Richtlinie für Mikroskopische Entfluchtungsanalysen

Version 4.1.2 vom 17.04.2026
Frühere Ausgabe: Version 4.1.1 vom 11.09.2025

Guideline for Microscopic Evacuation Analysis

Version 4.1.2 of 17.04.2026
Former edition: Version 4.1.1, 11.09.2025

RiMEA e.V.
www.rimea.de

© 2004 – 2026 RiMEA e.V.
Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz. Die Originalversion ist auf www.rimea.de verfügbar.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution – No Derivatives 4.0 International License. The original version is available on www.rimea.de.

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.	The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhaltsverzeichnis | **Content**

Präambel 4 | **Preamble 4**

1 Anwendungsbereich ... 5 | **1 Area of application ... 5**

2 Begriffe ... 6 | **2 Terminology ... 6**

2.1 Mikroskopische Räumungsanalyse ... 6 | 2.1 Microscopic evacuation analysis ... 6
2.2 Räumung ... 6 | 2.2 Evacuation ... 6
2.3 Entfluchtung ... 6 | 2.3 Mass departure ... 6
2.4 Personenverteilung ... 6 | 2.4 Distribution ... 6
2.5 Populationseigenschaften ... 6 | 2.5 Properties of population ... 6
2.6 Staus ... 6 | 2.6 Congestion ... 6
2.6.1 Identifikation ... 6 | 2.6.1 Identification ... 6
2.6.2 Beschreibung ... 8 | 2.6.2 Description ... 8
2.6.3 Beurteilung ... 8 | 2.6.3 Evaluation ... 8
2.7 Freie Laufgeschwindigkeit ... 9 | 2.7 Free walking speed ... 9
2.8 Detektionszeit t_{Detekt} ... 9 | 2.8 Detection time t_{Detect} ... 9
2.9 Alarmierungszeit t_{Alarm} ... 9 | 2.9 Alarm time t_{Alarm} ... 9
2.10 Individuelle Reaktionszeit $t_{i,\ Reakt}$ ... 9 | 2.10 Individual premovement time $t_{i,\ Premovement}$ ... 9
2.11 Individuelle Laufzeit $t_{i\ Lauf}$ ... 9 | 2.11 Individual walking time $t_{i\ Walk}$ ... 9
2.12 Individuelle Räumungszeit $t_{i,\ Räumung}$ ... 9 | 2.12 Individual evacuation time $t_{i,\ Evacuation}$ ... 9
2.13 Räumungszeit $t_{Räumung}$ ... 10 | 2.13 Evacuation time $t_{Evacuation}$ ... 10
2.14 Agent ... 10 | 2.14 Agent ... 10
2.15 Szenario ... 10 | 2.15 Scenario ... 10
2.16 Statistische Auswertung wiederholter Simulationsläufe ... 10 | 2.16 Statistical evaluation of repeated simulation runs ... 10
2.16.1 Minimale Räumungszeit $t_{Räumung,min}$ ... 10 | 2.16.1 Minimum evacuation time $t_{Evacuation,min}$ ... 10
2.16.2 Maximale Räumungszeit $t_{Räumung,max}$ ... 10 | 2.16.2 Maximum evacuation time $t_{Evacuation,max}$ ... 10
2.16.3 Mittlere Räumungszeit $t_{Räumung,mittel}$ ... 10 | 2.16.3 Mean evacuation time $t_{Evacuation,mean}$ ... 10
2.16.4 Standardabweichung $s_{Räumung}$ ... 11 | 2.16.4 Standard deviation $s_{Evacuation}$ ... 11
2.16.5 Signifikante Räumungszeit $t_{Räumung,signifikant}$ ... 11 | 2.16.5 Significant evacuation time $t_{Evacuation,significant}$ ... 11

3 Eingabekategorien für Simulationsmodelle ... 11 | **3 Input categories for simulation models ... 11**

3.1 Kategorie Geometrie ... 11 | 3.1 Category Geometry ... 11
3.2 Kategorie Population ... 11 | 3.2 Category Population ... 11
3.2.1 Allgemeines ... 12 | 3.2.1 General ... 12
3.2.2 Eigenschaften der Population ... 12 | 3.2.2 Characteristics of the population ... 12
3.2.3 Initialverteilung der Agenten ... 15 | 3.2.3 Initial distribution of agents ... 15
3.2.4 Altersverteilung der Population ... 16 | 3.2.4 Age distribution of population ... 16
3.3 Kategorie Routen ... 16 | 3.3 Category routes ... 16

4 Nachweisführung ... 17 | **4 Verification ... 17**

4.1 Szenarien ... 17 | 4.1 Scenarios ... 17
4.1.1 Personenbelegung ... 17 | 4.1.1 Occupancy ... 17
4.1.2 Anordnung der Fluchtwege - grundlegender Räumungsfall ... 17 | 4.1.2 Arrangement of escape routes - fundamental evacuation scenario ... 17
4.1.3 Flexibilität der Fluchtwege - zusätzliche Räumungsfälle ... 18 | 4.1.3 Flexibility of escape routes - additional evacuation scenarios ... 18
4.2 Behandlung der Räumungszeiten ... 18 | 4.2 Treatment of evacuation times ... 18

5 Dokumentation ... 19 | **5 Documentation ... 19**

5.1 Anlass und Fragestellung ... 19 | 5.1 Occasion and issue ... 19
5.2 Simulationsverfahren ... 19 | 5.2 Simulation process ... 19

5.3 Objektbeschreibung ... 19
5.4 Szenarien ... 20
5.5 Ergebnisse ... 20
5.6 Bewertung/Interpretation ... 21
5.7 Maßnahmen ... 21
5.8 Literatur ... 21

Anhang 1: Vorläufige Anleitung zur Validierung / Verifizierung von Simulationsprogrammen ... 22

A 1 Allgemein ... 22
A 2 Überprüfung der Komponenten ... 22
Test 1 Beibehalten der vorgegebenen Gehgeschwindigkeit in einem Gang ... 29
Test 2 Beibehalten der vorgegebenen Gehgeschwindigkeit treppauf ... 29
Test 3 Beibehalten der vorgegebenen Gehgeschwindigkeit treppab ... 29
Test 4 Messung des Fundamentaldiagrammes 29
Test 5 Reaktionsdauer ... 30
Test 6 Bewegung um eine Ecke ... 30
Test 7 Zuordnung der demographischen Parameter ... 31
A 3 Funktionale Verifizierung ... 31
Test 8 Parameteranalyse ... 31
A 4 Qualitative Verifizierung ... 33
Test 9 Eine Menschenmenge verlässt einen großen öffentlichen Raum ... 34
Test 10 Zuweisung von Rettungswegen ... 35
Test 11 Wahl des Rettungsweges ... 36
Test 12 Engstellen ... 37
Test 13 Fundamentaldiagramm Treppe ... 42
Test 14 Routenwahl ... 44
Test 15 Bewegung einer großen Menge Fußgänger um eine Ecke ... 45
Test 16 1D-Fundamentaldiagramm ... 47
A 5 Quantitative Verifizierung ... 49

Anhang 2: Verteilung der individuellen Reaktionsdauern ... 50

Anhang 3: Vorgaben für Räumungszeiten ... 54

Anhang 4: Literaturverzeichnis ... 55

5.3 Description of the premises ... 19
5.4 Scenarios ... 20
5.5 Results ... 20
5.6 Evaluation/Interpretation ... 21
5.7 Measures ... 21
5.8 Literature ... 21

Annex 1: Provisional instructions for the validation / verification of simulation programs ... 22

A 1 General ... 22
A 2 Testing of components ... 22
Test 1 Maintaining the specified walking speed in a corridor ... 29
Test 2 Maintaining the specified walking speed up stairs ... 29
Test 3 Maintaining the specified walking speed down stairs ... 29
Test 4 Measurement of the fundamental diagram ... 29
Test 5 Premovement time ... 30
Test 6 Movement around a corner ... 30
Test 7 Allocation of demographic parameters ... 31
A 3 Functional verification ... 31
Test 8 Parameter study ... 31
A 4 Qualitative verification ... 33
Test 9 Crowd of people leaving a large public space ... 34
Test 10 Allocation of escape routes ... 35
Test 11 Choice of escape route ... 36
Test 12 Effect of bottlenecks ... 37
Test 13 Fundamental Diagram on Stairs ... 42
Test 14 Choice of route ... 44
Test 15 Movement of a large crowd of pedestrians around a corner ... 45
Test 16 1D Fundamental Diagram ... 47
A 5 Quantitative verification ... 49

Annex 2: Distribution of individual premovement times ... 50

Annex 3: 54

Annex 4: Bibliography ... 55

Präambel	Preamble
Nach der Musterbauordnung (MBO) sind bauliche Anlagen so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden. Des Weiteren müssen bauliche Anlagen hinsichtlich der Personensicherheit so beschaffen sein, dass im Brandfall die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.	According to the German Model Building Code (MBO), physical structures are to be arranged, erected, modified and maintained in such a way that they pose no risk to public safety and order, and in particular to life, health and the natural environment. In addition, physical structures must be designed in such a way that it is possible to rescue occupants and animals as well as to take effective extinguishing measures in the event of fire.
Entsprechende Vorschriften für Versammlungsstätten enthält die Muster-Versammlungsstättenverordnung (MVStättV). Teil 2, Abschnitt 2 der MVStättV behandelt die Führung und Bemessung von Flucht- und Rettungswegen [1].	The German Model Ordinance Governing Places of Assembly (MVStättV) contains corresponding regulations for places of assembly. Part 2, Section 2 of the MVStättV focuses on the routing and dimensioning of escape and rescue routes. [1].
§ 51 Absatz 7 der MBO erlaubt im Einzelfall für Sonderbauten die Abweichung von den allgemeinen Vorschriften hinsichtlich Brandschutzanlagen, -einrichtungen und -vorkehrungen.	In individual cases, Section 51, Sub-section 7 of the MBO permits deviations from the general regulations for fire protection systems, devices and measures for special-purpose buildings.
Zusätzlich zur Einhaltung bauordnungsrechtlicher Anforderungen zu zulässigen Rettungsweglängen und notwendigen Ausgangsbreiten sind, insbesondere für Gebäude, die planmäßig von einer großen Anzahl von Personen genutzt werden, empfehlen sich Räumungsberechnungen als Teil eines ganzheitlichen Brandschutzkonzeptes. Das Gleiche gilt für den Fall der Sonderbauten, insbesondere im Falle der o.g. Besonderheiten.	In addition to compliance with official building regulation stipulations on admissible escape route lengths and necessary exit widths, it is advisable to carry out evacuation calculations as part of a holistic fire protection concept, in particular for buildings that are intended for use by a large number of persons. The same applies to special-purpose buildings, in particular in the case of the aforementioned deviations.
Der Einsatz rechnergestützter Verfahren bei solchen Nachweisen stellt die genehmigenden Stellen vor neue Herausforderungen. Besonders für die bei einer Räumungssimulationen angenommenen Szenarien und Parameter sowie für die Auswertung der Ergebnisse sind standardisierte Kriterien notwendig.	The use of computer-assisted methods for verifications of this kind creates new challenges for the supervisory authorities. Standardised criteria are necessary, in particular for the assumed scenarios and parameters for an escape route calculation.
Das Gleiche gilt für die Beurteilung der Verlässlichkeit und Richtigkeit von Softwareprogrammen.	The same applies for the assessment of the reliability and accuracy of software programmes.
Die hier vorgelegte Muster-Richtlinie stellt eine Handreichung für die genehmigenden Stellen dar, die für diese beiden Anforderungen standardisierte Verfahren festlegt.	The model guideline presented here is designed as a guide for the approval authorities and defines standardised methods for both of these requirements.
Es wird darauf hingewiesen, dass Räumungssimulationen nicht alle Einflüsse der Realität berücksichtigen können. Psychologische Aspekte, die zum Beispiel die Routenwahl und das Verhalten der Person beeinflussen, sind bisher noch nicht wissenschaftlich	It is important to point out that evacuation simulations cannot take account of all influencing factors that occur in real situations. Psychological aspects which, for example, influence the choice of route and the behaviour of the person in question have not yet

fundiert untersucht worden und können nur durch statistische Variationen implementiert werden. Somit stellt die Simulation einen idealisierten Fall dar, bei dem sich die Personen gemäß der Parameter und Routenvorgaben des Benutzers bewegen.	been investigated in a scientifically robust way and can only be taken into consideration based on statistical modes of behaviour. As a result, simulation represents an idealized case in which persons move in accordance with the parameters and route specifications of the user.
Ziel dieser Richtlinie ist es, die Methodik (u.a. themenbezogene Begriffe, allgemeine Eigenschaften von Simulationsmodellen sowie die Bestandteile und notwendigen Arbeitsschritte) für die Erstellung einer simulationsgestützten Räumungssimulation festzulegen.	The objective of this guideline is to define the methodology (including topic-related terminology, general properties of simulation models and the elements and necessary work steps) for the creation of a simulation-based evacuation analysis.
1 Anwendungsbereich	**1 Area of application**
Die Räumungssimulation dient zur Bestimmung der Räumungszeit von baulichen Anlagen und Freiflächen und zur Überprüfung der Konzeption und Leistungsfähigkeit von Flucht- und Rettungswegen, insbesondere der Lokalisierung von Bereichen mit signifikanten Stauungen. Sie basiert auf einer rechnergestützten Simulation, in der jede Person individuell und der Grundriss detailliert abgebildet wird. Die Bewegung der Personen sowie die Wechselwirkung mit anderen Personen und der baulichen Anlage werden auf Grundlage von empirischen Untersuchungen, Beobachtungen und der Auswertung von Schadensfällen in Form von vereinfachten Regeln mit Hilfe eines rechnerischen Bewegungsmodells nachgebildet.	Simulation-based evacuation analysis is designed to determine the evacuation period of physical structures and outdoor areas and to review the planning and effectiveness of escape and rescue routes, in particular with regard to pinpointing areas with significant congestion. It is based on a computer-assisted simulation depicting each individual person and the detailed floor plan. The movement of persons and their interaction with the physical structure are simulated on the basis of empirical investigations, observations and the evaluation of damage events in the form of simplified mathematical rules with the help of a mathematical evacuation model.
Die in dieser Richtlinie dargestellte Methodik kann für alle Szenarien, die eine Räumung beschreiben, angewandt werden.	The methodology described in this guideline can be applied to all scenarios involving evacuation.

2 Begriffe	2 Terminology
Es gelten die Begriffsdefinitionen der Musterbauordnung. Darüber hinaus gelten für die Anwendung dieses Dokumentes die folgenden Begriffe:	The definition of terms of the German Model Building Code applies. In addition, the following terms are defined for the application of this document:
2.1 Mikroskopische Räumungsanalyse	**2.1 Microscopic evacuation analysis**
Rechnergestützte Analyse von Personenbewegungen hin zum sicheren Ort, bei der jeder Agent individuelle Bewegungen anhand individueller Parameter, Fähigkeiten und/oder Verhaltenseinstellungen basierend auf rechnergestützten Algorithmen ausführt.	Computer-supported analysis of movement of persons towards a safe location in which each agent per-forms individual movements derived from individual parameters, capabilities and/or behavioural attitudes based on computer-assisted algorithms.
Eine mikroskopische Räumungsanalyse liefert sowohl Aussagen zur Räumungszeit als auch über die dynamische Entwicklung (Ort, Zeit, Dauer) von Staus.	Microscopic evacuation analysis provides information on both the evacuation time and the dynamic development (location, time, duration) of congestion.
2.2 Räumung	**2.2 Evacuation**
„In-Sicherheit-Bringen“ von Personen aus einem gefährdeten Bereich. Dieser Begriff ist gleichbedeutend mit den Begriffen Entleerung, Entfluchtung und Evakuierung. Innerhalb dieses Dokuments wird der Begriff Räumung verwendet.	“Moving to safety” of persons from an endangered area. This term is synonymous with the term clearance vacating, and mass departure. Within this document, the term evacuation is used.
2.3 Entfluchtung	**2.3 Mass departure**
Siehe Definition 2.2 Räumung	See Definition 2.2 Evacuation
2.4 Personenverteilung	**2.4 Distribution**
Anzahl und räumliche Verteilung (Belegung) der Personen.	Number and spatial distribution (occupancy) of the persons concerned.
2.5 Populationseigenschaften	**2.5 Properties of population**
Beschreibt die Eigenschaften und Fähigkeiten der Personen.	Describes the properties and skills of the persons concerned.
2.6 Staus	**2.6 Congestion**
Staus werden je nach baulicher Situation in einem gewissen Maß akzeptiert. Abhängig von den Randbedingungen können sie zu einer Erhöhung des Risikos führen. Sie sollten deshalb bei der Durchführung mikroskopischer Räumungsanalysen vom Anwender identifiziert, beschrieben und beurteilt werden.	Conditional on the structural situation, congestions are acceptable to a certain extent. Depending on the framework conditions, this can lead to a higher risk. For this reason, they should be identified, described and assessed by the user in conducting microscopic evacuation analyses.
2.6.1 Identifikation	**2.6.1 Identification**
Ein Stau entsteht, wenn der eingehende Personen-	Congestion occurs when the flow of persons entering

fluss in einem Wegabschnitt größer ist als der ausgehende und es dadurch zu einer Reduktion der Gehgeschwindigkeit der betroffenen Personen kommt. Bei der Verwendung mikroskopischer Modelle kann ein Stau deshalb anhand der Geschwindigkeitsprofile der Agenten identifiziert werden.	a section of the route is larger than the exiting flow, leading to a reduction of the walking speed among the persons concerned. When microscopic models are used, congestion can be identified on the basis of the walking speed profile of the agents.
Ein Agent befindet sich in einem Stau, wenn seine Geschwindigkeit unter eine Grenzgeschwindigkeit v_{grenz} sinkt. Hiervon ausgenommen sind Aktionen, die dem Beginn der Agentenbewegung vorgelagert sind (Detektionszeiten, Alarmierungszeiten oder Reaktionszeiten). Die Grenzgeschwindigkeit ist nicht allgemeingültig, sondern hängt von den Modelleigenschaften und den verwendeten Parametern (z.B. der Gehgeschwindigkeit) ab. Sie lässt sich aus dem maximalen Fluss des Fundamentaldiagramms herleiten (Abb. 1) und sollte zwischen 0,2 und 0,8 m/s liegen (Tab. 1). Die konkrete Grenzgeschwindigkeit ist modell- und szenariospezifisch und kann anhand des Testfalls 4 ermittelt werden.	An agent is experiencing congestion when his walking speed drops below a threshold $value_{limit}$. An exception is constituted by actions preceding the beginning of the agent's movement (detection times, alarm times or premovement times). The threshold speed is not generally applicable but rather depends on the properties and the parameters used (e.g. the walking speed). It can be derived from the maximum flow of the fundamental diagram (Fig. 1) and should lie between 0.2 and 0.8 m/s (Table 1). The specific threshold speed is model and scenario-specific and can be determined based on Test Case 4.

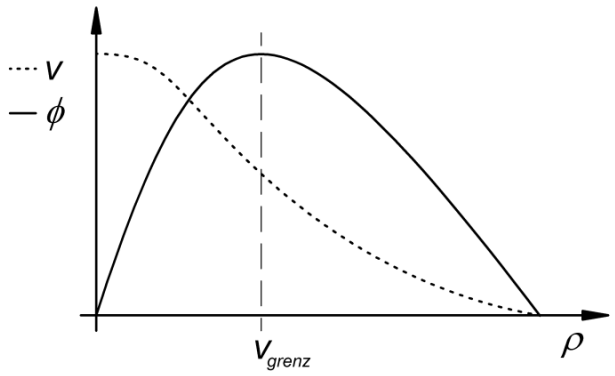


Abb. 1: Schematisches Fundamentaldiagramm (Fluss Φ und Geschwindigkeit v gegenüber der Dichte ϱ) zur Bestimmung der Grenzgeschwindigkeit v_{grenz}.

Fig. 1: Schematic fundamental diagram (flow Φ and speed v versus density ϱ) to determine the threshold speed v_{limit}.

Publikation	$\varnothing_{max}$ /1/m/s	$\rho_{max.\ Fluß\ /\ flux}$ /1/m²	$v_{max.\ Fluß\ /\ flux}$ /m/s	$v_{frei\ /\ free}$ /m/s
Weidmann [2]	1,22	1,75	0,70	1,34
Fruin [3]	1,25	1,97	0,64	1,34
SFPE [7]	1,32	1,90	0,69	1,20
PM Adults Summer normal [12]	1,69	7,50	0,23	0,91
Helbing et al [13]	1,83	3,99	0,46	1,22
Löhner et al [14]	2,91	8,00	0,36	1,45
H&W Commuters [15]	1,99	4,37	0,46	1,62
H&W Boys [15]	2,28	5,38	0,42	1,49
Möri and H. Tsukaguchi [16]	2,32	3,65	0,64	1,47
Older [16]	1,31	2,51	0,52	-
Jin et al [18]	1,63	2,13	0,77	2,00

Tab. 1: Übersicht spezifischer Parameter unterschiedlicher Fundamentaldiagramme.
Table 1: Overview of specific parameters of different fundamental diagrams.

