RiMEA e. V.
www.rimea.de

Richtlinie
für Mikroskopische Entfluchtungsanalysen

Version: 3.0.0

10. März 2016

Frühere Ausgabe: Version 2.2.1 vom 08. Juni 2009

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz.



Directive
relative aux analyses microscopiques de l'évacuation

Version: 3.0.0

10 Mars 2016

Édition précédente : Version 2.2.1 du 8 Juin 2009

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de

Cet ouvrage est sous licence Creative Commons: Pas de Modification 4.0 International.



© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

Frühere Ausgabe: Version 2.2.1 vom 08. Juni 2009

Inhaltsverzeichnis

Préambule 5
1 Anwendungsbereich 7
2 Begriffe 9
2.1 Mikroskopische Entfluchtungsanalyse .. 9
2.2 Bauliche Anlagen 9
2.3 Freifläche 9
2.4 Versammlungsstätten 9
2.5 Entfluchtung 10
2.6 Fluchtweg 10
2.7 Sicherer Bereich 10
2.8 Personenbelegung 10
2.9 Signifikante Stauung 10
2.10 Freie Laufgeschwindigkeit 11
2.11 Detektionszeit t_{Detekt} 11
2.12 Alarmierungszeit t_{Alarm} 11
2.13 Individuelle Reaktionszeit $t_{i,\ Reakt}$ 11
2.14 Individuelle Laufzeit $t_{i,\ Lauf}$ 11
2.15 Individuelle Entfluchtungszeit $t_{i,\ Flucht}$. 11
2.16 Entfluchtungszeit t_{Flucht} 12
2.17 Statistische Auswertung wiederholter Simulationsläufe 13
2.17.1 Minimale Entfluchtungszeit $t_{Flucht,min}$ 13
2.17.2 Maximale Entfluchtungszeit $t_{Flucht,max}$ 13
2.17.3 Mittlere Entfluchtungszeit $t_{Flucht,mittel}$ 13
2.17.4 Standardabweichung S_{Flucht} ... 13
2.17.5 Signifikante Entfluchtungszeit $t_{Flucht,signifikant}$ 13
3 Eingabegrößen für Simulationsmodelle 14
3.1 Kategorie GEOMETRIE 14
3.2 Kategorie POPULATION 14
3.2.1 Allgemeines 14
3.2.2 Eigenschaften der Population 16
3.2.3 Reaktionszeit 16
3.2.4 Freie Gehgeschwindigkeit in der Ebene 16
3.2.5 Freie Gehgeschwindigkeiten auf Treppen 18

La version allemande de la présente directive fait foi.

Édition précédente : version 2.2.1 du 8 juin 2009

Contenu

1 Champ d'application 7
2 Définitions 9
2.1 Analyse microscopique de l'évacuation 9
2.2 Construction 9
2.3 Surface libre 9
2.4 Lieu de rassemblement 9
2.5 Évacuation 10
2.6 Voie d'évacuation 10
2.7 Zone sûre 10
2.8 Capacité d'occupation 10
2.9 Congestion significative 10
2.10 Vitesse de déplacement libre 11
2.11 Temps de détection $t_{détect}$ 11
2.12 Temps d'alarme t_{alarme} 11
2.13 Temps de réaction individuel $t_{i,réact}$ 11
2.14 Temps de parcours individuel $t_{i,parc}$ 11
2.15 Temps d'évacuation individuel $t_{i,évac}$ ... 11
2.16 3.32 Temps d'évacuation $t_{évac}$ 12
2.17 Évaluation statistique de simulations répétées 13
2.17.1 Temps d'évacuation minimal $t_{évac.\ min.}$ 13
2.17.2 Temps d'évacuation maximal $t_{évac.\ max.}$ 13
2.17.3 Temps d'évacuation moyen $t_{évac.\ moy.}$ 13
2.17.4 Écart standard $S_{évac.}$ 13
2.17.5 Temps d'évacuation significatif $t_{évac.\ sign.}$ 13
3 Paramètres de départ pour modèles de simulation 14
3.1 Catégorie GÉOMÉTRIE 14
3.2 Catégorie POPULATION 14
3.2.1 Généralités 14
3.2.2 Caractéristiques de la population 16
3.2.3 Temps de réaction 16
3.2.4 Vitesse de déplacement libre dans le plan 16
3.2.5 Vitesses de déplacement libre dans des escaliers 18

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

3.2.6 Personendichten oder -anzahl der Anfangsverteilung 18
3.2.7 Altersverteilung der Population 19
4 Durchführung von Analysen und Simulationen 23
4.1 Beschreibung der einflussnehmenden Faktoren und Randbedingungen 23
4.2 Betrachtete Szenarien 24
4.2.1 Anfangsverteilung der Personen 24
4.2.2 Anordnung der Fluchtwege - grundlegender Entfluchtungsfall 24
4.2.3 Flexibilität der Fluchtwege - zusätzliche Entfluchtungsfälle 25
4.2.4 Berechnung der Maximalbelegungszahl 25
4.3 Behandlung der Entfluchtungszeiten .. 25
4.4 Identifizierung von Stauungen 27
5 Dokumentation 28
5.1 Dokumentation der Arbeitsschritte 28
5.2 Dokumentation des verwendeten Simulationsverfahrens 28
5.3 Dokumentation der Simulationsergebnisse 29
5.3.1 Struktur der Dokumentation 29
5.3.2 Identifizierung von kritischen Bewegungsabläufen und Stauungen 29
5.4 Mindestinhalt einer Entfluchtungsanalyse 29
5.4.1 Titelblatt 29
5.4.2 Anlass und Fragestellung 30
5.4.3 Objektbeschreibung 30
5.4.4 Beschreibung der verwendeten Software und des Modells 30
5.4.5 Beschreibung der Evakuierungsszenarien 30
5.4.6 Ergebnisse / Besonderheiten 31
5.4.7 Interpretation der Ergebnisse 31
5.4.8 Schlusswort / Fazit 32
5.5 Korrekturmaßnahmen 32

3.2.6 Densités ou nombre de personnes dans la répartition initiale 18
3.2.7 5.4.14 Distribution de la population en fonction de l'âge 19
4 Réalisation d'analyses et de simulations 23
4.1 Description des conditions aux limites et des facteurs d'influence 23
4.2 Scénarios envisagés 24
4.2.1 Répartition initiale des personnes 24
4.2.2 Disposition des voie d'évacuation – scé-nario d'évacuation de base 24
4.2.3 Flexibilité des voies d'évacuation – scé-narios d'évacuation supplémentaires 25
4.2.4 Calcul du nombre maximal de personnes 25
4.3 Traitement des temps d'évacuation 25
4.4 Identification de congestions 27
5 Documentation 28
5.1 Documentation des étapes de travail . 28
5.2 Documentation du processus de simulation utilisé 28
5.3 Documentation des résultats de la simulation 29
5.3.1 Structure de la documentation 29
5.3.2 Identification d'enchaînements de dépla-cements et de congestions critiques 29
5.4 Contenu minimal d'une analyse de l'évacuation 29
5.4.1 Page de couverture 29
5.4.2 Objectif et définition du problème 30
5.4.3 Description de l'objet 30
5.4.4 Description du logiciel utilisé et du mo-dèle 30
5.4.5 Description des scénarios d'évacuation 30
5.4.6 Résultats / particularités 31
5.4.7 Interprétation des résultats . 31
5.4.8 Conclusion / bilan 32
5.5 Mesures correctives 32

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Anhang 1: Vorläufige Anleitung zur Validierung / Verifizierung von Simulationsprogrammen 33
A 1 Allgemein 33
A 2 Überprüfung der Komponenten 34
A 3 Funktionale Verifizierung 45
A 4 Qualitative Verifizierung 47
A 5 Quantitative Verifizierung 56

Anhang 2: Verteilung der individuellen Reaktionsdauern 57

Anhang 3: Literaturverzeichnis 62

Annex 1: Instructions provisoires pour la validation / vérification de programmes de simulation 33
A 1 Généralités 33
A 2 Contrôle des composants 34
A 3 Vérification fonctionnelle 45
A 4 Vérification qualitative 47
A 5 Vérification quantitative 56

Annex 2: Répartition des temps de réaction individuels 57

Annex 3: Bibliographie 62

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Präambel

Nach der Musterbauordnung (MBO) in der Fassung vom November 2002 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 so beschaffen sein, dass im Brandfall die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.

Entsprechende Vorschriften für Versammlungsstätten enthält die Muster-Versammlungsstättenverordnung (MVStättV, in der Fassung vom Juni 2005). Teil 2, Abschnitt 2 der MVStättV behandelt die Führung und Bemessung von Flucht- und Rettungswegen.

Der § 51 Absatz 7 der MBO erlaubt im Einzelfall für Sonderbauten die Abweichung von den allgemeinen Vorschriften hinsichtlich Brandschutzanlagen, -einrichtungen und -vorkehrungen.

Zusätzlich zur Einhaltung bauordnungsrechtlicher Anforderungen zu zulässigen Rettungswegläng-en und notwendigen Ausgangsbreiten sind, insbesondere für Gebäude die planmäßig von einer großen Anzahl an Personen genutzt werden, Entfluchtungsberechnungen als Teil eines ganzheitlichen Brandschutzkonzeptes zu empfehlen. Das gleiche gilt für den Fall der Sonderbauten, insbesondere im Falle der o.g. Abweichungen.

Der Einsatz rechnergestützter Verfahren bei solchen Nachweisen stellt die Bauaufsichtsbehörden vor neue Herausforderungen. Insbesondere für die bei einer Fluchtwegeberechnung angenommenen Szenarien und Parameter sind standardisierte Kriterien notwendig.

Das gleiche gilt für die Beurteilung der Verlässlichkeit und Richtigkeit von Softwareprogrammen.

Die hier vorgelegte Muster-Richtlinie stellt eine Handreichung für die Genehmigungsbehörden dar, die für diese beiden Anforderungen standardisierte Verfahren festlegt.

Es wird darauf hingewiesen, dass Fluchtwegeberechnungen nicht alle Einflüsse der Realität berücksichtigen können. Psychologische Aspekte, die zum

Préambule

Conformément à la version de novembre 2002 du code allemand sur la construction standard (Musterbauordnung (MBO)), les installations doivent être disposées, construites, modifiées et entretenues de manière à ne pas mettre en danger la sécurité et l'ordre publics, en particulier la vie, la santé et l'en-vironnement naturel. De plus, les constructions doivent être conçues de manière à permettre le sauvetage des personnes et des animaux ainsi que des travaux d'extinction efficaces.

L'ordonnance type allemande sur les lieux de rassemblement (MVStättV, dans sa version de juin 2005) comprend des directives correspon-dantes pour les lieux de rassemblement. La par-tie 2, section 2 de la MVStättV aborde la question du tracé et du dimensionnement des voies d'évacuation et de sauvetage.

Dans certains cas, le § 51, alinéa 7 du MBO per-met, pour des constructions spéciales, de s'écarter des directives générales en matière d'installations, de dispositifs et de mesures de protection incen-die.

En plus de respecter les exigences du code de la construction concernant les longueurs des voies de sauvetage autorisées et les largeurs de sortie nécessaires, il est recommandé qu'un concept global de protection incendie comprenne des calculs d'évacuation, notamment dans le cas des bâtiments prévus pour être utilisés par un grand nombre de personnes. Il en va de même pour les constructions spéciales, notamment dans le cas des écarts mentionnés ci-dessus.

L'utilisation de procédés assistés par ordinateur pour de telles vérifications place les autorités de surveillance face à de nouveaux défis. Des critères standardisés sont nécessaires, notamment pour les scénarios et paramètres supposés pour un calcul des voies d'évacuation.

Il en va de même pour l'évaluation de la fiabilité et de l'exactitude des logiciels.

La directive présentée ici constitue une documenta-tion pour les autorités d'approbation qui définit des procédures standardisées pour ces deux exi-gences.

Il convient de garder à l'esprit que les calculs des voies d'évacuation ne tiennent pas compte de tous facteurs d'influence qui peuvent survenir dans des situations réelles. Les aspects psychologiques

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Beispiel die Routenwahl und das Verhalten der Person beeinflussen, sind bisher noch nicht wissenschaftlich fundiert untersucht worden und können nur durch statistische Verhaltensweisen implementiert werden. Da jedoch das Verhalten in der Realität durch den Einfluss von psychologischen Aspekten stark und unvorhersehbar variieren kann, können solche Effekte in der Simulation nur bedingt berücksichtigt werden. Somit stellt die Simulation einen idealisierten Fall dar, bei dem sich die Personen gemäß der Parameter und Routenvorgaben des Benutzers bewegen.

susceptibles d'influencer par exemple le choix du chemin et le comportement des personnes n'ont pas encore fait l'objet d'analyses scientifiquement fondées et ne peuvent être pris en considération que sur la base de comportements statistiques. Cependant, comme le comportement peut varier fortement et de manière imprévisible en conditions réelles en raison de facteurs psychologiques, de tels effets ne peuvent être pris en compte dans la simulation que partiellement. Par conséquent, la simulation représente un cas de figure idéalisé dans lequel les personnes se déplacent selon les paramètres et les spécifications de chemin de l'utilisateur.

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 Entfluchtungsanalyse festzulegen und:

L'objectif de la présente directive est de déterminer la méthode (y compris la terminologie spécifique, les propriétés générales des modèles de simulation ainsi que les composants et étapes nécessaires, etc.) pour créer une analyse d'évacuation étayée par des simulations. Elle poursuit aussi les objec-tifs suivants:

1. die Gesamtentfluchtungsdauer bzw. die Entfluchtungsdauer von Teilbereichen baulicher Anlagen statistisch zu erfassen und unter Berücksichtigung von sicherheitstechnischen Aspekten zu bewerten;
2. im Einzelfall den Nachweis zu führen, dass die geplanten oder bestehenden Flucht- und Rettungswege abweichend von den Dimensionierungsvorgaben des Bauordnungsrechts für die angenommenen Personenzahlen ausreichen;
3. zu zeigen, dass die Fluchtvorkehrungen ausreichend flexibel sind für den Fall, dass bestimmte Flucht- und Rettungswege oder gesicherte Bereiche aufgrund eines Zwischenfalls nicht verfügbar sind;
4. soweit möglich, signifikante Stauungen, die während der Entfluchtung aufgrund der normalen Bewegung von Personen entlang der Flucht- und Rettungswege auftreten, zu erkennen.

1. Établir des données statistiques sur la durée totale d'évacuation ou sur la durée nécessaire pour évacuer certaines parties de constructions et évaluer ces données en tenant compte des aspects techniques en matière de sécurité;
2. Démontrer, dans des cas spécifiques, que les voies d'évacuation et de sauvetage planifiées ou existantes qui dérogent aux exigences de dimensionnement du code de la construction conviennent pour le nombre de personnes prévu;
3. Démontrer que les dispositifs d'évacuation sont suffisamment flexibles au cas où des voies d'évacuation et de sauvetage détermi-nées ou des zones sécurisées ne sont pas dis-ponibles en raison d'un incident;
4. Si possible, identifier les congestions significatives qui surviennent pendant l'évacuation en raison du déplacement normal des personnes le long des voies d'évacuation et de sauve-tage.

Diese Richtlinie definiert einen Mindeststandard in Bezug auf die Eingangsgrößen, die Modellbildung, die rechnerische Simulation und die Auswertung und Dokumentation einer Entfluchtungsanalyse.

La présente directive établit une norme minimale en ce qui concerne les paramètres d'entrée, la création de modèles, la simulation mathématique ainsi que l'évaluation et la documentation d'une analyse d'évacuation.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Mit Hilfe der in dieser Richtlinie dargestellten Methodik einer simulationsgestützten Entfluchtungsanalyse soll die Leistungsfähigkeit eines Flucht- und Rettungskonzeptes als Bestandteil einer baulichen Anlage bewertet werden.

Bemerkung: Zahlenwerte in [ ] sind angenommene Werte und sollen durch genauere ersetzt werden, sobald diese zu Verfügung stehen.

1 Anwendungsbereich

Die simulationsgestützte Entfluchtungsanalyse dient zur Bestimmung der Entfluchtungsdauer von baulichen Anlagen und Freiflächen auf denen der freie ungehinderte Personenstrom beeinflusst wird 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 der baulichen Anlage werden auf Grundlage von empirischen Untersuchungen, Beobachtungen und der Auswertung von Schadensfällen in Form von vereinfachten mathematischen Regeln mit Hilfe eines rechnerischen Entfluchtungsmodells nachgebildet.

Diese Richtlinie kann im Allgemeinen auf alle baulichen Anlagen im Sinne des § 2 (1) der Musterbauordnung, einschließlich aller anderen Freiflächen oder Objekte die im Rahmen einer Entfluchtungsanalyse bewertet werden sollen, angewendet werden.

Im Schwerpunkt richtet sich die in dieser Richtlinie beschriebene Methode zur Entfluchtungsanalyse an Versammlungsstätten im Sinne der Muster-Versammlungsstättenverordnung [1], insbesondere:

1. Versammlungsstätten mit Versammlungsräumen, die insgesamt mehr als 200 Personen fassen;
2. Versammlungsstätten im Freien, die mehr als 1.000 Besucher fassen;
3. Sportstadien, die mehr als 5.000 Besucher fassen;
4. Gebäude besonderer Art und Nutzung (Sonderbauten)

La méthode d'analyse d'évacuation étayée par des simulations présentée dans cette directive permet d'évaluer la performance d'un concept d'évacuation et de sauvetage propre à une construction.

Remarque: Les données chiffrées présentées entre [ ] sont des valeurs présumées qu'il convient de remplacer par des valeurs plus précises dès que celles-ci seront disponibles.

1 Champ d'application

L'analyse d'évacuation étayée par des simulations sert à déterminer la durée d'évacuation de construc-tions et surfaces libres au sein desquelles le flux de personnes pouvant évoluer librement et sans rencontrer d'obstacle est influencé ainsi qu'à con-trôler la conception et la performance des voies d'évacuation et de sauvetage, notamment la locali-sation des zones où les congestions sont significa-tives. Elle s'appuie sur une simulation assistée par ordinateur qui présente chaque personne ainsi que le plan en détail. Le déplacement des personnes ainsi que l'interaction avec la construction s'appuient sur des analyses empiriques, des ob-servations et l'évaluation de sinistres et sont exprimés sous forme de règles mathématiques simplifiées à l'aide d'un modèle d'évacuation mathématique.

De manière générale, la présente directive peut aussi être appliquée à toutes les constructions au sens du § 2 (1) du MBO, y compris à toutes les autres surfaces libres ou objets qui doivent être évalués dans le cadre d'une analyse d'évacuation.

La méthode d'analyse de l'évacuation décrite dans la présente directive met l'accent sur les lieux de rassemblement au sens de l'ordonnance type allemande sur les lieux de rassemblement (MVStättV) [1], et notamment sur:

1. Les lieux de rassemblement avec salles de réunion qui peuvent accueillir au total plus de 200 personnes ;
2. Les lieux de rassemblement en plein air qui peuvent accueillir plus de 1000 visiteurs ;
3. Les stades sportifs qui peuvent accueillir plus de 5000 visiteurs;
4. Les bâtiments présentant une nature et une affectation particulières (constructions spé-ciales)

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Die in dieser Richtlinie dargestellte Methodik kann zusätzlich für alle weiteren Gebäude eingesetzt werden.

La méthode présentée dans la présente directive peut en plus être utilisée pour tous les autres bâtiments.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die folgenden Begriffe.

