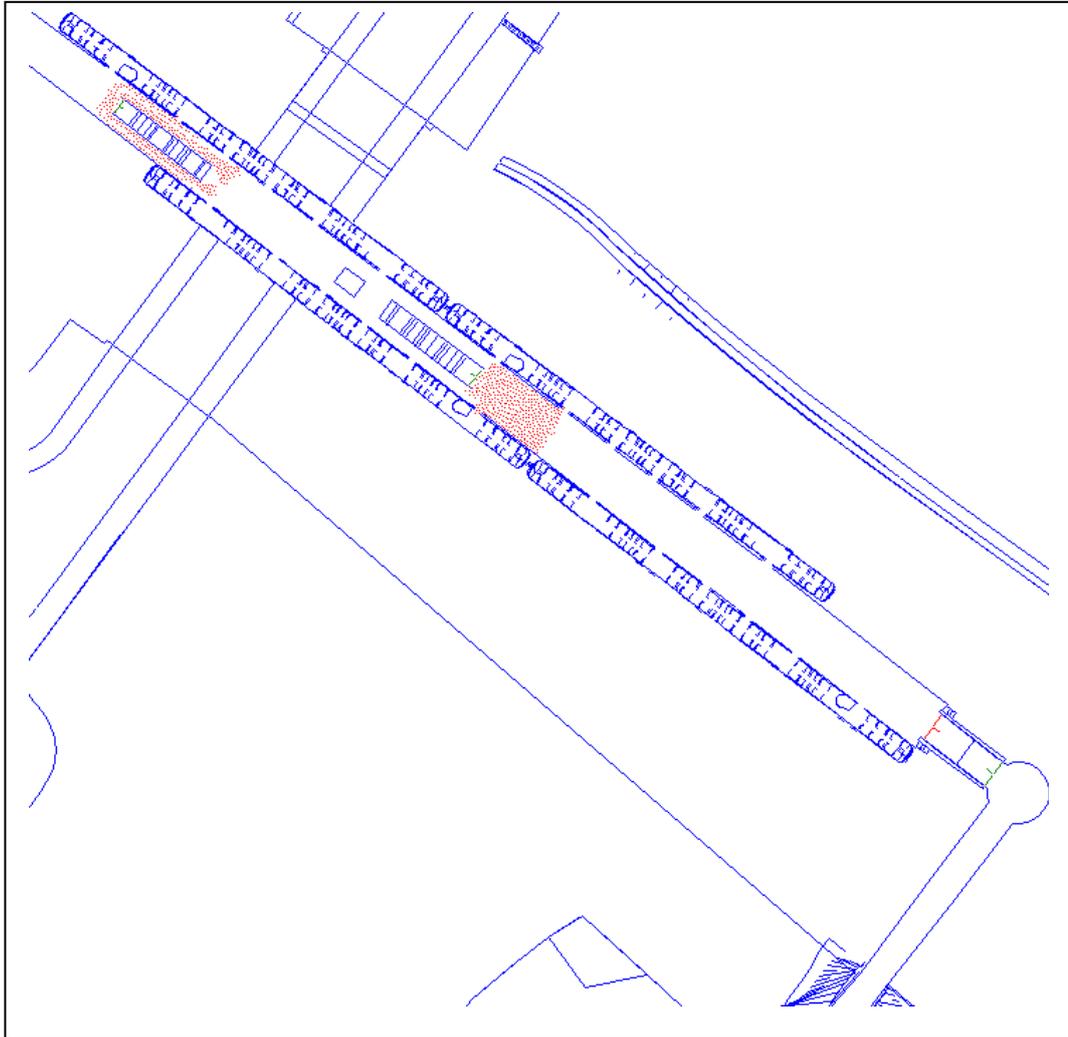


Abbildung 30: Geometrisches Modell beim Szenario 3 nach 240 Sekunden.

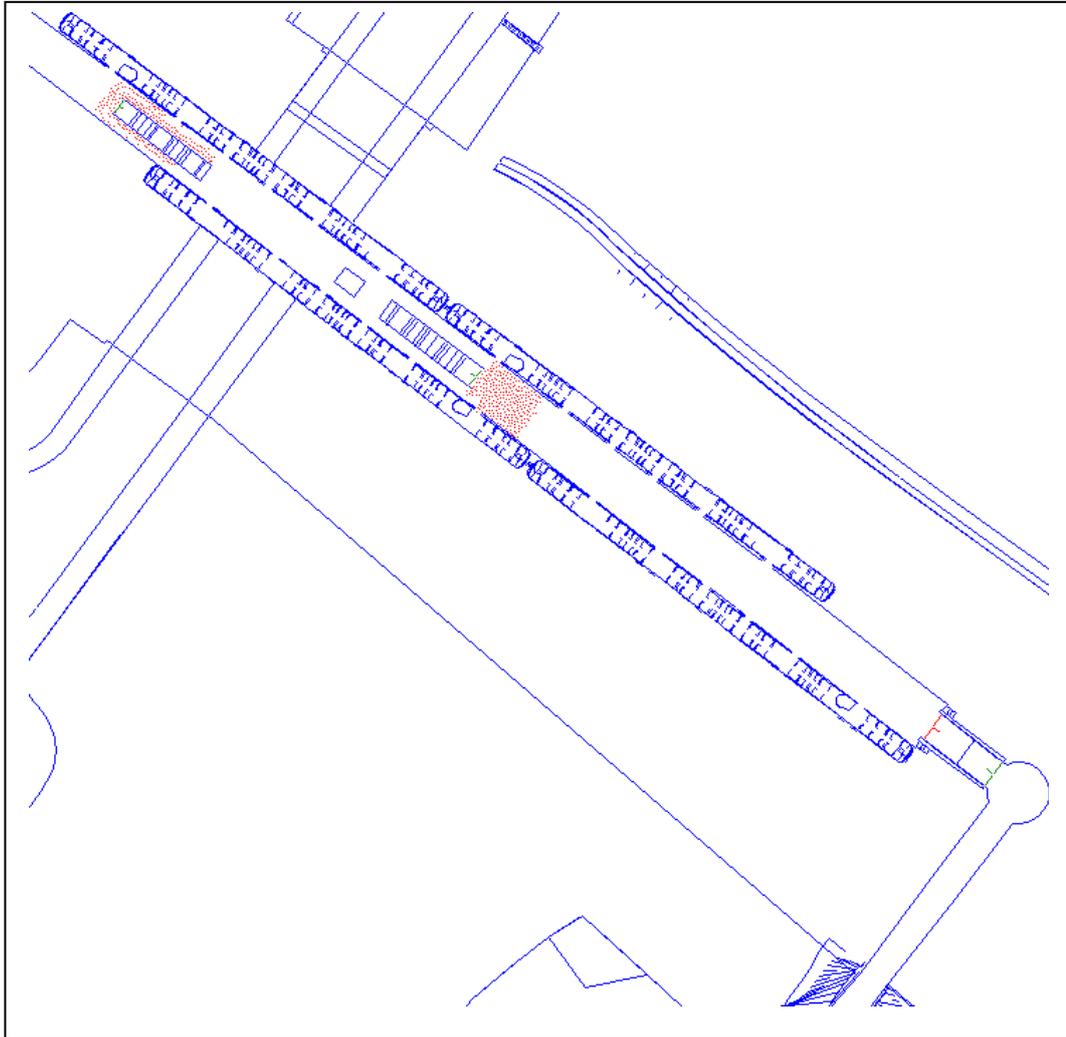


Abbildung 31: Geometrisches Modell beim Szenario 3 nach 300 Sekunden.