2.6.2 Beschreibung	**2.6.2 Description**
Folgende, beispielhafte Kriterien können zur Beschreibung eines Staus herangezogen werden.	The following sample criteria can be drawn on to describe congestion.
1. Existenzdauer des Staus, 2. Ort und Ausdehnung des Staus, 3. Ortsbezogene akkumulierte Staudauer, 4. Einzelstauzeiten jedes Agenten, 5. Akkumulierte Einzelstauzeiten jedes Agenten, 6. Einfluss auf die Räumungszeit, 7. Staugröße: Anzahl der beteiligten Personen	1. Duration of the congestion, 2. Location and extent of the congestion, 3. Location-related accumulated duration of congestion, 4. Individual congestion times of each agent, 5. Accumulated individual congestion times of each agent, 6. Effect on the evacuation time, 7. Dimensions of congestion: Number of persons involved.
Die genannten Größen liegen in der Regel als Verteilungen vor (Individualgrößen, mehrfach wiederholte Simulationsläufe), so dass eine statistische Auswertung (z.B. mittels 95% Perzentilen) empfohlen wird	As a rule, the values exist as distributions (individual values, repeated simulation runs), so that a statistical analysis (e.g. by means of 95 % percentiles) is recommended.
2.6.3 Beurteilung	**2.6.3 Evaluation**
Ausgehend von der oben genannten Vorgehensweise zur Identifikation und der quantitativen Beschreibung eines Staus ist er abschließend zu beurteilen. Folgende, beispielhafte Randbedingungen können dabei individuell und situationsabhängig einbezogen werden:	Using the above approach for the identification and quantitative description of congestion, it is to be finally evaluated. The following, sample boundary conditions can be included individually and depending on the situation:
1. Anlass der Räumung, 2. Motivation der Betroffenen,	1. Occasion of the evacuation, 2. Motivation of persons concerned,

3. Nutzungsart, 4. Für das Szenario relevante Faktoren, 5. Abweichung zu einem baurechtlich konformen Szenario, 6. Ort und Ausdehnung des Staus.	3. Type of use, 4. Factors relevant for the scenario, 5. Deviations from a scenario conforming to building regulations, 6. Location and extent of the congestion.
2.7 Freie Laufgeschwindigkeit	**2.7 Free walking speed**
Geschwindigkeit einer Person bei ungehinderter Bewegung in der Ebene.	Speed of a person with unhampered movement in the plane.
2.8 Detektionszeit t_{Detekt}	**2.8 Detection time t_{Detect}**
Zeitspanne vom Beginn des auslösenden Ereignisses (z.B. Brand) bis zu seiner Entdeckung.	Time span from beginning of the trigger incident (e.g. fire) to its discovery.
2.9 Alarmierungszeit t_{Alarm}	**2.9 Alarm time t_{Alarm}**
Zeitspanne zwischen der Entdeckung eines auslösenden Ereignisses und dem Auslösen des Räumungssignals (Alarm oder Sprachdurchsage als Aufforderung zur Räumung).	Time span between discovery of a trigger incident and giving the evacuation signal (e.g. alarm or announcement).
2.10 Individuelle Reaktionszeit $t_{i,\ Reakt}$	**2.10 Individual premovement time $t_{i,\ Premovement}$**
Zeitspanne zwischen dem Auslösen des Räumungssignals und dem Beginn der Räumung einer einzelnen Person. Die individuelle Reaktionszeit schließt die Wahrnehmung von Hinweisen, das Erteilen und Aufnehmen von Anweisungen und die Durchführung aller anderen Tätigkeiten vor Beginn der Räumung ein.	Time span between the activation of the evacuation signal and the start of evacuation of an individual per-son. The individual premovement time includes becoming aware of indications, the issuing and reception of instructions and the performance of all other activities before the start of evacuation.
2.11 Individuelle Laufzeit $t_{i\ Lauf}$	**2.11 Individual walking time $t_{i\ Walk}$**
Zeitspanne, die eine Person benötigt, um von ihrer anfänglichen Position zu einem sicheren Ort (Sammelplatz, anderer Brandabschnitt, Ausgang oder Ähnliches) zu gelangen.	Time span a person needs to move from their initial position to a safe location (assembly point, different fire compartment, exit or similar.
2.12 Individuelle Räumungszeit $t_{i,\ Räumung}$	**2.12 Individual evacuation time $t_{i,\ Evacuation}$**
Summe der allgemeinen Detektions- und Alarmierungszeit sowie der individuellen Reaktions- und Laufzeit, d.h.: $t_{i,\ Räumung} = t_{Detekt} + t_{Alarm} + t_{i,\ Reakt} + t_{i,\ Lauf}$	Sum of general detection and alarm times as well as the individual premovement and walking time, i.e.: $t_{i,\ Evacuation} = t_{Detect} + t_{Alarm} + t_{i,\ Premovement} + t_{i,\ Walk}$

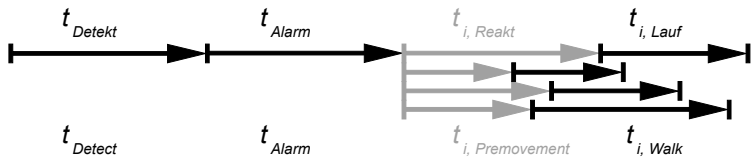


Abb. 2: Grafische Darstellung der einzelnen Zeitkomponenten der individuellen Räumungszeit.
Fig. 2: Graphic representation of the individual time components of the individual evacuation time.

2.13 Räumungszeit $t_{Räumung}$	**2.13 Evacuation time $t_{Evacuation}$**
Maximum aller individuellen Räumungszeiten für einen Räumungsablauf, d.h.:	Maximum of all individual evacuation times for an evacuation process, i.e.:
$t_{Räumung} = \max(t_{i,\ Räumung})$	$t_{Evacuation} = \max(t_{i,\ Evacuation})$
2.14 Agent	**2.14 Agent**
Modellspezifische Repräsentation einer realen Person.	Model-specific representation of a real person.
2.15 Szenario	**2.15 Scenario**
Ein Szenario wird wenigstens durch eine Geometrie, eine räumliche Verteilung der Personen, eine Routen-verteilung und der Demographie der Population definiert.	A scenario is defined by a geometry, an initial distribution of persons, a route distribution and demographics of the population.
2.16 Statistische Auswertung wiederholter Simulationsläufe	**2.16 Statistical evaluation of repeated simulation runs**
Zur Bewertung variierender Einflüsse zu Beginn und während der Räumung, ist pro Szenario eine ausreichende Zahl von Simulationsläufen durchzuführen. Erst die Verteilung der hierbei gewonnen Resultate ermöglicht eine fundierte Beurteilung der Ergebnisse. Im Sinne einer statistischen Analyse ergeben sich:	A sufficient number of simulation runs is to be performed in order to assess different constellations at the start and during the evacuation. Only the distribution of the results obtained in this way permits a substantiated assessment of the evacuation situation. In terms of statistical analysis, this provides the following parameters:
2.16.1 Minimale Räumungszeit $t_{Räumung,min}$	**2.16.1 Minimum evacuation time $t_{Evacuation,min}$**
Minimum aus einem Ensemble von Räumungszeiten.	Minimum from a collection of evacuation times.
2.16.2 Maximale Räumungszeit $t_{Räumung,max}$	**2.16.2 Maximum evacuation time $t_{Evacuation,max}$**
Maximum aus einem Ensemble von Räumungszeiten.	Maximum from a collection of evacuation times.
2.16.3 Mittlere Räumungszeit $t_{Räumung,mittel}$	**2.16.3 Mean evacuation time $t_{Evacuation,mean}$**
Arithmetischer Mittelwert aus einem Ensemble von Räumungszeiten.	Arithmetic mean from a collection of evacuation times.

2.16.4 Standardabweichung $s_{Räumung}$	**2.16.4 Standard deviation $s_{Evacuation}$**
Statistisches Maß für die Streuung der Werte um den Erwartungswert einer Verteilung.	Statistical measure for the scatter of values around the expected value of distribution.
2.16.5 Signifikante Räumungszeit $t_{Räumung,signifikant}$	**2.16.5 Significant evacuation time $t_{Evacuation,significant}$**
Die Zeit eines Ensembles von Gesamträumungszeiten, die größer als oder gleich 95% der Gesamträumungszeit ist, wird als signifikante Gesamträumungszeit bezeichnet.	Time from a collection of total evacuation times that is greater than or equal to a threshold value to be defined.
3 Eingabekategorien für Simulationsmodelle	**3 Input categories for simulation models**
Die nachfolgend aufgeführten Eingabekategorien sind entsprechend der jeweiligen zu untersuchenden Situation festzulegen, zu begründen und zu dokumentieren (vgl. Kap. 4 und 5), wobei die herangezogenen Quellen zu benennen sind. Typische Werte für die verschiedenen Eingabegrößen können den geltenden Gesetzen und Verordnungen sowie den Regeln der Technik, wie z. B. dem vfdb-Leitfaden [11] und den Handbüchern der Simulationssoftware entnommen werden. Eine entsprechende Vorabstimmung mit der zuständigen genehmigenden Stelle wird empfohlen.	The input categories listed below are to be defined, justified and documented based on the situation to be investigated (cf. Sections 4 and 5) and the sources used to be named. Typical values for the various input variables can be taken from the applicable laws and regulations as well as the generally-accepted stand-ards such as the vfdb Guideline [11] or the simulation software manuals. Consulting the competent approv-al authority beforehand is recommended.
3.1 Kategorie Geometrie	**3.1 Category Geometry**
Diese Kategorie beschreibt die räumliche Anordnung und Geometrie des Gebäudes bzw. der Fluchtwege, ihre (Nicht-)Erreichbarkeit bzw. (Nicht-)Begehbarkeit.	This category describes the spatial arrangement and geometry of the building and/or the escape routes, their (non-)reachability and their (non-)accessibility.
Die Gebäudegeometrie ist in allen für den Ablauf der Simulation wichtigen Aspekten zu berücksichtigen. Dieses sind u. a.: die Einteilung in Ebenen und Geschosse, Hindernisse, Wände, Treppen, Rampen, Türen und Ausgänge.	The building’s geometry is to be taken into account for all aspects that are of importance for the process of simulation. These aspects include the separation into levels and storeys, obstacles, walls, staircases, ramps, doors and exits.
3.2 Kategorie Population	**3.2 Category Population**
Die Zusammenstellung der Population erfolgt im Hinblick auf Attribute und Fähigkeiten der Agenten. Die statistische Zusammensetzung der Population ist gleichbleibend für alle Simulationsläufe eines Szenarios. Liegen Daten zur Populations-Zusammensetzung vor, so sollten diese nach Möglichkeit verwendet werden (z. B. Anpassung der Parameter für Schulen oder Seniorenheime).	The composition of the population is based on attributes and capabilities of the agents. The statistical composition of the population remains the same for all simulation runs of a scenario. If data on the composition of the population is available, this should be used where possible (e. g. adjustment of parameters for schools or care homes).

3.2.1 Allgemeines	3.2.1 General
Die Kategorie Population beschreibt die minimalen Anforderungen an die Eigenschaften und die Zusammensetzung der Population:	The category Population describes the minimum requirements for the characteristics and composition of the population:
1. Jeder Agent wird in der Simulation individuell repräsentiert. 2. Die grundlegenden Regeln für die Entscheidungen und Bewegungen sind für alle Agenten gleich und werden durch einen dokumentierten, universellen Algorithmus beschrieben. 3. Die Fähigkeiten jedes Agenten oder jeder Agentengruppe wird durch einen Satz von Agentenpara-metern festgelegt. Diese Parameter können sich stochastisch auf das Verhalten der Agenten aus-wirken. 4. Die Bewegung jedes einzelnen Agenten muss aufzeichenbar sein. 5. Die Agentenparameter können zwischen den Individuen einer Population variieren; die freie, maxi-male oder Wunschgeschwindigkeit soll variieren. 6. Die Länge eines Simulationszeitschrittes soll so klein sein, (<1 s), dass die notwendigen Bewegungs- und Verhaltensaktionen mit ihren Wechselwirkungen konsistent modelliert werden können (mikroskopische Analyse);	1. Each agent is represented individually in the simulation. 2. The fundamental rules for decisions and movements are the same for all agents and are described by a documented, universal algorithm. 3. The capability for each agent or group of agents is defined by a set of agent parameters. These parameters may have a stochastic effect on the behaviour of the agents in question. 4. The movement of each individual agent must be recordable. 5. The agent parameters can vary between the individuals in a population; the free, maximum or desired speed should vary. 6. The duration of a simulation interval should be small enough (<1 s) to allow the necessary movement and behavioural actions, together with their interactions, to be consistently modelled (microscopic analysis);
3.2.2 Eigenschaften der Population	**3.2.2 Characteristics of the population**
Entsprechend der jeweiligen Nutzung der baulichen Anlage ist es angezeigt, einen ausreichend konservativ gewählten Parametersatz für die Population zu wählen. Um Risiken aufzudecken, kann es hilfreich sein mehrere Szenarien zu simulieren, in denen die Populationsparameter variiert werden.	Based on the respective utilisation of the physical structure, it is expedient to define a sufficiently-conservative parameter set for the population. In order to uncover risks, it can prove helpful to simulate a number of scenarios, varying the population parameters.
3.2.2.1 Reaktionszeit	**3.2.2.1 Premovement time**
Sind genaue Kenntnisse zum Räumungskonzept bekannt, können die Reaktionszeiten gemäß „Anhang 2: Verteilung der individuellen Reaktionsdauern” oder anderer Standards festgelegt werden. In allen anderen Fällen kann die Sensitivität des Räumungskonzepts anhand von drei Szenarien mit den folgenden drei Reaktionszeitverteilungen bestimmt werden.	If exact details of the evacuation concept are known, the premovement times can be defined in line with „Annex 2: Distribution of individual premovement times” or other standards. In all other cases, the sensitivity of the evacuation concept must be determined based on three scenarios with the following three reaction time distributions.
1. Schnelle Räumung: Alle Agenten erhalten eine Reaktionszeit von 0 Sekunden. Dies bewirkt durch die gleichzeitige Reaktion aller Agenten ein	1. Rapid evacuation: all persons are assigned a reaction time of 0 seconds. Due to the simultaneous reaction of all persons, this results in a high

hohes Agentenaufkommen auf den Flucht- und Rettungswegen. 2. Zügige Räumung: Die Agenten erhalten eine gleichverteilte Reaktionszeit von 0-60 s zugewiesen und reagieren somit innerhalb einer Minute. 3. Langsame Räumung: Die Agenten erhalten eine gleichverteilte Reaktionszeit von 1 bis 5 min.	volume of persons in the escape and rescue routes. 2. Speedy evacuation: All agents are assigned a uniformly-distributed premovement time of 0-60 seconds and therefore react within the space of one minute. 3. Slow evacuation: The agents are assigned a uniformly-distributed premovement time of 1 to 5 minutes.
3.2.2.2 Freie Gehgeschwindigkeit in der Ebene	**3.2.2.2 Free walking speed in the plane**
Sind genaue Kenntnisse über die Population im Objekt bekannt, können die Gehgeschwindigkeiten gemäß Tab. 2 bzw. Abb. 3 oder anderen Standards festgelegt werden. Es empfiehlt sich, die Werte angelehnt an die Veröffentlichungen von Weidmann [2] zu verwenden. Sind keine Daten bekannt, sollte die in Abschnitt 3.2.4 definierte Standardpopulation verwendet werden.	If precise information is available on the population in the premises, the walking speeds can be defined in line with Table 2 or Fig. 3 or other standards. It is advisable to use the values based on those in the publications of Weidmann [2]. Where no data is available, the standard population defined in Section 3.2.4 should be used.

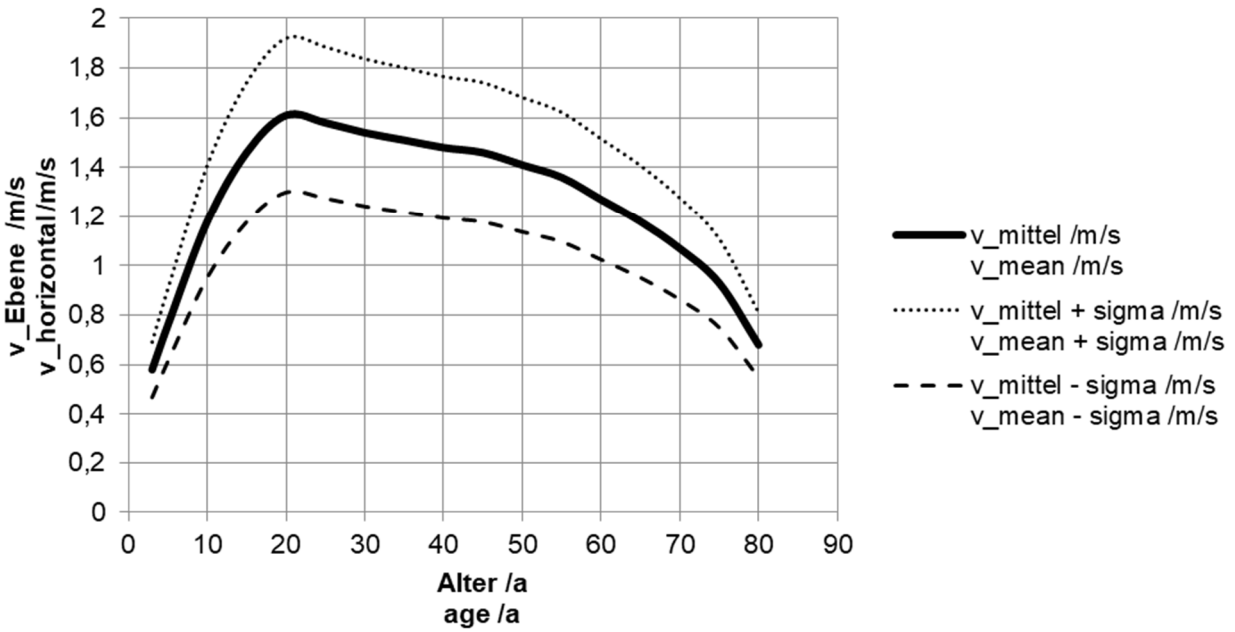


Abb. 3: Gehgeschwindigkeit in der Ebene in Abhängigkeit des Alters in Anlehnung an Weidmann [2].
Fig. 3: Walking speed in the plane as a function of age based on Weidmann [2].

Personengruppe	v_{min} /m/s	v_{max} /m/s
Personen mit beeinträchtigter Mobilität	0,46	0,76

Tab. 2: Gehgeschwindigkeiten in der Ebene für Agenten mit beeinträchtigter Mobilität [9].

Group of persons	v_{min} /m/s	v_{max} /m/s
Persons with impaired mobility	0,46	0,76

Table 2: Walking speed in the plane for agents with impaired mobility [9].

Die Gehgeschwindigkeit von Männern ist nach Weidmann [2] im Mittel um 10,9% höher als die von Frauen. Dies ergibt für Männer eine mittlere freie Gehgeschwindigkeit von 1,41 m/s und für Frauen von 1,27 m/s.	According to Weidmann [2] the average walking speed of men is 10.9 % higher than that of women. This results in a mean free walking speed of 1.41 m/s for men and 1.27 m/s for women.
3.2.2.3 Freie Gehgeschwindigkeiten auf Treppen	**3.2.2.3 Free walking speeds on stairs**
Eine realistische Reduktion der Gehgeschwindigkeit auf Treppen sollte berücksichtigt werden und den in der Literatur dargestellten Tendenzen entsprechen. Sie sollte unter Angabe der entsprechenden Quellen dokumentiert sein. Dabei ist darauf zu achten, dass die Modalitäten (Treppenlänge, -steigung, etc.) im Projekt und der angeführten Literatur zueinander passen (z.B. Tab. 3).	A realistic reduction of the walking speed on stairs should be taken into account in line with the tendencies outlined in the literature. They should be documented citing the relevant sources. Attention should be paid to ensuring that the modalities (length of stairs, incline, etc.) in the project and in the literature cited match (e.g. Table 3).