2.1 Mikroskopische Entfluchtungsanalyse

Rechnergestützte Analyse von selbstständigen Personenbewegungen hin zum sicheren Ort, bei der jeder Agent (im Computer modellierte Person) individuelle Bewegungen anhand individueller Parameter, Fähigkeiten und/oder Verhaltenseinstellungen basierend auf rechnergestützten Algorithmen ausführt.

ANMERKUNG: Im Gegensatz zu Flussrechnungen (z. B. Predtetschenski & Milinski), die Personenströme wie Flüssigkeitsströme behandeln (=makroskopisch), wird in der mikroskopischen Entfluchtungsanalyse die Bewegung jeder einzelnen Person dargestellt. Dabei verfügt jede Person über individuelle Eigenschaften, die ihr Verhalten charakterisieren. Die mikroskopische Entfluchtungsanalyse liefert sowohl Aussagen zur Gesamtentfluchtungszeit als auch über Orte und Zeiten von Stauungen.

2.2 Bauliche Anlagen

mit dem Erdboden verbundene, aus Bauprodukten hergestellte Anlage.

2.3 Freifläche

Offene oder umschlossene, nicht überbaute Fläche, die z. B. als Versammlungsstätte genutzt werden kann.

2.4 Versammlungsstätten

Bauliche Anlage, Teil baulicher Anlagen oder Freifläche, die für die Zusammenkunft einer größeren Zahl von Menschen bei Veranstaltungen, insbesondere erzieherischer, wirtschaftlicher, geselliger, kultureller, politischer, sportlicher oder unterhaltender Art, bestimmt ist.

ANMERKUNG: Im Gegensatz zur MVStättV wird hier zusätzlich der Begriff Freiflächen in die Definition aufgenommen, da mikroskopische Entfluchtungsanalysen nicht nur auf bauliche Anlagen beschränkt sind (z. B. Konzerte oder ähnliche Großveranstaltungen auf Freiflächen).

2 Définitions

Le présent document fait appel aux définitions suivantes.

2.1 Analyse microscopique de l'évacuation

Analyse assistée par ordinateur des déplacements de personnes par elles-mêmes en vue de rejoindre un lieu sûr au sein duquel chaque agent (personne modélisée dans l'ordinateur) exécute des déplacements individuels au moyen de paramètres qui lui sont propres, de capacités et/ou d'attitudes comportementales basés sur des algorithmes assistés par ordinateur.

REMARQUE : contrairement aux calculs de flux (par ex. Predtetschenski & Milinski), qui considè-rent les flux de personnes comme des flux de li-quides (= analyse macroscopique), l'analyse mi-croscopique sur l'évacuation présente le déplace-ment de chaque personne. Dans cette représenta-tion, chaque personne possède des caractéris-tiques individuelles qui définissent son comporte-ment. L'analyse microscopique sur l'évacuation fournit des informations tant sur le temps total d'évacuation que sur les lieux et les temps de con-gestion.

2.2 Construction

Installation réalisée avec des produits de construction et reliée au sol.

2.3 Surface libre

Surface non bâtie, ouverte ou entourée, qui peut par ex. être utilisée comme lieu de rassemblement.

2.4 Lieu de rassemblement

Construction, partie de construction ou surface libre prévue pour le rassemblement d'un nombre important de personnes lors d'événements, notamment de nature éducative, économique, sociale, culturelle, politique, sportive ou de divertissement.

REMARQUE : contrairement à la MVStättV, cette définition englobe aussi la notion de surface libre, étant donné que les analyses microscopiques sur l'évacuation ne sont pas limitées aux constructions (par ex. des concerts ou des événements de grande ampleur similaires sur des surfaces libres).

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

2.5 Entfluchtung

Selbstständiges „In-Sicherheit-Bringen" von Personen aus einem gefährdeten Bereich.

2.6 Fluchtweg

Bauliche Einrichtung, durch die eine sichere Wegführung für Personen geschaffen wird, damit diese von einem beliebigen Punkt in der baulichen Anlage zu einem sicheren Ort gelangen.

2.7 Sicherer Bereich

Bereich am Ende des Fluchtweges, in dem Menschen und Tiere vor den Einwirkungen des Schadensereignisses geschützt sind und durch Helfer oder Einsatzkräfte versorgt werden können.

ANMERKUNG: Ein sicherer Bereich kann sowohl innerhalb eines Gebäudes als auch außerhalb eines Gebäudes angeordnet werden. Die Fläche eines sicheren Bereiches muss für die max. zu erwartende Anzahl von flüchtenden Personen und deren Versorgung ausreichen.

2.8 Personenbelegung

Anzahl der Personen in der zu untersuchenden baulichen Anlage entsprechend der jeweiligen Nutzung, die für die Analyse der Fluchtwege berücksichtigt wird.

2.9 Signifikante Stauung

Stocken eines Personenstroms oberhalb eines Schwellenwertes bis hin zum zeitweisen Stillstand.

ANMERKUNG: Das Signifikanzkriterium ist dabei die Wartezeit, d. h. die Zeitdifferenz zwischen einer Entfluchtung, bei der sich alle Personen mit ihrer freien Laufgeschwindigkeit bewegen, und der benötigten Zeit bei einer Entfluchtung mit auftretenden Stauungen.

2.5 Évacuation

« Mise en sécurité » de personnes présentes dans une zone dangereuse, les personnes concernées agissant de manière autonome.

2.6 Voie d'évacuation

Dispositif constructif créant un tracé sûr pour permettre aux personnes d'accéder à un lieu sûr depuis n'importe quel point de la construction.

2.7 Zone sûre

Zone située à la fin de la voie d'évacuation, dans laquelle les personnes et animaux sont protégés contre les effets du dommage et peuvent être pris en charge par des secouristes ou des forces d'intervention.

REMARQUE: une zone sûre peut être disposée tant à l'intérieur qu'à l'extérieur d'un bâtiment. La surface d'une zone sûre doit être suffisante pour recevoir et prendre en charge le nombre maximal attendu de personnes qui évacuent.

2.8 Capacité d'occupation

Nombre de personnes pris en compte pour l'analyse des voies d'évacuation dans la construc-tion à analyser conformément à son utilisation.

2.9 Congestion significative

Ralentissement d'un flux de personnes au-delà d'une valeur de seuil jusqu'à l'arrêt temporaire.

REMARQUE: le critère déterminant de la congestion significative est le temps d'attente, à savoir la différence de temps entre une évacuation pendant laquelle toutes les personnes bougent à leur vitesse de déplacement libre, et le temps nécessaire lorsque des congestions apparaissent pendant une évacuation.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

2.10 Freie Laufgeschwindigkeit

Geschwindigkeit der Personen bei sehr geringer lokaler Personendichte (nahe Null).

2.11 Detektionszeit t_{Detekt}

Zeitspanne vom Beginn des auslösenden Ereignisses (z. B. Brand) bis zu seiner Entdeckung.

ANMERKUNG: Im Rahmen dieser Spezifikation wird durchgängig der Begriff Zeit zur Beschreibung einer Dauer verwendet. Dies entspricht dem allgemeinen Sprachgebrauch. In den Definitionen wird für die Differenz zweier Zeitpunkte der Begriff Zeitspanne verwendet.

2.12 Alarmierungszeit t_{Alarm}

Zeitspanne zwischen der Entdeckung eines auslösenden Ereignisses und dem Auslösen des Entfluchtungssignals (Alarm oder Sprachdurchsage als Aufforderung zur Evakuierung).

2.13 Individuelle Reaktionszeit $t_{i,\ Reakt}$

Zeitspanne zwischen dem Auslösen des Entfluchtungssignals und dem Beginn der Entfluchtung einer einzelnen Person.

ANMERKUNG: Die individuelle Reaktionszeit schließt die Wahrnehmung von Hinweisen, das Erteilen und Aufnehmen von Anweisungen und die Durchführung aller anderen Tätigkeiten vor Beginn der Entfluchtung ein.

2.14 Individuelle Laufzeit $t_{i,\ Lauf}$

Zeitspanne, die eine Person benötigt, um von ihrer anfänglichen Position zu einem sicheren Ort (Sammelplatz, anderer Brandabschnitt, Ausgang oder Ähnliches) zu gelangen.

2.15 Individuelle Entfluchtungszeit $t_{i,\ Flucht}$

Summe der allgemeinen Detektions- und Alarmierungszeit sowie der individuellen Reaktions- und Laufzeit, d. h.

$$t_{i,\ Flucht} = t_{Detekt} + t_{Alarm} + t_{i,\ Reakt} + t_{i,\ Lauf}$$

ANMERKUNG: Abbildung 1 zeigt den grafischen Zusammenhang der oben genannten Zeitkomponenten.

2.10 Vitesse de déplacement libre

Vitesse des personnes lorsque la densité locale de personnes est très faible (quasiment nulle).

2.11 Temps de détection $t_{détect}$

Intervalle de temps entre le début de l'événement déclencheur (par ex. un incendie) et la découverte de ce dernier.

REMARQUE: dans le cadre de cette spécification, nous utilisons de manière générale le terme « temps » pour décrire une durée. Cela correspond au langage courant. Dans les définitions, la différence entre deux moments est exprimée par le terme « Intervalle de temps ».

2.12 Temps d'alarme t_{alarme}

Intervalle de temps entre la découverte d'un événement déclencheur et le déclenchement du signal d'évacuation (alarme ou message vocal pour inviter à évacuer).

2.13 Temps de réaction individuel $t_{i,réact}$

Intervalle de temps entre le déclenchement du signal d'évacuation et le début de l'évacuation d'un individu.

REMARQUE: le temps de réaction individuel inclut la perception des indications, la diffusion et la réception des consignes ainsi que la réalisation de toutes les autres activités avant le début de l'évacuation.

2.14 Temps de parcours individuel $t_{i,parc}$

Intervalle de temps nécessaire à une personne pour accéder à un lieu sûr (lieu de rassemblement, autre compartiment coupe-feu, sortie ou similaire) depuis sa position initiale.

2.15 Temps d'évacuation individuel $t_{i,évac}$

Somme des temps de détection et d'alarme généraux ainsi que temps de réaction et de parcours individuels, à savoir :

$$t_{i,évac.} = t_{détect} + t_{alarme} + t_{i,réact} + t_{i,parc}$$

REMARQUE: l'illustration 1 montre l'interaction graphique des éléments temporels ci-dessus.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

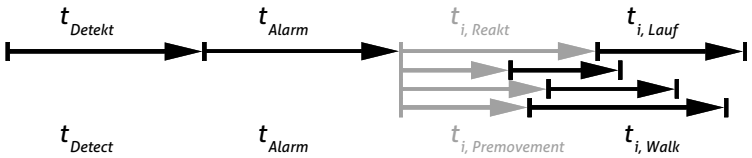


Abbildung 1: Grafische Darstellung der einzelnen Zeitkomponenten der individuellen Entfluchtungszeit
Illustration 1: Représentation graphique des différents éléments temporels du temps d'évacuation individuel

2.16 Entfluchtungszeit t_{Flucht}

Maximum aller individuellen Entfluchtungszeiten für einen Entfluchtungsablauf, d. h.

$$t_{Flucht} = \max(t_{i,\ Flucht})$$

ANMERKUNG: Der Begriff Gesamtentfluchtungszeit wird hier nicht verwendet. Die Gesamtentfluchtungszeit entspricht der Entfluchtungszeit.

2.16 3.32 Temps d'évacuation $t_{évac}$

Valeur maximale de tous les temps d'évacuation individuels pour un déroulement d'évacuation, à savoir:

$$t_{évac.} = \max(t_{évac.\ ind.})$$

REMARQUE: la notion de temps total d'évacuation n'est pas utilisée ici. Le temps total d'évacuation correspond au temps d'évacuation.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

2.17 Statistische Auswertung wiederholter Simulationsläufe

Zur Bewertung unterschiedlicher Konstellationen zu Beginn und während der Entfluchtung, bei der Agenten (Personen) mit unterschiedlichen Eigenschaften zufällig im Zeitablauf auf andere Agenten treffen, ist eine ausreichende Zahl von Simulationsläufen durchzuführen. Erst die Verteilung der hierbei gewonnen Resultate ermöglicht eine fundierte Beurteilung der Entfluchtungssituation. Im Sinne einer statistischen Analyse ergeben sich:

2.17.1 Minimale Entfluchtungszeit $t_{Flucht,min}$

Minimum aus einem Ensemble von Entfluchtungszeiten.

2.17.2 Maximale Entfluchtungszeit $t_{Flucht,max}$

Maximum aus einem Ensemble von Entfluchtungszeiten.

2.17.3 Mittlere Entfluchtungszeit $t_{Flucht,mittel}$

Arithmetischer Mittelwert aus einem Ensemble von Entfluchtungszeiten.

2.17.4 Standardabweichung S_{Flucht}

Statistisches Maß für die Streuung der Werte um den Erwartungswert einer Verteilung.

2.17.5 Signifikante Entfluchtungszeit $t_{Flucht,signifikant}$

Zeit eines Ensembles von (Gesamt-) Entfluchtungszeiten, die größer als oder gleich einem festzulegenden Schwellwert ist.

2.17 Évaluation statistique de simulations répétées

Un nombre suffisant de simulations doit être effectué pour évaluer des constellations différentes au début de l'évacuation et pendant celle-ci lorsque des agents (personnes) présentant des propriétés différentes rencontrent par hasard d'autres agents pendant le déroulement. Seule la distribution des résultats collectés pendant ces simulations répétées permet d'évaluer de manière fondée la situation d'évacuation. En termes d'analyse statistique, cela débouche sur les paramètres suivants:

2.17.1 Temps d'évacuation minimal $t_{évac.\ min.}$

Temps minimal issu d'un ensemble de temps d'évacuation.

2.17.2 Temps d'évacuation maximal $t_{évac.\ max.}$

Temps maximal issu d'un ensemble de temps d'évacuation.

2.17.3 Temps d'évacuation moyen $t_{évac.\ moy.}$

Moyenne arithmétique calculée à partir d'un ensemble de temps d'évacuation.

2.17.4 Écart standard $S_{évac.}$

Mesure statistique de la dispersion des valeurs autour de la valeur attendue d'une répartition.

2.17.5 Temps d'évacuation significatif $t_{évac.\ sign.}$

Temps découlant d'un ensemble de temps (totaux) d'évacuation et qui est supérieur ou égal à une valeur de seuil à déterminer.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

3 Eingabegrößen für Simulationsmodelle

Die im Folgenden aufgeführten Eingabegrößen 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, RiMEA, aber auch den Handbüchern der Simulationssoftware entnommen werden. Eine entsprechende Vorabstimmung mit der zuständigen Genehmigungsbehörde wird empfohlen.

3.1 Kategorie GEOMETRIE

Diese Kategorie beschreibt die räumliche Anordnung und Geometrie des Gebäudes bzw. der Fluchtwege, ihre (Nicht-)Erreichbarkeit bzw. (Nicht-)Begehbarkeit.

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.

3.2 Kategorie POPULATION

Die Zusammenstellung der Population erfolgt im Hinblick auf Alter, körperliche Attribute und Reaktionszeit.

Die statistische Zusammensetzung der Population ist typischerweise gleichbleibend für alle Simulationsläufe eines Szenarios mit Ausnahme der Reaktionszeit und der Anfangsposition der Personen. Liegen Daten zur Populationszusammensetzung vor, so sollten diese nach Möglichkeit verwendet werden (z. B. Anpassung der Parameter für Schulen oder Seniorenheime).

3.2.1 Allgemeines

Diese Kategorie POPULATION beschreibt die minimalen Anforderungen an die Eigenschaften und die Zusammensetzung der Population:

a) Jede Person wird in der Simulation individuell repräsentiert;

b) Die grundlegenden Regeln für die Entscheidungen und Bewegungen sind für alle Personen

Directive
relative aux analyses microscopiques de l'évacuation

Version: 3.0.0
10 Mars 2016

3 Paramètres de départ pour modèles de simulation

Les paramètres de départ énoncés ci-après doivent être définis, justifiés et documentés conformément à la situation à analyser (cf. chapitres 4 et 5). Les sources utilisées doivent être citées. Les valeurs typiques utilisées pour les différents paramètres de départ peuvent provenir des lois et ordonnances en vigueur ainsi que des règles de la technique, comme par ex. l'aide-mémoire du vfdb, de la directive RiMEA, mais aussi des manuels des logiciels de simulation. Un accord préalable avec l'autorité d'approbation compétente est recommandé.

3.1 Catégorie GÉOMÉTRIE

Cette catégorie décrit la disposition dans l'espace et la géométrie du bâtiment et/ou des voies d'évacuation, leur (non-)accessibilité ou leur (non-)praticabilité.

La géométrie du bâtiment doit être prise en compte dans tous les aspects importants pour le déroulement de la simulation. Ces aspects sont, entre autres, la répartition en étages et niveaux, les obs-tacles, les murs, les escaliers, les rampes, les portes et les sorties.

3.2 Catégorie POPULATION

L'établissement de la population se fait sur la base de l'âge, des attributs corporels et du temps de réaction.

La composition statistique de la population est typiquement constante pour toutes les simulations d'un scénario, à l'exception du temps de réaction et de la position de départ des personnes. Lorsque des données sur la composition de la population sont disponibles, celles-ci doivent être utilisées autant que possible (par ex. adaptation des para-mètres pour les écoles ou les résidences pour per-sonnes âgées).

3.2.1 Généralités

La catégorie POPULATION décrit les exigences minimales en termes de propriétés et de composi-tion de la population:

a) Chaque personne est représentée individuellement dans la simulation ;

b) Les règles de base pour les décisions et les déplacements sont identiques pour toutes les

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

gleich und werden durch einen dokumentierten, universellen Algorithmus beschrieben;

c) Die Leistungsfähigkeit jeder Person oder Personengruppe wird durch einen Satz von Personenparametern festgelegt. Einige dieser Parameter wirken sich stochastisch auf das Verhalten der Personen aus;

d) Die Bewegung jeder einzelnen Person muss aufzeichenbar sein;

e) Die Personenparameter variieren zwischen den Individuen einer Population;

f) Der Zeitunterschied zwischen zwei Aktionen der abgebildeten Personen (Agenten) in der Simulation (also die Zeit, innerhalb derer alle Personen agieren) soll zeitlich hoch aufgelöst sein, dass die notwendigen Bewegungs- und Verhaltensaktionen mit ihren Wechselwirkungen konsistent modelliert werden können (mikroskopische Analyse);

g) Bei der Auswahl der zu analysierenden Szenarien ist die für das Objekt zutreffende Population, die Wahl der Fluchtwege und gegebenenfalls die Auswirkung von Umwelteinflüssen zu berücksichtigen. Simulationen können mit folgenden Rahmenbedingungen durchgeführt werden:

   a) Die Personen bewegen sich entlang der Fluchtwege;

   b) Gruppenverhalten wird implizit dadurch berücksichtigt, dass definierte Personengruppen gleiche Fluchtwege nutzen. Explizites Gruppenverhalten wie z. B. das Zusammenbleiben einer Gruppe muss in der Analyse nicht berücksichtigt werden.