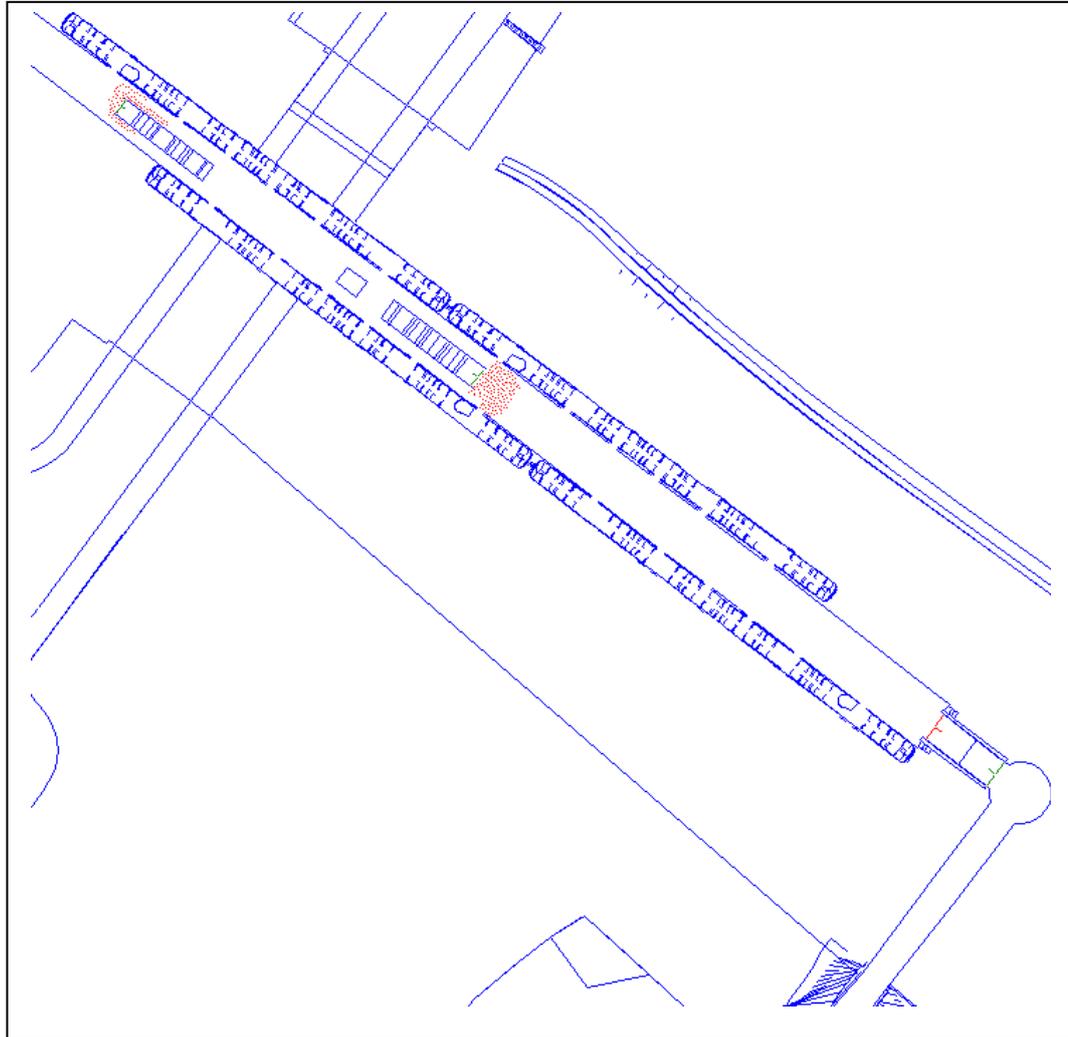


Abbildung 32: Geometrisches Modell beim Szenario 3 nach 360 Sekunden.

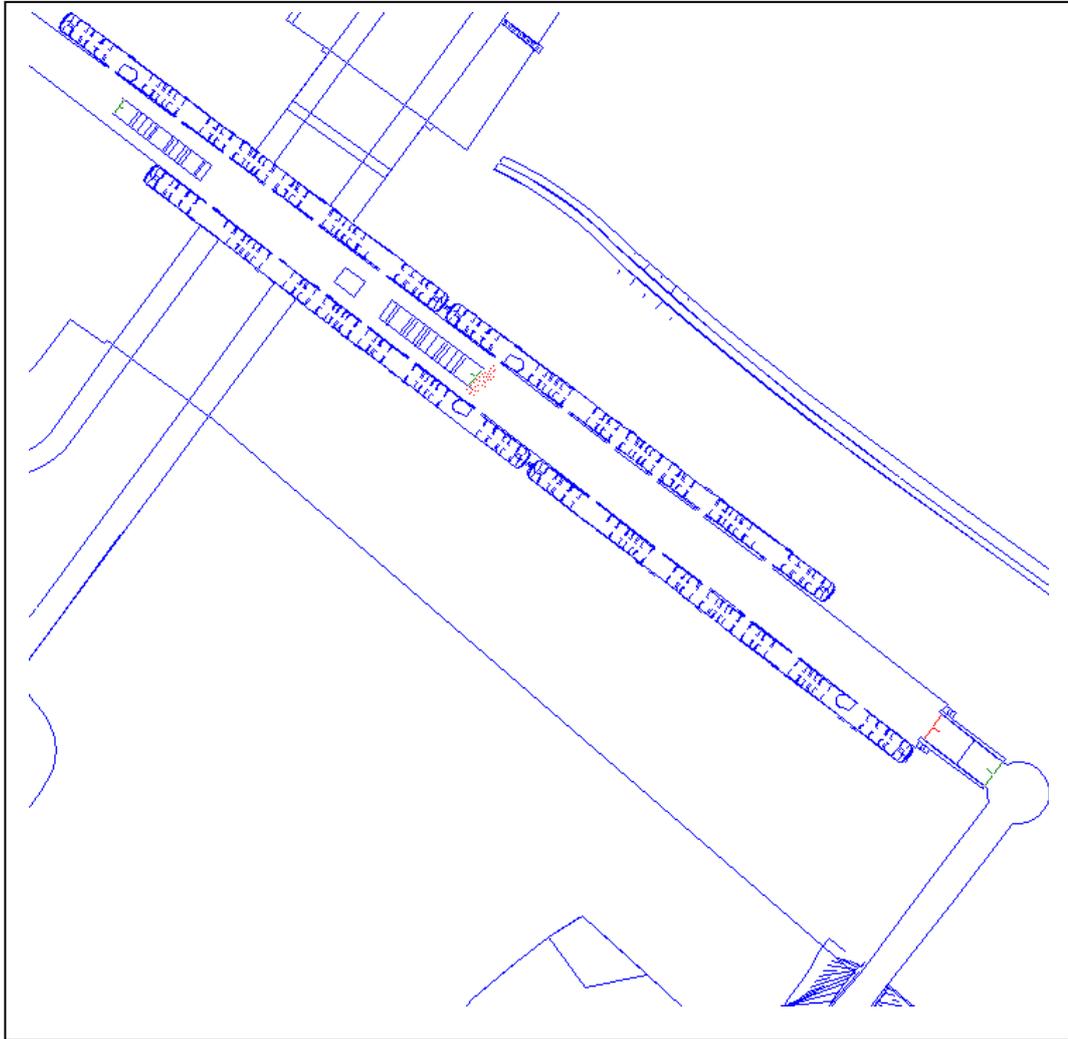


Abbildung 33: Geometrisches Modell beim Szenario 3 nach 420 Sekunden.

