

# Hermes – Erforschung eines Evakuierungsassistenten für den Krisenfall bei Großveranstaltungen

Stefan Holl, Armin Seyfried, Maik Boltes

Jülich Supercomputing Centre  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
52425 Jülich, Germany  
st.holl@fz-juelich.de  
a.seyfried@fz-juelich.de  
m.boltes@fz-juelich.de

**Abstract:** Das vom Bundesministerium für Forschung und Bildung geförderte Forschungsprojekt Hermes soll die Sicherheit der Personen in großen, multifunktionalen Bauwerken wie auch bei Großveranstaltungen im Freien durch die Erforschung eines Evakuierungsassistenten verbessern. Ziel des Projektes ist es, Echtzeit-Simulationen für bis zu 60.000 Personen durchzuführen und den Einsatzkräften von Polizei, Feuerwehr und Sicherheitsdienst eine Prognose zur Verfügung zu stellen, an welchen Stellen es in den nächsten Minuten zu gefährlichen Stauungen kommen wird. An dem interdisziplinären Forschungsvorhaben mit einer dreijährigen Laufzeit sind Partner aus Forschung und Wirtschaft sowie die vor Ort verantwortlichen Einsatzkräfte beteiligt. Im Mai 2011 wird die Testphase in der ESPRIT Arena in Düsseldorf beginnen.

## 1 Motivation

Der Trend zu großen, multifunktionalen Bauwerken wie auch die zunehmende Anzahl von Großveranstaltungen im Freien stellt neue Anforderungen an die Qualität der Sicherheitskonzepte. Im Notfall ist es erforderlich, dass alle anwesenden Personen den Gefahrenbereich schnell verlassen können. Zwar wird dies im Regelfall durch Anwendung der rechtlichen Vorgaben gewährleistet, bei Überbelegungen oder Ausfall einzelner Rettungswege kann es jedoch zu gefährlich hohen Personendichten und lang anhaltenden Stauungen kommen.

Die Erfahrung der Einsatzkräfte vor Ort zeigt, dass es bei Großveranstaltungen kaum möglich ist, die Anzahl der Personen in einem Bereich zuverlässig festzustellen. Für die Sicherheit der Menschen ist es daher erforderlich, neue Strategien und Hilfsmittel zu entwickeln, welche sowohl die Anzahl der anwesenden Personen erfassen als auch die optimale Räumung eines Gefahrenbereichs unterstützen können.

## 2 Konzept des Evakuierungsassistenten

Der Evakuierungsassistent basiert auf einer Echtzeit-Simulation der Personenströme, bei welcher neben den geometrischen Randbedingungen auch die aktuellen Daten der automatischen Personenzählanlage sowie bei Veranstaltungen in Gebäuden die Informationen des Gefahrenmanagementsystems berücksichtigt werden. Die Ergebnisse der Evakuierungssimulation werden durch ein Kommunikationsmodul visualisiert. Den Einsatzkräften von Polizei, Feuerwehr und Sicherheitsdienst steht damit eine aktuelle Prognose zur Verfügung, an welchen Stellen es innerhalb der nächsten Minuten zu gefährlichen Stauungen kommen kann.

Für das Forschungsvorhaben konnte der Betreiber der ESPRIT Arena in Düsseldorf als Kooperationspartner gewonnen werden. Am Beispiel dieser Multifunktionsarena mit einer Kapazität für bis zu 66.000 Zuschauer soll gezeigt werden, wie bei Großveranstaltungen die Menschenmassen unter Berücksichtigung der konkreten Gefahrenlage so geführt werden können, dass eine bestmögliche Ausnutzung der Rettungswege erreicht wird. Ab November 2010 soll der Evakuierungsassistent in die ESPRIT Arena eingebaut und ab Mai 2011 in einer halbjährigen Testphase hinsichtlich seiner Funktion und seines Nutzens überprüft werden.