Beim Wegfall einer oder mehrerer Rahmenbedingungen muss die akzeptable signifikante Gesamtentfluchtungszeit unter Umständen angepasst werden.

personnes et sont décrites par un algorithme documenté universel.

c) La capacité de chaque personne ou groupe de personnes est déterminée au moyen d'une série de paramètres relatifs à la personne. Certains de ces paramètres se répercutent de manière stochastique sur le comportement des per-sonnes;

d) Le déplacement de chaque personne doit pouvoir être enregistré;

e) Les paramètres relatifs aux personnes varient entre les individus d'une population ;

f) La différence de temps entre deux actions des personnes illustrées (agents) dans la simulation (à savoir le temps pendant lequel toutes les personnes agissent) doit faire l'objet d'une résolution temporelle élevée de sorte que les actions de déplacement et de comportement nécessaires puissent être modélisées de manière consistante avec leurs interactions (analyse microscopique).

g) Pour le choix des scénarios à analyser, la po-pulation pertinente pour l'objet, le choix des voies d'évacuation et, le cas échéant, l'impact des influences environnementales, doivent être pris en compte. Les simulations peuvent être réalisées en tenant compte des conditions cadres suivantes:

   a) Les personnes se déplacent le long des voies d'évacuation;

   b) Le comportement collectif est pris en compte implicitement par le fait que des groupes de personnes définis utilisent des voies d'évacuation identiques. Le comportement collectif explicite, comme par ex. le fait qu'un groupe reste uni, ne doit pas être pris en compte dans l'analyse.

En l'absence d'une ou plusieurs conditions cadres, le temps total d'évacuation significatif acceptable doit être adapté dans certaines circonstances.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

3.2.2 Eigenschaften der Population

Entsprechend der jeweiligen Nutzung der baulichen Anlage ist es angezeigt, einen ausreichend konservativ gewählten Parametersatz für Population zu bestimmen, der neben der Gehgeschwindigkeit auch Körpermaße, die allgemeine körperliche Leistungsfähigkeit und Sensitivität gegenüber externen Einwirkungen berücksichtigt.

3.2.3 Reaktionszeit

Sind genaue Kenntnisse zum Entfluchtungskonzept bekannt, können die Reaktionsdauern gemäß „Anhang 2: Verteilung der individuellen Reaktionsdauern", vfdb-Leitfaden oder anderer Standards festgelegt werden. In allen anderen Fällen muss die Sensitivität des Entfluchtungskonzepts anhand von drei Szenarien mit den folgenden drei Reaktionsdauerverteilungen bestimmt werden.

- Schnelle Entfluchtung: Alle Personen erhalten eine Reaktionszeit von 0 Sekunden. Dies bewirkt durch die gleichzeitige Reaktion aller Personen ein hohes Personenaufkommen auf den Flucht- und Rettungswegen.
- Zügige Entfluchtung: Die Personen erhalten eine gleichverteilte Reaktionszeit von 0-60 Sekunden zugewiesen und reagieren somit innerhalb einer Minute.
- Langsame Entfluchtung: Die Personen erhalten eine gleichverteilte Reaktionszeit. Die Werte können aus „Anhang 2: Verteilung der individuellen Reaktionsdauern" entnommen werden.

Die Verteilung der Reaktionsdauern kann je nach Gebäudetyp und Veranstaltungsart variieren und ist im Falle von Abweichungen von o.g. Beispiel abzustimmen.

3.2.4 Freie Gehgeschwindigkeit in der Ebene

Sind genaue Kenntnisse über die Population im Objekt bekannt, können die Gehgeschwindigkeiten gemäß Tabelle 1 bzw. Abbildung 2, vfdb-Leitfaden oder anderen Standards festgelegt werden. Die durchschnittlichen Gehgeschwindigkeiten für die typische Bevölkerung sind in Abhängigkeit vom Alter zu ermitteln und zu dokumentieren.

Zu durchschnittlichen Gehgeschwindigkeiten für eine stadttypische Bevölkerung in Abhängigkeit

3.2.2 Caractéristiques de la population

Sur la base de l'utilisation de la construction analysée, il est indiqué de déterminer un jeu de paramètres suffisamment conservatif pour la population qui, outre la vitesse de déplacement, prend aussi en compte les mesures corporelles, la capacité physique générale et la sensibilité par rapport aux influences extérieures.

3.2.3 Temps de réaction

En cas de connaissances précises sur le concept d'évacuation, les durées de réaction peuvent être déterminées selon l'« Annexe 2 : Répartition des durées de réaction individuelles », l'aide-mémoire du vfdb ou d'autres normes. Dans tous les autres cas, la sensibilité du concept d'évacuation doit être déterminée au moyen de trois scénarios avec les trois répartitions des durées de réaction suivantes.

- Évacuation rapide: un temps de réaction de 0 seconde est assigné à toutes les personnes. En raison de la réaction simultanée de toutes les personnes, cela se traduit par une présence importante de personnes au niveau des voies d'évacuation et de sauvetage.
- Évacuation prompte : un temps de réaction de 0 à 60 secondes réparti uniformément est assigné aux personnes, lesquelles réagissent par conséquent dans un délai d'une minute.
- Évacuation lent: un temps de réaction réparti uniformément est assigné aux personnes. Les valeurs peuvent provenir de l'« Annexe 2: Répartition des durées de réaction individuelles ».

La répartition des durées de réaction peut varier en fonction du type de bâtiment et de la nature de l'événement. Elle peut être ajustée en cas d'écart par rapport à l'exemple présenté ci-dessus.

3.2.4 Vitesse de déplacement libre dans le plan

Si des informations précises sur la population présente dans l'objet sont disponibles, les vitesses de déplacement peuvent être déterminées conformément au tableau 1, à l'illustration 2, à l'aide-mémoire du vfdb ou à d'autres normes. Les vitesses de déplacement moyennes pour la population typique doivent être déterminées et documentées en fonction de l'âge.

Il existe différentes publications sur les vitesses de déplacement moyennes pour une population urbaine typique en fonction de l'âge. Il est recom-

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

vom Alter gibt es verschiedene Veröffentlichungen. Es empfiehlt sich, die Werte angelehnt an die entsprechend der Veröffentlichungen von Weidmann [2] zu verwenden.

mandé d'utiliser les valeurs basées sur celles des publications de Weidmann [2].

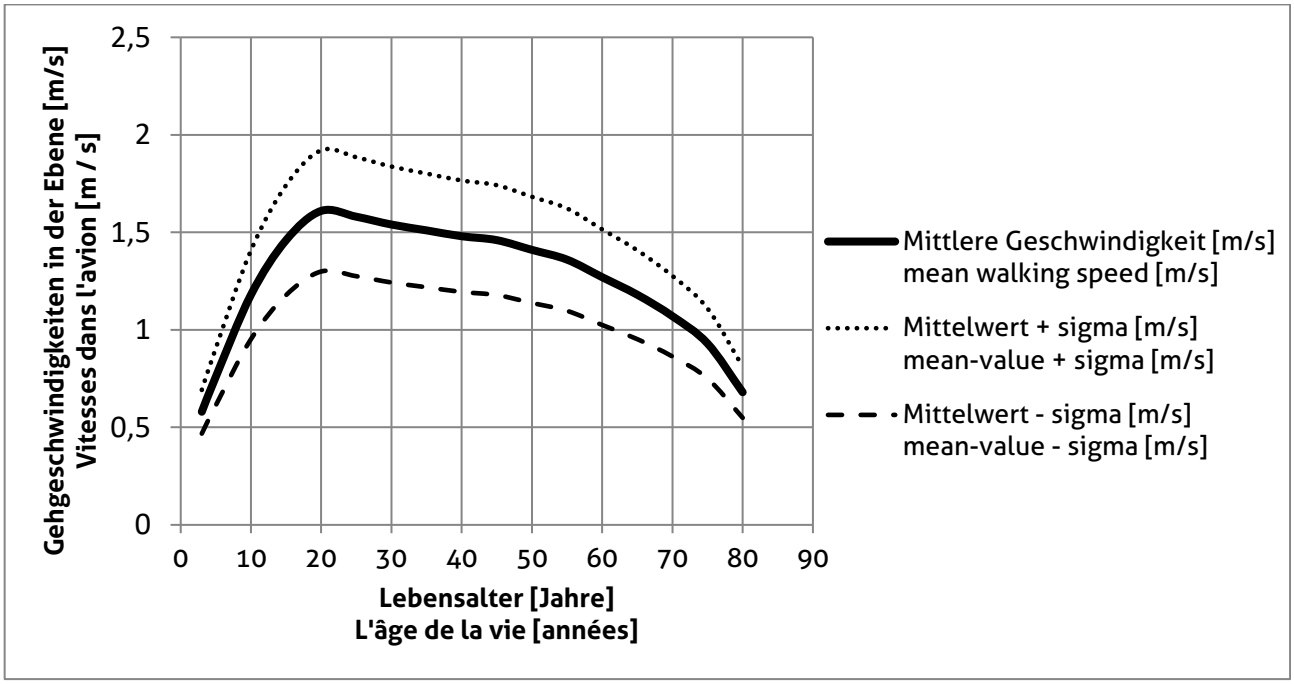


Abbildung 2: Gehgeschwindigkeit in der Ebene in Abhängigkeit des Alters in Anlehnung an Weidmann [2]
Illustration 2: Vitesses dans l'avion sur le modèle de Weidmann [2]

Personengruppe	Gehgeschwindigkeit in der Ebene (m/s)	
	Minimum	Maximum
Personen mit beeinträchtigter Mobilität[1]	0,46	0,76

Tabelle 1: Gehgeschwindigkeiten in der Ebene für Personen mit beeinträchtigter Mobilität

Groupe de personnes	Vitesse de déplacement dans le plan (m/s)	
	Minimum	Maximum
Personnes à mobilité réduite[2]	0.46	0.76

[1] Diese Werte sind entnommen aus:
Interim Guidelines for Evacuation Analyses for New and Existing Passenger Ships: Maritime Safety Committee Circular 1033, IMO, London 2002.
[2] Ces valeurs sont tirées de :
Interim Guidelines for Evacuation Analyses for New and Existing Passenger Ships: Maritime Safety Committee Circular 1033, IMO, London 2002.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Tableau 1: Vitesses de déplacement dans le plan pour les personnes à mobilité réduite

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.

3.2.5 Freie Gehgeschwindigkeiten auf Treppen

Die Gehgeschwindigkeit auf Treppen kann entweder durch eine Geschwindigkeitsverteilung oder durch einen Reduktionsfaktor, mit dem die Gehgeschwindigkeit in der Ebene multipliziert wird, erfasst werden. Simulationsmodelle müssen die in der Literatur dargestellten Tendenzen ausreichend genau berücksichtigen. Vereinfacht kann auf Treppen auch mit einer Gehgeschwindigkeit gerechnet werden, deren Horizontalkomponente in beide Richtungen (treppauf und treppab) der Hälfte der Gehgeschwindigkeit in der Ebene (siehe Tabelle 1 bzw. Abbildung 2) entspricht.

Fruin [3] untersuchte die Gehgeschwindigkeiten auf Treppen. Er unterschied dabei zwischen Innen- (Nr. 1, Steigungsverhältnis 17,8 cm / 28,6 cm) und Außentreppen (Nr. 2, Steigungsverhältnis 15,2 cm / 30,5 cm). Die mittleren Gehgeschwindigkeiten (Horizontalgeschwindigkeiten) sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

3.2.6 Personendichten oder -anzahl der Anfangsverteilung

Die Anfangsverteilung oder -anzahl der Personen gibt vor, gemäß welcher Personendichten bzw. Personenzahlen oder gemäß welches Bestuhlungs- oder Belegungsplans die Personen zu Beginn der Simulation verteilt werden müssen. Liegen konkrete Daten vor, sollten sie unter Bekanntgabe der Quelle in die Analyse einfließen.
Ansonsten kann auf die Richtwerte aus Tabelle 3 zurückgegriffen werden.

Selon Weidmann [2], la vitesse de déplacement des hommes est en moyenne 10,9 % plus élevée que celle des femmes. La vitesse de déplacement libre des hommes est par conséquent de 1,41 m/s en moyenne contre 1,27 m/s pour les femmes.

3.2.5 Vitesses de déplacement libre dans des escaliers

Les vitesses de déplacement dans des escaliers peuvent être déterminées soit par une répartition de la vitesse, soit par un facteur de réduction avec lequel l'on multiplie la vitesse de déplacement dans le plan. Les modèles de simulation doivent tenir compte de manière suffisamment précise des ten-dances reprises dans la littérature. À des fins de simplification, les calculs dans les escaliers peuvent également être effectués avec une vitesse de déplacement dont les composants horizontaux dans les deux directions correspondent à la moitié de la vitesse de déplacement dans le plan (montée et descente des escaliers) (voir tableau 1 ou illustration 2).

Fruin [3] a étudié les vitesses de déplacement dans des escaliers. Il a établi une distinction entre les escaliers intérieurs (n° 1, rapport de pente de 17,8 cm / 28,6 cm) et les escaliers extérieurs (n° 2, rapport de pente de 15,2 cm / 30,5 cm). Les vitesses de déplacement moyennes (vitesses horizontales) sont résumées dans le tableau 2.

3.2.6 Densités ou nombre de personnes dans la répartition initiale

La répartition initiale ou le nombre initial de personnes définit la répartition des personnes au début de la simulation en fonction des densi-tés / nombres de personnes ou de la disposition des chaises / du plan d'occupation. Si des don-nées concrètes sont disponibles, il convient de les intégrer à l'analyse en mentionnant la source.
Sinon, il est possible de se référer aux valeurs indicatives reprises dans le tableau 3.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

3.2.7 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 Abbildung 3 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.

3.2.7 Distribution de la population en fonction de l'âge

Si aucune donnée n'est disponible, il convient d'utiliser la population standard suivante. Elle se compose à 50 % d'hommes et 50 % de femmes dont l'âge oscille normalement entre les valeurs minimale et maximale illustrées à la figure 3. La valeur moyenne de l'âge est 50 ans et l'écart stan-dard est de 20 ans. L'âge minimal s'élève à 10 ans et l'âge maximal à 85 ans.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Personengruppe	Mittlere Gehgeschwindigkeiten auf Treppen (m/s)			
	Treppe abwärts		Treppe aufwärts	
	(1)	(2)	(1)	(2)
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
Personen mit beeinträchtigter Mobilität	0,42		0,32	

Tabelle 2: Mittlere Gehgeschwindigkeiten auf Treppen nach Fruin [3]

Groupe de personnes	Vitesses de déplacement moyennes dans les esca-liers (m/s)			
	En descente		En montée	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Moins de 30 ans	0.76	0.81	0.55	0.58
De 30 à 50 ans	0.65	0.78	0.50	0.58
Plus de 50 ans	0.55	0.59	0.42	0.42
Personnes à mobilité réduite	0.42		0.32	

Tableau 2: Vitesses moyennes dans des escaliers selon Fruin [3]

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Gebäudetyp	Personendichte (Personen/m²)	Quelle
Kaufhaus	0,18 - 0,36	NFPA[3]
Bürogebäude	0,11	NFPA
Lager	0,04	NFPA
Messen	1,00	MVStättV [4]
Versammlungsräume	2,00	MVStättV
Stehplatzbereiche in Zuschaueranlagen	3,50 – max. 4,70	DIN EN 13200-1[5]

Tabelle 3: Richtwerte als Dichten für die Anfangsverteilung der Population

Type de bâtiment	Densité de personnes (personnes/m²)	Source
Grand magasin	0.18 – 0.36	NFPA[6]
Immeuble de bureaux	0.11	NFPA
Entrepôt	0.04	NFPA
Foires commerciales	1.00	MVStättV [7]
Salles de réunion	2.00	MVStättV
Places debout dans les installations pour spectateurs	3,50 – max. 4,70	DIN EN 13200-1[8]

Tableau 3: Valeurs indicatives des densités pour la répartition initiale de la population

[3] National Fire Protection Association
[4] Muster-Versammlungsstättenverordnung, Fassung Juni 2005, zuletzt geändert Juli 2014
[5] Zuschaueranlagen - Teil 1: Allgemeine Merkmale für Zuschauerplätze, November 2012
[6] National Fire Protection Association
[7] Ordonnance type allemande sur les lieux de rassemblement, version de juin 2005, dernière modification en juillet 2014
[8] Installations pour spectateurs – Partie 1 : Caractéristiques générales des espaces d'observation pour spectateurs, novembre 2012

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

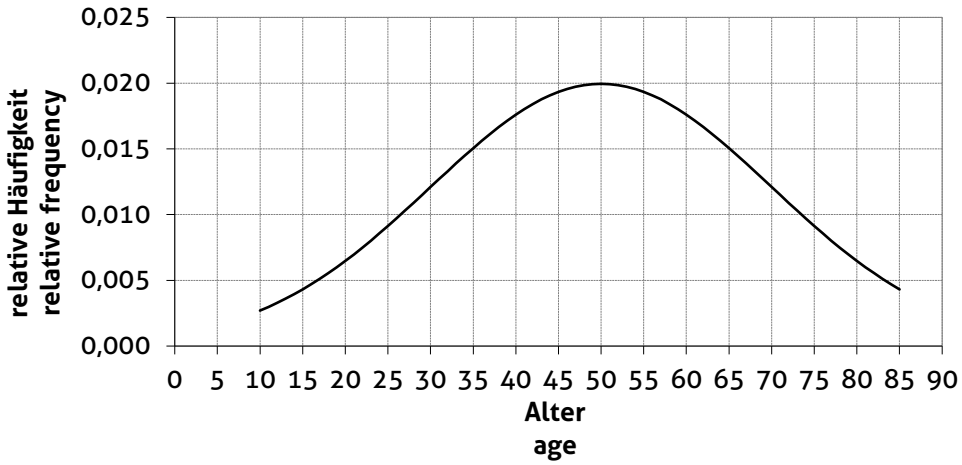


Abbildung 3: Altersverteilung der RiMEA-Standardpopulation, die zu jeweils 50 % aus Männern und Frauen besteht

Illustration 3: Distribution de la population standard selon RiMEA en fonction de l'âge, la population étant composée de 50 % d'hommes et de 50 % de femmes

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

4 Durchführung von Analysen und Simulationen

Die Entfluchtungsanalyse beschreibt die Einbindung der (Gesamt-) Entfluchtungszeit der Entfluchtungssimulation in den Kontext der brandschutztechnischen Infrastruktur und der objektspezifischen Risikobeurteilung durch den Verfasser des Entfluchtungskonzeptes. Sie besteht aus folgenden Schritten:

4.1 Beschreibung der einflussnehmenden Faktoren und Randbedingungen

1) Definition des Geometriemodells;
2) Definition der Populationsgröße und -anfangsverteilung;
3) Definition der Populationszusammensetzung und -verteilung;
4) Beschreibung des Fluchtwegekonzeptes;
5) Benennung des auslösenden Ereignisses für die Entfluchtung;
6) Definition der räumlichen und zeitlichen Evakuierungsabschnitte;
7) Definition der sicheren Bereiche;
8) Beschreibung des Alarmierungssystems;
9) Beschreibung organisatorischer Maßnahmen;

4 Réalisation d'analyses et de simulations

L'analyse de l'évacuation décrit l'intégration du temps (total) d'évacuation de la simulation d'évacuation dans le contexte de l'infrastructure technique de protection incendie et l'évaluation du risque spécifique à l'objet par l'auteur du concept d'évacuation. Elle se compose des étapes suivan-tes:

4.1 Description des conditions aux limites et des facteurs d'influence

1) Définition du modèle géométrique;
2) Définition de la taille et de la répartition initiale de la population;
3) Définition de la composition et de la répartition de la population;
4) Description du concept de voie d'évacuation
5) Désignation de l'événement déclencheur pour l'évacuation;
6) Définition des sections d'évacuation spatiales et temporelles;
7) Définition des zones sûres;
8) Description du système d'alarme;
9) Description des mesures organisationnelles;

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

4.2 Betrachtete Szenarien

Die Berechnung der Entfluchtungszeit erfolgt durch die Analyse eines oder mehrerer Szenarien. Ein Szenario ist durch eine Geometrie, eine Anfangspersonenverteilung, eine Routenverteilung und die statistische Zusammensetzung der Population definiert. Durch die Änderungen eines Parameters entsteht ein neues Szenario. Die geplante Nutzungsart sowie die zu erwartenden Personenzahlen sind detailliert zu beschreiben. Besonders zu berücksichtigen sind unterschiedliche Nutzungsarten innerhalb eines Objektes (z. B. Einkaufszentrum mit Multiplexkino und Versammlungsstätte). Aufgrund von unterschiedlichen Nutzungszeiten ist es erforderlich, der Nutzung entsprechende differenzierte Entfluchtungsszenarien zu entwickeln.