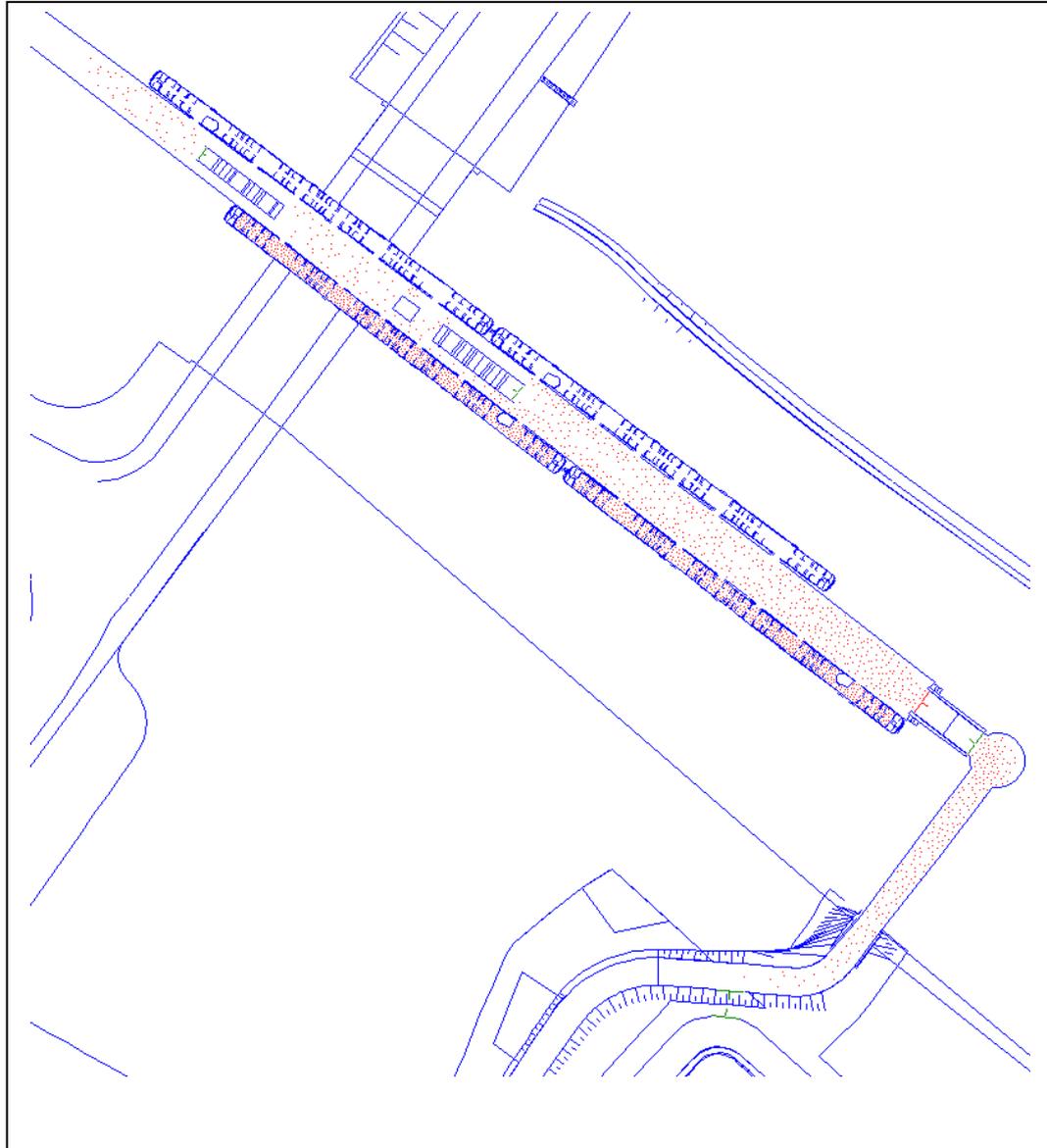


Abbildung 34: Geometrisches Modell beim Szenario 4 vor dem Simulationsstart.

