

Berichte des Instituts für Numerische Methoden  
und Informatik im Bauwesen

Band 1/2012

**Puyan Abolghasemzadeh**

**Ganzheitliche, modellbasierte  
Ingenieurmethoden zu hochperformanten  
Sicherheitsanalysen in Gebäuden**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag  
Aachen 2012

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2012

Copyright Shaker Verlag 2012

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-1304-7

ISSN 1860-9430

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

# **Ganzheitliche, modellbasierte Ingenieurmethoden zu hochperformanten Sicherheitsanalysen in Gebäuden**

Puyan Abolghasemzadeh

## **Zusammenfassung der Dissertation**

In einem Brandereignis hat der Personenschutz die höchste Priorität. Dies ist aus den deutschen Gesetzen und Verordnungen über den Brandschutz zu entnehmen. Deshalb soll die Personensicherheit bei der Gebäudeplanung und bei der Durchführung der entsprechenden Maßnahmen durch neuartige, computergestützte Ingenieurmethoden unterstützt werden. Darüber hinaus ist es möglich durch die ganzheitliche, modellbasierte Gebäudeplanung mit BIM die hierbei erforderliche Sicherheitsanalyse in das Gebäudemodell zu integrieren. Bei der Analyse der Personensicherheit in Brandereignissen sind zwei Hauptvorgänge zu erkennen, nämlich "Evakuierung" (Fremdrettung) und "Entfluchtung" (Selbstrettung). Der Einsatz der computergestützten Ingenieurmethoden ist in beiden Vorgängen erforderlich.

In der Dissertation wurde mit MEnSA (Model-based Environment for Safety Analyses) ein Lösungskonzept für eine ganzheitliche, modellbasierte Umgebung zu hochperformanten Sicherheitsanalysen in Gebäuden vorgestellt, welches die Integration der Ingenieurmethoden für Brand- und Entfluchtungssimulation in die digitale Gebäudeplanung realisiert.

Für die Einsatzkräfte bei der Durchführung der Rettungs- und Brandbekämpfungsmaßnahmen ist es wichtig, Informationen über den aktuellen Zustand des Brandes im Gebäude sowie eine Prognose über seine Entwicklung zu erhalten. Hierbei können sie durch numerische Brandsimulationen unterstützt werden. Allerdings müssen solche Simulationen in Echtzeit durchgeführt werden können, was mit dem heutigen Stand der Technik noch nicht möglich ist. Deshalb ist an dieser Stelle erforderlich nach einer Alternativlösung zu suchen, die in einem Ernstfall der Einsatzleitung möglichst genau in "Quasi-Echtzeit" Brandsimulationen zur Verfügung stellt. Durch die neuen Ansätze in MEnSA ist es möglich, während eines realen Brandfalls anhand vorberechneter numerischer Brandsimulationen und spezieller Suchverfahren ein möglichst ähnliches vorsimuliertes Brandszenario in Echtzeit zu finden und dessen Simulationsergebnisse aus einer hierfür vorgesehenen Datenbank abzufragen. Damit ist es möglich, der Einsatzleitung einen Überblick über die aktuelle Situation des Brandes zu verschaffen und ihr die entsprechenden Simulationsergebnisse als eine Prognose über die Weiterentwicklung des Brandes zur Verfügung zu stellen.

Die numerischen Brandsimulationen sind nicht einfach zu konfigurieren und ihre Durchführung beansprucht eine hohe Rechenleistung. Aus diesem Grund wurde der Ansatz für hochperformante, numerische Brandsimulation in MEnSA entwickelt, der durch die Parallelisierung der Simulationsaufgaben auf einem hierfür aufgebauten Simulationscluster realisiert wurde.