4.2.1 Anfangsverteilung der Personen

Für die Entfluchtungsanalyse soll die Anfangsverteilung der Personen berücksichtigt werden, welche in den Einreich-/Eingabeplänen oder sonstigen Dokumenten für das jeweilige Objekt oder Räumlichkeiten vorgesehen ist. Da diese stark von der Nutzungs- bzw. Veranstaltungsart abhängig sein kann, muss sie gegebenenfalls beim Nutzer/Betreiber oder Planer erfragt werden. Gibt es keinerlei Angaben über die höchstzulässige Zahl der Personen im Gebäude, so muss diese wie in Abschnitt 4.2.4 bzw. den einschlägigen Gesetzen, Verordnungen, Richtlinien oder Regelwerken entsprechend erläutert bzw. errechnet werden.

4.2.2 Anordnung der Fluchtwege - grundlegender Entfluchtungsfall

Alle vorhandenen Flucht- und Rettungswege stehen für die Entfluchtung zur Verfügung. Die Personen bewegen sich entlang der Fluchtwege und kennen den Weg ins Freie bzw. zum nächstgelegenen sicheren Bereich. Hierbei wird unterstellt, dass Beschilderung, Leitsysteme, Schulung eventuell vorhandener Sicherheitskräfte und andere Einflüsse bezüglich Gestaltung und Betrieb der Entfluchtungseinrichtungen mit den Anforderungen der entsprechenden Gesetze und Verordnungen im Einklang stehen. Eine eventuelle Unvertrautheit mit dem Gebäude kann bei dieser Vorgehensweise durch entspre-chend längere Reaktionszeiten berücksichtigt werden.

4.2 Scénarios envisagés

Le calcul du temps d'évacuation se fait en analysant un ou plusieurs scénarios. Un scénario est défini par une géométrie, une répartition initiale des personnes, une répartition des itinéraires et la composition statistique de la population. Les modifications d'un paramètre engendrent un nouveau scéna-rio. Le type d'utilisation planifié ainsi que le nombre de personnes attendu doivent être décrits en détail. Il faut notamment tenir compte des différents types d'utilisation au sein d'un objet (par ex. un centre commercial avec un cinéma multiplex et un lieu de réunion). En raison des périodes d'utilisation diffé-rentes, il est nécessaire de développer des scéna-rios d'évacuation différenciés en fonction de l'utilisation particulière.

4.2.1 Répartition initiale des personnes

L'analyse de l'évacuation doit prendre en compte la répartition initiale des personnes prévue dans les plans visant à obtenir le permis de construire ou dans les autres documents relatifs à l'objet ou aux locaux correspondants. Comme la répartition ini-tiale peut dépendre du type d'utilisation ou d'événement, elle doit, le cas échéant, être deman-dée chez l'utilisateur/exploitant ou le planificateur. S'il n'y a pas d'informations sur le nombre maximal autorisé de personnes dans le bâtiment, ce nombre doit être expliqué ou calculé comme décrit dans la section 4.2.4 ou les lois, ordonnances, directives ou réglementations s'y rapportant.

4.2.2 Disposition des voie d'évacuation – scénario d'évacuation de base

Toutes les voies d'évacuation et de sauvetage existantes sont disponibles pour l'évacuation. Les personnes évoluent le long des voies d'évacuation et connaissent le chemin menant à l'air libre ou à la zone de sécurité la plus proche. On suppose ici que les facteurs suivants sont conformes aux exigences des lois et ordonnances correspondantes : signalisation, systèmes de guidage, formation des forces de sécurité éventuellement présentes et autres facteurs d'influence relatifs à la conception et à l'exploitation des dispositifs d'évacuation. Un éventuel manque de familiarisation avec le bâtiment peut être pris en compte par des temps de réaction plus longs pour cette procédure.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

4.2.3 Flexibilität der Fluchtwege -zusätzliche Entfluchtungsfälle

Es empfiehlt sich, in Abstimmung mit der zuständigen Behörde zusätzliche Szenarien zu untersuchen. Hierdurch können die Auswirkungen versperrter Fluchtwege (und damit die Flexibilität des Entfluchtungskonzepts) geprüft werden. So kann z. B. die Modellierung der Wahrnehmung von Rettungszeichen (Fluchtwegemarkierungen) im Rahmen einer mikroskopischen Entfluchtungsanalyse wichtige Hinweise auf die Schlüssigkeit des Konzepts liefern.

4.2.4 Berechnung der Maximalbelegungszahl

Für die Ermittlung der Maximalbelegungszahl wird wie in Abschnitt 4.2.2 davon ausgegangen, dass alle zur Verfügung stehenden Flucht- und Rettungswege benutzbar sind und rechtliche und normative Anforderungen an die Entfluchtung erfüllt sind.

Die Simulation wird mit schrittweise reduzierter Personenanzahl soweit fortgesetzt, bis eine Gesamtentfluchtungsdauer innerhalb der durch die vorgegebene definierte Entfluchtungsdauer erreicht ist.

4.3 Behandlung der Entfluchtungszeiten

1. Sowohl die vom Modell vorhergesagte als auch eine in der Realität gemessene (Gesamt-) Entfluchtungszeit sind zufallsbehaftete Größen. Das liegt in der statistischen Natur des Entfluchtungsprozesses begründet;
2. Für jeden Simulationsdurchgang sollen die Anfangspositionen der Personen stochastisch neu bestimmt werden;
3. Für jeden Simulationsdurchgang sollen die demographischen Parameter der Personen entspre-chend der dem Szenario zugrunde liegenden Populationszusammensetzung stochastisch neu bestimmt werden;
4. Für jedes Szenario soll eine angemessene Anzahl von Simulationsdurchläufen (mindestens 10) ausgeführt werden. Das ergibt für jedes Szenario 10 Gesamtentfluchtungszeiten. Je nach statistischer Verteilung der (Gesamt-) Entfluchtungszeiten kann eine größere Anzahl an Simulationsdurchläufen notwendig sein, um eine statistisch belastbare Aussage treffen zu können.

4.2.3 Flexibilité des voies d'évacuation – scénarios d'évacuation supplémentaires

Il est recommandé d'étudier des scénarios supplémentaires en accord avec les autorités compé-tentes. Cela permet de tester les effets de voies d'évacuation obstruées (et, par conséquent, la flexibilité du concept d'évacuation). La modélisa-tion de la perception des signaux de secours (mar-quages des voies d'évacuation) dans le cadre d'une analyse microscopique sur l'évacuation per-met par ex. de fournir des conseils avisés sur la cohérence du concept.

4.2.4 Calcul du nombre maximal de personnes

Pour déterminer le nombre maximal de personnes, on suppose, comme à la section 4.2.2, que toutes les voies d'évacuation et de sauvetage disponibles sont utilisables et que les exigences légales et normatives pour l'évacuation sont remplies.

La simulation se poursuit avec un nombre de personnes qui diminue graduellement jusqu'à ce qu'une durée totale d'évacuation située dans la durée d'évacuation prédéfinie soit atteinte.

4.3 Traitement des temps d'évacuation

1. Tant les temps d'évacuation (totaux) prédits par le modèle que ceux mesurés dans la réalité sont des valeurs qui sont influencées par des facteurs aléatoires. Cela est dû à la nature statistique du processus d'évacuation;
2. Pour chaque cycle de simulation, les positions initiales des personnes doivent de nouveau être déterminées de manière stochastique;
3. Pour chaque cycle de simulation, les paramètres démographiques des personnes doivent être redéfinis de manière stochastique conformément à la composition de population sous-jacente du scénario;
4. Pour chaque scénario, un nombre approprié de cycles de simulations (au moins 10) doit être réalisé. Cela fournit 10 temps totaux d'évacuation pour chaque scénario. En fonc-tion de la distribution statistique des temps d'évacuation (totaux), un nombre plus impor-tant de cycles de simulation peut être néces-saire pour permettre des indications statisti-quement exploitables.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

5. Die Ergebnisse aller Simulationsdurchläufe für alle Szenarien sind nachvollziehbar zu dokumentieren. Anzugeben sind eine graphische Darstellung der Dauerverteilung (Histogramm), die minimale, maximale und die signifikante (Gesamt-) Entfluchtungszeit sowie die Standardabweichung.
6. Die zulässige signifikante (Gesamt-) Entfluchtungszeit ist im Vorfeld mit den Behörden abzustimmen. Ihre Festlegung erfolgt durch die Bestimmung der zur Verfügung stehenden Zeit in der eine Entfluchtung ohne Einflüsse durch das auslösende Ereignis möglich ist, oder entsprechend der rechtlichen und normativen Bestimmungen. Die berechnete signifikante (Gesamt-) Entfluchtungszeit muss kleiner sein.
7. Für die akzeptablen Gesamtentfluchtungszeiten gibt es keine gesetzlichen oder normativen Vorgaben. Die vorhandenen Werte beziehen sich auf einen Teil des Evakuierungsablaufs, z.B. auf den Fluss der Personen durch Ausgangstüren.
   a) in der Europäischen Union [4] werden für Zuschaueranlagen im Freien 8 min genannt[9], für Zuschaueranlagen im Gebäude 2 min[10]. Hierbei handelt es sich um beispielhafte Werte, die kein Akzeptanzkriterium beinhalten.
   b) in Deutschland [1] werden für Tribünen im Innenraum 2 min und für Tribünen im Freien 6 min genannt. Dies sind Werte für eine fiktive Flussdauer (ohne Rückstau, reine Durchflusszeit) und wurden in einem früheren Kommentar als Werte für die Festlegung der notwendigen Fluchwegbreiten 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 Minute benötigen (gemäß Kommentar zur MVStättV).

5. Les résultats de tous les cycles de simulation pour tous les scénarios doivent être documentés clairement. Une représentation graphique de la répartition de la durée (histogramme) doit être fournie, tout comme le temps d'évacuation minimal, maximal, le temps d'évacuation (total) significatif ainsi que l'écart standard.
6. Le temps d'évacuation (total) significatif acceptable doit être déterminé préalablement avec les autorités. Il est calculé en déterminant le temps disponible pendant lequel une évacuation est possible sans influence de l'événement déclencheur ou conformément aux dispositions légales et normatives. Le temps d'évacuation (total) significatif calculé doit être plus court.
7. Il n'y a pas de dispositions légales ou norma-tives pour les temps d'évacuation totaux ac-ceptables. Les valeurs existantes se rapportent à une partie du processus d'évacuation, par ex. au flux de personnes qui franchissent les portes de sortie.
   a) Au sein de l'Union européenne [4], la durée d'évacuation citée est de 8 min. pour les installations pour spectateurs en plein air[11]. Dans le cas d'installations pour spectateurs dans les bâtiments, elle est de 2 min[12]. Il s'agit de valeurs données à titre d'exemple qui ne contiennent aucun critère d'acceptation.
   b) en Allemagne [1], la durée d'évacuation citée est de 2 min. pour les tribunes à l'intérieur et de 6 min. pour les tribunes à l'air libre. Il s'agit de valeurs pour une durée de flux fictive (sans congestion, temps d'écoulement pur), qui ont été citées dans un commentaire antérieur en tant que valeurs pour la détermination des largeurs nécessaires pour les voies d'évacuation dans la MVStättV (Allemagne). Ces valeurs sont dérivées d'un calcul rétroactif basé sur les hypothèses des largeurs des voies d'évacuation requises et l'hypothèse que 100 personnes ont besoin d'une minute pour franchir une porte de 1,2 m de large (selon un commentaire sur la MVStättV).

[9] Empfohlene maximale Dauer bis zum Erreichen eines Sicherheitsplatzes für Bereiche im Freien.
[10] Empfohlene maximale Dauer bis zum Erreichen eines Sicherheitsplatzes für Bereiche in Gebäuden.
[11] Durée maximale recommandée jusqu'à l'atteinte d'un emplacement sûr pour les zones situées en plein air.
[12] Durée maximale recommandée jusqu'à l'atteinte d'un emplacement sûr pour les zones dans les bâtiments.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

c) in der Schweiz [6] werden für Stadien mit geschlossenem Dach, Räume mit großer Personenzahl 3 bis 5 min und für Stadien mit offenem Dach 8 min als empfohlene Entfluchtungsdauer genannt.

4.4 Identifizierung von Stauungen

Im Rahmen der Entfluchtungsanalyse müssen auftretende Staus identifiziert, beschrieben und bewertet werden. Ebenso sind solche Effekte herauszustellen, die einen wesentlichen Einfluss auf die Kritikalität der Entfluchtung haben können. Kritische Bewegungsabläufe und Stauungen können u. a. auf der Grundlage von Personendichten, Wartezeiten, Anstehzeiten, Verzögerungszeiten und Stauzeiten o. a. identifiziert werden. Für die Kriterien, die zur Identifikation von Stauungen verwendet werden, müssen in der Analyse Berechnungsvorschriften angegeben werden. Ein signifikanter Stau liegt beispielsweise vor, wenn eine lokale Dichte von 4 Personen pro Quadratmeter länger als 10% der Gesamtentfluchtungszeit überschritten wird.

c) en Suisse [6], la durée d'évacuation recommandée est de 3 à 5 min. pour les stades avec toit fermé et les espaces avec un grand nombre de personnes et de 8 min. pour les stades avec un toit ouvert.

4.4 Identification de congestions

Les congestions qui se forment doivent être identifiées, décrites et évaluées dans le cadre de l'analyse d'évacuation. De même, il convient de mettre en évidence les effets susceptibles d'avoir une influence significative sur la criticité de l'évacuation. Des enchaînements de déplacements et des congestions critiques peuvent entre autres être identifiés sur la base de densités de personnes, de temps d'attente, de temps de file, de temps de retard et de temps de congestion ou autres. Pour les critères utilisés afin d'identifier les congestions, des règles de calcul doivent être fournies dans l'analyse. Il y a congestion significative par exemple lorsqu'une densité locale de 4 personnes par mètre carré dépasse de plus de 10 % le temps total d'évacuation.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

5 Dokumentation

Die Dokumentation muss sämtliche Arbeitsschritte zur Erstellung einer Entfluchtungsanalyse umfassen. Dabei ist sie auf die vom Anwender zu beeinflussenden Aspekte zu begrenzen. Das heißt, die mathematisch-technischen Zusammenhänge auf Modellebene sollen nicht vom Anwender dokumentiert werden. Ein Verweis auf die entsprechende Dokumentation des Programmherstellers (i. a. das Handbuch) ist ausreichend.

Die Reihenfolge in diesem Kapitel ist an die einzelnen Arbeitsschritte der Analyseerstellung angelehnt.

5.1 Dokumentation der Arbeitsschritte

Die einzelnen Arbeitsschritte der Analyse müssen ausreichend detailliert dokumentiert werden

a) Annahmen (siehe Kapitel 4);

b) Verwendete Berechnungs- und Simulationsverfahren (siehe Abschnitt 5.2);

c) Ergebnisse (siehe Abschnitt 5.3)

   1) (Gesamt-) Entfluchtungszeit und deren Häufigkeitsverteilung;

   2) Bereiche mit kritischen Bewegungsabläufen und Stauungen.

5.2 Dokumentation des verwendeten Simulationsverfahrens

Die Dokumentation der Entfluchtungsanalyse muss nachfolgend aufgeführte Bestandteile enthalten:

- die Programmversion (Build-Nr.), die für die Entfluchtungsanalyse verwendet wurde;
- die im Modell zur Beschreibung der Personenbewegung benutzten Variablen, z. B. Gehgeschwindigkeit;
- die Darstellung von Treppen, Türen, Sammelplätzen und anderen besonderen räumlichen Elementen und ob und wie sich die zugehörigen Variablen und Parameter auf den Ablauf der Simulation auswirken und
- den Hinweis auf das Benutzerhandbuch, das die Art und Funktion des Modells und die zugrunde liegenden Annahmen beschreibt.

5 Documentation

La documentation doit reprendre l'ensemble des étapes prises en considération pour la création d'une analyse d'évacuation. Elle doit être limitée aux aspects qui peuvent être influencés par l'utilisateur. Cela signifie que les corrélations mathématiques et techniques au niveau du modèle ne doivent pas être documentées par l'utilisateur. Un renvoi à la documentation correspondante du déve-loppeur du programme (généralement le manuel) suffit.

L'ordre de ce chapitre repose sur les différentes étapes de travail de la création de l'analyse.

5.1 Documentation des étapes de travail

Les différentes étapes de travail de l'analyse doivent être documentées de manière suffisamment détaillée.

a) Hypothèses (voir chapitre 4);

b) Méthodes de calcul et de simulation utilisées (voir section 5.2);

c) Résultats (voir section 5.3)

   1) Temps d'évacuation (total) et répartition de fréquence ;

   2) Zones avec enchaînements de déplacements et congestions critiques.

5.2 Documentation du processus de simula-tion utilisé

La documentation de l'analyse de l'évacuation doit comprendre les éléments répertoriés ci-après:

- La version du programme (n° build) utilisé pour l'analyse de l'évacuation;
- Les variables utilisées dans le modèle pour décrire le déplacement des personnes, par ex. la vitesse de déplacement;
- La représentation des escaliers, portes, lieux de rassemblement et autres éléments particu-liers concernant l'espace et les éventuels paramètres et variables correspondants suscep-tibles d'affecter le déroulement de la simulation ainsi que la manière dont ils l'affectent;
- La mention du manuel d'utilisation, qui décrit la nature et la fonction du modèle ainsi que les hypothèses sous-jacentes.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Darüber hinaus ist es sinnvoll, z. B. folgende Informationen bereit zu stellen:

- die Darstellung der Körperausmaße (z. B. Kreis, Ellipse, Quadrat usw.);
- die Art der Aktualisierung (Update), d. h. die Reihenfolge, in der die Personen sich während der Simulation bewegen (parallel, zufällig sequentiell, geordnet sequentiell oder andere).

5.3 Dokumentation der Simulationsergebnisse

5.3.1 Struktur der Dokumentation

Der Mindestinhalt und die Struktur der Dokumentation einer Entfluchtungsanalyse sind in Abschnitt 5.4 aufgelistet.

5.3.2 Identifizierung von kritischen Bewegungsabläufen und Stauungen

Im Rahmen der Entfluchtungsanalyse müssen auftretende kritische Bewegungsabläufe und Stauungen identifiziert, beschrieben und bewertet werden.

5.4 Mindestinhalt einer Entfluchtungsanalyse

5.4.1 Titelblatt

Informationen über den Auftrag

- Art der Darstellung (Analyse, Gutachten, ...)
- Thema;
- Erstellungsdatum, ggf. Stand der vorliegenden Fassung (z. B. bei Fortschreibung);
- Auftraggeber, Auftragsdatum, Geschäftszeichen;
- Gutachter;
- Datum und Index der beurteilten Planunterlagen;
- Umfang von Text und Anhang.