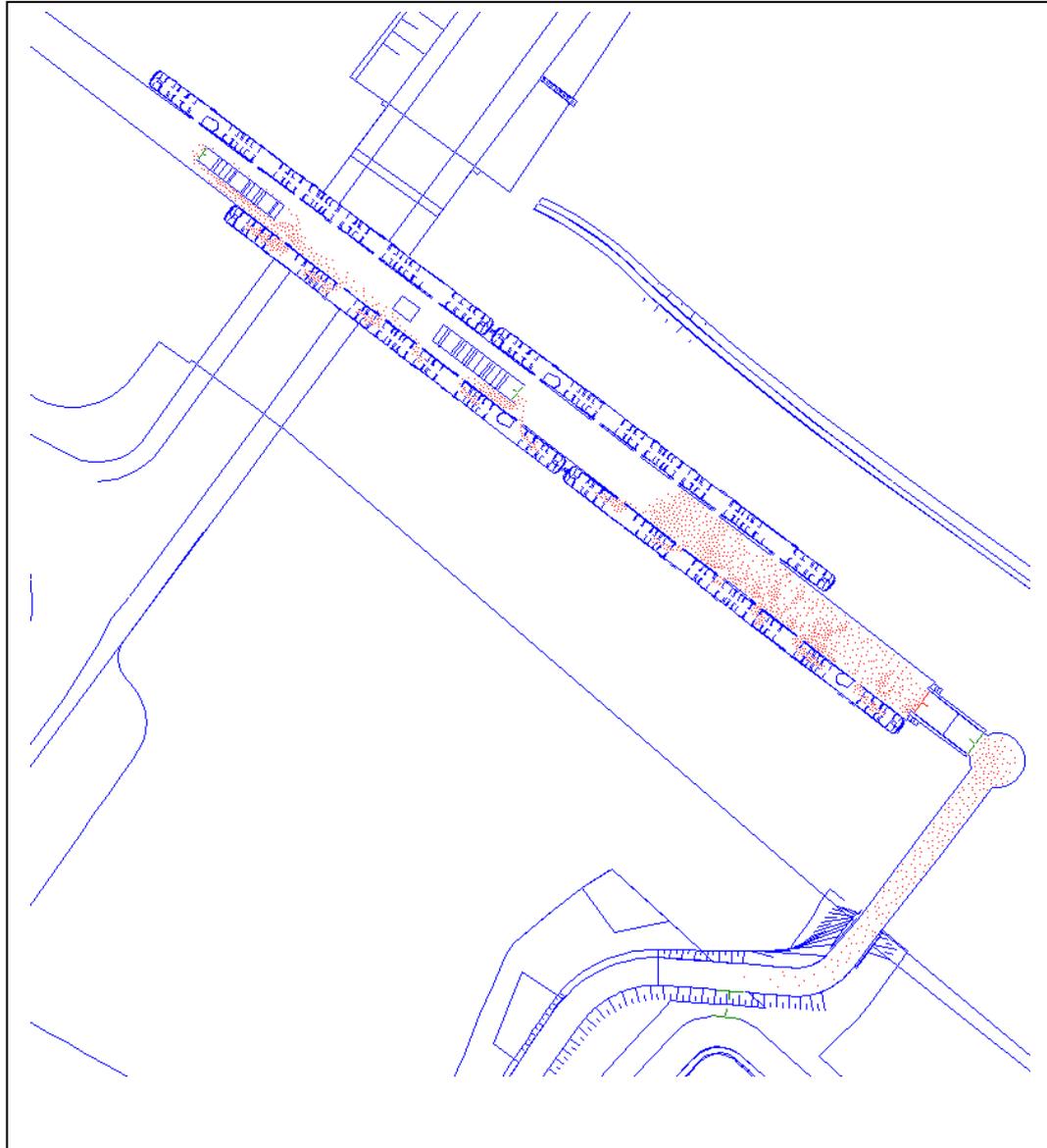


Abbildung 35: Geometrisches Modell beim Szenario 4 nach 60 Sekunden.

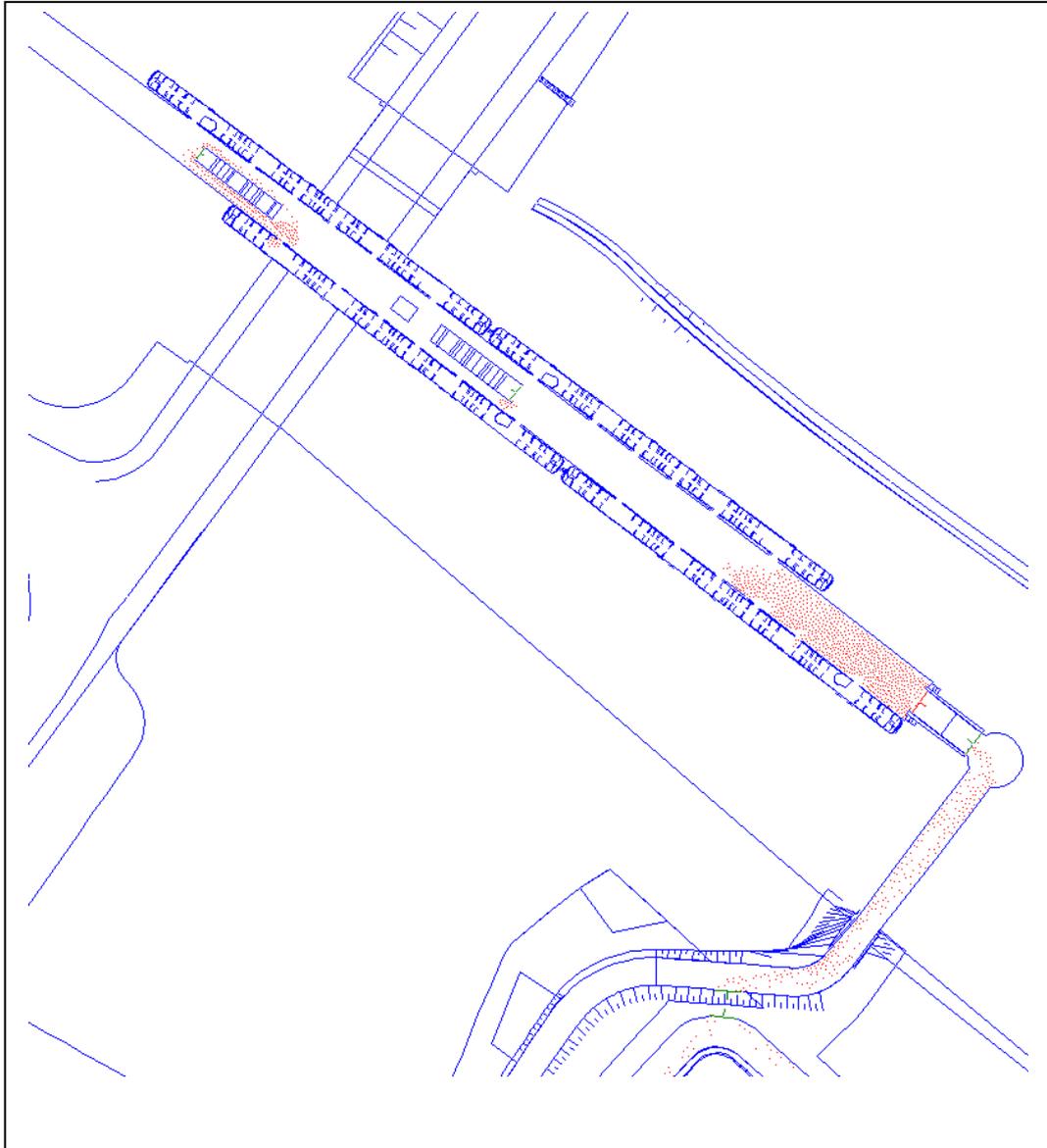


Abbildung 36: Geometrisches Modell beim Szenario 4 nach 120 Sekunden.