Personengruppe	Treppe abwärts		Treppe aufwärts	
	v_{innen}[1] /m/s	$v_{außen}$[2] /m/s	v_{innen}[1] /m/s	$v_{außen}$[2] /m/s
Unter 30 Jahre	0,76	0,81	0,55	0,58
30 bis 50 Jahre	0,65	0,78	0,50	0,58
Über 50 Jahre	0,55	0,59	0,42	0,42
Beeinträchtigte Mobilität	0,42		0,32	

Tab. 3: Beispiel mittlerer Gehgeschwindigkeiten auf Treppen nach Fruin [3].

Group of persons	Descending stairs		Ascending stairs	
	$v_{internal}$[3] /m/s	$v_{external}$[4] /m/s	$v_{internal}$[3] /m/s	$v_{external}$[4] /m/s
Under 30 years of age	0.76	0.81	0.55	0.58
30 to 50 years of age	0.65	0.78	0.50	0.58
Over 50 years of age	0.55	0.59	0.42	0.42
Impaired mobility	0.42		0.32	

Table 3: Example of mean walking speed on stairs according to Fruin [3].

3.2.3 Initialverteilung der Agenten	**3.2.3 Initial distribution of agents**
Die Initialverteilung der Agenten sollte aufgrund folgender Daten definiert werden:	The initial distribution of agents should be defined according to the following data:
1. Initialdichten oder 2. Initialzahlen nach Art der Nutzung (z.B. Bestuhlungsplänen).	1. Initial density or 2. Initial number by type of use (e.g. seating plans).
Liegen konkrete Daten vor, sollten sie unter Bekanntgabe der Quelle in die Analyse einfließen. Ansonsten kann auf die Richtwerte aus Tab. 4 zurückgegriffen werden.	Where specific data is available, it should be incorporated into the analysis, citing the source. Otherwise, the guide values in Table 4 can be used.

Gebäudetyp	Personendichte /P/m²	
Kaufhaus	0,18 – 0,36	[10]
Bürogebäude	0,11	[10]
Lager	0,04	[10]
Messen	1,00	[1]
Versammlungsräume	2,00	[1]
Stehplätze in Zuschaueranlagen	3,5 – 4,7	[4]

Tab. 4: Richtwerte der Initialdichten der Population.

[1] Innentreppen: Steigungsverhältnis 17,8 cm / 28,6 cm
[2] Außentreppen: Steigungsverhältnis 15,2 cm / 30,5 cm
[3] Internal stairs: Rise to tread ratio 17.8 cm / 28.6 cm
[4] External stairs: Rise to tread radio 15.2 cm / 30.5 cm

Type of building	Density of persons /P/m²	
Department store	0,18 – 0,36	[10]
Office building	0,11	[10]
Warehouse	0,04	[10]
Trade fair	1,00	[1]
Meeting rooms	2,00	[1]
Standing areas in spectator facilities	3,5 – 4,7	[4]

Table 4: Guide values for the initial distribution of the population.

3.2.4 Altersverteilung der Population

Stehen keine Daten zur Verfügung, soll die folgende Standardpopulation verwendet werden. Sie besteht zu jeweils 50% aus Männern und Frauen deren Alter wie in Abb. 4 dargestellt zwischen dem Minimum- und Maximumwert normalverteilt ist. Der Mittelwert des Alters ist 50 Jahre, die Standardabweichung 20 Jahre. Das Minimumalter beträgt 10 Jahre, das Maximumalter 85 Jahre.

3.2.4 Age distribution of population

If no data is available, the following standard population should be used. It is made up of 50 % men and 50 % women whose ages are normally distributed between the minimum and the maximum values as shown in Fig. 4. The mean age value is 50 years, the standard deviation 20 years. The minimum age is 10 years, the maximum age 85 years.

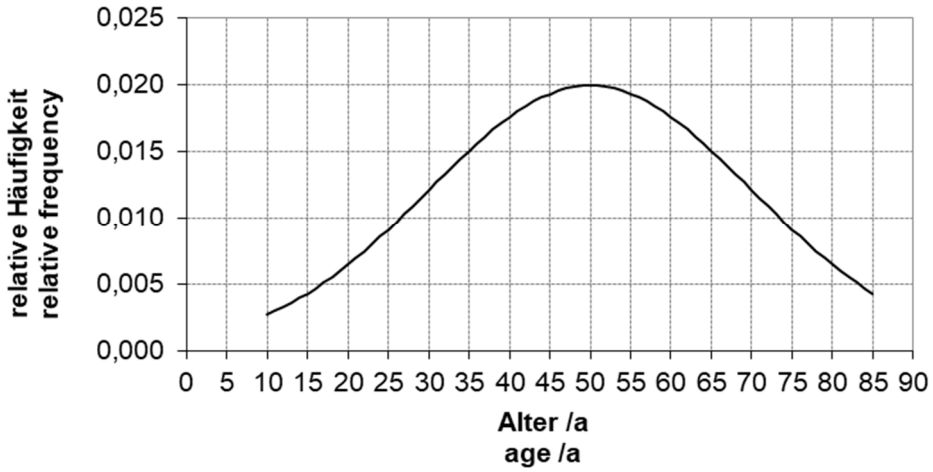


Abb. 4: Altersverteilung der RiMEA-Standardpopulation.
Fig. 4: Age distribution of the RiMEA standard population.

3.3 Kategorie Routen

Die Routen geben vor, welche Wege die Agenten auf dem Weg zu ihren Zielen (sichere Bereiche) zurücklegen. Folgende Variationen lassen sich untersuchen:

1. Alle Fluchtwege sind verfügbar.
2. Einzelne Fluchtwege werden versperrt, um diesen Einfluss zu untersuchen.
3. Variation der Routenwahl:

3.3 Category routes

The routes dictate the paths taken by the agents en route to their objectives (safe areas). The following variations can be examined:

1. All escape routes are available.
2. Individual escape routes are blocked in order to examine the influence.
3. Variation of route choice:

a. Alle folgen dem nächstgelegenen Fluchtweg,
b. 80% folgen den Alltagswegen, der Rest folgt den Fluchtwegen und
c. 70% bleiben bei einer einmal getroffenen Entscheidung, 30% können sich in Folge von Stauungen um entscheiden, sofern Alternativwege verfügbar sind.

4. Organisatorische Maßnahmen werden implizit durch Routenzuweisungen berücksichtigt.

a. All proceed along the nearest escape route,
b. 80% proceed along the everyday route, the rest proceed along the escape routes and
c. 70% stick to the decision taken, 30% can reconsider in the face of congestion, providing alter-native routes are available.

4. Organisational measures are implicitly taken into account by the fact of route assignment.

4 Nachweisführung

4 Verification

Die Nachweisführung erfolgt abhängig vom Ersteller sowie der genutzten Software und sollte folgende Punkte berücksichtigen.

Verification ensues independent of the compiler and the hardware used and should take the following points into account.

4.1 Szenarien

4.1 Scenarios

Um aussagekräftige Ergebnisse aus der Räumungsanalyse zu erhalten, müssen relevante Szenarien definiert werden. Diese Szenarien ergeben sich zum Beispiel aus der Nutzungsart des zu untersuchenden Objekts sowie des Zeitpunkts des auslösenden Ereignisses. Hieraus lassen sich u.a. Anzahl, Verteilung und Demographie der Personen ableiten. Die relevanten Szenarien leiten sich aus ihren Eintrittswahrscheinlichkeiten ab, sowie der sich daraus ergebenden Auswirkungen und sollten mit der genehmigenden Stelle vor der Analyse abgestimmt werden.

In order to obtain robust findings from the evacuation analysis, relevant scenarios have to be defined. These scenarios derive, for example, from the type of use of the premises in question and the time point of the triggering event. These can be derived from, among other factors, the number, distribution and demographics of the agents. The relevant scenarios are derived from the likelihood of their occurrence and the resulting effects and should be agreed with the approving authority prior to the analysis.

4.1.1 Personenbelegung

4.1.1 Occupancy

Für die Räumungsanalyse soll die Personenverteilung berücksichtigt werden, welche in den Genehmigungsunterlagen für das jeweilige Szenario vorgesehen ist. Gibt es hierzu keine Angaben, kann sie gemäß Kapitel 3.2.3 bzw. den einschlägigen Gesetzen, Verordnungen, Richtlinien oder Regelwerken festgelegt werden.

For the evacuation analysis, the initial distribution of persons provided for in the application plans or other documents for the relevant scenario should be taken into account. Where no data is available, it can be determined in accordance with Chapter 3.2.3 or the applicable laws, regulations, guidelines or policies.

Alternativ kann die maximale Personenzahl durch Variation (abnehmend oder zunehmend) ermittelt werden, so dass die benötigte Räumungszeit (*RSET genannt*) unterhalb einer vorgegebenen, verfügbaren Räumungszeit (*ASET genannt*) liegt.

Alternatively, the maximum number of persons can be determined by variation (decreasing or increasing) so that the required evacuation time (*referred to as RSET*) lies below a specified, available evacuation time (*referred to as ASET*).

4.1.2 Anordnung der Fluchtwege - grundlegender Räumungsfall

4.1.2 Arrangement of escape routes - fundamental evacuation scenario

Als grundlegender Räumungsfall sollten alle vorhandenen Flucht- und Rettungswege zur Verfügung

Fundamentally, in the case of evacuation, all the existing escape and emergency routes should be

stehen. Die Personen bewegen sich entlang der Fluchtwege und kennen den Weg zum nächstgelegenen, sicheren Bereich. Hierbei wird unterstellt, dass Beschilderung, Leitsysteme, Schulung eventuell vorhandener Sicherheitskräfte und andere Einflüsse bezüglich Gestaltung und Betrieb der Räumungseinrichtungen mit den Anforderungen der entsprechenden Gesetze und Verordnungen im Einklang stehen.	available. Persons move along the escape routes and know their way to the nearest place of safety. Here it is assumed that the following factors comply with the requirements of the relevant laws and regulations: signage, guidance systems, training of security personal who may be present as well as other influences related to the design and operation of the evacuation facilities.
4.1.3 Flexibilität der Fluchtwege - zusätzliche Räumungsfälle	**4.1.3 Flexibility of escape routes - additional evacuation scenarios**
Es empfiehlt sich, in Abstimmung mit der genehmigenden Stelle zusätzliche Szenarien zu untersuchen. Hierdurch können die Auswirkungen versperrter Fluchtwege, die Ortsunkenntnis der Personen und damit die Flexibilität des Räumungskonzepts geprüft werden.	It is recommended that additional scenarios be investigated in cooperation with the competent authorities. This allows the effects of obstructed escape routes, the familiarity of the persons concerned with the location and the flexibility of the evacuation concept to be tested.
4.2 Behandlung der Räumungszeiten	**4.2 Treatment of evacuation times**
Sowohl die vom Modell vorhergesagte als auch eine in der Realität gemessene Räumungszeit ist aufgrund der Natur des Räumungsprozesses eine stochastische Größe. Um repräsentative Ergebnisse zu erzielen, sollten daher folgende Punkte berücksichtigt werden:	Both the evacuation times predicted by the model and measured in reality constitute, by the very nature of the evacuation process, a stochastic value. In order to achieve representative results, the following additional points should be given consideration:
1. Für jeden Simulationsdurchgang sollen die Anfangspositionen der Agenten stochastisch neu bestimmt werden. 2. Für jeden Simulationsdurchgang sollen die demographischen Parameter der Agenten entsprechend der dem Szenario zugrunde liegenden Populationszusammensetzung stochastisch neu bestimmt werden. 3. Für jedes Szenario sollte eine statistisch belastbare Anzahl von Simulationsdurchläufen ausgeführt werden. 4. Die Ergebnisse der Simulationsdurchläufe aller Szenarien sind nachvollziehbar zu dokumentieren. Anzugeben sind eine graphische Darstellung der Zeitverteilung (Histogramm), die minimale, maxi-male und die signifikante Räumungszeit sowie die Standardabweichung. 5. Die zulässige Räumungszeit sollte im Vorfeld mit den genehmigenden Stellen abgestimmt werden. Die berechnete, signifikante Räumungszeit sollte kleiner sein. Die zulässige Räumungszeit kann anhand rechtlicher, normativer Bestimmungen, anhand von Räumungszeiten eines regelkonfor-	1. For every simulation run, the initial positions of the agents are to be redefined stochastically. 2. For every simulation run, the demographic parameters of the agents are to be redefined stochasti-cally according to the scenario’s underlying population composition. 3. For each scenario, a statistically-sound number of simulations runs should be conducted. 4. The results of all simulation runs for all scenarios are to be clearly documented. A graphical representation of the duration distribution (histogram), the minimum, maximum and significant evacuation time are to be provided as well as the standard deviations. 5. The permissible evacuation time is to be agreed in advance with the authorities. The calculated, significant evacuation time should be shorter than this. The permissible evacuation time can be determined on the basis of legal, normative stipulations, based on evacuation times in a comparable scenario conforming to regulations or on the basis of the data in Annex 3.

men Vergleichsszenarios oder anhand der Daten im Anhang 3: bestimmt werden.	
5 Dokumentation	**5 Documentation**
Die Dokumentation soll die Eingabedaten und Ergebnisse der Analyse übersichtlich und nachvollziehbar darstellen, begründen und erklären. Eine vollständige Dokumentation sollte folgende Punkte enthalten:	The documentation must show, justify and explain the data entered and results of the analysis in a clear and comprehensible manner. Complete documentation should contain the following points:
1. Anlass und Fragestellung, 2. Objektbeschreibung, 3. Simulationsverfahren, 4. Szenarien, 5. Ergebnisse, 6. Bewertung/Interpretation, 7. Maßnahmen und 8. Literatur.	1. Occasion and issue, 2. Description of the premises, 3. Simulation processes, 4. Scenarios, 5. Results, 6. Evaluation/interpretation, 7. Measures and 8. Literature.
Die einzelnen Punkte werden in den folgenden Abschnitten genauer beschrieben.	The individual points are described in more detail in the following sections.
5.1 Anlass und Fragestellung	**5.1 Occasion and issue**
Beschreibung, warum die Analyse bzw. das Gutachten erstellt wird und Erläuterung der Problemstellung sowie Beschreibung der Schutzziele.	Description of why the analysis or the expertise is being carried out and explanation of the issues as well as description of the safety objectives.
5.2 Simulationsverfahren	**5.2 Simulation process**
Die Dokumentation des Simulationsverfahrens sollte folgende Punkte enthalten:	The documentation of the simulation process must contain the following points:
1. Programmname und -version der genutzten Software, 2. die im Modell zur Beschreibung der Agenten benutzten Variablen (z. B. Gehgeschwindigkeit, Körperbreite), 3. die Abbildung von Treppen, Türen, Sammelplätzen und anderen besonderen räumlichen Elementen und wie sie sich auf den Ablauf der Simulation auswirken und 4. einen Verweis auf das Benutzerhandbuch, das Details des Simulationsmodells sowie die zugrunde liegenden Annahmen beschreibt.	1. The programme name and version of the software used, 2. The variables used in the model to describe the movement of agents (e.g. walking speed, body width), 3. The representation of stairs, doors, assembly points and other specific spatial elements and how the associated variables and parameters affect the simulation sequence and 4. Reference to the user manual which gives details of the simulation model as well as the underlying assumptions.
5.3 Objektbeschreibung	**5.3 Description of the premises**
Beschreibung der für die Räumung relevanten Bereiche evtl. mit Grafiken, sofern nicht schon im Brandschutzkonzept dargestellt. Außerdem können je nach Objekt folgende Informationen hilfreich sein:	Description of the areas relevant for the evacuation, potentially with graphic material, provided this is not already presented in the fire protection concept. In addition, depending on the premises, the following

	information can be helpful:
1. Flächen, 2. Stockwerke, 3. Nutzungsarten, 4. Anzahl und Art der Ausgänge und 5. Definition des sicheren Bereichs mit Begründung.	1. Areas, 2. Floors, 3. Types of utilisation, 4. Number and type of exits and 5. Definition of the place of safety with reasons.
5.4 Szenarien	**5.4 Scenarios**
Erläuterung der Annahmen und Randbedingungen pro Szenario:	Explanation of assumptions and boundary conditions per scenario:
1. Annahmen zur Population wie: a. Gewählte Eigenschaften und Fähigkeiten (Demographie), b. Anzahl und Initialverteilung der Agenten im Objekt, c. Reaktionszeitverteilung, 2. Fluchtwegführung und Zuordnung von Personen zu Ausgängen und 3. Falls die einzelnen Szenarien sich geometrisch unterscheiden: Beschreibung der szenarienspezifischen geometrischen Besonderheiten. 4. Anzahl der Simulationsdurchläufe.	1. Assumptions regarding population, such as: a. Selected characteristics and capabilities (demographics), b. Number and initial distribution of agents on the premises, c. Premovement time distribution, 2. Escape route management and assignment of persons to exits and 3. In the event of the individual scenarios displaying geometric differences: description of the special scenario-specific geometric features. 4. Number of simulation runs.
5.5 Ergebnisse	**5.5 Results**
Ziel der Ergebnisdarstellung ist es, das Erreichen des festgelegten Schutzziels nachvollziehbar zu überprüfen. Dazu müssen die relevanten Ergebnisse, Besonderheiten und Auffälligkeiten der Simulationsergebnisse visualisiert werden.	The aim of the presentation of results is to test the achievement of the specified safety objectives in a clearly-comprehensible way. To this end, the relevant results, special features and abnormalities of the simulation results are visualised.
Folgende, beispielhafte Auswertungen bieten sich dazu an:	The following sample analyses are suitable:
1. Verteilung der berechneten Räumungszeiten, 2. (Gesamt-) Räumungszeit, 3. detaillierte Darstellung des Räumungsverlaufs in Zeitschritten von $\Delta t \leq T_{gesamt}/10$, wie z.B. durch Diagramme, Tabellen oder Grafiken, 4. Detailauswertung bestimmter Teilbereiche (in Bezug auf Staus, Personenzahl, etc.), 5. Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Szenarien, 6. grafische Darstellung (Momentaufnahmen) von Geschwindigkeitsverläufen (zeitlich, räumlich) und 7. Lage und Beschreibung signifikanter Staus.	1. Distribution of the calculated evacuation times, 2. (Total) evacuation time, 3. Detailed representation of the evacuation process in time steps of $\Delta t \leq T_{total}/10$, such as by diagrams, tables or graphics, 4. Detail analysis of certain sections (with regard to congestion, number of persons, etc.), 5. Comparison of the results of various scenarios, 6. Graphic representation (snapshot) of changes in speed (temporal, spatial) and 7. Location and description of significant congestion.

5.6 Bewertung/Interpretation	5.6 Evaluation/Interpretation
Erläuterung / Interpretation der Ergebnisse hinsichtlich der festgelegten Schutzziele, z.B. durch:	Explanation/interpretation of results with regard to established safety objectives, such as by:
1. Vergleich mit gesetzlichen Vorgaben, 2. Vergleich mit Literatur / allgemein anerkannten Regeln der Technik, 3. Vergleich der Ergebnisse mit Bemessungskriterien und 4. Abschließende Bewertung der Ergebnisse mit Fazit der Analyse.	1. Comparison with legal requirements, 2. Comparison with literature/generally-recognised rules of engineering, 3. Comparison of findings with measurement criteria and 4. Final evaluation of the findings with conclusions of the analysis.
5.7 Maßnahmen	**5.7 Measures**
Falls die festgelegten Schutzziele gemäß den Simulationsergebnissen nicht eingehalten werden (z.B. Überschreitung der verfügbaren Räumungszeit), sollten geeignete Maßnahmen vorgenommen werden, damit die Schutzziele erreicht werden. Beispiele für Maßnahmen sind:	If the established safety objectives pursuant to the simulation results cannot be observed (e.g. exceeding of the available evacuation time), suitable measure should be instigated to achieve the safety objectives. Examples of measures are:
1. Anpassung der Geometrie, 2. bauliche Maßnahmen, 3. anlagentechnische Maßnahmen, 4. organisatorische Maßnahmen und 5. Anpassung der Anzahl der Personen.	1. Adjustment of the geometry, 2. Structural measures, 3. Equipment-related measures, 4. Organisational measures and 5. Adjustment of the number of persons.
Eine Veränderung demographischer Parameter in der Räumungsanalyse zum Erreichen der notwendigen (Gesamt-)Räumungszeit ist nicht zulässig.	A change of demographic parameters in the evacuation analysis in order to achieve the required (total) evacuation time is not permitted.
Die Räumungsanalyse ist mit den geänderten Randbedingungen (Maßnahmen) so lange fortzusetzen, bis eine akzeptable Räumungszeit erreicht wird.	The evacuation analysis should proceed with the modified boundary conditions (measures) until an acceptable evacuation time is achieved.
5.8 Literatur	**5.8 Literature**
Verzeichnis der für den Nachweis verwendeten Literatur, zum Beispiel:	List of the literature used, for example:
1. Richtlinie für Mikroskopische Entfluchtungsanalysen, Version 4.0. (2022) oder 2. Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes, 4. Auflage; Braunschweig, Deutschland; Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.; 2020.	1. Guideline for Microscopic Evacuation Analyses, Version 4.0. (2022) or 2. Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes, 4. edition; Braunschweig, Deutschland; Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.; 2020.