Il est en outre utile de mettre à disposition par ex. les informations suivantes:

- La représentation des dimensions corporelles (par ex. cercle, ellipse, carré) ;
- La nature de l'actualisation (mise à jour), à savoir l'ordre dans lequel les personnes se déplacent pendant la simulation (parallèlement, de manière séquentielle aléatoire, de manière sé-quentielle ordonnée ou autre).

5.3 Documentation des résultats de la simula-tion

5.3.1 Structure de la documentation

Le contenu minimal et la structure de la documenta-tion d'une analyse de l'évacuation sont répertoriés dans la section 5.4.

5.3.2 Identification d'enchaînements de déplacements et de congestions critiques

Dans le cadre de l'analyse de l'évacuation, les enchaînements de déplacements et les congestions critiques qui surviennent doivent être identifiés, décrits et évalués.

5.4 Contenu minimal d'une analyse de l'évacuation

5.4.1 Page de couverture

Informations concernant la mission

- Type de représentation (analyse, expertise, etc.)
- Sujet
- Date de création, le cas échéant état de la version actuelle (par ex. en cas de mise à jour);
- Maître d'ouvrage, date du mandat, référence commerciale;
- Expert;
- Date et index des documents de planification évalués;
- Longueur du texte et des annexes.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

5.4.2 Anlass und Fragestellung

Beschreibung, warum die Analyse bzw. das Gutachten erstellt wird und Erläuterung der Problemstellung sowie Beschreibung des Schutzziels.

5.4.3 Objektbeschreibung

Beschreibung des Objektes (Raum- / Gebäudegeometrien) evtl. mit Grafik / Bild, sofern nicht schon im Brandschutzkonzept dargestellt und für die Entfluchtung relevant.

- Flächen;
- Nutzungsarten;
- Nutzungszeiten / -dauer;
- Beschreibung der Vorkehrungen für den organisatorischen Brandschutz (verantwortliche Person, Brandschutzbeauftragter, -helfer, Räumungsbeauftragte, -helfer);
- Anzahl und Art der Ausgänge mit Abmessungen;
- Brandschutztechnische Infrastruktur (BMA, ELA, Sicherheitsbeleuchtung, Sprinkleranlage, RWA);
- Fluchtweg-Kennzeichnung / -Leitsysteme, Brandsicherheitswache;
- Definition des „sicheren Bereiches" mit Begründung.

5.4.4 Beschreibung der verwendeten Software und des Modells

Erläuterung der grundlegenden Informationen des verwendeten Programms

- Name, Hersteller, Version der Simulationssoftware;
- Zugrunde liegendes Modell, Rechenverfahren (grob);
- Max. Personendichten, Geschwindigkeiten.

5.4.5 Beschreibung der Evakuierungsszenarien

Erläuterung der Annahmen und Randbedingungen

- Anzahl der Simulationsdurchläufe;
- ggf. Hinweis auf die Art der Initialisierung des Zufallszahlengenerators;

5.4.2 Objectif et définition du problème

Description de la raison pour laquelle l'analyse ou l'expertise est réalisée et explication du problème ainsi que description de l'objectif de protection.

5.4.3 Description de l'objet

Description de l'objet (géométrie de l'espace / du bâtiment), éventuellement avec gra-phique / illustration, s'il n'est pas représenté dans le concept de protection incendie et s'il est pertinent pour l'évacuation.

- Surfaces;
- Types d'utilisatio ;
- Temps / durées d'utilisation;
- Description des mesures de protection incendie organisationnelle (personne responsable, préposé à la protection incendie, assistant de protection incendie, préposé à l'évacuation des locaux, assistant d'évacuation des locaux);
- Nombre et type de sorties avec dimensions;
- Infrastructure technique de protection incendie (installation de détection d'incendie, système électro-acoustique, éclairage de sécurité, instal-lation sprinklers, EFC);
- Signalisation des voies d'évacuation / systèmes de guidage, piquet d'incendie;
- Définition de la « zone sûre » avec justification.

5.4.4 Description du logiciel utilisé et du modèle

Explication des informations de base du programme utilisé

- Nom, fabricant, version du logiciel de simulation ;
- Modèle sous-jacent, méthode de calcul (en gros);
- Densités de personnes max., vitesses.

5.4.5 Description des scénarios d'évacuation

Explication des hypothèses et conditions aux li-mites

- Nombre de cycles de simulation;
- Le cas échéant, mention du type d'initialisation du générateur de nombre aléatoire;

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

- Gewählte Annahmen zur Population mit Begründung (ggf. Hinweis auf Besonderheiten wie Behinderung o. ä.);
- Anzahl der Personen und deren Verteilung im Objekt bei Beginn der Entfluchtungsanalyse;
- Mittlere Dichte, mittlere Geschwindigkeit; Häufigkeitsverteilung;
- Sonstige vom Anwender festzulegenden Randbedingungen zur Simulation;
- Gewählte / erforderliche Vereinfachungen des Simulationsmodells mit Begründung;
- Zuordnung von Personen zu Ausgängen mit Begründung (szenarioabhängig).

5.4.6 Ergebnisse / Besonderheiten

Darstellung der Simulationsergebnisse

- (Gesamt-) Evakuierungszeit; detaillierte Darstellung des Evakuierungsverlaufs in Zeitschritten von $\Delta t \leq T_{gesamt}/10$, wie bspw. durch Diagramme, Tabellen oder Grafiken;
- ggf. maßgebliche Teilabschnitte;
- grafische Darstellung (Momentaufnahmen) von Dichteverläufen / -maxima (zeitlich, räumlich);
- Auffälligkeiten / Besonderheiten während der Simulation (z. B. Auftreten von Stauungen).

5.4.7 Interpretation der Ergebnisse

Erläuterung / Interpretation der Ergebnisse

- Vergleich mit gesetzlichen Vorgaben;
- Vergleich mit Literatur / allgemein anerkannten Regeln der Technik;
- Vergleich der Ergebnisse mit Resultaten (Randbedingungen) aus Brandsimulationen, Behördenvorgaben, ...

- Hypothèses choisies concernant la population avec justification (le cas échéant, indication des particularités telles que les handicaps, par ex.);
- Nombre de personnes et leur répartition dans l'objet au début de l'analyse de l'évacuation ;
- Densité moyenne, vitesse moyenne ; répartition de fréquence ;
- Autres conditions aux limites pour la simulation à déterminer par l'utilisateur ;
- Simplifications choisies / nécessaires du modèle de simulation avec justification ;
- Affectation de personnes à des sorties avec justification (en fonction du scénario).

5.4.6 Résultats / particularités

Représentation des résultats de la simulation

- Temps d'évacuation (total) ; représentation détaillée du processus d'évacuation par étapes de temps de $\Delta t \leq Ttotal/10$, par ex. via des diagrammes, des tableaux ou des graphiques ;
- Le cas échéant, sections déterminantes ;
- Représentation graphique (instantanés) de changements de densité / densités maximales (dans le temps, dans l'espace) ;
- Anomalies / particularités pendant la simulation (par ex. apparition de congestions).

5.4.7 Interprétation des résultats

Explication / interprétation des résultats

- Comparaison avec les exigences légale ;
- Comparaison avec la littérature / les règles généralement reconnues de la technique;
- Comparaison des découvertes avec les résultats (conditions aux limites) à partir de simulations d'incendie, d'exigences des autorités, etc.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

5.4.8 Schlusswort / Fazit

Abschließende Bewertung der Ergebnisse der Simulationen und Zusammenfassung mit Fazit der Analyse.

5.5 Korrekturmaßnahmen

Falls für eine bauliche Anlage die berechnete Entfluchtungszeit die akzeptable (Gesamt-) Entfluchtungszeit überschreitet, sollten gegebenenfalls Korrekturmaßnahmen am Bauwerk vorgenommen werden, bis die notwendige (beispielsweise vorgeschriebene) Entfluchtungszeit erzielt wird.

Korrekturmaßnahmen können in einer Veränderung

- der Geometrie,

bzw. durch Anpassen

- baulicher Maßnahmen,
- anlagentechnischer Maßnahmen,
- organisatorischer Maßnahmen

bestehen.

Eine Veränderung demographischer Parameter in der Entfluchtungsanalyse zum Erreichen der notwendigen (Gesamt-) Entfluchtungszeit ist nicht zulässig.

Falls für bestehende Gebäude die berechnete Dauer die vorgegebene Gesamtentfluchtungsdauer überschreitet, müssen die Entfluchtungsabläufe im Gebäude mit dem Ziel überprüft werden, durch Setzen von geeigneten Maßnahmen die in der Analyse festgestellten Stauungen bzw. die Gesamtentfluchtungsdauer zu verringern.

Die Entfluchtungsanalyse ist mit den geänderten Randbedingungen (Korrekturmaßnahmen) so lange fortzusetzen, bis eine akzeptable Entfluchtungszeit (-situation) erreicht wird.

Falls die angewandten Korrekturmaßnahmen keine akzeptable Entfluchtungszeit zulassen, ist eine Reduktion der Personenzahl vorzunehmen.

5.4.8 Conclusion / bilan

Évaluation définitive des résultats des simulations et résumé avec bilan de l'analyse.

5.5 Mesures correctives

Si pour une construction, le temps d'évacuation calculé dépasse le temps (total) d'évacuation ac-ceptable, des mesures correctives doivent être mises en place au niveau de l'ouvrage jusqu'à ce que le temps d'évacuation nécessaire (prescrit, par ex.) soit atteint.

Les mesures correctives peuvent concerner:

- La géométrie;

ou des adaptations des:

- Mesures constructives ;
- Mesures au niveau de la technique des installations ;
- Mesures organisationnelles.

Une modification des paramètres démographiques dans l'analyse de l'évacuation en vue d'atteindre le temps (total) d'évacuation nécessaire n'est pas autorisée.

Si pour un bâtiment existant, la durée calculée dépasse le temps total d'évacuation prescrit, les déroulements d'évacuation dans le bâtiment doivent être contrôlés dans le but de diminuer les congestions constatées dans l'analyse et/ou réduire la durée totale d'évacuation par la mise en place de mesures appropriées.

L'analyse de l'évacuation doit être poursuivie avec les conditions aux limites modifiées (mesures correctives) jusqu'à ce qu'un temps d'évacuation (une situation) acceptable soit atteint.

Si les mesures correctives appliquées ne permettent pas d'atteindre un temps d'évacuation acceptable, le nombre de personnes doit être réduit.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Anhang 1: Vorläufige Anleitung zur Validierung / Verifizierung von Simulationsprogrammen

A 1 Allgemein

Für jede Simulationssoftware ist die andauernde Verifikation notwendig. Es gibt mindestens vier Formen der Verifikation, denen Entfluchtungsmodelle unterzogen werden sollen. Diese sind:

1. Überprüfung der Komponenten,
2. Funktionale Verifizierung,
3. Qualitative Verifizierung und
4. Quantitative Verifizierung.

Diese Vorgehensweise ist in ISO Dokument ISO/TR 13387-8:1999 dargestellt.

Im Zuge der Überarbeitungszyklen der RiMEA-Richlinie werden die Testszenarien den neusten Erkenntnissen entsprechend angepasst.

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.

Annex 1: Instructions provisoires pour la valida-tion / vérification de programmes de simulation

A 1 Généralités

Pour chaque logiciel de simulation, une vérification continue est nécessaire. Il y a au moins quatre formes de vérification auxquelles les modèles d'évacuation doivent être soumis, à savoir:

1. Contrôle des composants ;
2. Vérification fonctionnelle ;
3. Vérification qualitative ;
4. Vérification quantitative.

Cette procédure est présentée dans le document ISO/TR 13387-8:1999.

Pendant les cycles de révision de la directive RiMEA, les scénarios de test doivent être adaptés en fonction des enseignements les plus récents.

Le processus de vérification doit être documenté de manière compréhensible et complète. La (les) documentation(s) doi(ven)t être réalisée(s) conformément à cette section. Les documents de vérification peuvent faire partie de la documentation du programme et doivent être mis à disposition à la demande des autorités ou du maître d'ouvrage. Une autre possibilité est de les rendre disponibles publiquement sur le site de l'association RiMEA (www.rimea.de).

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

A 2 Überprüfung der Komponenten

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.

Möglichkeiten und Grenzen quantitativer 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.

Zweifellos ist eine quantitative Kalibrierung ein notwendiger Bestandteil einer jeden Planungsmethode um hilfreiche Ergebnisse zu erzielen Entsprechend 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[13] 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.

So bedeutsam die Kalibrierung für die Realitätsnähe der Resultate auch ist, gilt es sich jedoch auch

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

Version: 3.0.0
10 March 2016

A 2 Contrôle des composants

Le contrôle des composants inclut la vérification du fonctionnement adéquat des différents composants du logiciel. Il doit inclure la réalisation d'une série de cas d'essais élémentaires pour s'assurer que les principaux composants du modèle fonctionnent comme prévu. La liste suivante est une énumération non exhaustive des tests proposés qui doivent être inclus dans le processus de vérification.

Possibilités et limites des tests quantitatifs

Certains des cas d'essais peuvent servir non seulement à la validation fonctionnelle, mais aussi au calibrage quantitatif. Ainsi, des données empiriques sont par exemple disponibles pour le test 4.

Un calibrage quantitatif est indéniablement une composante essentielle de chaque méthode de planification en vue d'atteindre des résultats utiles. En conséquence, les limites du calibrage et les tests quantitatifs cités ci-après s'appliquent aussi aux méthodes de planification. Pour des modèles ou projets de simulation, la question est cependant nettement plus importante, et ce pour au moins deux raisons. Premièrement, les (micro-)simulations ont le potentiel de fournir des résultats nettement plus détaillés, à savoir au niveau des individus (niveau microscopique). Cela distingue les simulations des méthodes de planification précédentes, qui fournissent les résultats par construction uniquement au niveau macroscopique (densité, flux, temps de parcours totaux). La deuxième raison découle de la possibilité d'une visualisation proche du quotidien. Comme la représentation en 3D[14] des états d'une simulation microscopique ne requiert de prime abord aucune interprétation solide, le risque existe, du moins en principe, que sans calibrage, il y ait une mauvaise suggestion, qu'il s'agisse d'une autosuggestion ou d'une tromperie intentionnelle par le client ou le testeur.

Aussi important que le calibrage puisse être en vue de résultats proches de la réalité, il convient aussi

[13] 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.

[14] Il convient de ne pas donner l'impression que la représentation en 3D dérivée de simulations (microscopiques) doit être considérée avec scepticisme de manière générale. Au contraire, ces simulations constituent un avantage, étant donné qu'elles ouvrent la voie à une communication simple, y compris avec des non-spécialistes. Par ailleurs, elles permettent aux experts de mieux évaluer les résultats lorsqu'ils les reçoivent également sous une forme qui reflète ce qu'ils expérimentent au quotidien.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

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.

Statistische Verteilung von Beobachtungen

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 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.

Für alle Planungsaspekte, die sich hingegen unter dem Begriff des Katastrophenschutzes summieren lassen – und hierzu zählt der Brandschutz und damit die Simulation von Notfall-Evakuierungen – 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.

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

Version: 3.0.0
10 March 2016

de souligner que le calibrage d'une simulation présente tant des limites de fondement que des limites économiques et éthiques, dans le sens d'une limite de ce qui est possible ainsi que d'une limite en matière de nécessité de précision du calibrage.

Répartition statistique des observations

Une limite fondamentale de la conformité entre les données empiriques et les résultats de la simulation provient du fait que de nombreuses variables ob-servables sont réparties sur une certaine plage. Même avec un nombre de spectateurs identique, un stade de football ne se vide pas toujours exactement à la même vitesse à la fin d'un match (lors de matchs à guichets fermés, par ex.). Ces fluctua-tions proviennent de causes non observables ou difficilement observables que l'on peut donc résu-mer par le terme « aléatoire ». De plus, les para-mètres observables, comme le nombre de per-sonnes dans le stade, ne sont pas toujours iden-tiques. Pour procéder à l'évacuation d'un stade de football, qui est en fait un processus qui se répète régulièrement, l'on peut en principe demander qu'une simulation reproduise la distribution rencon-trée dans la réalité. Des décisions économiques peuvent être prises sur la base des résultats, comme la durée de maintien de l'ouverture des stands de vente, car l'on peut compter sur des valeurs moyennes de toutes sortes et planifier à long terme une solution optimale.

En revanche, pour tous les aspects de la planification rassemblés sous le concept de protection contre les catastrophes (la protection incendie et, par conséquent, la simulation d'évacuations d'urgence en font partie), il est primordial que la répartition des variables qui représentent un intérêt ne soit pas concrétisée dans la réalité. Le jour X, un nombre défini de personnes représentant une com-position de population très spécifique se trouve dans le bâtiment et va avoir besoin d'un certain temps pour quitter l'immeuble dans lequel, le cas échéant, la fumée se propage en raison d'une charge d'incendie qui existe également spécifique-ment ce jour-là. À cela s'ajoutent aussi des condi-tions extérieures générales comme la température, qui est également très stable selon la moyenne annuelle, mais qui affiche une valeur particulière le jour X et qui est perçue par toutes les personnes impliquées comme oscillant entre une valeur très basse et une

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

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.

Ethische und ökonomische Grenzen

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 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.

Nicht zuletzt verbieten sich gewisse Datenerhebungen aus ethischen Gründen: Etwa würden Engpassdurchläufe 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.

Grenzen der Zuordnung von Beobachtungen zu ihren Ursachen

Da Fußgänger ihrer Umgebung fast unmittelbar ausgesetzt sind – vor allem sehr viel unmittelbarer als Autofahrer – 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,

valeur très élevée, avec toutes les conséquences que cela implique pour leurs dépla-cements.

Le mot « catastrophe » recèle généralement l'impossibilité d'une réitération de l'événement dans des conditions identiques ou similaires. D'un côté, cela rend difficile le calibrage du modèle de simulation, étant donné que les variables mesurées proviennent d'une distribution inconnue et qu'il n'est par conséquent pas possible de faire correspondre la distribution que l'on retrouve dans la réalité avec celle des résultats de la simulation. D'un autre côté, il n'est bien sûr pas possible de travailler avec des moyennes de résultats à long terme en matière de gestion des catastrophes.

Limites éthiques et économiques

Un autre facteur est de nature pragmatique et économique: le calibrage coûte de l'argent. Tant la collecte des données que le calibrage sont des processus coûteux. Et plus l'on souhaite que la collecte des données et le calibrage soient précis, plus cela est onéreux. Comme des valeurs empi-riques pour le flux de personnes sont généralement dispersées, davantage de données sont néces-saires pour diminuer la variance et ainsi déterminer plus précisément la véritable valeur moyenne. En ce qui concerne le processus de calibrage, plus l'on souhaite atteindre une correspondance élevée avec les valeurs empiriques, plus le nombre de cycles de simulation nécessaires doit être impor-tant.

Enfin, certaines collectes des données sont interdites pour des raisons éthiques : ainsi, des points d'étranglement avec 10 personnes/m² constitueraient une menace pour l'intégrité physique des sujets. Dans de tels cas, seules des observations fortuites d'événements non planifiés entrent en ligne de compte comme source de données.

Limites de l'attribution d'observations à leurs causes

Comme les piétons sont presque directement exposés à leur environnement (beaucoup plus directement que les automobilistes, notamment) et qu'ils doivent déployer de la force et de l'énergie pour se déplacer pratiquement sans aide aucune, de nom-breux facteurs externes et caractéristiques person-nelles influencent leurs déplacements. L'on peut citer la température ambiante, l'éclairage, le but du déplacement (motivation), la nature du terrain (as-cendant, descendant, inégal), l'heure de la journée, l'âge et le sexe, les rapports sociaux entre

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Alter und Geschlecht, soziale Zusammenhänge unter den Fußgängern, vermutlich auch die Herkunftskultur der Fußgänger.