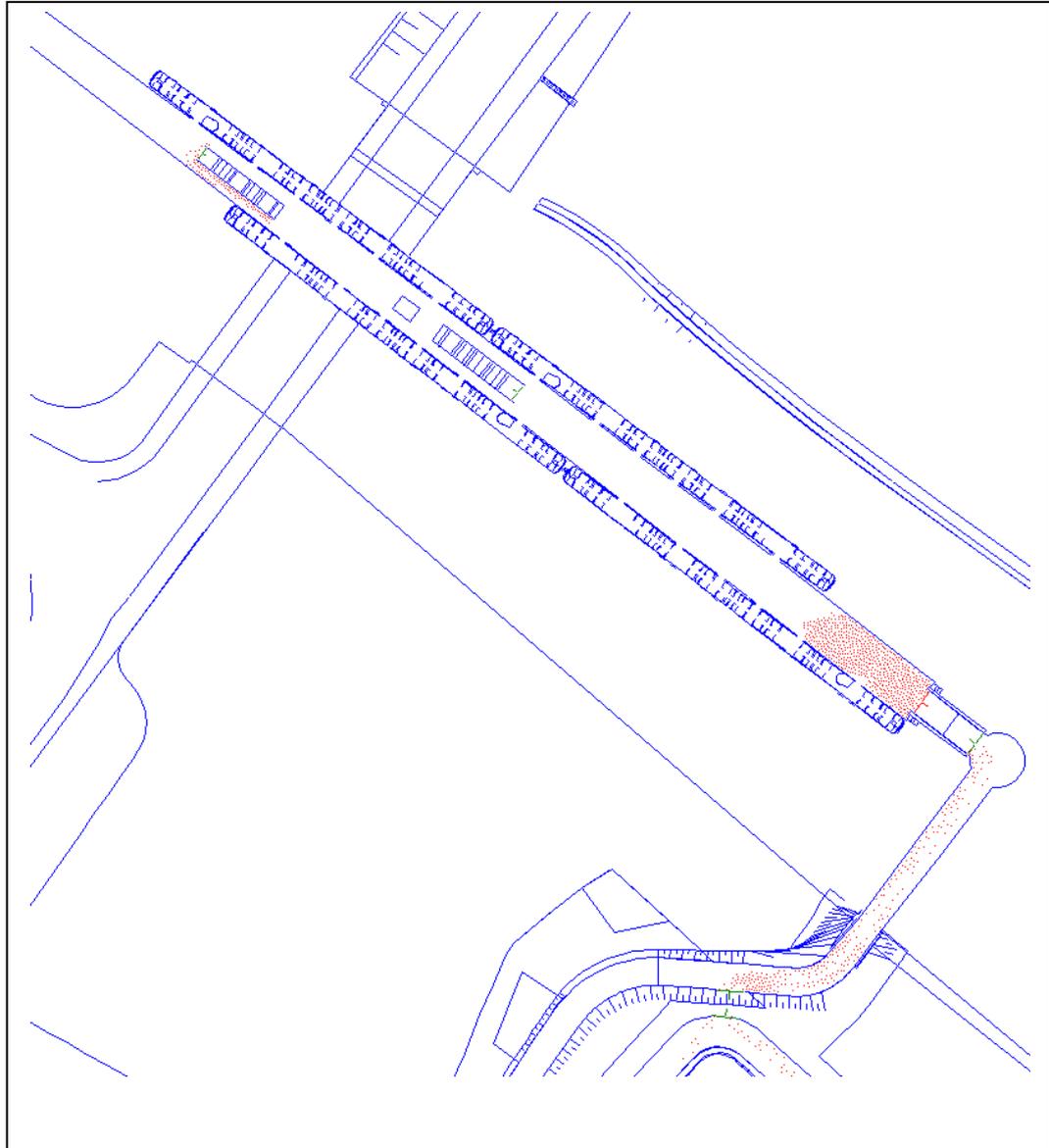


Abbildung 37: Geometrisches Modell beim Szenario 4 nach 180 Sekunden.

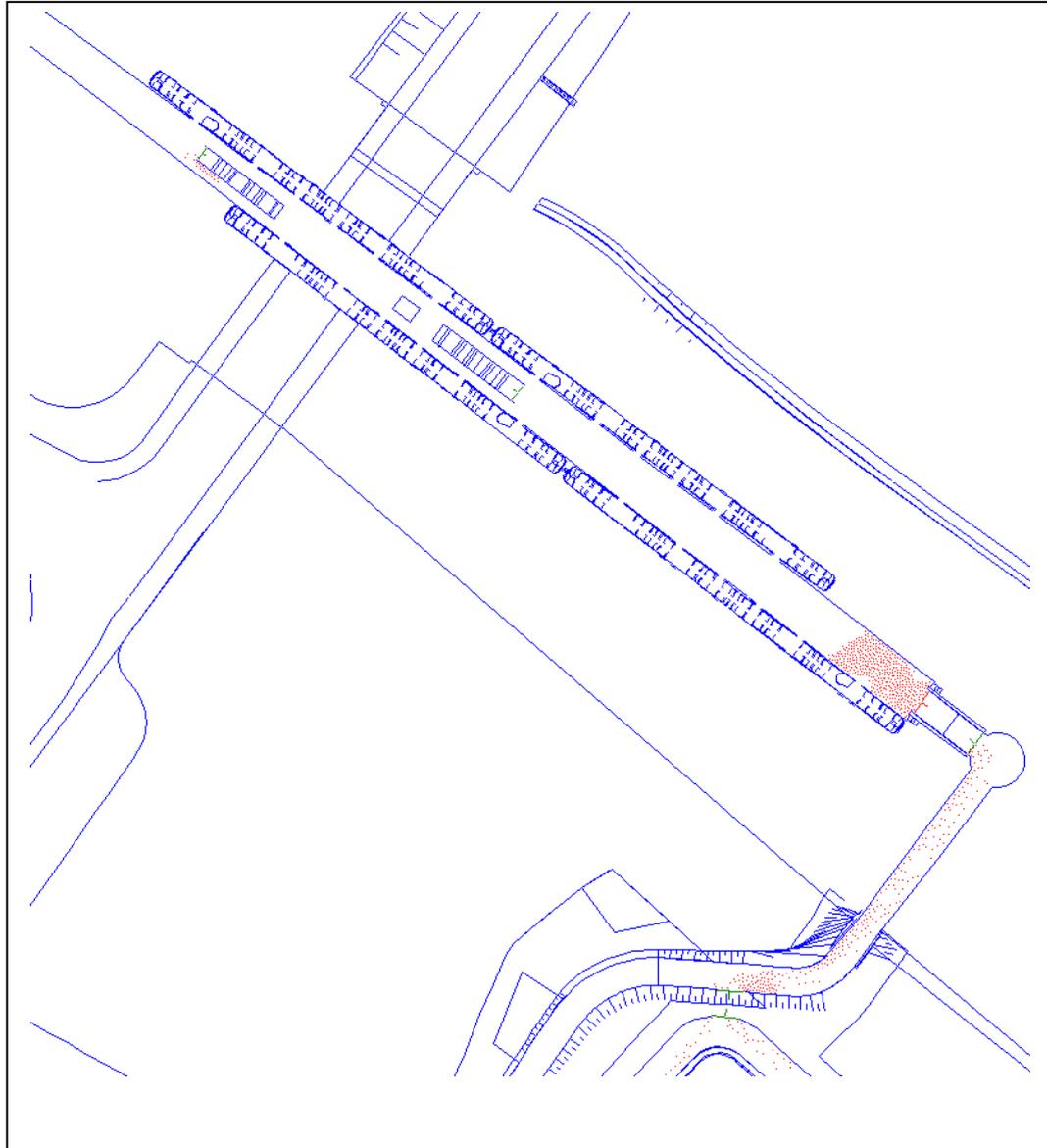


Abbildung 38: Geometrisches Modell beim Szenario 4 nach 240 Sekunden.