Anhang 1: Vorläufige Anleitung zur Validierung / Verifizierung von Simulationsprogrammen	Annex 1: Provisional instructions for the validation / verification of simulation programs
A 1 Allgemein	**A 1 General**
Für jede Simulationssoftware ist die andauernde Verifikation notwendig. Es gibt mindestens vier Formen der Verifikation, denen Räumungsmodelle unterzogen werden sollen. Diese sind:	Continuous verification is necessary for all simulation software. There are at least four forms of verification that evacuation models should go through. These are:
1. Überprüfung der Komponenten, 2. Funktionale Verifizierung, 3. Qualitative Verifizierung und 4. Quantitative Verifizierung.	1. Testing of components 2. Functional verification 3. Qualitative verification 4. Quantitative verification
Diese Vorgehensweise ist in ISO Dokument ISO/TR 13387-8:1999 dargestellt.	This approach is set out in ISO document ISO/TR 13387-8:1999.
Im Zuge der Überarbeitungszyklen der RiMEA-Richtlinie werden die Testszenarien den neusten Erkenntnissen entsprechend angepasst.	During the revision cycles of the RiMEA guideline, the test scenarios are adapted according to the latest research.
Der Verifizierungsprozess ist nachvollziehbar und vollständig zu dokumentieren. Die Dokumentation(en) sind entsprechend dieses Abschnitts auszuführen. Die Verifizierungsdokumente können Bestandteil der Programmdokumentation sein und sind auf Verlangen der Behörde oder dem Auftraggeber zur Verfügung zu stellen. Alternativ können Sie öffentlich einsehbar auf der Homepage des RiMEA-Vereins (www.rimea.de) hinterlegt werden.	The verification process is to be documented in a comprehensible and comprehensive manner. The documentation is to be carried out in accordance with this section. The verification documents may be part of the program documentation and are to be made available when requested by the authorities or the commissioning party. Alternatively, they can be made publicly available on the homepage of the RiMEA association (www.rimea.de).
A 2 Überprüfung der Komponenten	**A 2 Testing of components**
Die Überprüfung der Komponenten beinhaltet zu testen, ob die verschiedenen Komponenten der Software wie vorgesehen funktionieren. Das schließt die Durchführung einer Reihe von elementaren Testfällen ein um sicherzustellen, dass die wichtigsten Bestandteile des Modells wie beabsichtigt funktionieren. Die folgende Liste ist eine nicht erschöpfende Aufzählung vorgeschlagener Tests, die in den Verifizierungsprozess eingeschlossen werden sollen.	The testing of components involves verifying whether the various software components function as intended. This includes carrying out a range of elementary test cases in order to ensure that the most important parts of the model work as intended. What follows is a non-exhaustive list of suggested tests which should be included in the verification process.
Möglichkeiten und Grenzen quantitativer Tests	**Possibilities and limitations of quantitative tests**
Einige der Testfälle können nicht nur der funktionalen Validierung, sondern auch der quantitativen Kalibrierung dienen. So liegen zum Beispiel für Test 4 empirische Daten vor.	Some of the test cases can be used not only for functional validation, but also for quantitative calibration. Empirical data is available for test 4, for example.
Zweifellos ist eine quantitative Kalibrierung ein notwendiger Bestandteil einer jeden Planungsmethode, um hilfreiche Ergebnisse zu erzielen Entsprechend	A quantitative calibration is without doubt a necessary part of any planning method for obtaining helpful results. Correspondingly, the limitations of calibration

gelten die im Weiteren genannten Grenzen von Kalibrierung und quantitativen Tests auch für alle Planungsmethoden. Für Simulationsmodelle bzw. -projekte wird die Frage jedoch häufig deutlich drängender gestellt. Dies hat mindestens zwei Ursachen. Erstens haben (Mikro-)Simulationen das Potential deutlich detailliertere Ergebnisse zu liefern, nämlich auf der Ebene der Individuen, der Mikroebene. Das unterscheidet Simulationen von früheren Planungsmethoden, die Ergebnisse per Konstruktion nur auf der Makroebene (Dichte, Fluss, Gesamtreisezeiten) liefern. Die zweite Ursache ergibt sich aus der Möglichkeit zur alltagsnahen Visualisierung. Weil durch die 3D-Darstellung [5] der Zustände einer Mikrosimulation vordergründig kein Zwang zur profunden Interpretation besteht, besteht zumindest im Prinzip ohne jegliche Kalibrierung die Gefahr einer falschen Suggestion, entweder einer Auto-Suggestion oder einer absichtsvollen Täuschung des Auftraggebers oder Prüfers.	and quantitative tests mentioned be-low also apply to all planning methods. For simulation models or simulation projects, however, the question is often significantly more pressing. There are at least two reasons for this. First, (micro-)simulations have the potential to provide significantly more detailed results, namely at the level of the individual, the micro level. This distinguishes simulations from previous planning methods which, by design, only provide results at a macro level (density, flow, total travel times). The second reason comes from the possibility of everyday visualisation. As the 3D representation[6] of the various stages of a microsimulation ostensibly does not require a profound interpretation, the danger exists – at least in principle – that without any calibration there will be an incorrect suggestion, either through autosuggestion or intentional deception by the commissioning party or tester.
So bedeutsam die Kalibrierung für die Realitätsnähe der Resultate auch ist, gilt es sich jedoch auch vor Augen zu führen, dass die Kalibrierung einer Simulation sowohl prinzipielle als auch ökonomische und ethische Grenzen im Sinne einer Beschränkung des Möglichen hat und es zudem eine Grenze für die Notwendigkeit der Präzision bei der Kalibrierung gibt.	As important as the calibration process may be for ensuring that the results represent a close approximation of reality, it must also be made clear that the calibration of a simulation has fundamental, economic and ethical limitations, with limits to what is possible as well as a limit to the need for precision in calibration.
Statistische Verteilung von Beobachtungen	**Statistical distribution of observations**
Eine prinzipielle Grenze der Übereinstimmung von empirischen Daten und Simulationsergebnissen ergibt sich aus der Tatsache, dass viele Beobachtungsgrößen über einen gewissen Bereich verteilt sind. Ein Fußballstadion wird auch mit der gleichen Besucherzahl – z.B. an allen ausverkauften Spieltagen – nicht immer nach exakt der gleichen Zeit nach Spielende entleert sein. Diese Schwankungen rühren von nicht oder kaum beobachtbaren Ursachen, die man deswegen durchaus unter dem Begriff „Zufall“ zusammenfassen kann. Hinzu kommt, dass auch beobachtbare Größen wie z.B. die Anzahl Personen	A fundamental limitation of the agreement be-tween empirical data and simulation results comes from the fact that many observable variables are distributed over a certain range. A football stadium will not always be empty the exact same amount of time after a match has ended, even if the number of visitors is the same, such as on all sold-out match days. These fluctuations derive from non-observable or barely observable causes, meaning they can certainly be summarised under the term “random”. There is also the fact that even observable variables, such as the number of per-sons in the stadium, are not always

[5] Es soll hier nicht der Eindruck entstehen, dass die aus (Mikro-)Simulationen abgeleitete 3D-Darstellung generell skeptisch zu betrachten ist. Sie ist im Gegenteil grundsätzlich eine Stärke von Simulationen, da sie eine einfache Kommunikation auch mit Nicht-Fachleuten eröffnet und auch der Fachmann Ergebnisse besser bewerten kann, wenn er sie auch in einer Form erhält, die seiner Alltagsanschauung entspricht.

[6] This should not create the impression that the 3D representation derived from (micro)simulations should generally be viewed with scepticism. They are actually a benefit of simulations, as they pave for way for simple communication even with non-experts. Furthermore, the experts can evaluate results better when they also receive them in a form that reflects what they see on a daily basis.

im Stadion nicht immer gleich sind. Für die Entleerung eines Fußballstadions, die sich tatsächlich regelmäßig wiederholt, kann man prinzipiell fordern, dass eine Simulation die Verteilung in der Realität reproduziert. Auf den Ergebnissen lassen sich dann wirtschaftliche Entscheidungen aufbauen, wie lange man beispielsweise Verkaufsstände geöffnet hält, weil man mit Durchschnittswerten aller Art rechnen und langfristig ein Optimum planen kann.	the same. For the emptying of a football stadium, which is in-deed a regularly repeating process, one can demand in principle that a simulation reproduces the distribution found in reality. Economic decisions can then be made based on the results, such as how long to keep sales booths open, as average values of all kinds can be considered and, in the long term, an optimal solution can be planned.
Für alle Planungsaspekte, die sich hingegen unter dem Begriff des Katastrophenschutzes summieren lassen – und hierzu zählt der Brandschutz und damit die Simulation von Notfall-Räumungen – ist entscheidend, dass die Verteilung der interessierenden Größen in der Realität nicht realisiert ist. Am Tag X, für den geplant wird, ist eine bestimmte Anzahl Personen, die eine ganz spezifisch zusammengesetzte Population darstellt, in dem Gebäude und diese werden eine ganz bestimmte Zeit benötigen das Gebäude zu verlassen, in welchem sich ggf. Rauch ausbreitet, welcher durch eine Brandlast entsteht, die ebenfalls speziell an diesem Tag existiert. Hinzu kommen allgemeine äußere Bedingungen wie die Temperatur, die ebenfalls im Jahresmittel sehr stabil ist, jedoch an einem Tag X einen bestimmten Wert hat, der von allen Beteiligten zwischen sehr niedrig und sehr hoch empfunden werden wird mit allen Konsequenzen, die das für die Bewegung hat.	However, for all aspects of planning that come under the umbrella of “disaster management” – and this includes fire protection and therefore the simulation of emergency evacuations – it is key that the distribution of the variables involved does not materialise in reality. On the day that is being planned for, day X, a certain number of per-sons with a very specific population composition are in the building and will require a specific peri-od of time to leave the building, where smoke may be spreading due to a fire load which also exists on this day in particular. There are also general external conditions such as the temperature, which is very stable according to the annual average, yet on day X has a particular value that all participants will experience as being between very low and very high, with all of the consequences this may have on their movement.
Es steckt im Bedeutungskern des Wortes „Katastrophe“, dass eine Wiederholung unter gleichen, sogar auch nur unter ähnlichen Bedingungen in der Regel nicht stattfinden wird. Zum einen macht dies die Kalibrierung des Simulationsmodells schwierig, da die gemessenen Größen einer unbekannten Verteilung entstammen und es somit nicht möglich ist die Verteilung der Realität und die der Simulationsergebnisse aufeinander abzustimmen. Zum anderen kann im Katastrophenschutz natürlich nicht mit langfristigen Mittelwerten der Ergebnisse gearbeitet werden.	It is inherent in the meaning of the word “disaster” that a repeat under the same or even similar conditions will generally not take place. On the one hand, this makes the calibration of the simulation model difficult, as the measured variables originate from an unknown distribution. It is therefore not possible to synchronise the distribution occur-ring in reality with the distribution in the simulation results. On the other hand, it is of course not possible to work with long-term averages of the results in the field of disaster management.
Ethische und ökonomische Grenzen	**Ethical and economic limitations**
Ein weiterer Faktor ist pragmatischer und ökonomischer Art: Kalibrierung kostet Geld. Es kostet sowohl Geld Daten zu erheben als auch die Kalibrierung durchzuführen. Dabei kostet sowohl bei der Datenerhebung als auch bei der Kalibrierung höhere Präzision mehr Geld. Da empirische Werte des Personenstromes in der Regel streuen, werden mehr Daten benötigt, um die Varianz zu verringern und so den	A further factor is pragmatic and economic in nature: calibration costs money. It costs money both to collect data and to carry out the calibration. Both in data collection and calibration, higher precision costs more money. As empirical values for the flow of persons are generally diverse, more data is required to reduce variance and thus more accurately determine the true mean value. For the calibration process, it

wahren Mittelwert genauer zu bestimmen. Beim Kalibrierungsvorgang muss man damit rechnen, dass mehr Simulationsdurchläufe nötig sind, wenn man eine höhere Übereinstimmung mit den empirischen Werten erreichen möchte.	must be anticipated that more simulation runs are necessary if a greater match with the empirical values is desired.
Nicht zuletzt verbieten sich gewisse Datenerhebungen aus ethischen Gründen: Etwa würden Engpass-durch-läufe mit 10 Pers/qm Gefahr für Leib und Leben der Probanden bergen. Hier kommen nur zufällige Beobachtungen von nicht-geplantem Geschehen als Datenquelle in Frage.	Last but not least, certain types of data collection are prohibited for ethical reasons. For example, choke points with 10 persons/m² would pose a danger to the subjects' lives. In such cases, only random observations of unplanned occurrences are considered as a data source.
Grenzen der Zuordnung von Beobachtungen zu ihren Ursachen	**Limitations of attributing observations to their causes**
Da Fußgänger ihrer Umgebung fast unmittelbar ausgesetzt sind – vor allem sehr viel unmittelbarer als Auto-fahrer – und sie Kraft und Energie zur Fortbewegung praktisch ohne Hilfsmittel aufbringen müssen, gibt es eine Vielzahl von äußeren Faktoren und auch eine Vielzahl persönlicher Eigenschaften, die Einfluss auf ihre Bewegung haben. Zu nennen wären Umgebungstemperatur, Beleuchtung, Zweck der Bewegung (Motivation), Beschaffenheit des Geländes (Anstieg, Gefälle, Unebenheiten), Tageszeit, Alter und Geschlecht, soziale Zusammenhänge unter den Fußgängern, vermutlich auch die Herkunftskultur der Fußgänger.	As pedestrians are almost directly exposed to their surroundings – much more directly than motorists, in particular – and they must summon the strength and energy for movement practically without aid, there are a variety of external factors and personal characteristics which influence their movement. These include the ambient temperature, lighting, purpose of the movement (motivation), nature of the terrain (ascent, descent, uneven surfaces) time of day, age and sex, social relations among the pedestrians and probably even their native culture.
Eine Planungsarbeit ist bereits dadurch in ihrer Präzision beschränkt, dass einige der Faktoren nicht, nur ungefähr oder nur als statistische Verteilung bekannt sind. Wichtig zu verstehen ist aber auch, dass nur für einen kleinen Teil der zu Kalibrierungszwecken verfügbaren Daten alle Einflussfaktoren bekannt sind. Obwohl die Menge der vorhandenen Daten mit der Möglichkeit zur automatisierten Videoauswertung in letzter Zeit schnell gewachsen ist, ist noch nicht im Detail klar, wie sich die einzelnen Faktoren z.B. auf die freie Gehgeschwindigkeit auswirken. Im Idealfall sind sowohl für die Kalibrierungsdaten als auch für den Planungsfall alle maßgeblichen Einflussparameter bekannt und übereinstimmend. Sind sie allerdings nur bekannt – was immer noch eine vergleichsweise erfreuliche Situation ist – aber nicht übereinstimmend, ist eine perfekte Kalibrierung nicht mehr sinnvoll. Man würde viel Zeit für die Kalibrierung aufwenden, um von einer Genauigkeit von 95% auf 99,9% zu kommen, hat es in Wahrheit aber mit einer Situation zu tun, für die die Parameter der 95%-Kalibrierung die bessere Wahl wären, nur weiß	Planning work is already limited in its precision in that some of the factors are either unknown, only approximately known or only known as a statistical distribution. However, it is also important to understand that all of the influencing factors are only known for a small proportion of the data available for calibration purposes. Although the amount of available data has grown quickly in recent times thanks to the ability to conduct automated video evaluation, the details are not yet clear regarding how the individual factors influence free walking speed, to name one example. Ideally, all significant influencing parameters would be known and in agreement both for the calibration data and the specific planning case. If, however, they are merely known – which is still a relatively pleasing situation – but not in agreement, then a perfect calibration is no longer expedient. A lot of time would be spent on the calibration to increase the accuracy from 95% to 99.9%, when it is in fact a situation where the parameters of the 95% calibration would be the better choice, only this is not known beforehand.

man dies nicht.	
Als Nebenbemerkung sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass Beschreibungen wie „Fußballfan“, „Pendler“ oder „Münchner“ für ein Gehverhalten die ursprüngliche Datenerhebung nur unvollständig beschreiben. „Fußballfan“ beschreibt eine Altersverteilung und eine Geschlechterzusammensetzung, die von der mittleren Gesamtpopulation abweichen mögen. Daher ist in der Tat vom Mittel abweichendes Laufverhalten zu erwarten. Aber auch Fußballfans bewegen sich in unterschiedlichen Umgebungstemperaturen und zu unterschiedlichen Tageszeiten, nach einem gewonnenen oder einem verlorenen Spiel, mit Kenntnis der Infrastruktur (Heimfans), oder ohne (Gästefans). Pendler wiederum sind bekannt dafür zügig zu gehen, aber auch das wird – in einem Bahnhof sehr davon abhängen, ob die Zeit bis zum Anschlusszug knapp oder lang ist. Und schließlich gibt es Münchner als Fußballfans und als Pendler oder ziellos im Englischen Garten. Die populäre Idee, dass Städte und Kulturen je ihr eigenes Tempo haben und setzen, mag zutreffen oder nicht. Sicher ist jedoch, dass die interne Verteilung viel breiter ist als die Streuung der Mittelwerte.	As an aside, it should be noted at this point that descriptions such as “football (soccer) fan”, “commuter” or “Munich resident” when referring to walking behaviour are merely an incomplete de-scription of the original data collection. “Football fan” describes an age distribution and gender composition that may differ from the average total population. Walking behaviour that differs from the average should therefore certainly be expected. But football fans also move around in various ambient temperatures and at different times of the day, after winning or losing a game, with knowledge of the infrastructure (home fans) or without (away fans). Commuters, on the other hand, are known for walking quickly, but even this – in a train station – is very much dependent on whether the amount of time until the connecting train leaves is short or long. Finally, there are Munich residents who are football fans or commuters or walking aimlessly around the city's *Englische Garten*. The popular idea that all cities and cultures have and set their own pace may or may not be true. What is certain, however, is that the internal distribution is much broader than the spread of mean values.
Begrenzte Notwendigkeiten	**Limited requirements**
An diesem Punkt wird die Überlegung relevant, dass die Präzision des gesamten Simulationsprojektes oft durch das am wenigsten präzise behandelte Element, das signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse hat, bestimmt wird. Fußgänger bewegen sich in unterschiedlichen Situationen. Durch eine Türe hindurch oder in einem langen und engen Korridor; in eine Richtung, kreuzend oder in einer Gegenstromsituation; geradeaus, um eine Ecke oder sogar eine 180°-Wende; in der Ebene, treppauf oder treppab; in einer reinen Fußgänger-situation oder im Straßenverkehr mit Radfahrern und PKW. Fußgänger treffen Routenentscheidungen nicht nur für das angestrebte Ziel, sondern auch ob sie auf dem Weg zum gewählten Ziel z.B. den längeren aber weniger gestauten oder den kürzeren und mehr gestauten Weg nehmen. Modellparameter, die in einer Situation A (z.B. dem Hemmnis, das die Ecke in Test 6 für den Personenstrom darstellt) höchst relevant sind, können in einer anderen Situation B (z.B. Test 4) bedeutungslos sein. Ein Kalibrierungsprozess, der nur mit Situation B arbeitet, kann keinen guten Wert für den Parameter zur realistischen Simulation von Situation A	At this point the consideration becomes relevant that the precision of the entire simulation project is often determined by the element treated with the least precision that still has a significant effect on the result. The situations in which pedestrians move can vary greatly. Whether through a door or in a long and narrow corridor, in one direction, crossing each other or in a counterflow situation; straight ahead, around a corner or even a 180° turn; on flat terrain, moving up stairs or down stairs; in a pedestrian situation or in traffic with cyclists and cars. Pedestrians make decisions about which route to take not only for the desired destination, but also whether on the way to the chosen destination they take the longer, less congested route or the shorter, more congested route, for example. Model parameters which are highly relevant in one situation (e.g. the obstacle posed to the flow of persons by the corner in test 6) may be meaningless in another (e.g. test 4). A calibration process which only works with situation B may not provide a good value for the parameter used in the realistic simulation of situation A. Some of the situations mentioned here happen only rarely or not at all