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 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.

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

Version: 3.0.0
10 March 2016

les pié-tons et, probablement, leur culture d'origine.

La précision du travail de planification se trouve déjà limitée du fait que certains des facteurs sont soit inconnus, soit approximativement connus, soit uniquement connus sous forme de répartition statistique. Il faut aussi garder à l'esprit que tous les facteurs d'influence ne sont connus que pour une faible proportion des données disponibles à des fins de calibrage. Bien que récemment la quantité de données disponibles ait augmenté rapidement grâce à l'évaluation automatisée par vidéo, on ne connaît pas encore en détail l'impact des différents facteurs, par ex. sur la vitesse de déplacement libre. Idéalement, tous les facteurs d'influence si-gnificatifs sont connus et concordants, tant pour les données de calibrage que pour le cas de plani-fication spécifique. Toutefois, s'ils sont connus (ce qui reste relativement intéressant), mais non con-cordants, un calibrage parfait n'est plus utile. Le calibrage demanderait beaucoup de temps pour passer d'un taux de précision de 95 % à 99,9 %, alors qu'en réalité, on a affaire à une situation où les paramètres d'un calibrage à 95 % constituent le meilleur choix, mais sans qu'on le sache.

Précisons à ce stade que des descriptions telles que « fan de football », « pendulaire » ou « Munichois » en référence à un comportement de déplacement ne constituent qu'une description incomplète de la collecte de données d'origine. « Fan de football » décrit une répartition en fonction de l'âge et une composition par sexe susceptibles de différer de la population totale moyenne. L'on peut dès lors s'attendre à un comportement de marche qui diffère de la moyenne. Mais les fans de football se déplacent aussi dans des conditions de température ambiante différentes ainsi qu'à des heures différentes de la journée, après un match gagné ou perdu, en connaissant les infrastructures (supporters à domicile) ou non (supporters de l'équipe adverse). Quant aux pendulaires, ils sont connus pour se déplacer rapidement, mais même ce paramètre (dans une gare) dépend très fortement du temps (long ou court) dont ils disposent entre deux correspondances. Enfin, il existe des Munichois qui sont fans de football ou pendulaires ou encore qui marchent sans but précis dans l'Englischer Garten de la ville. La théorie populaire selon laquelle toutes les villes et cultures adoptent et définissent un rythme

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Begrenzte Notwendigkeiten
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 Fußgängersituation 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 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 Kalibrierungsnotwendigkeiten abdecken.

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.

Fazit
Der notwendige Kalibrierungsaufwand hängt von der konkreten Fragestellung bzw. dem Projektziel ab.

Ist das Ziel die Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung) der statistischen Verteilung der Evakuierungskurve eines Stadions zu jedem Zeitpunkt und

qui leur est propre peut se vérifier ou non. Mais une chose est sûre : la distribution interne est beaucoup plus large que la dispersion des valeurs moyennes.

Besoins limités
À ce stade, le raisonnement selon lequel la précision de l'ensemble du projet de simulation est souvent déterminée par l'élément traité le moins précis ayant une influence significative sur le résultat est pertinent. Les piétons se déplacent dans différentes situations : en franchissant une porte ou dans un couloir long et étroit ; dans une direction, en se croisant ou à contre-courant ; tout droit, en franchissant un coin, voire en virant sur 180° ; dans un plan, en montant ou descendant des escaliers ; en tant que simple piéton ou dans des conditions de circulation avec des cyclistes et des voitures. Les piétons prennent non seulement des décisions sur le chemin à emprunter pour arriver à la destination souhaitée, mais aussi sur les paramètres de celui-ci : un chemin plus long mais peu congestionné ou un chemin plus court mais plus encombré, par exemple. Des paramètres de modèle hautement pertinents dans une situation A (par ex. l'obstacle que constitue le coin pour le flux de personnes dans le test 6) peuvent être sans importance dans une autre (par ex. le test 4). Un processus de calibrage qui ne fonctionne que dans la situation B peut ne pas constituer une bonne valeur pour le paramètre utilisé dans la simulation réaliste de la situation A. Certaines des situations citées ici ne se produisent que rarement ou pas du tout dans le domaine de la protection incendie. Mais il peut y avoir des projets pour lesquels les cas de test répertoriés ci-après n'englobent pas tous les besoins de calibrage.

Certains facteurs importants qu'il convient de mentionner influencent également le résultat, le plus important étant le nombre total de personnes ou simplement le profil pour l'heure d'arrivée à un événement, qui, dans certains scénarios (par ex. un festival où la participation n'est pas régulée par des tickets), ne sont connus qu'approximativement.

Conclusion
Le travail de calibrage nécessaire dépend du problème spécifique ou de l'objectif du projet.

Si l'objectif est de calculer les chiffres-clés (valeur moyenne, écart standard) de la distribution statistique de la courbe d'évacuation d'un stade à chaque

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

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 das in großer Menge, da man z.B. Daten bei unterschiedlicher Umgebungstemperatur benötigt.

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:

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.

Es soll mit Hilfe einer Simulation berechnet werden, welche von drei Evakuierungsstrategien die (oder welcher von drei Grundrissen der) beste ist. Die Argumentation von oben gilt hier verstärkt. Bei einer solchen Fragestellung 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.

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 Erwä-

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

Version: 3.0.0
10 March 2016

moment et pour chaque niveau de remplissage et de calculer précisément, à quelques secondes près, la répartition de la densité dans le stade, alors tous les facteurs d'influence mentionnés ci-dessus devront être pris en compte. Vu qu'il est difficile de trouver un second stade où tous les facteurs d'influence sont identiques, des données de mesure locales seront nécessaires pour le calibrage, et ce en grandes quantités, étant donné que l'on a besoin de données à des températures ambiantes différentes, par exemple.

C'est incontestablement une exigence justifiée pour un modèle de simulation ou un logiciel de simulation qu'un tel calibrage soit en principe possible. Il n'est toutefois pas possible qu'un modèle ne puisse pas présenter d'utilité si un tel calibrage précis n'est pas réalisé. Les deux objectifs de projet suivants sont fournis à titre d'exemple :

À l'aide d'une simulation, il convient de déterminer à partir de quel endroit d'un corridor (à savoir pour quelle pièce ou quelles personnes) les informations de direction des panneaux des voies d'évacuation doivent pointer dans une autre direction (en d'autres termes vers la seconde voie d'évacuation) afin d'obtenir une évacuation aussi efficace que possible. La réponse donnée par une simulation sera identique pour différentes séries de paramètres. Cela implique une nouvelle fois que l'on peut se contenter d'un calibrage approximatif par rapport à l'exemple ci-dessus.

À l'aide d'une simulation, il convient de calculer laquelle des trois stratégies d'évacuation (ou lequel des trois plans) est la (le) meilleur. L'argumentation ci-dessus s'applique d'autant plus. Pour une telle question, il est même concevable de procéder à une simulation avec une série de jeux de paramètres différents qui se rapprochent correctement de la réalité et, si la réponse à la question est toujours la même, aucun calibrage ne doit être utilisé pour ce cas spécifique.

Enfin, une simulation peut servir à expliciter des doutes diffus en matière d'aptitude au fonctionnement d'une planification. Pendant le processus de planification, si les discussions entre les planificateurs et les autorités chargées de délivrer les autorisations s'éloignent des questions de sécurité pour mettre l'accent sur des exigences techniques et or-

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

gungen 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 ausgewichen 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.

Aus diesen Gründen verzichtet die RiMEA-Richtlinie darauf zum Bestehen der Tests feste und konkrete Grenzen anzugeben.

ganisationnelles ou des considérations économiques, il se peut que l'intérêt d'une simulation soit de poser des questions et non d'apporter des réponses ; des questions que tout le monde comprend et qui ne peuvent donc pas être éludées. Dans une telle situation, tant les paramètres conservatifs que les paramètres optimistes/réalistes remplissent leur objectif et un calibrage peut en outre être complètement supprimé dans la mesure où les questions soulevées sont claires.

Pour ces raisons, la directive RiMEA renonce à spécifier des limites fixes ou concrètes pour réussir les tests.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Literatur / Siehe auch:

Bibliographie / Voir aussi:

„*Transporttechnik der Fußgänger*“ by Ulrich Weidmann, IVT, ETH Zürich, 1992

“Magic Numbers and Golden Rules” by Margaret Law and Paula Beever, *Fire Technology*, 31(1), pages 77-83, 1995

“Comment 1 on Talvitie's Paper: The Games Transportation Academics Play” by Michael G.H. Bell, *Transportation*, 24(1), pages 33-42, 1997

“Comparison of pedestrian fundamental diagram across cultures” by Ujjal Chattaraj, Armin Seyfried and Partha Chakroborty, *Advances in complex systems,* 12(3), pages 393-405, 2009

“Simulation-aided Planning for Events” by Ulrike Merz et al., *Journal of Crowd Safety and Security Management*, 2(2), pages 86-104, 2012.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Test 1 Beibehalten der vorgegebenen Gehgeschwindigkeit in einem Gang

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.

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.

Test 2 Beibehalten der vorgegebenen Gehgeschwindigkeit treppauf

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.

Die Überlegungen von Test 1 gelten entsprechend mit angepassten Werten für Strecke, Dauer und Geschwindigkeit.

Test 3 Beibehalten der vorgegebenen Gehgeschwindigkeit treppab

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.

Die Überlegungen von Test 1 gelten entsprechend mit angepassten Werten für Strecke, Dauer und Geschwindigkeit.

Test 1 Maintien de la vitesse de déplacement prescrite dans un couloir

Il convient de démontrer qu'une personne qui se trouve dans un couloir de 2 m de large et de 40 m de long peut parcourir, à une vitesse de déplacement définie, la distance dans les temps correspondants.

Si l'on établit les tolérances suivantes : 40 cm (dimensions du corps), 1 seconde (temps de réaction) et 5 % pour la vitesse, on obtient l'exigence suivante avec une vitesse de piéton typique de 1,33 m/sec. : la vitesse doit être définie sur une valeur située entre 4,5 et 5,1 km/h. Le temps de trajet doit se situer entre 26 et 34 secondes lorsque la vitesse de déplacement définie est de 1,33 m/sec.

Test 2 Maintien de la vitesse de déplacement prescrite en montant un escalier

Il s'agit de démontrer qu'une personne qui se trouve dans un escalier de 2 m de large et de 10 m de long (mesures prises le long de la pente) peut parcourir, à une vitesse de déplacement définie, la distance dans les temps correspondants.

Les considérations du test 1 s'appliquent en adaptant les valeurs de trajet, de durée et de vitesse.

Test 3 Maintien de la vitesse de déplacement prescrite en descendant un escalier

Il s'agit de démontrer qu'une personne qui se trouve dans un escalier de 2 m de large et de 10 m de long (mesures prises le long de la pente) peut parcourir, à une vitesse de déplacement définie, la distance dans les temps correspondants.

Les considérations du test 1 s'appliquent en adaptant les valeurs de trajet, de durée et de vitesse.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Test 4 Messung des Fundamentaldiagrammes

Es soll die gezeigte Abbildung (Abbildung 4) 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.

Der Korridor ist mit unterschiedlichen Personendichten 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.

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.

Um sicherzustellen, dass auch das Fundamentaldiagramm bei einer „Linienbewegung" durch das Programm wiedergegeben wird, ist der Korridor soweit in seiner Breite zu verkleinern, dass die Personen sich nur hintereinander bewegen können und ein überholen nicht möglich ist.

Test 4 Mesure du diagramme fondamental

Il s'agit de modéliser l'illustration 4 (corridor de 1000 m de long et 10 m de large). Il y a trois points de mesure (2 x 2 m), le point de mesure présentant des points étant le point de mesure principal, les deux autres points de mesure en gris servant de points de contrôle.

Le corridor doit être rempli avec des densités de personnes différentes à la vitesse de déplacement libre la plus égale possible (par ex. 1,2 – 1,4 m/s) : 0,5 P/m², 1 P/m², 2 P/m², 3 P/m², 4 P/m², 5 P/m² et 6 P/m².

Au niveau des points de mesure, il s'agit à présent de calculer, pour la densité prescrite, la vitesse moyenne des personnes sur une période de 60 secondes. Les 10 premières secondes peuvent être négligées en tant que « processus transitoire ». Les diagrammes fondamentaux correspondants peuvent être établis à partir des résultats (vitesse à la densité spécifiée), le calcul Flux = Vitesse * Densité servant de base pour calculer le flux de personnes.

Afin de s'assurer que le diagramme fondamental est également reproduit par le programme en cas de « mouvement linéaire », la largeur du corridor doit être réduite de sorte que les personnes ne puissent s'y déplacer qu'en file indienne et que tout dépassement soit impossible.

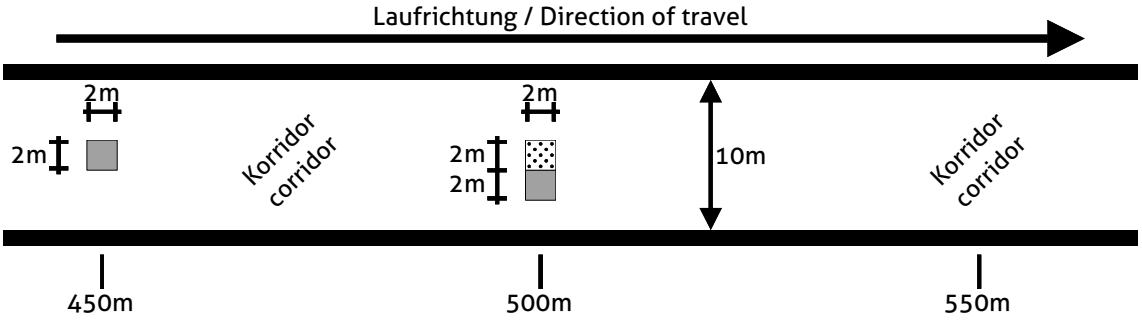


Abbildung 4 Messung des Fundamentaldiagramms
Illustration 4: Mesure du diagramme fondamental

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Test 5 Reaktionsdauer

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.

Test 6 Bewegung um eine Ecke

Zwanzig Personen, die sich auf eine nach links abbiegende Ecke zu bewegen (vgl. Abbildung 5) werden diese erfolgreich umrunden, ohne Wände zu durchqueren.

Test 5 Durée de réaction

Dix personnes se tiennent dans une pièce de 8 m x 5 m avec une sortie de 1 m de large située au milieu du mur de 5 m de long. Déterminer les temps de réaction comme suit : répartition uniforme entre 10 sec. et 100 sec. Vérifier que chaque personne démarre à un moment approprié.

Test 6 Franchissement d'un coin

Vingt personnes qui franchissent un coin en tournant vers la gauche (cf. illustration 5) vont le contourner avec succès sans traverser les murs.

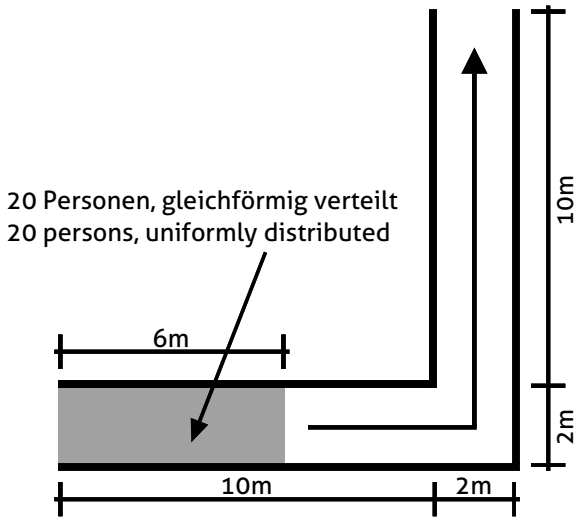


Abbildung 5: Quergang / Ecke
Illustration 5: Couloir transversal / coin

Test 7 Zuordnung der demographischen Parameter

Wähle gemäß Abbildung 2 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.

Test 7 Attribution des paramètres démogra-phiques

Choisir conformément à l'illustration 2 un groupe composé de personnes adultes et répartir les vitesses de déplacement sur une population de 50 personnes. Montrer que la répartition des vitesses de déplacement dans la simulation est compatible avec la répartition dans le tableau.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

A 3 Funktionale Verifizierung

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.

Test 8 Parameteranalyse

Die Parameteranalyse dient dazu, die Auswirkungen der in der Simulation verwendeten Parameter darzustellen. Für den in Abbildung 6 gezeigten dreistöckigen Testgrundriss soll aufgezeigt werden, wie sich die Gesamtentfluchtungsdauer verändert, wenn einzelne Personenparameter variiert werden. Dies ist für jeden einzelnen Parameter zu wiederholen, wobei die restlichen Parameter auf feste Standardwerte eingestellt werden. 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,...).

Die Ergebnisse sind schriftlich in Graphen festzuhalten und werden auf der RiMEA-Homepage für jeden frei zugänglich abgelegt.

Im 2. Stock gibt es keine Treppe nach oben mehr. Er unterscheidet sich hierin vom 1. Stock.

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

Version: 3.0.0
10 March 2016

A 3 Vérification fonctionnelle

La vérification fonctionnelle inclut la vérification que le modèle a la possibilité d'englober le champ des possibilités nécessaires pour la simulation. Cette exigence est spécifique à la tâche. Pour réaliser la vérification fonctionnelle, les développeurs du modèle doivent présenter de manière compréhensible l'éventail complet des possibilités du modèle et des hypothèses inhérentes ainsi que mettre à disposition des instructions pour un usage correct de ces possibilités. Ces informations doivent être facilement accessibles dans la documentation technique du logiciel.

Test 8 Analyse des paramètres

L'analyse des paramètres sert à présenter les effets des paramètres utilisés dans la simulation. Pour le plan de test sur trois étages représenté à l'illustration 6, il convient d'indiquer comment la durée totale d'évacuation se modifie lorsque les différents paramètres de personnes sont modifiés. Ceci doit être répété pour chacun des paramètres, les autres paramètres étant définis comme des valeurs standard fixes. Le paramètre analysé doit être systématiquement le même pour toutes les personnes (par ex. vitesse de toutes les personnes : 0,5 m/s, 0,75 m/s, 1,0 m/s, etc.) et être modifié une fois de manière égale sur le plan statistique autour d'une valeur moyenne fixe (par ex. vitesse : 0,75 m/s, 0,5-1,0 m/s, 0,25-1,25 m/s, etc.).

Les résultats doivent être consignés par écrit dans des graphes et rendus librement accessibles sur le site Internet de la RiMEA.