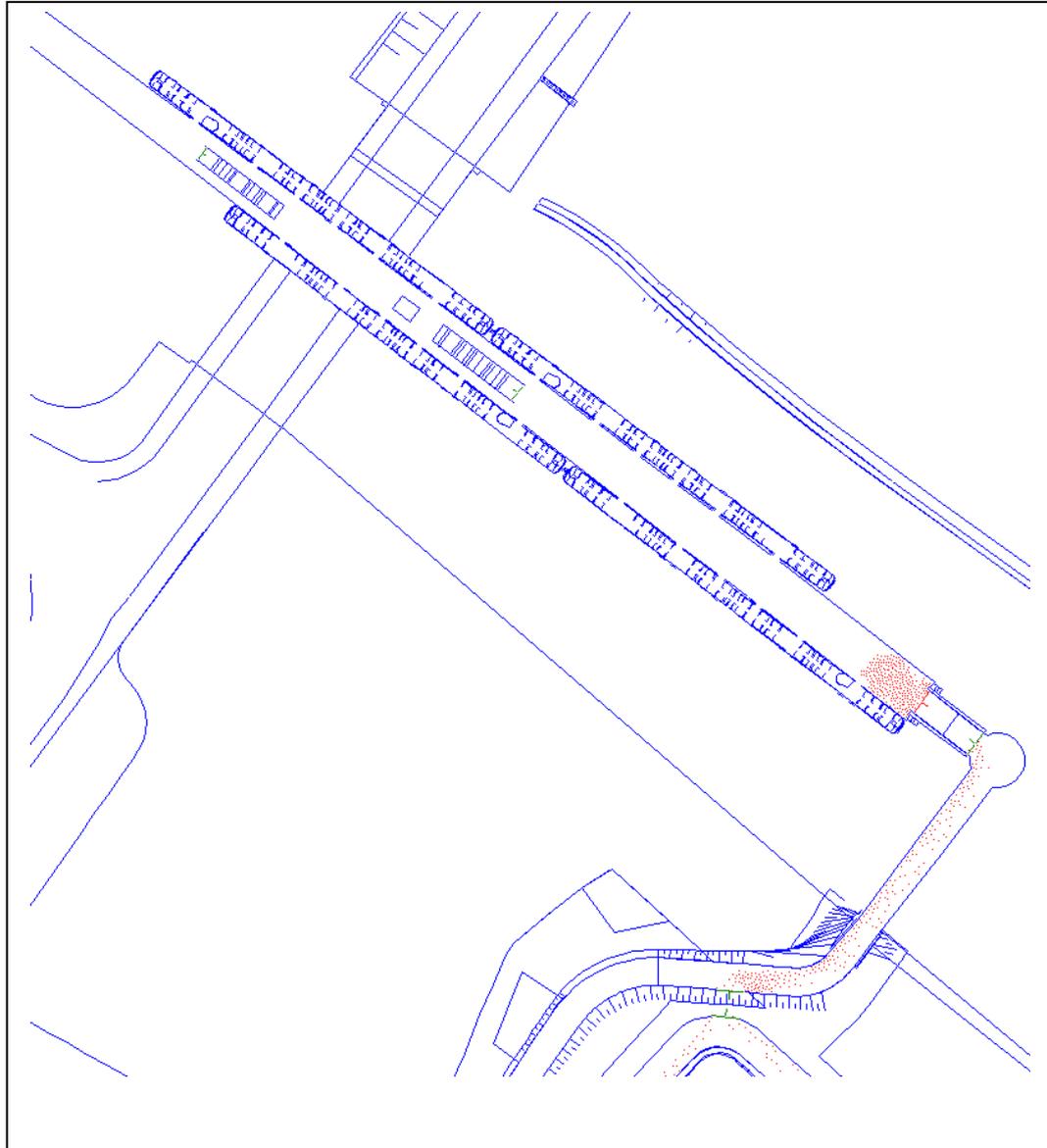


Abbildung 39: Geometrisches Modell beim Szenario 4 nach 300 Sekunden.

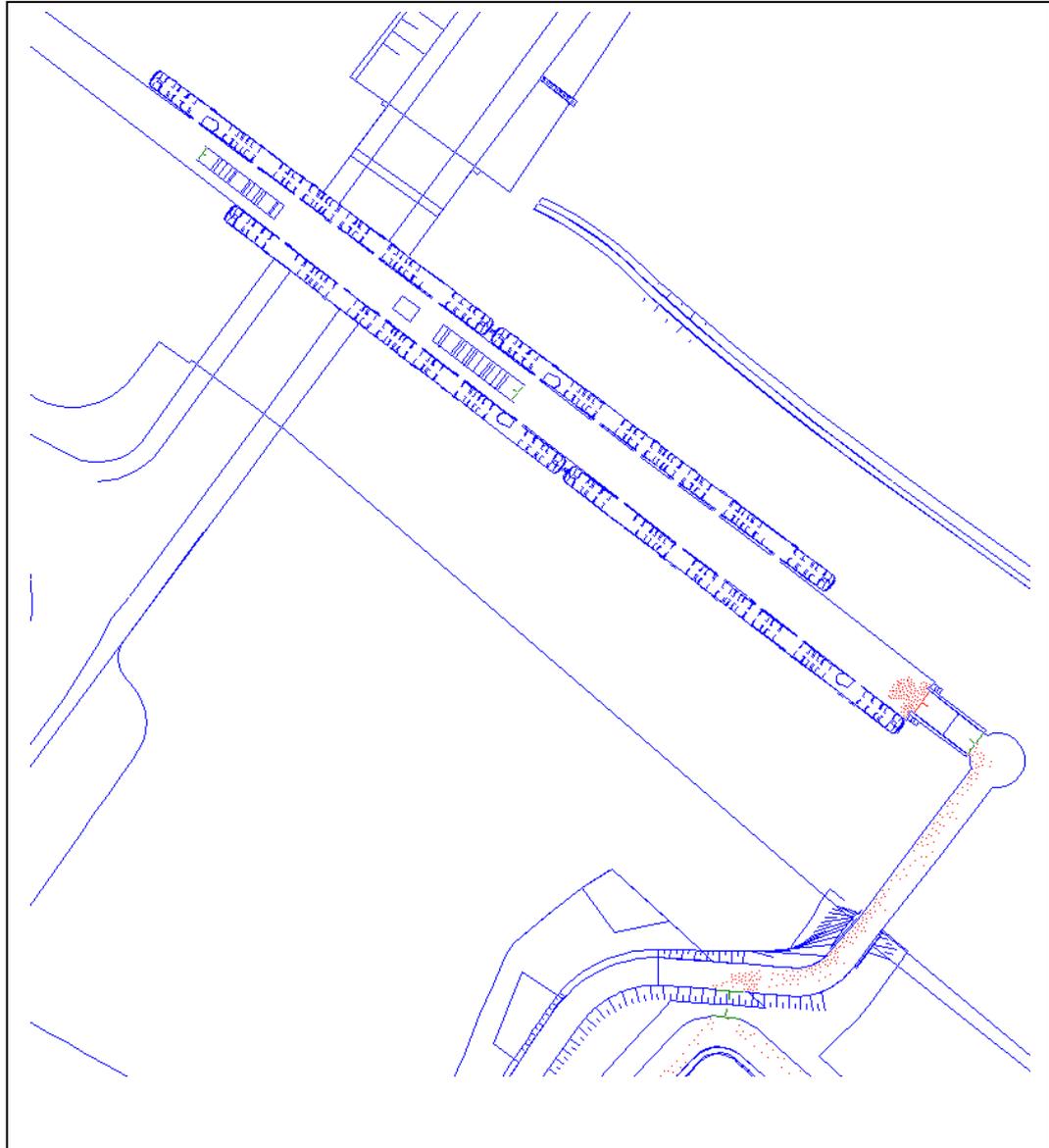


Abbildung 40: Geometrisches Modell beim Szenario 4 nach 360 Sekunden.