auffinden. Einige der genannten Situationen kommen im Brandschutz nur selten oder überhaupt nicht vor. Dennoch kann es Projekte geben, in denen die im Folgenden aufgelisteten Testfälle nicht alle Kalibrierungs-notwendigkeiten abdecken.	in the field of fire protection. Yet there can be projects where the test cases listed below do not cover all of the calibration requirements.
Darüber hinaus gibt es wichtige Einflussgrößen auf das Ergebnis – als wichtigstes wäre die Gesamtzahl Personen oder auch nur das zeitliche Ankunftsprofil bei einer Veranstaltung – zu nennen, die in manchen Szenarien (z.B. ein Stadtfest, bei dem die Teilnahme nicht durch Tickets reglementiert ist) nur ungefähr bekannt sind.	There are also important factors influencing the result that must be mentioned – the most important of which is the total number of persons, or even just the profile for the time of arrival at an event – which in some scenarios (e.g. a festival where participation is not regulated by tickets) are only approximately known.
Fazit	**Conclusion**
Der notwendige Kalibrierungsaufwand hängt von der konkreten Fragestellung bzw. dem Projektziel ab.	The necessary calibration time depends on the specific underlying question definition or project goal.
Ist das Ziel die Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung) der statistischen Verteilung der Räumungskurve eines Stadions zu jedem Zeitpunkt und für jeden Füllstand und dazu die Dichteverteilung im Stadion auf wenige Sekunden genau zu berechnen, werden alle oben genannten Einflussfaktoren berücksichtigt werden müssen. Da es kaum ein zweites Stadion geben wird, bei dem alle Einflussgrößen gleich sind, wird man lokale Messdaten zur Kalibrierung brauchen und dies in großer Menge, da man z.B. Daten bei unterschiedlicher Umgebungstemperatur benötigt.	If the goal is to calculate, accurate to a matter of a few seconds, the key figures (mean value, standard deviation) of the statistical distribution of the evacuation curve of a stadium at each point in time and for every fill level as well as the density distribution in the stadium, then all of the influencing factors mentioned above will have to be considered. As there will hardly be a second stadium where all influencing factors are the same, local measurement data will be needed for the calibration – and lots of it – because data is required for different ambient temperatures, to name one example.
Es ist ohne Frage eine gerechtfertigte Anforderung an ein Simulationsmodell bzw. eine Simulationssoftware, dass eine solche Kalibrierung im Prinzip möglich ist. Es ist jedoch nicht der Fall, dass ein Modell keinen Nutzen entfalten kann, wenn eine derart exakte Kalibrierung nicht durchgeführt wird. Beispielhaft seien die beiden folgenden Projektziele genannt:	It is without question a justified requirement of a simulation model or simulation software that such a calibration is possible in principle. However, it is not the case that a model will be of no use if such an exact calibration is not carried out. The following two project goals are given as examples:
Es soll mit Hilfe einer Simulation bestimmt werden, ab welcher Stelle in einem Flur (d. h. für welche Zimmer bzw. welche Personen) die Richtungsangaben der Fluchtwegebeschilderung in die andere Richtung, sprich zum zweiten Fluchtweg, weisen sollen, um eine möglichst effiziente Räumung zu erzielen. Die Antwort, die eine Simulation geben wird, wird für unterschiedliche Parametersätze gleich ausfallen. Das wiederum impliziert, dass man sich im Vergleich zum oben genannten Beispiel mit einer ungefähren Kalibrierung begnügen kann.	It is to be determined using a simulation from which point in a corridor (i.e. for which room or which persons) the information regarding the directions given on escape route signs should point in a different direction (in other words, to the second escape route) in order to achieve the most efficient evacuation possible. The answer given by a simulation will be the same for different sets of parameters. In turn, this implies that, compared to the example given above, an approximate calibration will suffice.
Es soll mit Hilfe einer Simulation berechnet werden,	It is to be calculated using a simulation which of three

welche von drei Räumungsstrategien die (oder welcher von drei Grundrissen der) beste ist. Die Argumentation von oben gilt hier verstärkt. Bei einer solchen Frage-stellung ist es sogar denkbar, dass man mit einer Reihe verschiedener Parametersätze simuliert, für die Realitätsnähe gegeben ist und wenn die Antwort auf die Fragestellung immer dieselbe ist, gänzlich auf eine Kalibrierung für den konkreten Fall verzichtet.	evacuation strategies (or three floor plans) is the best. The above reasoning applies here all the more. For such a question, it is even conceivable for a series of different parameter sets which have a good approximation of reality to be used for the simulation and, if the answer to the question is always the same, no calibration at all may be used for that specific case.
Schließlich kann eine Simulation dazu dienen, diffuse Zweifel an der Funktionsfähigkeit einer Planung zu konkretisieren. Wenn in einem Planungsverfahren in der Diskussion zwischen Planern und genehmigenden Stellen der primäre Fokus weg von der Sicherheit und hin zu technischen und organisatorischen Auflagen sowie ökonomischen Erwägungen geht, kann der Nutzen einer Simulation darin bestehen nicht Antworten zu geben, sondern Fragen zu stellen. Fragen, die jeder versteht und deren Beantwortung deswegen nicht aus-gewichen werden kann. In einer solchen Situation erfüllen sowohl konservativ- als auch optimistisch-realistische Parameter ihren Zweck und eine Kalibrierung darüber hinaus kann gänzlich entfallen, sofern die aufgeworfenen Fragen eindeutig sind.	Finally, a simulation can serve to substantiate vague doubts regarding the functionality of a plan. If during the discussion between planners and the authorising authority as part of the planning process the primary focus moves away from safety and towards technical and organisational requirements and economic considerations, then the benefit of a simulation can be to ask questions rather than to provide answers; questions that everyone can understand and the answers to which therefore cannot be avoided. In such a situation, both conservative and optimistic / realistic parameters fulfil their purpose and any calibration beyond this can be omitted completely, provided the questions raised are clear.
Aus diesen Gründen verzichtet die RiMEA-Richtlinie darauf zum Bestehen der Tests feste und konkrete Grenzen anzugeben.	For these reasons, the RiMEA guideline does not specify fixed or specific boundaries for passing the tests.
Literatur / Siehe auch:	**Literature / see also:**

1. Ulrich Weidmann, Transporttechnik der Fußgänger, IVT, ETH Zürich, 1992.
2. Margaret Law and Paula Beever, Magic Numbers and Golden Rules", Fire Technology, 31(1), 77-83, 1995.
3. Michael G.H. Bell, Comment 1 on Talvitie's Paper: The Games Transportation Academics Play, Transportation, 24(1), 33-42, 1997.
4. Ujjal Chattaraj, Armin Seyfried and Partha Chakroborty, Comparison of Pedestrian Fundamental Diagram Across Cultures, Advances in complex systems, 12(3), 393-405, 2009.
5. Ulrike Merz et al., Simulation-aided Planning for Events, Journal of Crowd Safety and Security Management, 2(2), 86-104, 2012.

Test 1 Beibehalten der vorgegebenen Gehgeschwindigkeit in einem Gang	**Test 1 Maintaining the specified walking speed in a corridor**
Es soll nachgewiesen werden, dass eine Person in einem 2 m breiten und 40 m langen Gang mit einer definierten Gehgeschwindigkeit die Entfernung in der entsprechenden Dauer zurücklegt.	It is to be proven that a person in a 2 m wide and 40 m long corridor with a defined walking speed will cover the distance in the corresponding time period.
Setzt man als Ungenauigkeiten 40 cm (Körperabmessung, für die Zeit 1 Sekunde (Reaktionszeit) und für die Geschwindigkeit 5% an, so ergibt sich mit einer typischen Fußgängergeschwindigkeit von 1,33 m/sec die folgende Anforderung: Die Geschwindigkeit sollte auf einen Wert zwischen 4,5 und 5,1 km/h eingestellt werden. Die Reisezeit sollte bei eingestellten 1,33 m/sec im Bereich 26 bis 34 Sekunden liegen.	If 40 cm (body dimension), 1 second (premove-ment time) and 5% (walking speed) are set as imprecise values, then the following requirement results with a typical pedestrian speed of 1.33 m/sec: the speed should be set at a value between 4.5 and 5.1 km/h. The travel time should lie in the range of 26 to 34 seconds when 1.33 m/sec is set as the speed.
Test 2 Beibehalten der vorgegebenen Gehgeschwindigkeit treppauf	**Test 2 Maintaining the specified walking speed up stairs**
Es soll nachgewiesen werden, dass eine Person auf einer 2 m breiten und 10 m langen (gemessen entlang der Schräge) Treppe mit einer definierten Gehgeschwindigkeit diese Entfernung in der entsprechenden Dauer zurücklegt.	It is to be proven that a person on a 2 m wide and 10 m long (measured along the slope) staircase will cover this distance in the corresponding time period with a defined walking speed.
Die Überlegungen von 0 gelten entsprechend mit angepassten Werten für Strecke, Dauer und Geschwindigkeit.	The considerations from test 1 apply accordingly with adjusted values for route, duration and speed.
Test 3 Beibehalten der vorgegebenen Gehgeschwindigkeit treppab	**Test 3 Maintaining the specified walking speed down stairs**
Es soll nachgewiesen werden, dass eine Person auf einer 2 m breiten und 10 m langen (gemessen entlang der Schräge) Treppe mit einer definierten Gehgeschwindigkeit diese Entfernung in der entsprechenden Dauer zurücklegt.	It should be proven that a person on a 2 m wide and 10 m long (measured along the slope) staircase covers this distance in the corresponding time period with a defined walking speed.
Die Überlegungen von Test 1 gelten entsprechend mit angepassten Werten für Strecke, Dauer und Geschwindigkeit.	The considerations from test 1 apply accordingly with adjusted values for route, duration and speed.
Test 4 Messung des Fundamentaldiagrammes	**Test 4 Measurement of the fundamental diagram**
Es soll die gezeigte Abbildung (Abb. 5) modelliert werden (Korridor, 1.000 m lang, 10 m breit). Es gibt drei Messstellen (2 x 2 m), wobei die gepunktete Messstelle die Hauptmessstelle ist, die beiden anderen grauen Messstellen dienen als Kontrollmessstellen.	The figure shown below (Figure 4) is to be modelled (corridor 1000 m long, 10 m wide). There are three measuring points (2 x 2 m), the dotted of which is the main measuring point, with the other two grey measuring points functioning as control measuring points.
Der Korridor ist mit unterschiedlichen Personendich-	The corridor is to be filled with different densities of

ten mit möglichst gleicher freier Gehgeschwindigkeit zu füllen (bspw. 1,2 – 1,4m/s): 0,5 P/m², 1 P/m², 2 P/m², 3 P/m², 4 P/m², 5 P/m² und 6 P/m².	persons with an equal as possible free walking speed (for example 1.2 – 1.4m/s): 0.5 P/m², 1 P/m², 2 P/m², 3 P/m², 4 P/m², 5 P/m² and 6 P/m².
An den Messstellen ist nun bei der vorgegebenen Dichte die Durchschnittsgeschwindigkeit der Personen über einen Zeitraum von 60 Sekunden zu ermitteln, die ersten 10 Sekunden können als „Einschwingvorgang“ vernachlässigt werden. Aus den Ergebnissen (Geschwindigkeit bei vorgegebener Dichte) können die entsprechenden Fundamentaldiagramme erstellt werden, wobei für den Personenfluss die Umrechnung Fluss = Geschwindigkeit* Dichte zugrunde gelegt wird.	At the measuring points, the average speed of persons over a period of 60 seconds is to be determined for the specified density. The first 10 sec-onds can be ignored as a “transient response”. From the results (speed at the specified density), the corresponding fundamental diagrams can be created, with the calculation flow = speed * density taken as a basis for the flow of persons.
Um sicherzustellen, dass auch das Fundamentaldiagramm bei einer „Linienbewegung“ durch das Programm wiedergegeben wird, ist der Korridor so weit in seiner Breite zu verkleinern, dass die Personen sich nur hintereinander bewegen können und ein Überholen nicht möglich ist.	In order to ensure that the fundamental diagram is also reproduced by the program in case of a “line movement”, the corridor should be reduced in width to such a degree that the persons can only move one behind the other and overtaking is not possible.

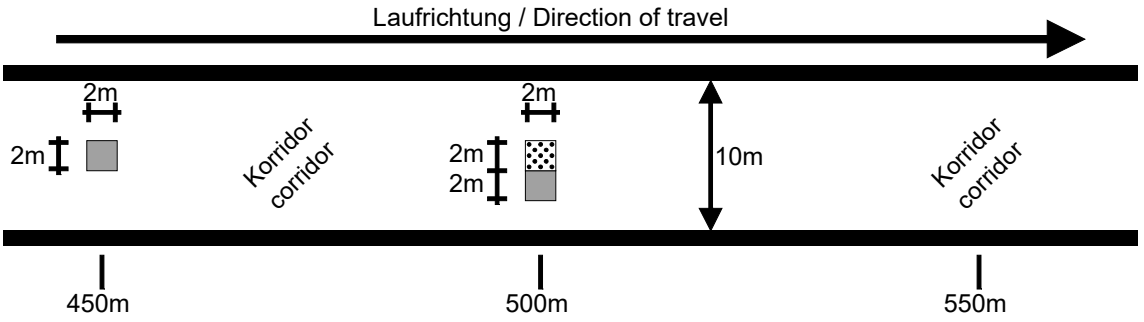


Abb. 5: Messung des Fundamentaldiagramms.
Fig. 5: Measurement of the fundamental diagram.

Test 5 Reaktionsdauer	**Test 5 Premovement time**
Zehn Personen in einem Raum der Größe 8 m x 5 m mit einem 1 m breiten Ausgang, der sich in der Mitte der 5 m langen Wand befindet. Setze die Reaktionsdauern wie folgt: gleichverteilt zwischen 10 s und 100 s. verifiziere, dass jede Person zu einer passenden Zeit startet.	Ten persons in a room measuring 8 m x 5 m with a 1 m wide exit situated in the middle of the 5 m long wall. Set the premovement times as follows: uniformly distributed between 10 s and 100 s. Verify that each person starts at an appropriate time.
Test 6 Bewegung um eine Ecke	**Test 6 Movement around a corner**
Zwanzig Personen, die sich auf eine nach links abbiegende Ecke zu bewegen (vgl. Abb. 6) werden diese erfolgreich umrunden, ohne Wände zu durchqueren.	Twenty persons moving towards a corner which turns to the left (cf. Figure 5) will successfully go around it without passing through walls.

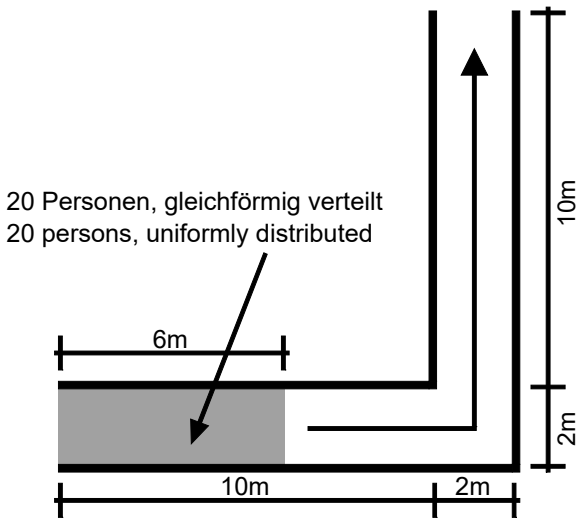


Abb. 6: Quergang / Ecke.
Fig. 6: Crossway / corner.

Test 7 Zuordnung der demographischen Parameter	**Test 7 Allocation of demographic parameters**
Wähle gemäß Abb. 3 eine aus erwachsenen Personen bestehende Gruppe und verteile die Gehgeschwindigkeiten über eine Population von 50 Personen. Zeige, dass die Verteilung der Gehgeschwindigkeiten in der Simulation mit der Verteilung in der Tabelle vereinbar ist.	Select a group consisting of adult persons in accordance with Fig. 3 and distribute the walking speeds over a population of 50 persons. Show that the distribution of walking speeds in the simulation is consistent with the distribution in the table.
A 3 Funktionale Verifizierung	**A 3 Functional verification**
Funktionale Verifizierung schließt ein zu überprüfen, dass das Modell die Fähigkeit besitzt, den Bereich der für die Simulation notwendigen Möglichkeiten abzudecken. Diese Anforderung ist aufgabenspezifisch. Um funktionale Verifizierung zu erfüllen, müssen die Entwickler des Modells in verständlicher Weise den vollen Bereich der Möglichkeiten des Modells und der inhärenten Annahmen darstellen und eine Anleitung für den korrekten Gebrauch dieser Möglichkeiten zur Verfügung stellen. Diese Informationen sollen in der technischen Dokumentation der Software leicht zugänglich sein.	Functional verification includes verifying that the model has the ability to cover the range of possibilities necessary for the simulation. This requirement is task-specific. To carry out functional verification, the developers of the model must present the model's full range of possibilities and the inherent assumptions in a comprehensible manner and provide instructions for the correct use of these possibilities. This information should be easily accessible in the software's technical documentation.
Test 8 Parameteranalyse	**Test 8 Parameter study**
Die Parameteranalyse dient dazu, die Auswirkungen der in der Simulation verwendeten Parameter darzustellen. Für den in Abb. 7 gezeigten dreistöckigen Testgrundriss soll aufgezeigt werden, wie sich die Gesamträumungsdauer verändert, wenn einzelne Personenparameter variiert werden. Dies ist für jeden einzelnen Parameter zu wiederholen, wobei die	The parameter analysis serves to represent the effects of the parameters used in the simulation. For the three-storey test floor plan illustrated in Fig. 7, it should be demonstrated how the total evacuation time changes when the individual person parameters are varied. This is to be repeated for each individual parameter, with the other parameters set as fixed

restlichen Parameter auf feste Standardwerte eingestellt wer-den. Der untersuchte Parameter soll dabei jeweils einmal für alle Personen gleich sein (z.B. Geschwindigkeit aller Personen: 0,5 m/s, 0,75 m/s, 1,0 m/s, ...) und einmal statistisch gleich verteilt um einen festen Mittelwert variiert werden (z.B. Geschwindigkeit: 0,75 m/s, 0,5-1,0 m/s, 0,25-1,25 m/s, ...).	standard values. The parameter being tested should be the same for all persons once (e.g. speed of all persons 0.5 m/s, 0.75 m/s, 1.0 m/s,...) and varied once in a statistically equally distributed way around a fixed mean value (e.g. speed: 0.75 m/s, 0.5-1.0 m/s, 0.25-1.25 m/s,...).
Die Ergebnisse sind schriftlich in Graphen festzuhalten und werden auf der RiMEA-Homepage für jeden frei zugänglich abgelegt.	The results should be recorded in graphs and will be made freely accessible to all on the RiMEA homepage.
Im 2. Stock gibt es keine Treppe nach oben mehr. Er unterscheidet sich hierin vom 1. Stock.	On the 2nd floor there are no more stairs upwards. It differs in this way from the 1st floor.

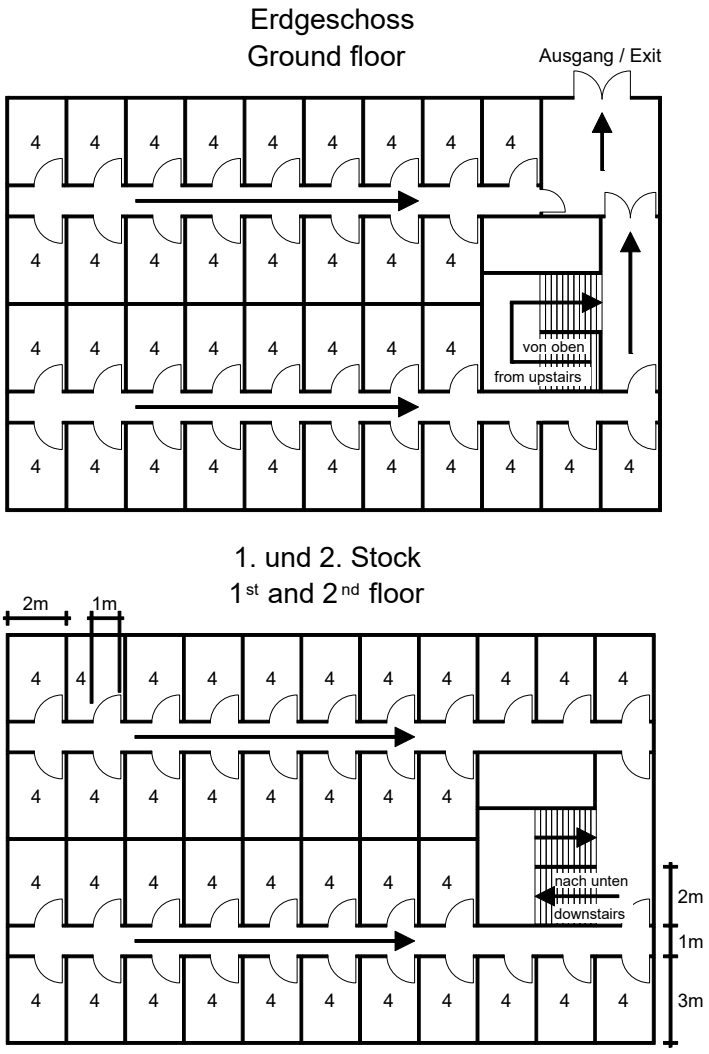


Abb. 7: Der Testgrundriss für die systematische Analyse der Personenparameter. In jedem „Zimmer“ sollen sich vier Personen befinden. Breite eines Türflügels: 1 m.