Während die Evakuierung ein planbarer Prozess ist, kann der Ablauf der Entfluchtung nicht genau geplant und gesteuert werden. Trotzdem kann in der Planungsphase des Gebäudes durch Einhalten bestimmter Maßnahmen und Durchführung entsprechender Simulationen die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Selbstrettung in einem Brandereignis erhöht werden. Deshalb ist eine sorgfältige Entfluchtungsanalyse durch geeignete Entfluchtungssimulationen

während der Planung eines Bauwerks notwendig. Außerdem muss die Entfluchtungsanalyse die individuellen Eigenschaften der Person sowie den Einfluss von Feuer und Rauch auf ihr Verhalten berücksichtigen. Dies ist in vielen vorhandenen Simulationsprogrammen nicht berücksichtigt. Aus diesen Gründen ist ein neuer Ansatz erforderlich, der in der digitalen Gebäudemodellierung integriert ist und unterschiedliche Aspekte eines mikroskopischen Entfluchtungsprozesses miteinbeziehen kann. Für die Integration der Brandsimulation und Entfluchtungsanalyse in den Planungsprozess wurden in MEnSA die Ansätze des BIM eingesetzt. Dadurch konnte ein spezielles Modul entwickelt werden, welches die erforderlichen Elementklassen im Gebäudemodell erstellt und als eine Schnittstelle zwischen BIM und weiteren MenSA-Modulen dient. Die Entfluchtungsanalyse in MEnSA basiert auf einem neuentwickelten umgebungssensitiven und verhaltensabhängigen Entscheidungsalgorithmus. Dabei werden die Simulationsergebnisse für die Umgebungsbedingungen in Abhängigkeit von Zeit und Raum aus der Szenarien-Datenbank abgerufen, um ein umgebungsbedingte Entscheidungsfindung zu simulieren. Außerdem werden zusätzlich zu den allgemeinen individuellen Personeneigenschaften, wie z. B. Flächenbedarf oder Bewegungsgeschwindigkeit, die Vertrautheit der Person mit dem Bauwerk sowie ihre individuelle Erfahrung über die Fluchtwege im Entscheidungsalgorithmus berücksichtigt. Zudem werden in der neuen Entfluchtungsanalyse durch die permanente Auswertung der potentiellen Fluchtwege die wechselnden Entscheidungen einer Person in einem realen Fall möglichst realitätsnah modelliert.

Die simulierten Brandszenarien sind in dieser Arbeit die Grundlage für das Finden eines ähnlichen Szenarios zum realen Brandfall sowie für die Durchführung einer umgebungssensitiven und verhaltensabhängigen Entfluchtungsanalyse. Deshalb wurden die Simulationsergebnisse in MEnSA in eine relationale Datenbank überführt und für Verwendung durch weitere MEnSA-Module bereitgestellt.

Die Durchführung solch komplexer Systeme, wie MEnSA, ist sehr rechenintensiv und erfordert eine leistungsfähige Systemarchitektur. Aus diesem Grund wurde MenSA auf Soft- und Hardware-Ebene als eine verteilte Systemarchitektur aufgebaut, welche auf vier Rechnerknoten verteilt ist und ein Client-Server-Modell mit mehreren Softwaremodulen beinhaltet. Die Hälfte der MEnSA Rechnerknoten sind autonom und werden nicht direkt von einem Benutzer bedient, was eine Steuerung der Ereignisse sowie geregelte Datenübertragung zwischen einzelnen Knoten erfordert. Diese Aufgabe wird in MEnSA durch ein spezielles Modul übernommen, welches ein Bündel von unterschiedlichen Einzelskripten ist.

Die Softwaremodule von MEnSA wurden prototypisch umgesetzt und auf dessen verteilten Hardwarearchitektur durch verschiedene Anwendungsszenarien getestet. Dabei wurden verschiedene Testfälle entwickelt, um die Besonderheiten der MEnSA-Softwaremodule zu verdeutlichen.

Mit den in der Dissertation vorgestellten Ingenieurmethoden kann der Prozess zur Entscheidungsfindung während eines Einsatzes durch neue IT-Methoden unterstützt werden. Des Weiteren kann der Architekt bzw. der Brandschutzplaner bereits während der Planung eines Bauwerks durch die Integration der Brand- und Entfluchtungssimulation in die digitale Gebäudemodellierung die Tauglichkeit seines Konzeptes überprüfen, um eventuelle Schwachstellen im Konzept zu identifizieren und zu beheben. Damit leistet diese Dissertation einen Beitrag zur Qualitätserhöhung bei der Durchführung von Rettungs- und Brandbekämpfungsmaßnahmen sowie im Entwurf von Sicherheitskonzepten für Bauwerke im Brandfall.