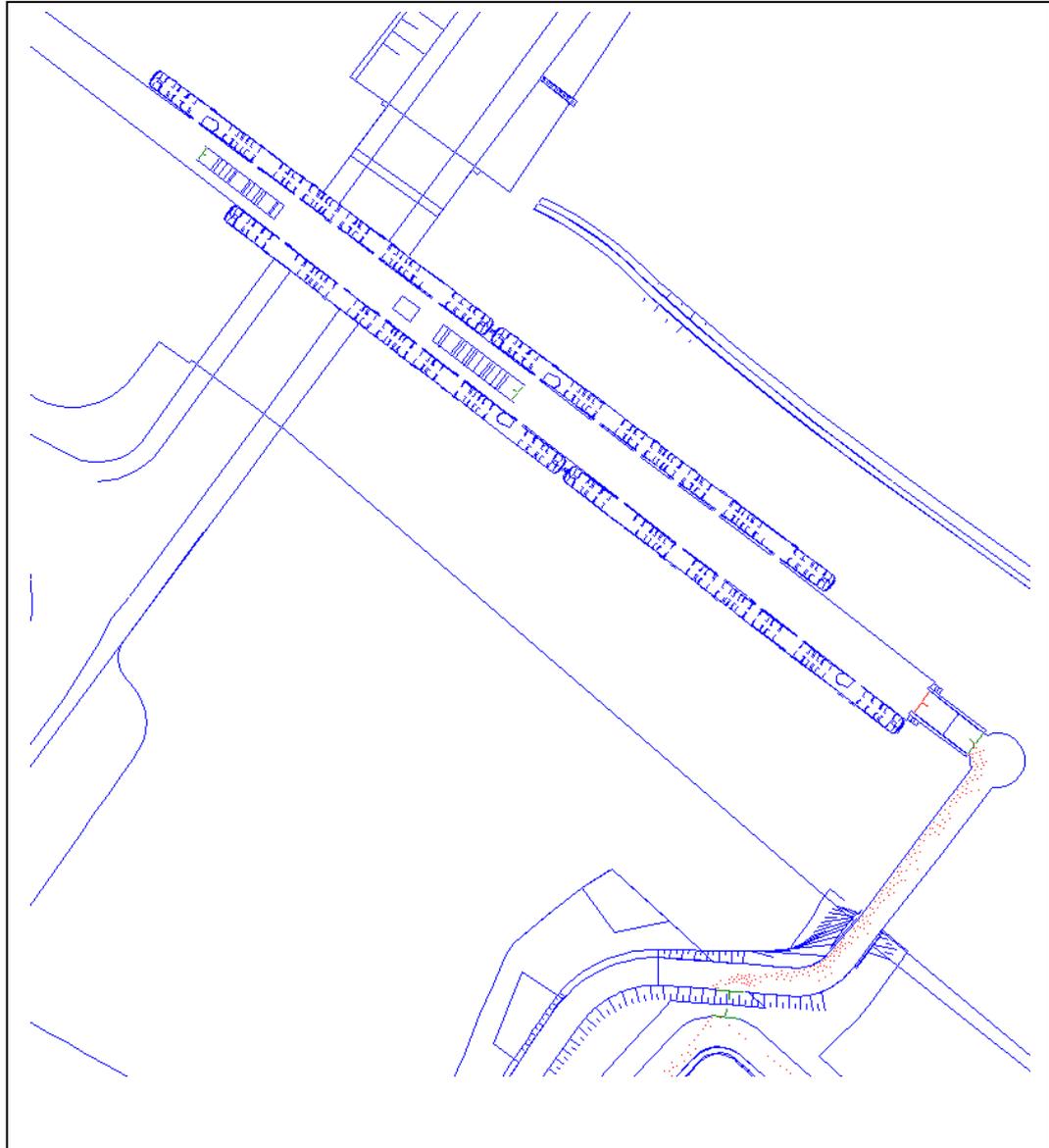


Abbildung 41: Geometrisches Modell beim Szenario 4 nach 420 Sekunden.

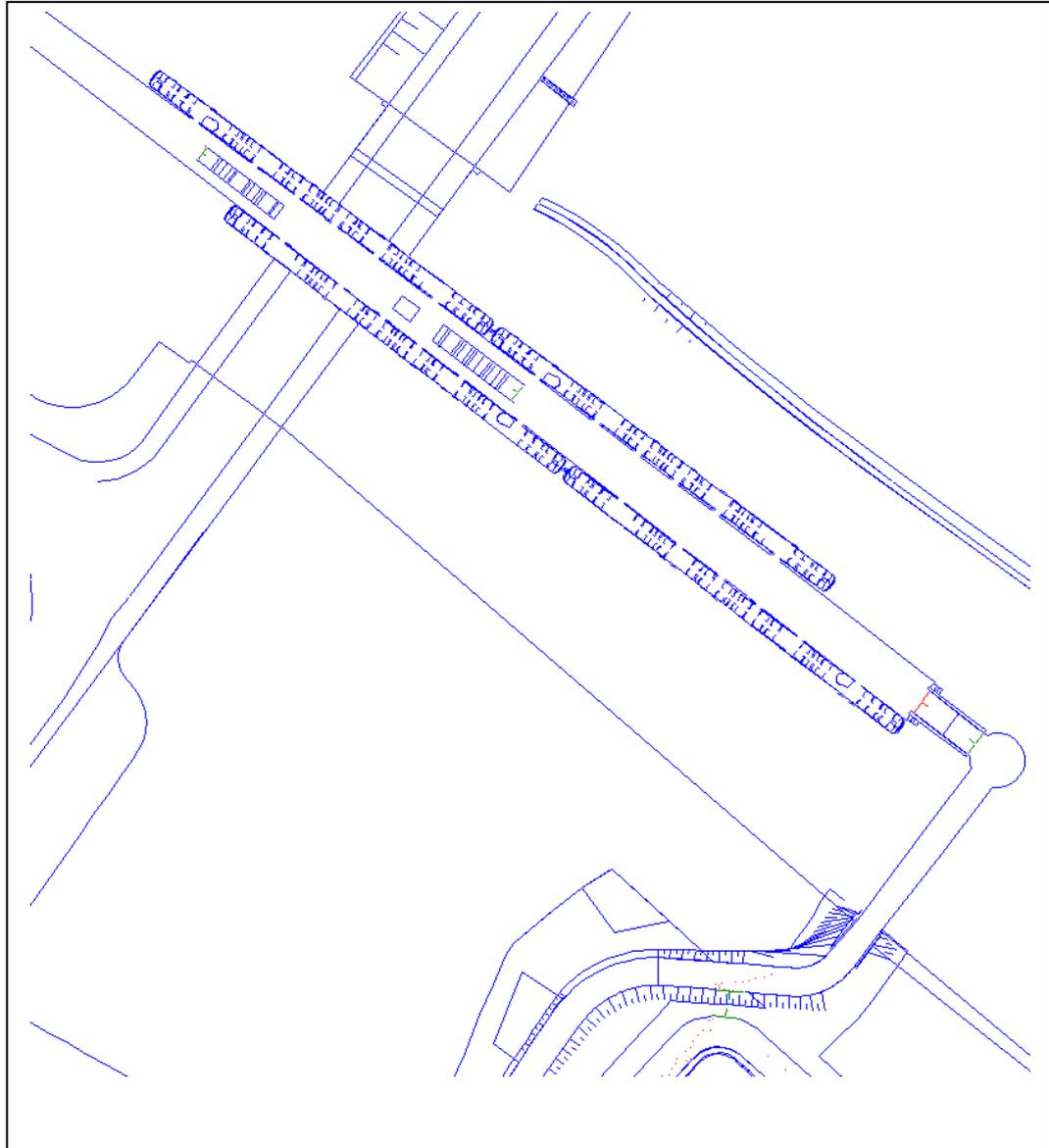


Abbildung 42: Geometrisches Modell beim Szenario 4 nach 570 Sekunden.