Fig. 7: Test floor plan for the systematic analysis of person parameters. Four persons should be located in each “room”. Width of a wing of a door: 1 m.

A 4 Qualitative Verifizierung	A 4 Qualitative verification
Die dritte Form der Modellvalidierung betrifft die Übereinstimmung des vorhergesagten menschlichen Ver-haltens mit sachkundigen Erwartungen. Obwohl dies nur eine qualitative Form der Verifizierung darstellt, ist sie nichtsdestoweniger wichtig, da sie zeigt, dass die in dem Modell eingebauten Verhaltensweisen in der Lage sind, realistisches Verhalten zu erzeugen.	The third form of model validation concerns matching between predicted human behaviour and informed expectations. Although this only represents a qualitative form of verification, it is important nonetheless, as it shows that the behav-iour patterns incorporated into the model are ca-pable of producing realistic behaviour.

Test 9 Eine Menschenmenge verlässt einen großen öffentlichen Raum	**Test 9 Crowd of people leaving a large public space**
Ein öffentlicher Raum mit vier Ausgängen und 1.000 gleichförmig in dem Raum verteilten Personen (vgl. Abb. 8). Wähle eine Population von erwachsenen Personen aus Abb. 3 mit sofortiger Reaktion und verteile die Gehgeschwindigkeiten auf eine Population von 1.000 Personen.	A public space with four exits and 1,000 persons equally distributed in the space (cf. Fig. 8). Choose a population of adult persons from Fig. 3 with an immediate reaction and distribute the walking speeds over a population of 1,000 persons.
Schritt 1: Zeichne die Zeit auf, zu der die letzte Person den Raum verlässt.	**Step 1**: Record the time at which the last person leaves the space.
Schritt 2: Tür 1 und Tür 2 werden versperrt und Schritt 1 wird wiederholt.	**Step 2**: Door 1 and door 2 are locked and step 1 is repeated.
Das erwartete Ergebnis ist eine ungefähre Verdopplung der Zeit zum Verlassen des Raums[7].	The expected result is that it takes approximately twice as long to leave the space[8].

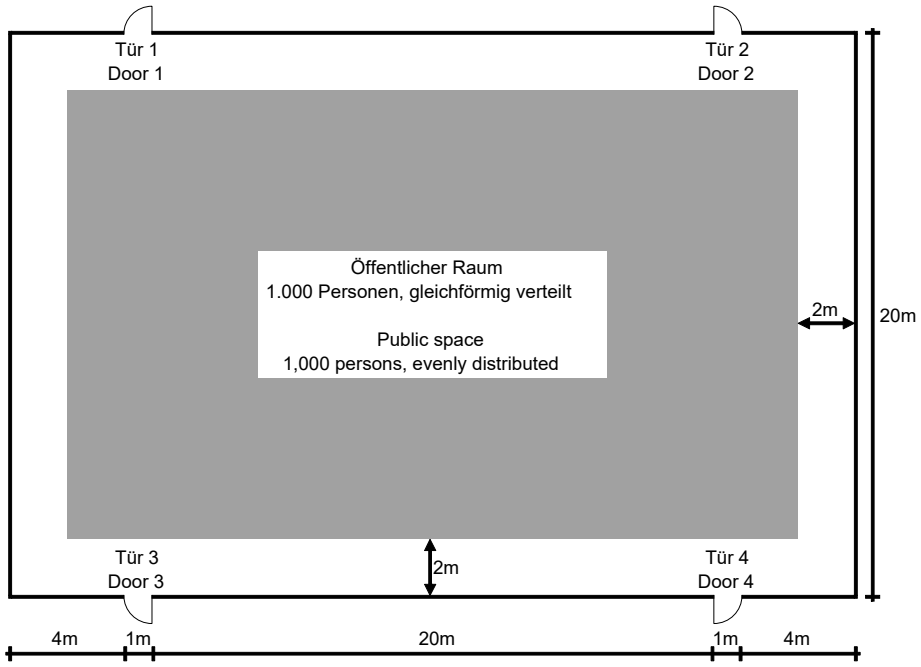


Abb. 8: Verlassen eines großen öffentlichen Raumes.
Fig. 8: Leaving a large public space.

[7] Sollte die Dichte zu jedem Zeitpunkt den Fluss beeinflussen, ist die Annahme, dass beim Schließen zweier Türen eine Verdopplung der Dauer zu erwarten ist, gegebenenfalls zu pessimistisch, da der größere Wartepulk vor den Ausgängen unter Umständen zu höheren Dichten und damit zu einem veränderten (erhöhten) Fluss führen könnte. Solange in dieser Frage keine Entscheidung auf empirischer Basis getroffen werden kann, sollte Test 9 nicht im Sinne eines Ausschlusskriteriums behandelt werden, sondern lediglich Modellverhalten dokumentieren.

[8] Should the density influence the flow at every point in time, then the assumption that closing two doors will cause the time taken to leave the room to double may be too pessimistic, as the larger crowd of people waiting in front of the exits may lead to higher density and therefore a different (increased) flow. As long as no decision can be made on this matter on an empiri-cal basis, test 9 should not be treated as an exclusion criterion, but should rather only document model behaviour.

Test 10 Zuweisung von Rettungswegen	**Test 10 Allocation of escape routes**
Konstruiere die Sektion eines Ganges wie in Abb. 9 mit einer Population von erwachsenen Personen aus Abb. 3 mit sofortiger Reaktion und verteile die Gehgeschwindigkeiten auf eine Population von 23 Personen. Die Personen in den Räumen 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 und 10 sind dem Hauptausgang zugewiesen, alle übrigen Personen dem sekundären Ausgang. Das erwartete Ergebnis ist, dass alle zugewiesenen Personen zu den entsprechenden Ausgängen gehen.	Construct the section of a corridor as shown in Fig. 9 with a population of adults from Fig. 3 with an immediate reaction and distribute the walking speeds over a population of 23 persons. The persons in rooms 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 and 10 are assigned to the main exit, with all other persons assigned to the secondary exit. The expected result is that all allocated persons go to their corresponding exits.

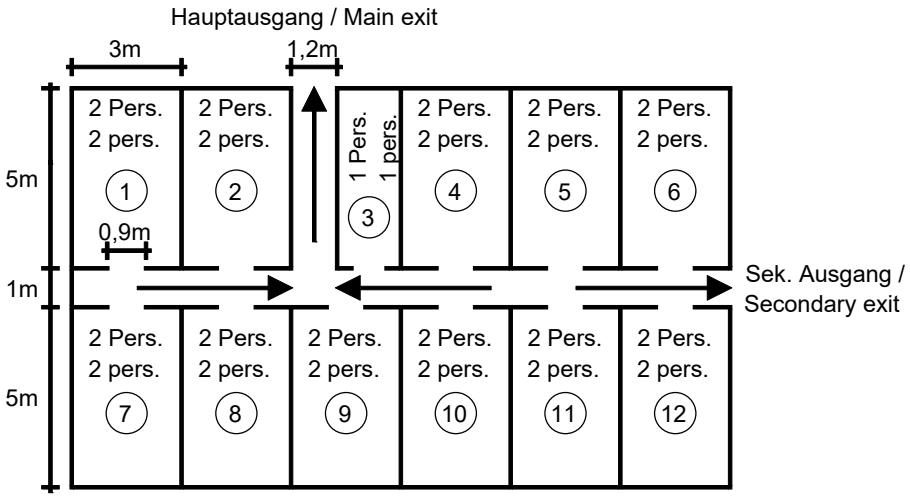


Abb. 9: Gang mit angrenzenden Räumen.
Fig. 9: Corridor with adjacent rooms.

Test 11 Wahl des Rettungsweges	**Test 11 Choice of escape route**
Ein öffentlicher Raum verfügt über 2 Ausgänge: Ausgang 1 und Ausgang 2 (vgl. Abb. 10). Wähle eine Population von erwachsenen Personen aus Abb. 3 mit sofortiger Reaktion und verteile die Gehgeschwindigkeiten auf eine Population von 1.000 Personen. Der Raum soll von links her mit der maximal möglichen Dichte besetzt werden. Das erwartete Ergebnis ist, dass die Personen den näheren Ausgang 1 zwar bevorzugen und in diesem Bereich Stauungen auftreten, jedoch einzelne Personen auch den alternativen Ausgang 2 benutzen.	A public space has 2 exits: exit 1 and exit 2 (cf. Fig. 10). Choose a population of adults from Fig. 3 with an immediate reaction and distribute the walking speeds over a population of 1,000 persons. The space should be occupied from the left side with the maximum possible density. The expected result is that the persons prefer the closer exit 1 and congestion occurs in this area. However, individual persons will also use the alternative exit 2.

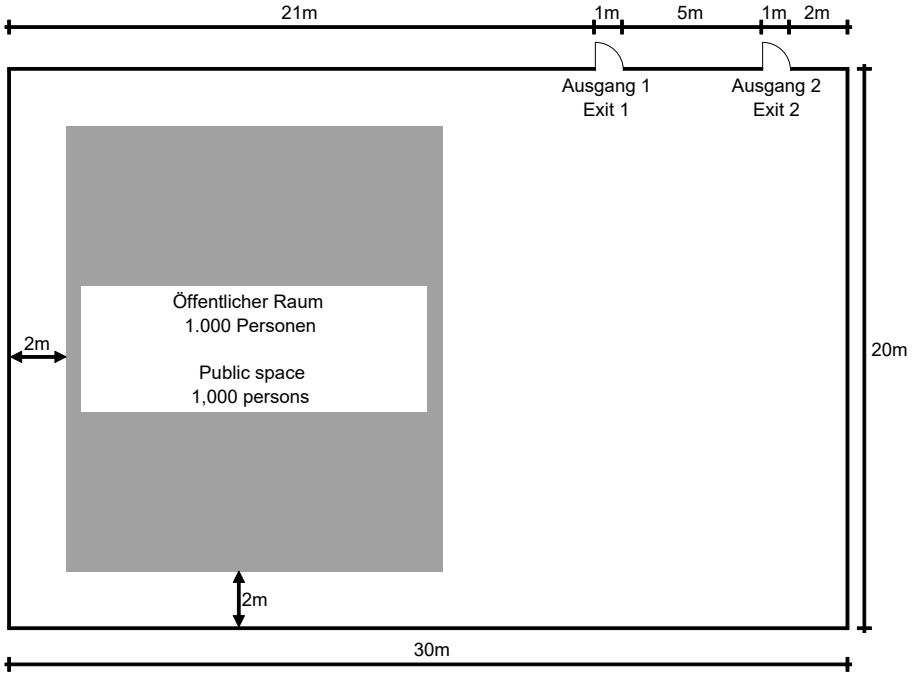


Abb. 10: Verlassen eines Raumes über zwei Ausgänge.
Fig. 10: Leaving a space via two exits.

Test 12 Engstellen	**Test 12 Effect of bottlenecks**
Test 12a: Position Zielzellen	**Test 12a: Position of Goal Cells**
Hintergrund	**Background**
Unter der Bedingung, dass die Agenten beim Erreichen ihres Ziels aus der Simulation entfernt werden, kann der Abstand des Ziels zur letzten Engstelle einen Einfluss auf die Räumungsdauer haben. Durch diesen Test ergibt sich der Mindestabstand, den das Ziel von der letzten Engstelle haben sollte.	Assuming, that agents are taken out of the simulation when reaching their goal, the distance between the last bottleneck and the goal can have an influence on the evacuation time. This test evaluates the minimum distance between the last bottleneck and the goal.
Ziel	**Aim**
Untersucht wird der Einfluss des Abstands zwischen der letzten Engstelle und dem Ziel der Agenten. Häufig ist die Räumungsdauer kürzer, wenn das Ziel unmittelbar hinter der Engstelle liegt. Mit zunehmendem Abstand steigt die Räumungsdauer an, bis sie einen konstanten Wert erreicht.	This test evaluates the influence of the distance between the last bottleneck and the goal. Usually, the evacuation time is reduced, when the goal is placed directly after the last bottleneck. Increasing the distance will increase the evacuation time until a constant value is reached.
Versuchsaufbau	**Setup**
Modelliere eine Geometrie wie in Abb. 11 dargestellt. Sie besteht aus zwei Räumen, die durch eine Engstelle verbunden sind. In Raum 1 wird eine RiMEA Standardpopulation (Reaktionsdauer: 0 s) aus 150 Agenten verteilt, in Raum 2 wird ihr Ziel im Abstand *a* zur Engstelle positioniert.	Prepare a geometry as shown in Fig. 1. It consists of two rooms connected by a bottleneck. Distribute 150 agents with a RiMEA standard demographic (response time: 0 s) in room 1 as shown. The goal is defined in room 2 with distance *a* to the bottleneck.
Variiere für verschiedene Szenarien den Abstand *a* von 0 bis 10 m und ermittle die Räumungsdauer von Raum 1 in Abhängigkeit von *a*.	Run several scenarios varying distance *a* from 0 to 10 m and determine the evacuation time of the room 1 in dependence of *a*.

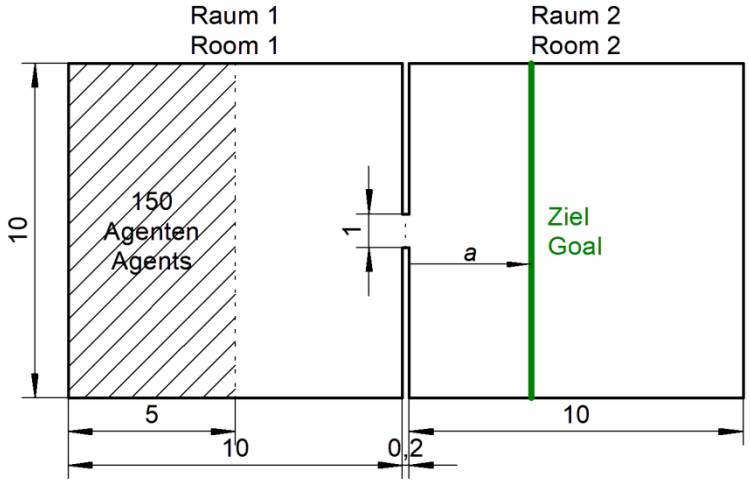


Abb. 11: Versuchsaufbau zur Bestimmung des Einflusses der Zielposition.
Fig. 11: Setup to determine the influence of the goal position.

Test 12b: Länge einer Engstelle	**Test 12b: Length of a Bottleneck**
Hintergrund	**Background**
Laborversuche legen nahe (Abb. 12), dass sich die Länge einer Engstelle auf den Personenfluss auswirkt.	Tests suggest an interdependence between the length of a bottleneck and the pedestrian flow (Fig. 12).

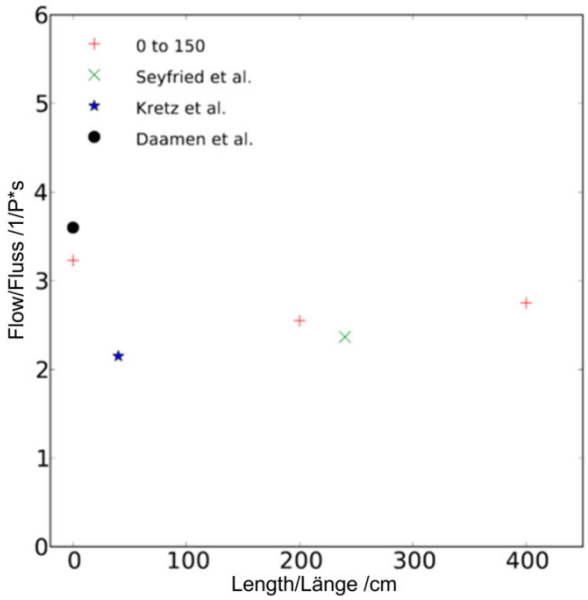


Abb. 12: Aus realen Tests gewonnene Flüsse in Abhängigkeit der Engstellenlänge [19].
Fig. 12: Flows depending on the bottleneck length from real life tests [19].

Ziel	**Aim**
Die Räumungsdauer sollte mit der Länge einer Engstelle ansteigen, da der Fluss in der Engstelle bedingt durch die eingeschränkte Bewegungsfreiheit kleiner ist als im offenen Raum. Da ein Überholen langsamer Agenten behindert wird, sorgen diese für eine Reduktion des Flusses.	The evacuation time should increase with increased bottleneck length, since the pedestrian flow is reduced in restricted spaces due to slow agents impeding faster agents.
Versuchsaufbau	**Setup**
Modelliere zwei Geometrien wie in Abb. 13 dargestellt. Sie bestehen aus zwei Räumen, die durch eine Engstelle verbunden sind, deren Länge allerdings variiert. In Raum 1 wird eine RiMEA Standardpopulation (Reaktionsdauer: 0 s) aus 150 Agenten verteilt, am rechten Rand von Raum 2 wird das Ziel positioniert.	Prepare two geometries as shown in Fig. 13. They each consist of two rooms connected by a bottleneck of varying lengths. Distribute 150 agents with a RiMEA standard demographic (response time: 0 s) in rooms 1 as shown. The goals are defined on the right side of rooms 2.
Zeige auf, dass die Räumungsdauer von Raum 1 für die Geometrie mit der langen Engstelle größer ist.	Prove, that the evacuation time of room 1 is larger for the version with the long bottleneck.

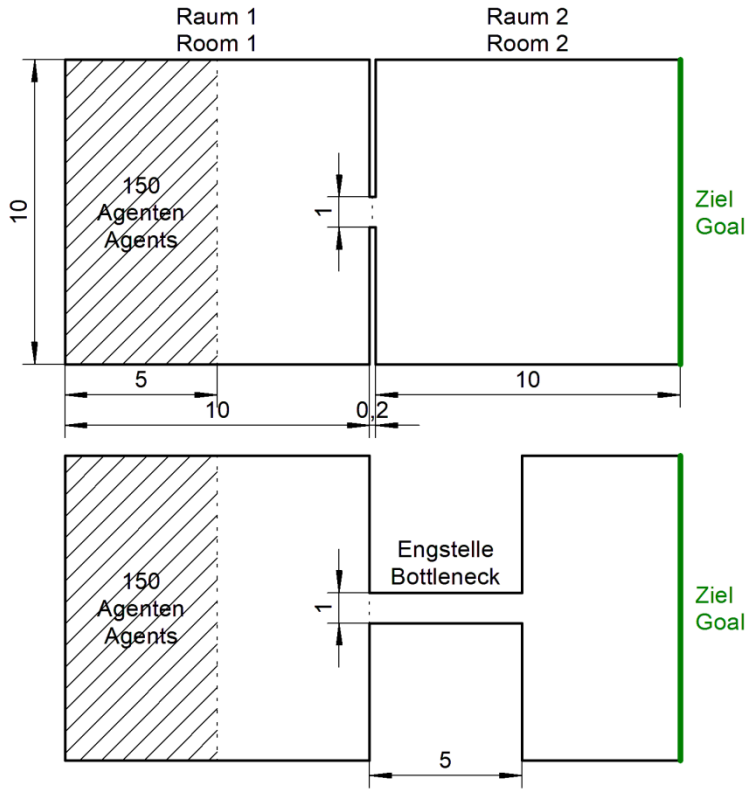


Abb. 13: Versuchsaufbau zur Bestimmung des Einflusses der Länge einer Engstelle.
Fig. 13: Setup to determine the influence of a bottleneck length.

Test 12c: Auswirkung des Andrangs	**Test 12c: Influence of Congestion**
Hintergrund	**Background**
Handrechenverfahren betrachten Personenflüsse als Funktion der Breite einer Engstelle. In mikroskopischen Simulationen können sich allerdings Wechselwirkungen zwischen Agenten im Stau vor einer Engstelle auf den Fluss auswirken.	Hand-based calculations consider person flows as a function of the bottleneck width, but microscopic simulations can take interactions between agents in front and in a bottleneck into account.
Ziel	**Aim**
Bestimme den zeitlichen Verlauf der Agentenzahlen in Raum 1 und 2 sowie die Flüsse durch die Engstellen 1 und 2.	Determine the number of agents in room 1 and 2 over time and the resulting flows in bottlenecks 1 and 2.
Versuchsaufbau	**Setup**
Modelliere eine Geometrie wie in Abb. 14 dargestellt. Sie besteht aus drei Räumen, verbunden durch zwei hintereinander liegende, geometrisch gleiche Engstellen. Im linken Raum wird eine RiMEA Standardpopulation (Reaktionsdauer: 0 s) aus 150 Agenten verteilt, am rechten Rand des dritten Raums wird das Ziel positioniert.	Prepare a geometry as shown in Fig. 14. It consists of three rooms connected by identical bottlenecks. Distribute 150 agents with a RiMEA standard demographic (response time: 0 s) in room 1 and the goal on the right side of room 3.