Il n'y a plus d'escalier menant vers le haut au deuxième étage. La situation est donc différente par rapport au 1er étage.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

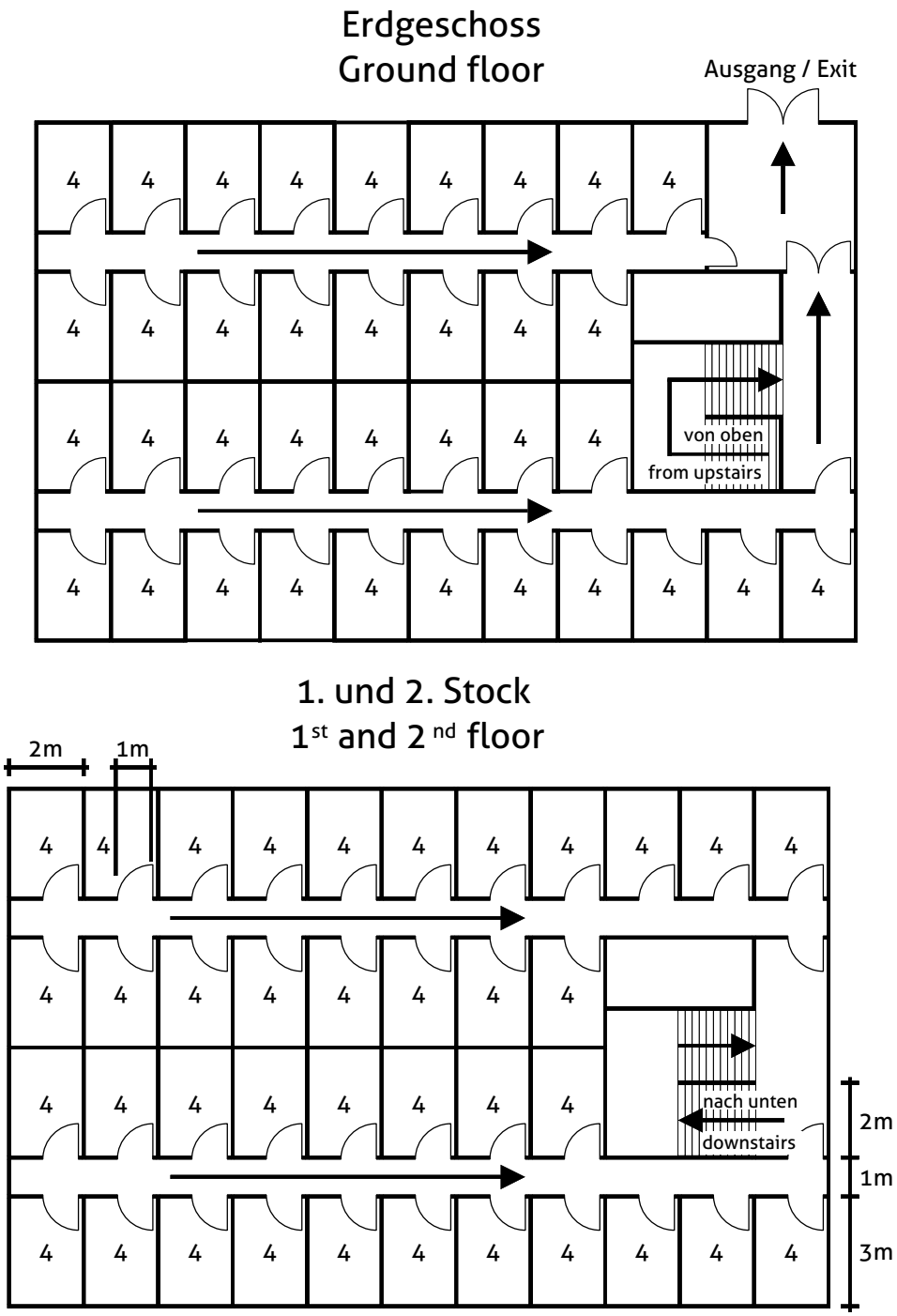


Abbildung 6: Der Testgrundriss für die systematische Analyse der Personenparameter. In jedem „Zimmer" sollen sich vier Personen befinden. Breite eines Türflügels: 1 m

Illustration 6: Plan d'étage testé pour l'analyse systématique des paramètres des personnes. Quatre personnes doivent se trouver dans chaque « pièce ». Largeur d'un vantail de porte : 1 m

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

A 4 Qualitative Verifizierung

Die dritte Form der Modellvalidierung betrifft die Übereinstimmung des vorhergesagten menschlichen Verhaltens 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.

Test 9 Eine Menschenmenge verlässt einen großen öffentlichen Raum

Ein öffentlicher Raum mit vier Ausgängen und 1.000 gleichförmig in dem Raum verteilten Personen (vgl. Abbildung 7). Wähle eine Population von erwachsenen Personen aus Abbildung 2 mit sofortiger Reaktion und verteile die Gehgeschwindigkeiten auf eine Population von 1.000 Personen.

Schritt 1: Zeichne die Zeit auf, zu der die letzte Person den Raum verlässt.

Schritt 2: Tür 1 und Tür 2 werden versperrt und Schritt 1 wird wiederholt.

Das erwartete Ergebnis ist eine ungefähre Verdopplung der Zeit zum Verlassen des Raums.[15]

A 4 Vérification qualitative

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 behaviour patterns incorporated into the model are capable of producing realistic behaviour.

Test 9 Nombre important de personnes quit-tant un grand espace public

Un espace public avec quatre sorties et 1000 personnes réparties uniformément dans l'espace (cf. illustration 7). À partir de l'illustration 2, sélectionner une population d'adultes avec une réaction immédiate et répartir les vitesses de déplacement sur une population de 1000 personnes.

Étape 1 : Enregistrer le moment auquel la dernière personne quitte l'espace.

Étape 2 : La porte 1 et la porte 2 sont verrouillées et l'étape 1 est répétée.

Le résultat attendu est qu'il faut approximativement le double du temps pour quitter l'espace.[16]

[15] 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.

[16] Si la densité influence le flux à tout moment, l'hypothèse selon laquelle la fermeture des deux portes entraîne un doublement de la durée d'évacuation de l'espace est trop pessimiste, étant donné que la foule plus importante devant les sorties est susceptible d'entraîner dans certains cas des densités plus élevées et, par conséquent, un flux (plus élevé) différent. Tant qu'aucune décision sur cette question ne peut être prise sur une base empirique, le test 9 ne doit pas être traité au sens d'un critère d'exclusion, mais uniquement documenter un comportement de modèle.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

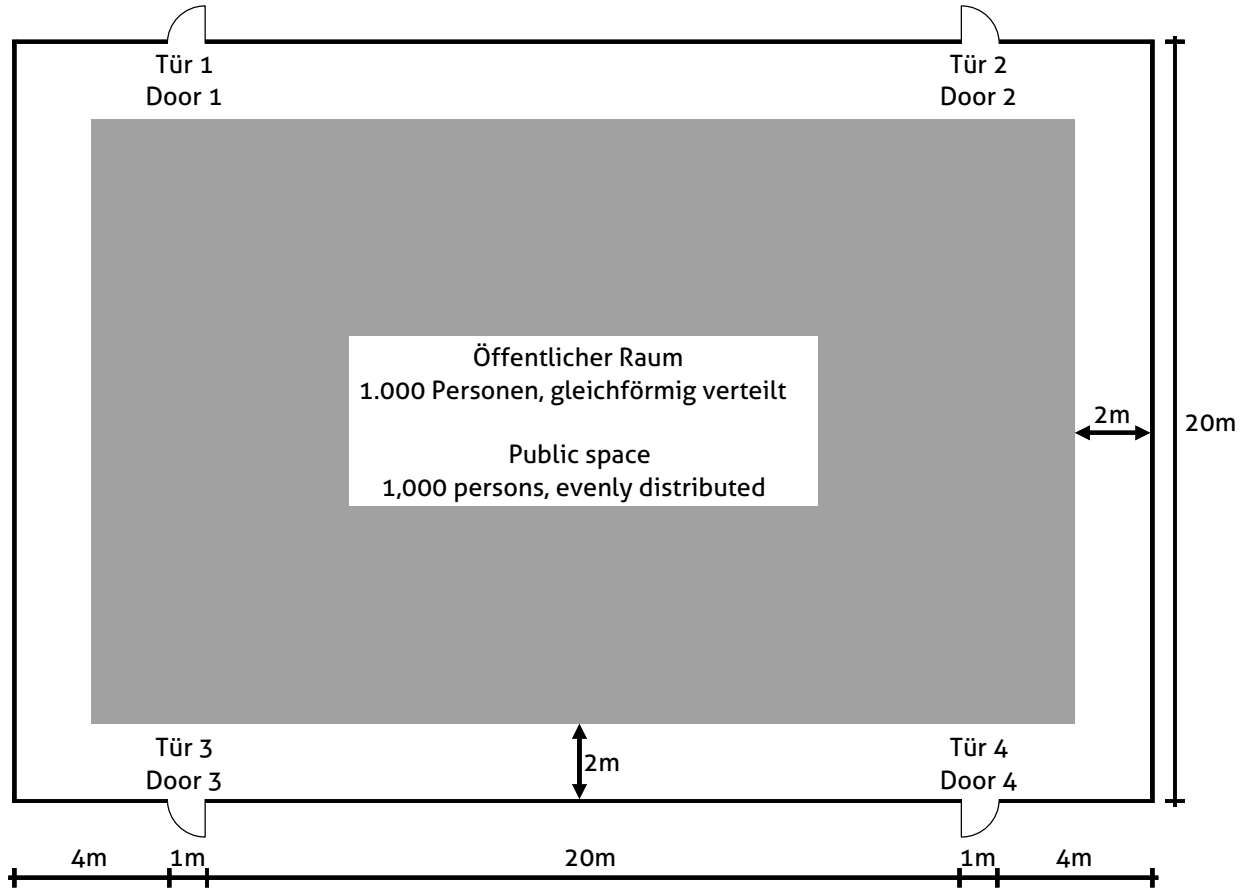


Abbildung 7: Verlassen eines großen öffentlichen Raumes
Illustration 7: Évacuation d'un grand espace public

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Test 10 Zuweisung von Rettungswegen

Konstruiere die Sektion eines Ganges wie in Abbildung 8 mit einer Population von erwachsenen Personen aus Abbildung 2 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.

Test 10 Affectation de voies de sauvetage

Construire la section d'un couloir comme à l'illustration 8 avec une population de personnes adultes à partir de l'illustration 2 avec une réaction immédiate et répartir les vitesses de déplacement sur une population de 23 personnes. Les personnes des espaces 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 et 10 sont assignées à la sortie principale et toutes les personnes restantes sont assignées à la sortie secondaire. Le résultat attendu est que toutes les personnes se rendent vers les sorties qui leur ont été assignées.

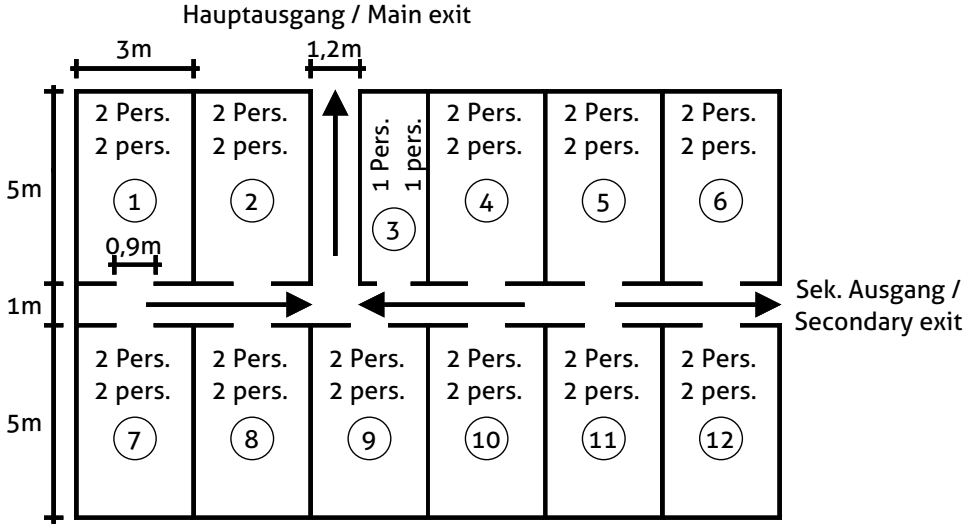


Abbildung 8: Gang mit angrenzenden Räumen
Illustration 8: Couloir avec espaces attenants

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Test 11 Wahl des Rettungsweges

Ein öffentlicher Raum verfügt über 2 Ausgänge: Ausgang 1 und Ausgang 2 (vgl. Abbildung 9). Wähle eine Population von erwachsenen Personen aus Abbildung 2 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.

Test 11 Choix de la voie de sauvetage

Un espace public dispose de 2 sorties : sortie 1 et sortie 2 (cf. illustration 9). À partir de l'illustration 2, sélectionner une population d'adultes avec une réaction immédiate et répartir les vitesses de déplacement sur une population de 1000 personnes. L'espace doit être occupé depuis le côté gauche avec la densité maximale possible. Le résultat attendu est que les personnes privilégient la sortie 1, plus proche, et que des congestions se forment dans cette zone, mais que certaines personnes utilisent également la sortie 2 alternative.

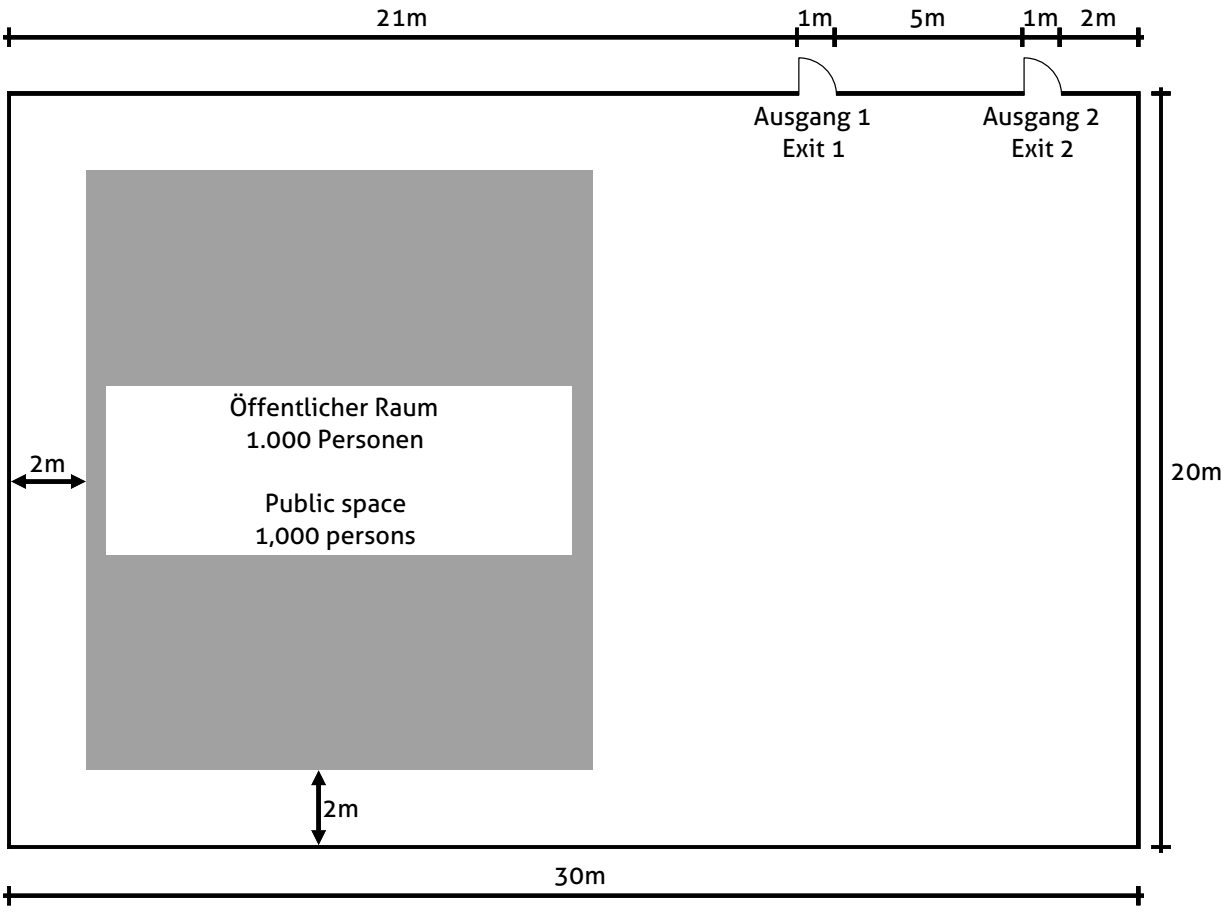


Abbildung 9: Verlassen eines Raumes über zwei Ausgänge
Illustration 9: Évacuation d'un espace par deux sorties

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Test 12 Auswirkung von Engstellen

Konstruiere einen Raum, der durch einen Gang mit einem weiteren Raum verbunden ist (vgl. Abbildung 10) und fülle ihn wie gezeigt mit einer Population von 150 erwachsenen Personen (Gehgeschwindigkeit gemäß Abbildung 2). Die Reaktionsdauer betrage 0 s.

Da der Personenstrom durch den Gang begrenzt wird, darf es nur in Raum 1 zu einem Stau kommen und in Raum 2 nicht.

Test 12 Effet des goulets d'étranglement

Construire un espace relié à un autre espace par un couloir (cf. illustration 10) et le remplir comme illustré avec une population de 150 personnes adultes (vitesse de déplacement selon illustration 2). La durée de réaction est de 0 sec.

Comme le flux de personnes est limité par le couloir, une congestion ne peut survenir que dans l'espace 1 et pas dans l'espace 2.

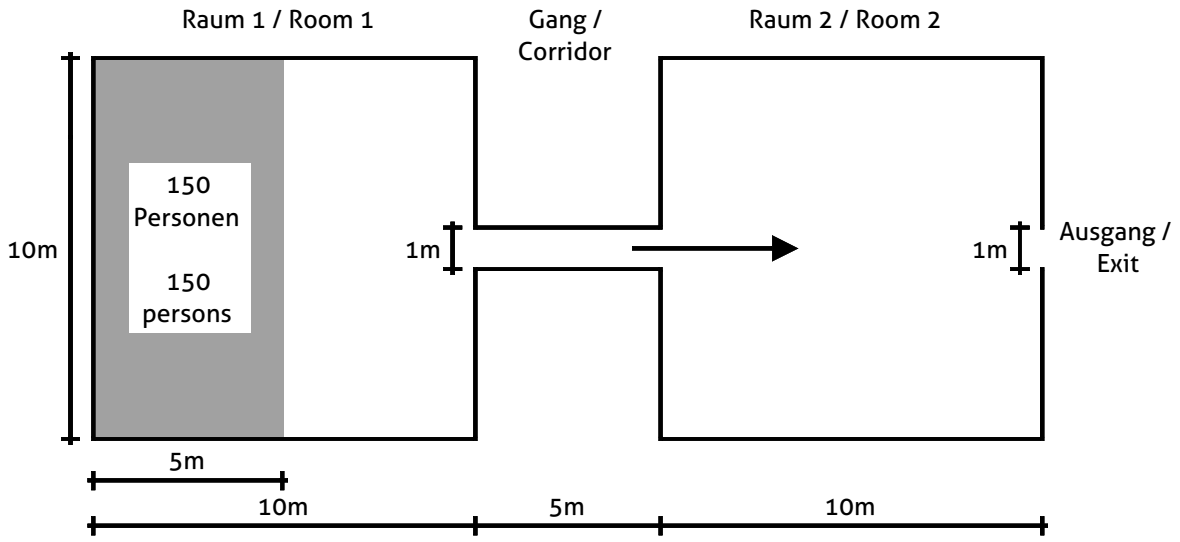


Abbildung 10: Die Auswirkung der Engstelle führt zu einer Staubildung vor dem Gang wodurch ein Stau vor dem Ausgang vermieden wird
Illustration 10: L'effet du goulet d'étranglement entraîne la formation d'une congestion devant le couloir, ce qui évite toute congestion devant la sortie.

Solange in der Frage, ob am Eingang zu Raum 2 nicht doch ein Stau entstehen kann, keine Entscheidung auf empirischer Basis getroffen werden kann, sollte Test 12 nicht im Sinne eines Ausschlusskriteriums behandelt werden, sondern lediglich Modellverhalten dokumentieren.