9. Fazit

Die Simulation zeigt, dass in den Szenarien 1, 2 und 3 bei Berücksichtigung aller Treppenanlagen die geplante Änderung des Fußweges keine wesentlichen Auswirkungen auf die Evakuierungszeit des Bahnsteiges hat. Die Evakuierungszeit ist nicht vom Verlauf des Fußweges, sondern von der Kapazität der westlichen Treppenanlage (Szenarien 1 und 2) bzw. der mittleren Treppenanlage (Szenario 3) abhängig.

In Szenario 1 ist der Bahnsteig nach 7 Minuten 21 Sekunden, in Szenario 2 nach 7 Minuten 17 Sekunden und in Szenario 3 nach 8 Minuten 6 Sekunden geräumt.

In Szenario 1 (geradliniger Fußweg) erreichte die letzte Person die Zwischenposition in 7 Minuten 23 Sekunden. In Szenario 2 (neu geplanter gebogener Fußweg) passierte die letzte Person das Tor 11 Sekunden später. Die geringe Erhöhung beweist, dass die Änderung des Fußweges in Verbindung mit der Anordnung des Tores für die Dauer der Evakuierung der Besucher nicht maßgebend ist. Das heißt: Wird das Tor mit einer Breite von mindestens von 4,5 m ausgeführt, ist das Tor nicht als Engstelle für den Besucherstrom einzustufen und ausreichend breit bemessen.

In Szenario 3 ist der Bahnsteig nach 8 Minuten 6 Sekunden geräumt. Da die Mehrzahl der Personen aufgrund der vorgegebenen Verteilung die westliche und die mittlere Treppenanlage benutzt, ist die östliche Treppe mit Unterführung und Fußweg für dieses Szenario nicht maßgebend.

In Szenario 4 ist der Bahnsteig nach 8 Minuten 2 Sekunden geräumt. Da die Mehrzahl der Personen in diesem Szenario die östliche Treppenanlage benutzt, ist die westliche bzw. die mittlere Treppenanlage gegenüber den Szenarien 1, 2 und 3 nicht als Engstelle maßgebend.

Die letzte Person passiert das Tor in Szenario 4 nach 9 Minuten 45 Sekunden. Im Nachweis zeigt sich, dass der neu geplante Fußweg realisiert

werden kann und das Tor auch für das Szenario 4 mit einer Breite von mindestens 4,5 m ausreichend dimensioniert ist.

Deutlich wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es für eine sichere Evakuierung von großer Bedeutung ist, dass das Tor auf die auf dem Nachbargrundstück gelegene Feuerwehrumfahrt im Gefahrenfall schnell geöffnet wird.

Daher muss sowohl sichergestellt werden, dass ein Gefahrenfall auf dem Bahnsteig unmittelbar lokalisiert und eingestuft wird und Sicherheitskräfte im Bereich des Tores positioniert sind, die aufgrund der weitergeleiteten Information im Gefahrenfall das Tor öffnen.

Damit ein Gefahrenfall auf dem Bahnsteig lokalisiert und ein Überblick über die Gefährdung der Bahnreisenden gewonnen sowie entschieden werden kann, ob und in welchem Umfang eine Evakuierung des Bahnsteiges erforderlich ist, muss entsprechendes Personal auf dem Bahnsteig vorhanden sein. Das Personal muss so positioniert sein, dass es ein Überblick über die Situation erhalten und die Gefährdung entsprechend einstufen kann. Dieser Überblick kann nur erreicht werden, wenn das Personal sich erhöht gegenüber den sich auf dem Bahnsteig aufhaltenden Bahnreisenden befindet.

Eine schnelle Evakuierung kann nur erfolgen, wenn das Tor rechtzeitig geöffnet wird. Dazu ist es erforderlich, Sicherheitskräfte, die ausschließlich für die Öffnung des Tores erforderlich sind, unmittelbar im Bereich des Tores zu positionieren. Es genügt nicht, Sicherheitskräfte, die an einer möglichen Kontrollstelle auf dem Fußweg angeordnet sind, im Gefahrenfall zum Öffnen des Tores heranzuziehen. Es kann nicht sichergestellt werden, dass bei passierenden Personenströmen das Personal von der Kontrollstelle das Tor ausreichend schnell (oder überhaupt) erreichen kann.

Weiterhin ist es erforderlich, dass die Information vom Personal auf dem Bahnsteig direkt an die Sicherheitskräfte im Bereich des Tores übertragen wird.

Großveranstaltungen ohne Ordnungsdienste (z. B. Konzerte) sind daher als kritisch zu betrachten. Bei solchen Veranstaltungen befinden sich üblicherweise keine Sicherheitskräfte im Verlauf des Fußweges bzw. am Tor. Durch die Veranstalter werden in der Regel außerhalb des Bereiches des Veranstaltungsortes keine besonderen Kontrollstellen vorgesehen.

Insbesondere beim Szenario 4 (Entfluchtung nach einer Veranstaltung im Stadion) ist das auf dem Fußweg bzw. am Tor positionierte Sicherheitspersonal nicht nur zur Öffnung des Tores, sondern auch zur Weitergabe von Informationen von großer Bedeutung. Bei Veranstaltungen, bei denen keine Sicherheitskräfte auf dem Fußweg vorgesehen sind, besteht das Problem, dass zwei Personenströme, die über keine Informationen verfügen, gegeneinander laufen. Die Sicherheitskräfte müssen die letzten Personen am Ende des Personenstromes, der in Richtung Bahnsteig fließt, über den Gefahrenfall informieren, damit sich der Personenstrom möglichst schnell einheitlich in die Fluchtrichtung bewegt. So kann ein Stillstand der Ströme aufgrund von entgegengesetzten Bewegungsrichtungen kurz gehalten bzw. weitgehend unterbunden werden.

Eine Öffnung des Tores ist ebenfalls zwingend erforderlich, damit der zurückfließende Personenstrom über das Tor und die Feuerwehrezufahrt abfließen kann, da eine Evakuierung in Richtung Stadion aufgrund der nachströmenden Personen sehr stark behindert wird.

10. Unterschriften

Für diesen Evakuierungsnachweis beanspruchen wir den gesetzlichen Urheberschutz. Vervielfältigungen sind nur ungekürzt und/oder mit unserer Zustimmung zulässig. Dieses Brandschutzkonzept darf nur für Zwecke verwendet werden, die mit dem Brandschutz der o.g. Baumaßnahme zusammenhängen.

Endreß Ingenieurgesellschaft mbH
Brandschutzsachverständige
Frankfurt am Main, 23.04.2012

erstellt:



Dipl.-Ing. Tobias Endreß
Sachverständiger für Brandschutz



Tim McDonald M.For.Sc.(Hons)
Brandschutzsachverständiger