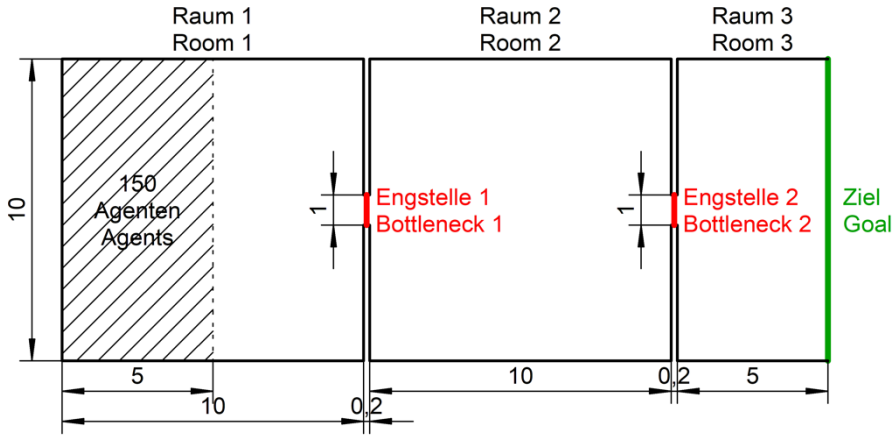


Abb. 14: Versuchsaufbau zur Bestimmung des Einflusses des Andrangs an einer Engstelle.
Fig. 14: Setup to determine the influence of congestion at bottlenecks.

Test 12d: Einfluss der Engstellenbreite auf dem Fluss	**Test 12d: Influence of Bottleneck Width on Flow**
Hintergrund	**Background**
Experimentelle Untersuchungen zeigen (Abb. 15), dass die Breite einer Engstelle den Personenfluss beeinflusst. Dabei steigt der Fluss mit der Breite der Engstelle an.	Real life tests have shown (Fig. 15) the correlation between with of a bottleneck and person flow. Increasing the width will lead to an increasing flow.

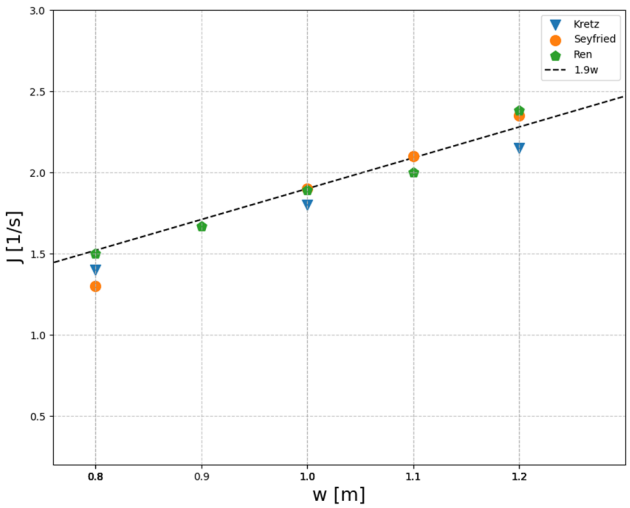


Abb. 15: Aus Experimenten gewonnene Flüsse in Abhängigkeit der Engstellenbreite [20] [21].
Fig. 15: Flow versus bottleneck width from real life tests [20] [21].

Ziel	**Aim**
Es soll gezeigt werden, dass der Fluss in der Simulation mit der Breite der Engstelle ansteigt (siehe Abb. 15).	It should be shown, that the agent flow will increase with increasing bottleneck width (see Fig. 15).
Versuchsaufbau	**Setup**
Modelliere eine Geometrie wie in Abb. 13 unten dargestellt. Sie bestehen aus zwei Räumen, die durch eine lange Engstelle verbunden sind, deren Breite allerdings variiert. In Raum 1 wird eine RiMEA Standardpopulation (Reaktionsdauer: 0 s) aus 150 Agenten verteilt, am rechten Rand von Raum 2 wird das Ziel positioniert. Variiere die Breite (w) der Engstelle von: 0,8 m, 1,0 m und 1,2 m.	Prepare the lower geometry of Fig. 13. It consists of two rooms connected by a long bottleneck. Its width will be varied. Distribute 150 agents with a RiMEA standard demographic (response time: 0 s) in room 1 and the destination on the right side of room 2. Vary the width (*w*) of the bottleneck from 0,8 m to 1,0 m and to 1,2 m.

Test 13 Fundamentaldiagramm Treppe	**Test 13 Fundamental Diagram on Stairs**
Hintergrund	**Background**
In einem Feldversuch [22] wurde ermittelt, dass sich die Fundamentaldiagramme von Personen, die Treppen aufwärts und Treppen abwärts gehen, unterscheiden.	Fundamental diagrams of a real life test [22] showed differences between people moving up or down a stair.

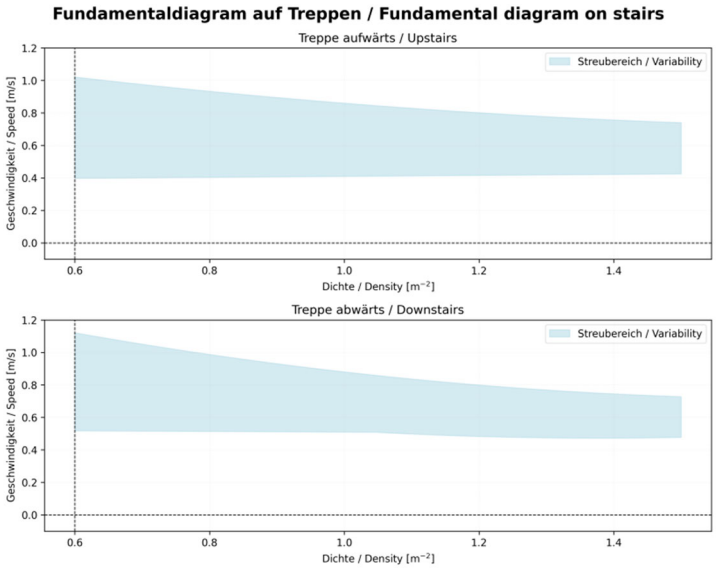


Abb. 16: Fundamentaldiagramm aus realen Tests: Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Dichte für Treppe aufwärts und Treppe abwärts.
Fig. 16: Fundamental diagram of a real life test: Speed in relation to density for walking up- and downwards.

Ziel	**Aim**
In Abb. 16 sind die Fundamentaldiagramme für “Treppe aufwärts” und “Treppe abwärts” zu sehen. Gehgeschwindigkeit und Dichte beziehen sich dabei auf die horizontal projizierte Fläche der Treppe. Trotz der hohen Streubreite der Daten ist zu erkennen, dass die Geschwindigkeiten bei “Treppe aufwärts” unterhalb der Geschwindigkeiten von “Treppe abwärts” liegen. Dieses Verhalten soll von der Simulation reproduziert werden.	Fig. 16 shows the fundamental diagrams for walking upwards and downwards on a stair with speed and density relating to the projected, horizontal area of the stair. Even though the data is widely spread, it is obvious that the speed walking upwards is less than the speed walking downwards. This should be reproduced by the simulation.
Versuchsaufbau	**Setup**
Modelliere die in Abb. 17 dargestellten Geometrien. Der Unterschied zwischen den Szenarien ist dabei die Richtung (auf/abwärts) der Treppe (gleiche Steigung). Verteile entsprechend der Skizze 100 Agenten einer RiMEA Standardpopulation (Reaktionsdauer: 0 s) im Raum und lasse sie zum Ziel gehen. Zeige, dass die Gehgeschwindigkeiten innerhalb der Streubreite aus Abb. 16 liegen und dass die Geschwindigkeiten im Szenario “Treppe abwärts” höher sind als im Szenario “Treppe aufwärts”.	Prepare geometries as shown in Fig. 17 with the difference being the direction of the stairs (same incline). Distribute 100 agents with a RiMEA standard demographic (response time: 0 s) as shown and let them walk to the goal. Show, that the walking speeds lie within the spread shown in Fig. 16 and that the walking speeds of scenario “downwards” are higher than the speeds of scenario “upwards”.

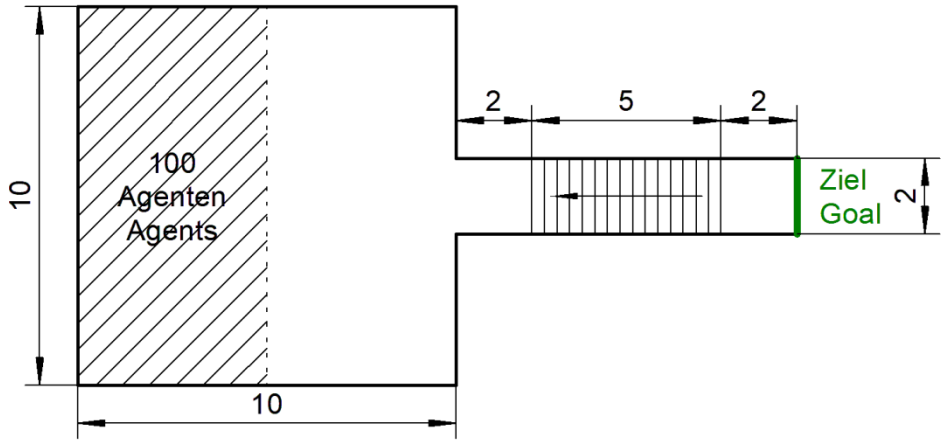


Abb. 17: Versuchsaufbau des Szenarios „Treppe abwärts“.
Fig. 17: Setup of scenario “upwards”.

Test 14 Routenwahl	**Test 14 Choice of route**
Startbereich (in der nachfolgenden Abb. 18 mit „Start“ gekennzeichnet) und Zielbereich („Ziel“) sind durch zwei Treppen (dunkelgrau) und einen Gang im Erdgeschoss und durch einen (längeren) Gang im Obergeschoss miteinander verbunden.	Start area (marked as “Start” in the following illustration (Fig. 18) and target area (“target”) are connected by two flights of stairs (dark grey) and a corridor on the ground floor and by a (longer) cor-ridor on the upper floor.
Nehmen die Fußgänger eine kürzere Route über ein anderes Stockwerk oder bleiben sie auf der längeren Route auf einem Stockwerk? (Dokumentiere: „kurz“, „lang“, „gemischt“, oder „konfigurierbar“).	Do the pedestrians take a shorter route via another floor or do they stay on the longer route on the same floor? (document: “short”, “long”, “mixed” or “configurable”).

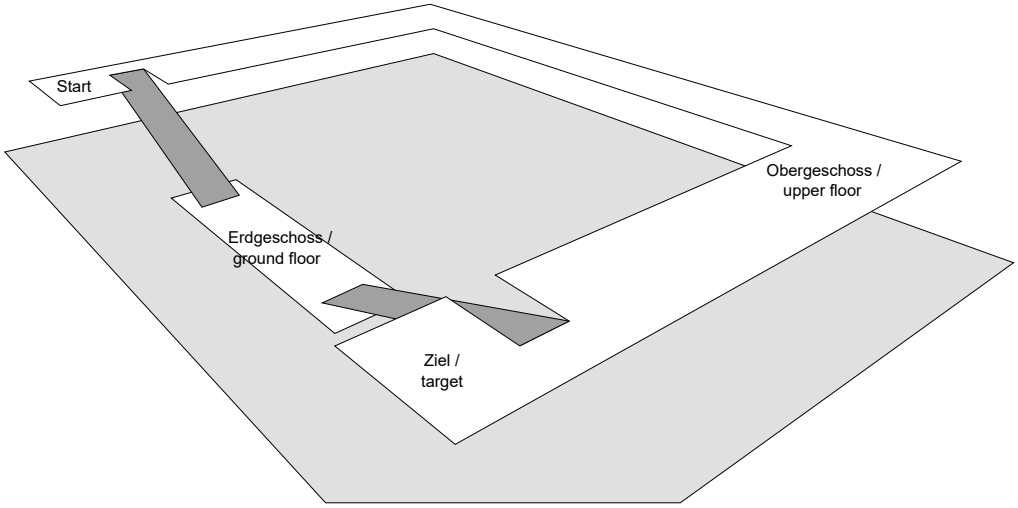


Abb. 18: Konfiguration für Test 14.
Fig. 18: Configuration for test 14.

Test 15 Bewegung einer großen Menge Fußgänger um eine Ecke	**Test 15 Movement of a large crowd of pedestrians around a corner**
Mit Test 15 soll aufgezeigt werden, in wie weit die Bewegung von Personen um eine Ecke einen Einfluss auf die berechnete Räumungszeit hat. Nähere Hintergrundinformationen können aus den Veröffentlichungen [9] und [10] entnommen werden.	Test 15 aims to demonstrate the extent to which the movement of persons around a corner affects the calculated evacuation time. Further background information can be found in publications[11] and [12].
Konstruiere drei Geometrien wie in Abb. 19 dargestellt. In dem Startbereich („Start“) befinden sich 500 Personen. Dieser Bereich ist je nach gewähltem Programm entsprechend auszuführen. Für jede Geometrie ist die gleiche Personengruppe zu wählen, so dass die Ausgangsbedingungen für alle drei Geometrieniden-tisch sind. Das Ziel ist der mit „Ziel“ gekennzeichnete Bereich.	Construct three geometries as illustrated in Fig. 19 below. 500 persons are located in the start area (“Start”). This area is to be designed accordingly depending on the chosen program. The same group of persons should be chosen for each geometry so that the initial conditions are identical for all three geometries. The destination is area marked with “target”.
Durch den Vergleich der Ergebnisse (Zeitdauer, bis alle Personen das Ziel erreicht haben) kann festgestellt werden, in wie weit eine Ecke einen Einfluss auf das Simulationsergebnis hat, da die rechte Abbildung den kürzesten Weg darstellt und die linke Abbildung den längsten Weg. Im Idealfall liegt das Ergebnis der „Ecke“ zwischen den beiden Ergebnissen für den geraden kürzesten bzw. längsten Weg.	By comparing the results (time taken for all per-sons to reach the destination) it can be determined how much a corner influences the simulation result, as the right illustration represents the shortest route and the illustration on the left is the longest. Ideally, the result from the “corner” will be in between the two results for the shortest and longest straight-line route.

[9] Rogsch, C: and W. Klingsch: „Basics of Software-Tools for Pedestrian Movement – Identification and Results” Fire Technology 2010. DOI: 10.1007/s10694-010-0197-2

[10] Im Rahmen des Basigo-Projektes wurden jedoch vergleichsweise großskalige Experimente zu diesem Phänomen durchgeführt, so dass in naher Zukunft mit der Publikation empirischen Daten zu rechnen ist.

[11] Rogsch, C: and W. Klingsch: "Basics of Software Tools for Pedestrian Movement – Identification and Results" Fire Technolo-gy 2010. DOI: 10.1007/s10694-010-0197-2

[12] As part of the Basigo project, however, comparatively large-scale experiments were carried out concerning this phenomenon, so that empirical data can be expected when it is published in the near future.

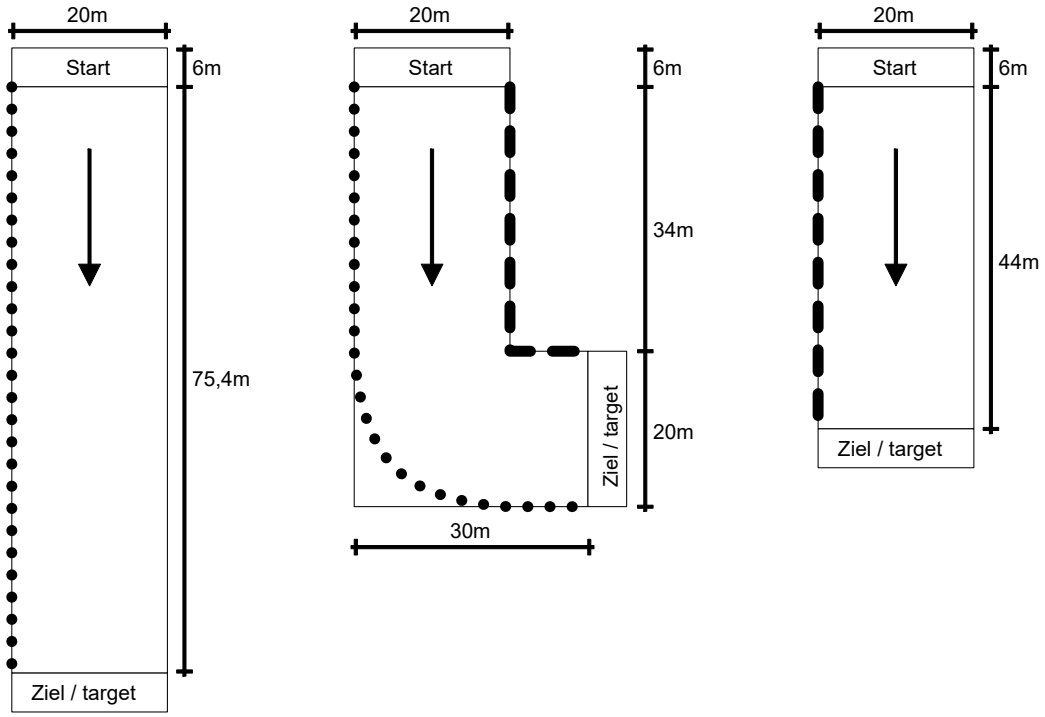


Abb. 19: Einfluss einer Ecke auf die Räumungszeit. Die Linien mit gleicher Darstellung (gepunktet und gestrichelt) stellen jeweils die gleiche Weglänge in den unterschiedlichen Konfigurationen dar.
Fig. 19: Influence of a corner on the evacuation time. The lines with identical style (dotted and dashed) show the same length in different configurations.

Test 16 1D-Fundamentaldiagramm	**Test 16 1D Fundamental Diagram**
Hintergrund	**Background**
Das Fundamentaldiagramm zeigt für einen Personenstrom den Zusammenhang zwischen Fluss oder Geschwindigkeit gegenüber der Dichte. Durch die Reduktion auf den eindimensionalen Fall (1D) werden Einflüsse wie Überholen und seitliche Bewegungen ausgeklammert. Im Unterschied zum zweidimensionalen Fall wird die Agenten-Dichte in Personen/Strecke (1/m) angegeben.	A fundamental diagram shows the relation between flow or walking speed and density for a pedestrian flow. Reducing it to a one-dimensional (1D) scenario, influences of overtaking and moving sideways can be excluded. In difference to the two-dimensional scenario, agent density is measured in persons/distance (1/m).
Ziel	**Aim**
Für unterschiedliche Modell-Parameter sollen die resultierenden Kurven bestimmt werden, um zu zeigen, wie sich Variationen der Eingabedaten auswirken (z.B. Variation der Laufgeschwindigkeit). Als Referenz dienen die 10% und 90% Perzentile aus Daten praktischer Tests (Abb. 20).	The model parameters should be varied in order to show their influence of the resulting curves (e.g. walking speed). References are the 10% and 90% percentiles of the data of real life tests (Fig. 20:).
Die Rohdaten der 10% und 90% Perzentile können von der Homepage des RiMEA e.V. heruntergeladen werden.	The raw data of the 10% and 90% percentiles can be downloaded from the homepage of RiMEA e.V.

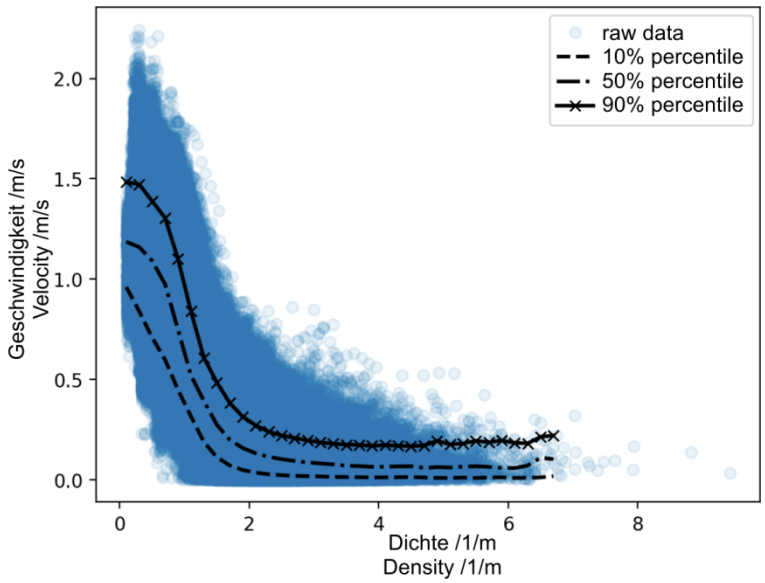


Abb. 20: Einhüllende (10/90% Perzentile) der aus realen Tests gewonnenen Fundamentaldiagramme (mittlere Laufgeschwindigkeit gegenüber der Dichte).