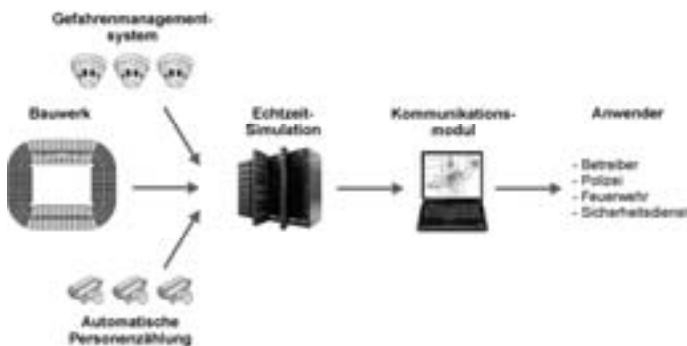


Abbildung 1: Prinzip des Evakuierungsassistenten

## 3 Berücksichtigung aktueller Daten

Für die Echtzeit-Simulation der Personenströme stehen dem Evakuierungsassistenten aktuelle Daten aus der automatischen, videobasierten Personenzählanlage zur Verfügung. Das Bauwerk wird hierfür in Zählbereiche unterteilt, an deren Übergängen Videokameras mit einer integrierten Rechner-Einheit (embedded system) installiert sind. Die Rechner-Einheit wird zur Identifikation von Personen innerhalb der Videobilder genutzt. Damit brauchen von den Kameras statt der datenintensiven Videosignale ausschließlich die relevanten über ein definiertes Zeitintervall integrierten Zählwerte für die jeweilige Laufrichtung übertragen werden. Die Information über die aktuellen Belegungszahlen

steht den Anwendern unmittelbar zur Verfügung und fließt gleichzeitig in die Evakuierungssimulation ein.

Der Zustand des Bauwerks wird durch das vorhandene Gefahrenmanagementsystem erfasst. Über die Brand- und Gefahrenmeldeanlage sowie ggf. durch manuelle Eingabe seitens der Anwender steht dem Evakuierungsassistenten die Information über die Nutzbarkeit von Bereichen, Türen etc. zur Verfügung.

## **4 Modellierung, Simulation und Parallelisierung**

Die der Räumungsprognose zu Grunde liegenden Simulationen basieren auf einer Kombination aus „makroskopischem“ Netzwerkmodell [SNS10] und „mikroskopischen“ Modellen der Fußgängerdynamik. Bei den mikroskopischen Modellen kommen sowohl Zellularautomaten wie auch raumkontinuierliche Modelle zum Einsatz.

Das Jülich Supercomputing Centre am Forschungszentrum Jülich hat die Aufgabe übernommen, die raumkontinuierlichen Modelle der Fußgängerdynamik, in welchen die individuelle Bewegung der Personen anhand eines Systems gekoppelter Differentialgleichungen berechnet wird, weiter zu entwickeln [C09, PS10]. Im Ansatz ähneln diese Modelle denen der Molekulardynamik. Fußgänger werden allerdings als selbstgetriebene Teilchen in einem kontinuierlichen Raum dargestellt, in welchem sie untereinander und mit der Raumgeometrie (Wände, Türen, Hindernisse etc.) wechselwirken.

Bisherige Forschungen in diesem Gebiet konzentrierten sich auf die qualitative Reproduktion von Selbstorganisationsphänomenen, wie die Linienbildung in Engstellen oder bidirektionalen Personenströmen und sind bis heute nur ansatzweise validiert. Teilziel des Forschungsprojektes Hermes ist es, die bisherigen Ansätze zur Modellierung der Fußgängerdynamik soweit zu entwickeln, dass Personenströme in beliebigen Anlagentypen (Flure, Treppen, Engstellen etc.) nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ richtig beschrieben werden. Bislang liegt jedoch noch keine ausreichende und widerspruchsfreie experimentelle Datenbasis vor [S09].

Um zuverlässige Daten für die Kalibrierung und Validierung der Modelle zur Verfügung zu haben, führen die Universität Wuppertal, die Universität zu Köln und das Forschungszentrum Jülich bereits seit 2005 Experimente unter Laborbedingungen durch [Se05, Se08, Se09]. Im Projekt Hermes wurden diese Arbeiten durch Experimente in der ESPRIT Arena sowie der Messe Düsseldorf, an denen bis zu 350 Probanden mitgewirkt haben, fortgeführt. Durch den Einsatz eines am Forschungszentrum Jülich entwickelten Verfahrens zur automatischen Extraktion von Trajektorien (Raum-Zeit-Kurven) aus Videodaten [B10] ist es möglich, die individuellen Laufwege jeder einzelnen Person zu beschreiben. Die Trajektorien liefern uns die Grundlage für die Optimierung und Verifizierung der verwendeten Modelle.



Abbildung 2: Automatische Extraktion der Trajektorien

Für die Analyse der experimentellen Daten konnte zusätzlich ein neues Messverfahren entwickelt werden, welches auf einer Voronoi-Zerlegung des Raumes beruht [SS10, LSS10]. Dieses Verfahren ermöglicht es, Daten aus Experiment und mikroskopischer Simulation zu vergleichen.