Tant qu'aucune décision ne peut être prise sur une base empirique sur la possibilité qu'une congestion se produise à l'entrée de l'espace 2, le test 12 ne doit pas être traité au sens d'un critère d'exclusion, mais uniquement documenter un comportement de modèle.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Test 13 Stau vor einer Treppe

Konstruiere einen Raum, der durch einen Gang mit einer Treppe verbunden ist (vgl. Abbildung 11) besetzt wie gezeigt mit einer Population von erwachsenen Personen aus Abbildung 2 mit sofortiger Reaktion und verteile die Gehgeschwindigkeiten auf eine Population von 150 Personen.

Das erwartete Ergebnis ist, dass ein Stau am Ausgang des Raumes auftritt, der einen stetigen Fluss im Gang erzeugt. Zusätzlich wird ein Stau am Fuß der Treppe erwartet, der mit der Zeit wachsen sollte, da der Fluss über die Treppe kleiner ist, als der durch den Gang.

Test 13 Congestion devant un escalier

Construire un espace relié à un escalier par un couloir (cf. illustration 11) et occupé comme illustré par une population de personnes adultes conformément à l'illustration 2 avec une réaction immédiate et répartir les vitesses de déplacement sur une population de 150 personnes.

Le résultat attendu est qu'une congestion survient à la sortie de l'espace, créant un flux constant dans le couloir. En outre, une congestion est attendue au pied de l'escalier. Celle-ci va s'accentuer avec le temps étant donné que le flux via l'escalier est plus faible que le flux via le couloir.

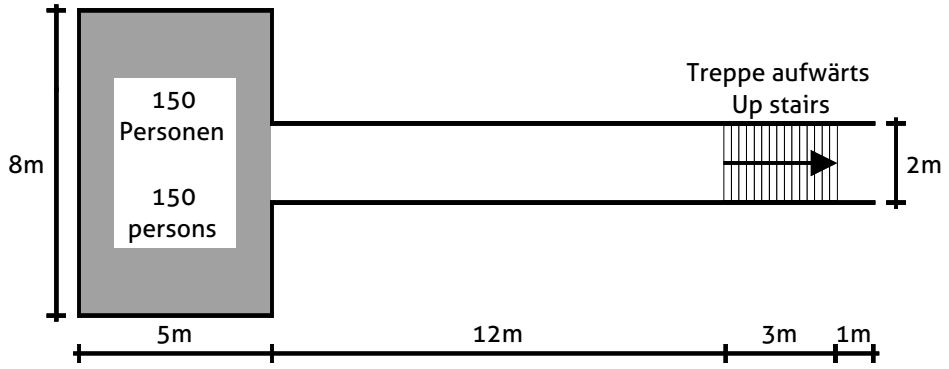


Abbildung 11: Rettungsweg über Treppe
Illustration 11: Voie de sauvetage via un escalier

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Test 14 Routenwahl

Startbereich (in der nachfolgenden Abbildung 12 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.

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").

Test 14 Choix du parcours

La zone de départ (représentée par la mention « Départ » dans l'illustration 12 ci-après) et la zone d'arrivée (« Arrivée ») sont reliées par deux escaliers (gris foncé) et un couloir au rez-de-chaussée et par un couloir (plus long) à l'étage.

Les piétons empruntent-ils un chemin plus court via un autre étage ou restent-ils sur le chemin le plus long sur un même étage ? (documenter : « court », « long », « mixte » ou « configurable »).

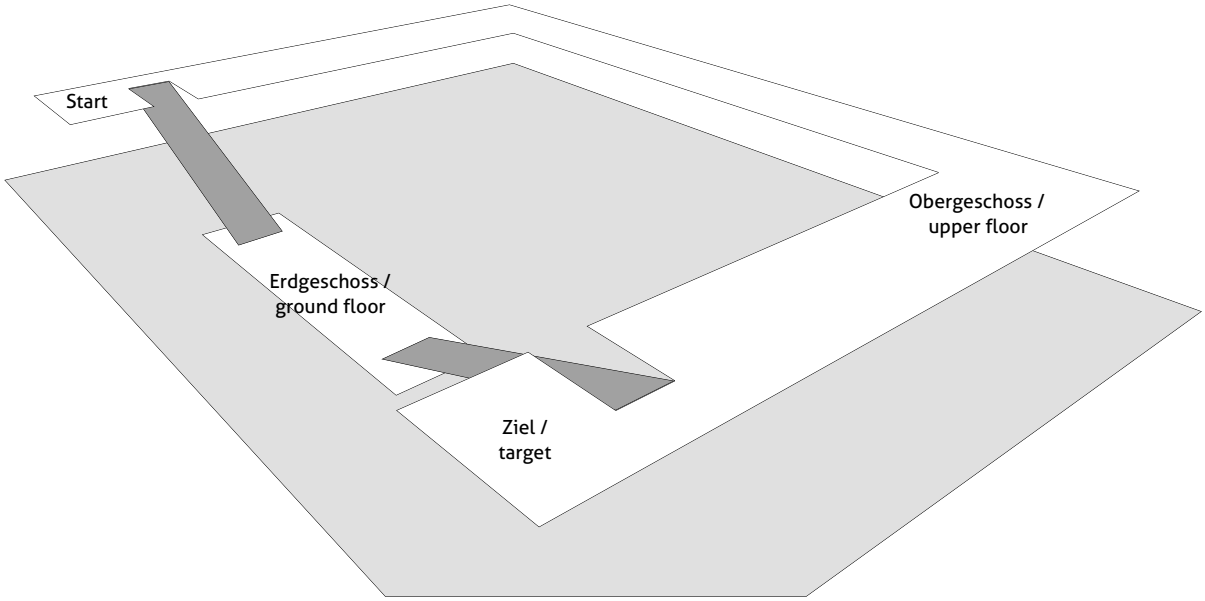


Abbildung 12: Konfiguration für Test 14
Illustration 12: Configuration pour test 14

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Test 15 Bewegung einer großen Menge Fußgänger um eine Ecke

Mit Test 15 soll aufgezeigt werden, in wie weit die Bewegung von Personen um eine Ecke einen Einfluss auf die berechnete Evakuierungszeit hat. Nähere Hintergrundinformationen können aus den Veröffentlichungen[17] und [18] entnommen werden.

Konstruiere drei Geometrien wie in Abbildung 13 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 Geometrien identisch sind. Das Ziel ist der mit „Ziel" gekennzeichnete Bereich.

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 längesten Weg. Im Idealfall liegt das Ergebnis der „Ecke" zwischen den beiden Ergebnissen für den geraden kürzesten bzw. längsten Weg.

Test 15 Franchissement d'un coin par un grand nombre de piétons

Le test 15 vise à mettre en évidence dans quelle mesure le franchissement d'un coin par des personnes influence le temps d'évacuation calculé. Des informations de base plus précises se trouvent dans les publications [19] et [20].

Construire trois géométries comme représenté dans l'illustration 13. 500 personnes se trouvent dans la zone de départ (« Départ »). Cette zone doit être réalisée en fonction du programme choisi. Le même groupe doit être choisi pour chaque géométrie de sorte que les conditions de sortie sont identiques pour les trois géométries. L'objectif est la zone identifiée par la mention « Objectif ».

À travers la comparaison des résultats (durée nécessaire jusqu'à ce que toutes les personnes aient atteint l'objectif), il est possible de déterminer dans quelle mesure un coin a une influence sur le résultat de la simulation, étant donné que l'illustration de droite représente le chemin le plus court et celle de gauche le chemin le plus long. Idéalement, le résultat du « coin »se situe entre les deux résultats du chemin droit le plus court ou le plus long.

[17] 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
[18] 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.
[19] 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
Des expériences à plus grande échelle sur ce phénomène ont toutefois été menées dans le cadre du projet BaSiGo, de sorte que des données empiriques sont attendues dans un avenir proche lorsqu'il sera publié.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

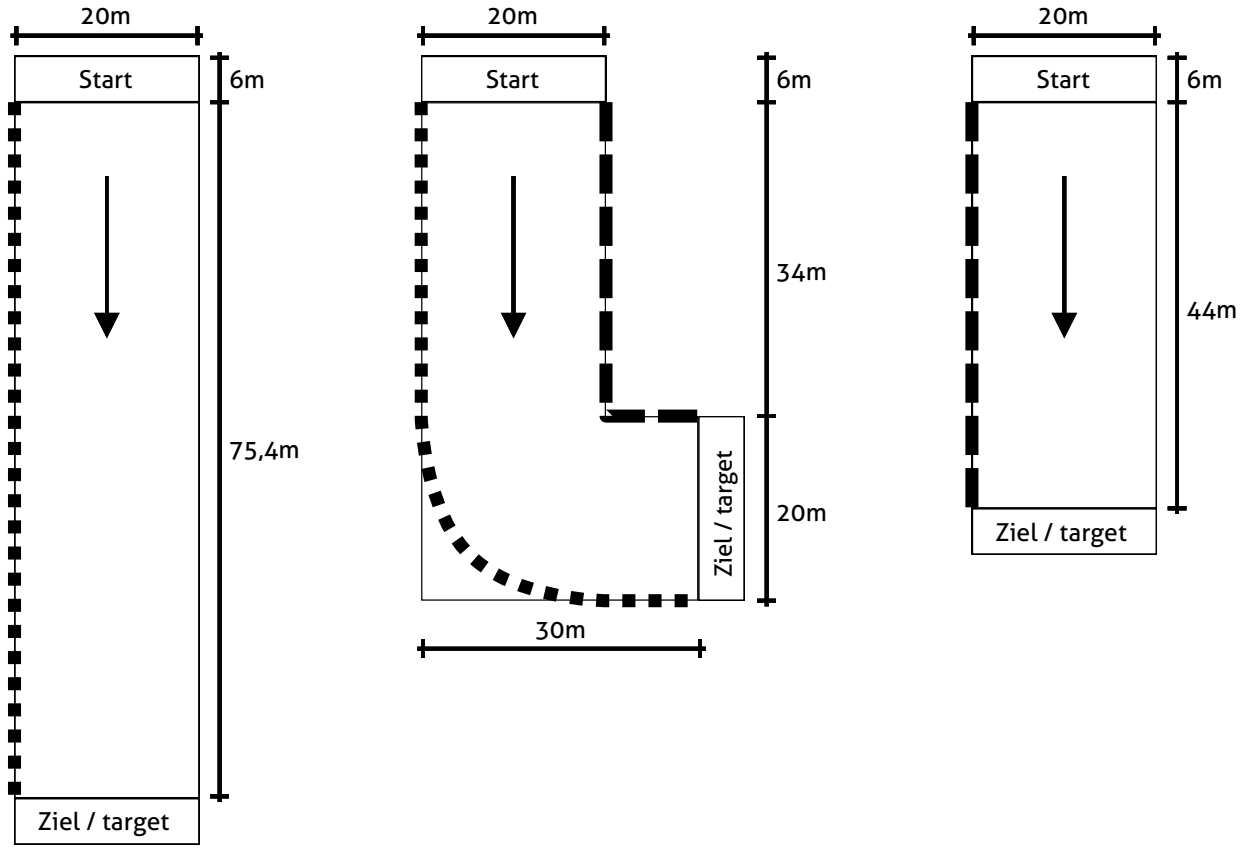


Abbildung 13: Einfluss einer Ecke auf die Evakuierungszeit. Die Linien mit gleicher Darstellung (gepunktet und gestrichelt) stellen jeweils die gleiche Weglänge in den unterschiedlichen Konfigurationen dar.

Illustration 13: Influence d'un coin sur le temps d'évacuation. Les lignes avec un style identique (en pointillés et discontinues) représentent toujours la même longueur de che min dans les différentes configurations.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

A 5 Quantitative Verifizierung

Quantitative Verifizierung beinhaltet den Vergleich von Modellvorhersagen mit zuverlässigen Daten aus Evakuierungsübungen. Zum jetzigen Entwicklungszeitpunkt sind nicht genügend zuverlässige experimentelle Daten vorhanden, um eine gründliche quantitative Verifizierung von Entfluchtungsmodellen zu erlauben. Solang bis solche Daten verfügbar werden, werden die ersten drei Komponenten des Verifizierungsprozesses als ausreichend betrachtet.

A 5 Vérification quantitative

La vérification quantitative comprend la comparaison de prédictions de modèles avec des données fiables provenant d'exercices d'évacuation. Au stade actuel du développement, il n'y a pas suffisamment de données expérimentales fiables pour autoriser une vérification quantitative approfondie de modèles d'évacuation. Jusqu'à ce que de telles données soient disponibles, les trois premiers composants du processus de vérification sont considérés comme suffisants.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Anhang 2: Verteilung der individuellen Reaktionsdauern

Die Verteilung der individuellen Reaktionsdauern erfolgt in leicht abgewandelter Form entsprechend der 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.

Annex 2: Répartition des temps de réaction individuels

La répartition des temps de réaction individuels se fait de manière légèrement différente conformément aux études de Purser [5]. Les temps de réaction sont répartis uniformément ou normalement entre une valeur minimale et une valeur maximale et dépendent des caractéristiques des personnes, de la nature du système d'alarme, de la complexité du bâtiment et du type de gestion de la protection incendie

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

Tabelle 4: Kategorisierung nach Gebäudeart und der daraus folgenden Personencharakteristik

Catégorie	Vigilance	Familiarité	Densité	Type d'utilisation
A	éveillé	familiarisé	faible	Bureaux, artisanat, industrie
B	éveillé	non familiarisé	élevé	Commerces, restaurants, lieux de rassemblement
C(a)	endormi	familiarisé	faible	Appartements
C(b)	accompagné	accompagné	faible	Appartements
C(c)	endormi	non familiarisé	faible	Hôtels, auberges
D	surveillé médicalement	non familiarisé	faible	Hôpitaux, EMS
E	Transport	non familiarisé	élevé	Infrastructures de circulation

Tableau 4: Catégorisation en fonction du type de bâtiment et des caractéristiques des personnes qui en découlent

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Kategorie	Alarmierungssystem
A1	Automatisches Brandmeldesystem mit sofortiger Alarmierung der betroffenen Bereiche.
A2	Zweistufiges automatisches Brandmeldesystem mit sofortiger Alarmierung einer Zentrale und nachgeschalteter zeitverzögerter Alarmierung der betroffenen Bereiche.
A3	Keine oder nur lokale automatische Brandmeldung.

Tabelle 5: Kategorisierung der Alarmierungssysteme

Catégorie	Système d'alarme
A1	Système automatique de détection d'incendie avec transmission d'alarme immédiate pour les zones concernées.
A2	Système automatique de détection d'incendie à deux niveaux avec transmission d'alarme immédiate à une centrale et transmission d'alarme temporisée pour les zones concernées.
A3	Aucune transmission d'alarme automatique ou uniquement détection d'incendie automatique locale.

Tableau 5: Catégorisation des systèmes d'alarme

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.

Tabelle 6: Kategorisierung der Gebäudekomplexität

Catégorie	Complexité du bâtiment
B1	Plan simple, ouvert, un seul étage, sorties directement visibles et menant vers l'extérieur.
B2	Plan simple, plusieurs locaux et plusieurs étages. La construction correspond largement aux prescriptions.
B3	Plan large et complexe.

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Tableau 6: Catégorisation de la complexité du bâtiment

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

Tabelle 7: Kategorisierung des Brandschutzmanagements

Catégorie	Gestion de la protection incendie
M1	Grand nombre de préposés à la protection incendie correctement formés. Système et procédures de sécurité contrôlés de manière indépendante.
M2	Préposés à la protection incendie correctement formés. Système de sécurité non contrôlé.
M3	Les normes minimales sont remplies.

Tableau 7: Catégorisation de la gestion de la protection incendie

Entsprechend der 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:

$$\Delta t_{Reakt} = t_{Reakt,\,max} - t_{Reakt,\,min}$$

Conformément aux catégories présentées ci-dessus, les valeurs minimales et maximales suivantes peuvent être déduites pour la répartition des temps de réaction individuels. L'intervalle entre les temps de réaction individuels s'étend par conséquent entre les valeurs minimales et maximales suivantes :

$$\Delta t_{réact} = t_{réact.\,max.} - t_{réact.\,min.}$$

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Szenario	$t_{Reakt,\ min}$ **[min]**	$t_{Reakt,\ max}$ **[min]**
Kategorie A: wach, vertraut		
M1 B1 – B2 A1 – A2	0,5	1,5
M2 B1 – B2 A1 – A2	1	3
M3 B1 – B2 A1 – A3	(>15)	(>30)
B3: addiere 0,5 min zu $t_{Reakt,\ min}$ und $t_{Reakt,\ max}$ wegen schwierigerer Orientierung		
Kategorie B: wach, unvertraut		
M1 B1 A1 – A2	0,5	2,5
M2 B1 A1 – A2	1	4
M3 B1 A1 – A3	(>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 A1	(5)	(15)
M3 B1 A3	(10)	(>40)
Kategorie C(b): betreute Wohnanlagen		
M1 B2 A1 – A2	(10)	(30)
M2 B2 A1 – A2	(15)	(40)
M3 B2 A1 – A3	(>20)	(>40)
Kategorie C(c): schlafend, unvertraut		
M1 B2 A1 – A2	(15)	(30)
M2 B2 A1 – A2	(20)	(40)
M3 B2 A1 – A3	(>20)	(>40)
B3: addiere 1 min zu $t_{Reakt,\ min}$ und $t_{Reakt,\ max}$ wegen schwierigerer Orientierung		

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

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Scénario	$t_{réact.\ min.}$ **[min]**	$t_{réact.\ max.}$ **[min]**
Catégorie A : éveillé, familiarisé		
M1 B1 – B2 A1 – A2	0.5	1.5
M2 B1 – B2 A1 – A2	1	3
M3 B1 – B2 A1 – A3	(>15)	(>30)
B3 : ajouter 0,5 min. à $t_{réact.\ min.}$ et $t_{réact.\ max.}$ en raison d'une orientation plus difficile		
Catégorie B : éveillé, non familiarisé		
M1 B1 A1 – A2	0.5	2.5
M2 B1 A1 – A2	1	4
M3 B1 A1 – A3	(>15)	(>30)
B2 : ajouter 0,5 min. à $t_{réact.\ min.}$ et $t_{réact.\ max.}$ en raison d'une orientation plus difficile		
B3 : ajouter 1 min. à $t_{réact.\ min.}$ et $t_{réact.\ max.}$ en raison d'une orientation plus difficile		
Catégorie C(a) : endormi, familiarisé		
M2 B1 A1	(5)	(10)
M3 B1 A3	(10)	(>40)
Catégorie C(b) : résidences surveillées		
M1 B2 A1 – A2	(10)	(30)
M2 B2 A1 – A2	(15)	(40)
M3 B2 A1 – A3	(>20)	(>40)
Catégorie C(c) : endormi, non familiarisé		
M1 B2 A1 – A2	(15)	(30)
M2 B2 A1 – A2	(20)	(40)
M3 B2 A1 – A3	(>20)	(>40)
B3 : ajouter 1 min. à $t_{réact.\ min.}$ et $t_{réact.\ max.}$ en raison d'une orientation plus difficile		

Tableau 8: Les valeurs minimale et maximale des répartitions des durées de réaction individuelles résultent des catégorisations citées ci-avant. Les valeurs entre parenthèses indiquent une insécurité plus grande [8]

© 2004 – 2016 RiMEA e.V., www.rimea.de
Lizenz/Licence: CC BY-ND 4.0

Anhang 3: Literaturverzeichnis Annex 3: Bibliographie

[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 Institut 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.