Fig. 20: 10/90% percentiles of fundamental diagrams gained from real life tests (mean walking speed in relation to density).

Versuchsaufbau	**Setup**
Für das Fundamentaldiagramm wird die mittlere Laufgeschwindigkeit aller Agenten in einem Messbereich für verschiedene Dichten bestimmt. Definiere 2 oder 3 Personenprofile von Agenten mit konstanten	For the fundamental diagram, the mean walking speed of all agents is measured for varying densities in a measuring range. Define 2 or 3 agent settings with constant walking speeds, e.g. 1 m/s.

Geschwindigkeiten. Z.B. 1 m/s.	
Folgende Geometrien können dazu verwendet werden:	The following geometries can be used:
Ring	**Ring**
Modelliere einen Ring entsprechend den Abmessungen aus Abb. 21. Wichtig ist die Beschränkung der Breite auf einen Agenten, so dass die Agenten sich frei bewegen aber nicht überholen können. Ein Ring hat den Vorteil, dass es keine störenden Einflüsse der geometrischen Randbedingungen gibt. Bestimmt werden die eindimensionale Dichte ϱ und die Geschwindigkeit gemittelt über alle Agenten.	Generate a ring as shown in Fig. 21:. The width should be enough for the agents to move freely, however, they should not be able to overtake. The advantage of a ring is the avoidance of geometrical influences. Determine the on-dimensional density ϱ and the mean walking speed of all agents.
Die Agenten sollten so lange gehen, bis sie mehrere Runden auf dem Ring durchlaufen haben, wobei der gesamte Ring als Startfläche dient und kein Ausgang vorhanden ist. Dies ist nötig um aussagekräftige Messungen zu ermöglichen, selbst wenn Stauwellen auftreten und kein stationärer Zustand erreicht wird.	Agents should walk several laps on the ring for reliable results. Even when congestion waves occur and no stationary situation is reached. The ring is the starting and measuring area and there is no exit.

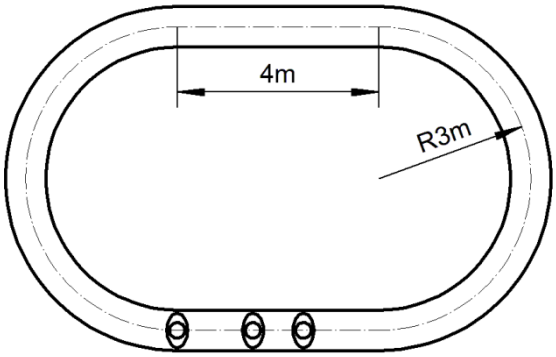


Abb. 21: Versuchsaufbau des eindimensionalen Rings.
Fig. 21: Setup for a one-dimensional ring.

Langer Gang	**Long Corridor**
Modelliere einen langen Gang (Abb. 22) in der Breite eines Agenten, so dass sich die Agenten frei bewegen aber nicht überholen können. Der Gang muss ausreichend lang sein (z.B. 200 m) um zeitlich ausreichend lange, stationäre Zustände zu erreichen. Die Daten für das Fundamentaldiagramm werden in einem Messbereich bestimmt. Dabei ist es wichtig, in stationären Zuständen zu messen. Diese sind im Gegensatz zum Ring zeitlich begrenzt.	Generate a long corridor (Fig. 22:) with the width of one agent, so agents can move freely without being able to overtake. In order to reach long and stationary conditions, the corridor has to be sufficiently long (e.g. 200 m). The data for the fundamental diagram is determined in a measurement area and it is important, that this data is measured in a stationary condition. In contrast to the ring, these conditions are temporary.

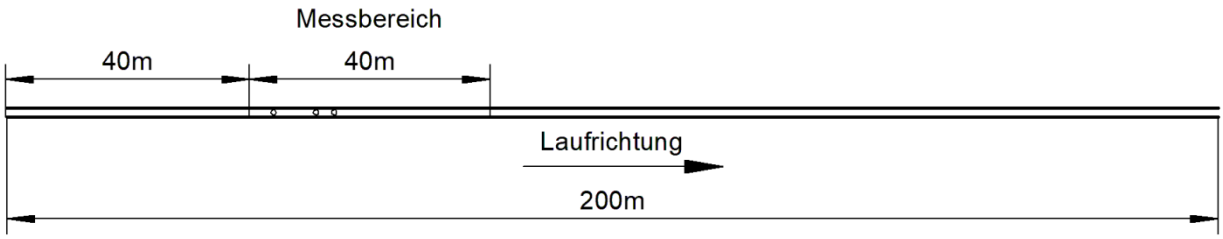


Abb. 22: : Versuchsaufbau des eindimensionalen Gangs.
Fig. 22: Setup for a long, one-dimensional corridor.

Daten	
Rohdaten:	Raw data:
https://doi.org/10.5281/zenodo.8378592	
Daten der Perzentile:	Data of the percentiles:
https://rimea.de/wp-content/uploads/2025/01/test_16_percentiles.xlsx	

A 5 Quantitative Verifizierung	**A 5 Quantitative verification**
Quantitative Verifizierung beinhaltet den Vergleich von Modellvorhersagen mit zuverlässigen Daten aus Räumungsübungen. Zum jetzigen Entwicklungszeitpunkt sind nicht genügend zuverlässige experimentelle Daten vorhanden, um eine gründliche quantitative Verifizierung von Räumungsmodellen zu erlauben. Solang bis solche Daten verfügbar werden, werden die ersten drei Komponenten des Verifizierungsprozesses als ausreichend betrachtet.	Quantitative verification involves the comparison of model predictions with reliable data from evacuation drills. At the current developmental stage, there is not enough reliable experimental data to allow a thorough quantitative verification of evacuation models. Until such data are available, the first three components of the verification process will be regarded as sufficient.

Anhang 2: Verteilung der individuellen Reaktionsdauern

Die Verteilung der individuellen Reaktionsdauern erfolgt in leicht abgewandelter Form entsprechend den Untersuchungen von Purser [5]. Die Reaktionsdauern sind zwischen einem Minimum- und einem Maximumwert gleich- oder normalverteilt und hängen von der Personencharakteristik, der Art des Alarmierungssystems, der Gebäudekomplexität und der Art des Brandschutzmanagements ab.

Kategorie	Wachsamkeit	Vertrautheit	Dichte	Nutzungsart
A	wach	vertraut	niedrig	Büro, Industrie
B	wach	unvertraut	hoch	Handel, Gaststätten, Versammlungsstätten
C(a)	schlafend	vertraut	niedrig	Wohnungen
C(b)	betreut	betreut	niedrig	Wohnungen
C(c)	schlafend	unvertraut	niedrig	Hotels, Herbergen
D	med. betreut	unvertraut	niedrig	med. Betreuung
E	Transport	unvertraut	hoch	Verkehrsanlagen

Tab. 5: Kategorisierung nach Gebäudeart und der daraus folgenden Personencharakteristik.

Alarmierungssytem

Da die Kategorie *Alarmierungssystem* der ursprünglichen Daten [5] keine Auswirkung auf die Reaktionsdauern hat, wird diese Kategorie nicht berücksichtigt.

Annex 2: Distribution of individual pre-movement times

The distribution of individual premovement times is carried out in a slightly modified way according to the studies by Purser [5]. The premovement times are distributed uniformly or normally between a minimum and maximum value and are dependent on the characteristics of the persons, the type of alarm system, the building complexity and the type of fire protection management.

Category	Alertness	Familiarity	Density	Type of utilisation
A	Awake	Familiar	Low	Office, industry
B	Awake	Unfamiliar	High	Retail, restaurants, places of assembly
C(a)	Asleep	Familiar	Low	Housing
C(b)	Supervised	Supervised	Low	Housing
C(c)	Asleep	Unfamiliar	Low	Hotels, hostels
D	Medical supervision	Unfamiliar	Low	Medical care
E	Transport	Unfamiliar	High	Traffic facilities

Table 5: Categorisation according to building type and resulting characteristics of persons.

Alarm System

Since the category *alarm* system of the original data [5] has no influence on the pre movement times, this category is not taken into account.

Kategorie	Gebäudekomplexität
B1	Einfacher, offener Grundriss, eingeschossig, Ausgänge direkt sichtbar und nach außen führend.
B2	Einfacher Grundriss, mehrere Räume und mehrgeschossig. Bauweise entspricht überwiegend präskriptiven Vorgaben.
B3	Großer, komplexer Grundriss.

Tab. 6: Kategorisierung der Gebäudekomplexität.

Category	Building complexity
B1	Simple, open floor plan, single-storey, exits directly visible and leading outside.
B2	Simple floor plan, multiple rooms and multi-storey. Construction largely complies with stipulations.
B3	Large, complex floor plan.

Table 6: Categorisation of building complexity

Kategorie	Brandschutzmanagement
M1	Große Zahl gut geschulter Brandschutzhelfer. Sicherheitssystem und -verfahrensweisen unabhängig geprüft.
M2	Gut geschulte Brandschutzhelfer. Sicherheitssystem nicht geprüft.
M3	Mindeststandards werden erfüllt.

Tab. 7: Kategorisierung des Brandschutzmanagements

Category	Fire protection management
M1	Large number of well-trained fire protection assistants. Safety system and procedures independently tested.
M2	Well-trained fire protection assistants. Safety system not tested.
M3	Complies with minimum standards.

Table 7: Categorisation of fire protection management.

Entsprechend den oben aufgeführten Kategorisierungen lassen sich folgende Minimum- und Maximumwerte für die Verteilung der individuellen Reaktionsdauern ableiten. Das Intervall der individuellen Reaktionszeiten erstreckt sich somit zwischen den minimalen und maximalen Werten:	The following minimum and maximum values for the distribution of individual premovement times determine a time span according with the categorisation outlined above
$\Delta t_{Reakt} = t_{Reakt, max} - t_{Reakt, min}$	$\Delta t_{Premovement} = t_{Premovement, max} - t_{Premovement, min}$

Szenario	$t_{Reakt,\ min}$ [min]	$t_{Reakt,\ max}$ [min]
Kategorie A: wach, vertraut		
M1 B1 – B2	0,5	1,5
M2 B1 – B2	1	3
M3 B1 – B2	(>15)	(>30)
B3: addiere 0,5 min zu $t_{Reakt,\ min}$ und $t_{Reakt,\ max}$ wegen schwierigerer Orientierung		
Kategorie B: wach, unvertraut		
M1 B1	0,5	2,5
M2 B1	1	4
M3 B1	(>15)	(>30)
B2: addiere 0,5 min zu $t_{Reakt,\ min}$ und $t_{Reakt,\ max}$ wegen schwierigerer Orientierung		
B3: addiere 1 min zu $t_{Reakt,\ min}$ und $t_{Reakt,\ max}$ wegen schwierigerer Orientierung		
Kategorie C(a): schlafend, vertraut		
M2 B1	(5)	(15)
M3 B1	(10)	(>40)
Kategorie C(b): betreute Wohnanlagen		
M1 B2	(10)	(30)
M2 B2	(15)	(40)
M3 B2	(>20)	(>40)
Kategorie C(c): schlafend, unvertraut		
M1 B2	(15)	(30)
M2 B2	(20)	(40)
M3 B2	(>20)	(>40)
B3: addiere 1 min zu $t_{Reakt,\ min}$ und $t_{Reakt,\ max}$ wegen schwierigerer Orientierung		

Tab. 8: Die Minimum- und Maximumwerte der individuellen Reaktionsdauerverteilungen ergeben sich aus den zuvor genannten Kategorisierungen. Werte in Klammern weisen eine größere Unsicherheit auf [8].

Scenario	$t_{Premovement, min}$ **[min]**	$t_{Premovement, max}$ **[min]**
Category A: awake and familiar		
M1 B1 – B2	0.5	1.5
M2 B1 – B2	1	3
M3 B1 – B2	(>15)	(>30)
B3: add 0.5 min to $t_{Premovement, min}$ due to more difficult orientation		
Category B: awake and unfamiliar		
M1 B1	0,5	2,5
M2 B1	1	4
M3 B1	(>15)	(>30)
B2: add 0.5 min to $t_{Premovement, min}$ due to more difficult orientation		
B3: add 1 min to $t_{Premovement, min}$ due to more difficult orientation		
Category C(a): sleeping and familiar		
M2 B1	(5)	(15)
M3 B1	(10)	(>40)
Category C(b): managed occupancy		
M1 B2	(10)	(30)
M2 B2	(15)	(40)
M3 B2	(>20)	(>40)
Category C(c): sleeping and unfamiliar		
M1 B2	(15)	(30)
M2 B2	(20)	(40)
M3 B2	(>20)	(>40)
B3: add 1 min to $t_{Premovment, min}$ due to more difficult orientation		

Table 8: The minimum and maximum values of individual premovement time distributions are derived from the previously stated categorisations. Figures in parentheses with greater level of uncertainty [8].

Anhang 3: Vorgaben für Räumungszeiten	**Annex 3:**
Für akzeptierte Räumungszeiten gibt es keine generellen oder normativen Vorgaben. Die vorhandenen Werte beziehen sich meist auf einen Teil des Räumungsablaufs, z.B. auf den Fluss der Personen durch Ausgangstüren oder die Zeit bis zum Erreichen eines sicheren Bereichs.	There are no legal or normative requirements for acceptable total evacuation times. The values here refer to one part of the evacuation process, e.g. the flow of persons through exit doors or the time to reach a secure area.
1. In der Europäischen Union [4] werden für Zuschaueranlagen im Freien 8 min [13] genannt, für Zuschaueranlagen in Gebäuden 2 min [14] . Hierbei handelt es sich um beispielhafte Werte, die kein Akzeptanzkriterium beinhalten. 2. In Deutschland [1] werden für Tribünen im Innenraum 2 min und für Tribünen im Freien 6 min genannt. Dies sind Werte für eine fiktive Flusszeit (ohne Rückstau, reine Durchflusszeit). Sie wurden in einem früheren Kommentar als Werte für die Festlegung der notwendigen Fluchtwegbreiten in der MVStättV (Deutschland) genannt. Diese Werte ergeben sich durch die Zurückrechnung aus den Annahmen der geforderten Fluchtwegbreiten und der Annahme, dass 100 Personen für das Durchströmen einer 1,2 m breiten Tür 1 min benötigen. 3. In der Schweiz [6] werden für Stadien mit geschlossenem Dach und Räume mit großer Personenzahl 3 bis 5 min und für Stadien mit offenem Dach 8 min als empfohlene Räumungszeit genannt. 4. Verfügbare Räumungszeiten (ASET) können auch aus dem Vorhandensein von Entrauchungsanlagen und deren Rauchfreihaltezeit oder aus Brandsimulationen hergeleitet werden.	1. In the European Union [4] 8 min is stated for outdoor spectator facilities[15], with 2 min specified for indoor spectator facilities[16]. These are example values, which do not contain any acceptance criteria. 2. In Germany [1], 2 min is stated for indoor stands and 6 min for outdoor stands. These values are for a fictional flow period (without congestion, pure flow time) and were stated in an earlier comment as values to determine the necessary width of escape routes in the MVStättV (Germany). These values are derived from a back calculation using the assump-tions of the required escape route widths and the assumption that 100 persons require 1 min to flow through a 1.2 m wide door (according to the comment on the MVStättV). 3. In Switzerland [6], 3 to 5 min is stated for stadia with a closed roof and rooms with a large number of people, with 8 min given as the recommended evacuation period for open-roof stadia. 4. Available safe egress times (ASET) can also be derived from smoke extractors and their capability of keeping a smoke free layer or from fire simulations.

[13] Empfohlene maximale Dauer bis zum Erreichen eines Sicherheitsplatzes für Bereiche im Freien.
[14] Empfohlene maximale Dauer bis zum Erreichen eines Sicherheitsplatzes für Bereiche in Gebäuden.
[15] Recommended maximum time until a safe place is reached for outside areas.
[16] Recommended maximum time until a safe place is reached for indoor areas.

Anhang 4: Literaturverzeichnis | Annex 4: Bibliography

[1] ARGEBAU, *Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten (Muster-Versammlungsstättenverordnung – MVStättV*), ARGEBAU – Fachkommission Bauaufsicht, Fassung Juni 2005, zuletzt geändert Juli 2014.

[2] Weidmann U., *Transporttechnik der Fußgänger*, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Straßen- und Eisenbahnbau Nr. 90, S.35-46, Zürich, Januar 1992.

[3] Fruin, *Pedestrian Planning and Design*, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, New York, 1971.

[4] DIN EN 13200-1:2012, *Zuschaueranlagen - Teil 1: Allgemeine Merkmale für Zuschauerplätze*, November 2012.

[5] David A. Purser, *Behaviour and Travel Interactions in Emergency Situations and Data Needs for Engineering Design*, Proceedings of the 2nd International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics 2003, Greenwich, U.K., S. 355 – 369.

[6] Braun Brandsicherheit, *Fluchtwege bei Verkaufsgeschäften und Räumen mit großer Personenbelegung - Analyse und Bemessungsvorschlag*, 5. Februar 1999, Erarbeitet im Rahmen einer Arbeitsgruppe der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF), Bern.

[7] SFPE, *Handbook of Fire Protection Engineering*, 2nd Edition NFPA 1995.

[8] ISO/TR 16738:2009(E), *Fire-Safety Engineering - Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people*, International Organization for Standardization (ISO), 2009.

[9] International Maritime Organisation (IMO), *Guidelines for Evacuation Analyses for New and Existing Passenger Ships*, MSC.1/Circ.1533, Juni 2016.

[10] National Fire Protection Association

[11] Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb*), Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes*; Technischer Bericht vfdb TB 04-01, 4. Auflage März 2020.

[12] V. M. Predtechenskii and A. I. Milinskii, *Personenströme in Gebäuden - Berechnungsmethoden für die Projektierung*, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln Braunsfeld, 1971.

[13] D. Helbing, A. Johansson, and H. Z. Al-Abideen, *Dynamics of Crowd Disasters: An Empirical Study*, Physical review E 75 no. 4, (2007) 046109.

[14] R. Löhner, B. Muhamad, P. Dambalmath, and E. Haug, *Fundamental Diagrams for Specific Very High Density Crowds*, Collective Dynamics 2 (2017) 1-15.

[15] B. D. Hankin and R. A. Wright, *Passenger Flow in Subways*, Journal of the Operational Research Society 9 no. 2, (1958) 81-88.

[16] M. Möri and H. Tsukaguchi, *A New Method for Evaluation of Level of Service in Pedestrian Facilities*, Transportation Research Part A: General 21 no. 3, (1987) 223-234.

[17] S. J. Older, *Movement of Pedestrians on Footways in Shopping Streets*, Traffic engineering & control 10 no. 4, (1968) 160-163.

[18] C.-J. Jin, R. Jiang, S. Wong, D. Li, N. Guo, and W. Wang, *Large-Scale Pedestrian Flow Experiments under High-Density Conditions*, arXiv preprint arXiv:1710.10263 (2017).

[19] J. Liddle, A. Seyfried, W. Klingsch, T. Rupprecht, A. Schadschneider, and A. Winkens, “An experimental study of pedestrian congestions: Influence of bottleneck width and length,” in Traffic and granular flow 2009, 2009. [Online], http://arxiv.org/abs/0911.4350.

[20] Andreas Schadschneider, Armin Seyfried, Empirical results for pedestrian dynamics and their implications for modeling, in "Pedestrian Behavior", Ed.: H. Timmermans, Emerald, p. 27 (2009), https://arxiv.org/abs/1007.4058.

[21] X. Ren, J. Zhang, S. Cao, W, Song, “Experimental study on elderly pedestrians passing through bottlenecks”, J. Stat. Mech. 2019, doi: 10.1088/1742-5468/ab4fdf.

[22] C. A. S. Pouw, A. Corbetta, A. Gabbana, C. Van Der Laan, and F. Toschi, “High-statistics pedestrian dynamics on stairways and their probabilistic fundamental diagrams,” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 159, p. 104468, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.trc.2023.104468. https://arxiv.org/abs/2307.15609.