Wesentlicher Baustein für die Realisierung des Evakuierungsassistenten ist die effiziente Implementierung der Simulationsmodelle [Se10]. Die Laufzeitanforderungen an eine Simulation schneller als Echtzeit für mehr als 60.000 Personen in einer komplexen Geometrie machen den Einsatz modernster Prozessortechnologie wie System-on-Chip (SoC) und Fließkommabeschleuniger unabdingbar. Die Nutzung von Nehalem-Prozessoren verspricht, eine entsprechende Beschleunigung der Simulationen zu ermöglichen. Allerdings müssen die üblichen Parallelisierungskonzepte aus der Molekulardynamik hierfür erweitert und an die verwendete Systemarchitektur angepasst werden. Der parallele Einsatz mehrerer solcher Systeme ermöglicht schließlich eine automatisierte Abschätzung der Zuverlässigkeit der Vorhersagen. Darüber hinaus soll eine automatische Anpassung der Simulation anhand der realen Personenzählung erfolgen.

## 5 Input/Output über das Kommunikationsmodul

Entscheidend für den Nutzen und die Akzeptanz des Evakuierungsassistenten ist die Aufbereitung der berechneten Informationen für die verantwortlichen Einsatzkräfte. Im Projekt Hermes ist geplant, einen Front-End-Rechner im Bereich der „Skybox“<sup>1</sup> der ESPRIT Arena zu installieren. In einem speziell eingerichteten Lagebesprechungsraum werden die Informationen aus dem Evakuierungsassistenten auf einem großformatigen Bildschirm visualisiert. Ein speziell ausgebildeter Operator hat zusätzlich die Möglichkeit, über das Kommunikationsmodul manuelle Eingaben in den Evakuierungsassistenten vorzunehmen oder – bspw. bei einer spontanen Lageänderung – den aktuellen Simulationslauf abzubrechen und eine neue Simulation mit aktualisierten Randbedingungen zu starten.

## 6 Kooperationspartner im Projekt Hermes

- Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich Supercomputing Centre (JSC), Verbundkoordination
- Bergische Universität Wuppertal, Abteilung Bauingenieurwesen, Lehrstuhl für Baustofftechnologie und Brandschutz
- Imtech Deutschland GmbH & Co. KG
- Multifunktionsarena Immobiliengesellschaft mbH & Co. KG (ESPRIT Arena)
- PTV Planung Transport Verkehr AG
- TraffGO HT GmbH
- Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Geographisches Institut
- Universität zu Köln, Institut für Theoretische Physik
- Vitracom AG
- Feuerwehr Düsseldorf
- Landesamt für Zentrale Polizeiliche Dienste NRW und Polizeipräsidium Düsseldorf
- Special Security Service SSSD GmbH

---

<sup>1</sup> In der Skybox befinden sich die Räume für die Entscheidungsträger der Einsatzkräfte, den Stadionsprecher etc. Von der Skybox aus ist der gesamte Innenbereich der Arena überschaubar.

## Literaturverzeichnis

- [B10] Boltes, M. et al.: Automatic Extraction of Pedestrian Trajectories from Video Recordings. In (Schreckenberg, M. et al. Hrsg.): Pedestrian and Evacuation Dynamics 2008, Springer, Berlin, 2010, 43-54
- [C09] Chraïbi, M. et al.: Quantitative Description of Pedestrian Dynamics with a Force-based Model. 2009 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, 2009, 3, 583-586
- [LSS10] Liddle, J.; Seyfried, A; Steffen, B.: Analysis of bottleneck motion using Voronoi diagrams. Contribution to the PED 2010, Washington, March 2010
- [PS10] Portz, A.; Seyfried, A.: Analyzing Stop-and-Go Waves by Experiment and Modeling. Pedestrian and Evacuation Dynamics 2010 (to appear)
- [S09] Schadschneider, A. et al.: Evacuation Dynamics. Empirical Results: Modeling and Applications. In (Meyers, R. A. Hrsg.): Encyclopedia of Complexity and System Science, Springer, Berlin, 2009, 5, 3142-3176
- [Se05] Seyfried, A. et al.: The fundamental diagram of pedestrian movement revisited. J. Stat. Mech., 2005, P10002
- [Se08] Seyfried, A. et al.: Enhanced empirical data for the fundamental diagram and the flow through bottlenecks. In (Schreckenberg, M. et al. Hrsg.): Pedestrian and Evacuation Dynamics 2008, Springer, Berlin, 2010, 145-156
- [Se09] Seyfried, A. et al.: New insights into pedestrian flow through bottlenecks. Transportation Science, 2009, 43, 395-406
- [Se10] Seyfried, A. et al.: Runtime Optimization of Force Based Models within the Hermes Project. Pedestrian and Evacuation Dynamics 2010 (to appear)
- [SNS10] Schomborg, A; Nökel, K.; Seyfried, A.: Evacuation Assistance for a Sports Arena Using a Macroscopic Network Model. Pedestrian and Evacuation Dynamics 2010 (to appear)
- [SS10] Steffen, B.; Seyfried, A.: Methods for measuring pedestrian density, flow, speed and direction with minimal scatter. Physica A, accepted for publication, <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2009.12.015> (2010).