

# Personenbewegungen exakt erfassen

Von Alex Schmid\*

**Die Bewegung von Personen, ob Fussgänger in öffentlichen Räumen und Grossgebäuden oder Passagiere in Bahnhöfen und Flughäfen, gehört zu den zentralen Elementen der Auswirkungen der Bautechnik. Trotzdem fehlten bisher effiziente Instrumente, um Personenbewegungen untersuchen zu können. Die agentenbasierte Simulationssoftware «SimWalk» eröffnet hier neue Möglichkeiten.**

Obwohl fast alle ingenieurtechnischen Bauten – Gebäude, Räume, Brücken, Tunnel – etwas mit Menschen und Personenbewegungen zu tun haben, ist die Personenbewegung bisher nur beschränkt in die Evaluation von bautechnischen Fragen einbezogen worden. Ein Grund liegt in der Komplexität des menschlichen Laufverhaltens, das nicht nur von physikalischen Faktoren, sondern auch von «weichen» Faktoren wie Zielen, Kommunikation und Emotionen beeinflusst wird.

## Objektorientierte Agententechnologie

Traditionell wird die Analyse von Personenbewegungen entweder über analytische Erfahrungswerte wie Durchlasskapazitäten oder durch Strömungssimulationen vorgenommen. Aber mit diesen Methoden können keine realistischen Abbildungen des menschlichen Bewegungsflusses erreicht werden.

Erst mit der objektorientierten Softwareprogrammierung und im engeren Sinn der Programmierung von Softwareagenten steht jetzt eine Technologie zur Verfügung, bei der jeder Fussgänger einzeln mit personenspezifischen Eigenschaften wie Wegzielen, Alter oder individueller Geschwindigkeit simuliert werden kann, und dies in normalen Situationen auf der Strasse oder in Ausnahmesituationen wie Gebäudeevakuierungen. Durch die Interaktion der Fussgänger mit der entsprechenden Umgebung – Verkehr, Gebäude oder Bauten – und den anderen Fussgängern zeigen sich unter Umständen in der Simulation gefährliche Personendichten an be-



*Mit der Simulationssoftware «SimWalk» kann die Auswirkung der Raumstruktur auf das Fussgängerverhalten untersucht werden.*

stimmten Stellen, die analysiert und in weiteren Simulationsläufen geprüft werden können. Mit den Ergebnissen ist der Ingenieur oder Architekt dann in der Lage, bestehende oder geplante Bauprojekte auf ihre Personentauglichkeit zu überprüfen und unter Umständen entsprechende Änderungsmassnahmen vorzunehmen.

Grundlage für Personensimulationen sind empirische Daten über das durchschnittliche Fussgängeraufkommen in dem zu untersuchenden Raum, damit eine realitätsnahe Simulation erreicht werden kann. Zudem sind Daten über die Zusammensetzung der Personen oder Fussgängertypen von Vorteil, zum Beispiel die geschätzte oder gemessene Altersverteilungen für die Bestimmung der Gehgeschwindigkeit. Die Umgebung kann direkt als CAD-Vorlage in das Programm übernommen werden. Aufgrund der Umgebungsdaten und der empirischen Daten ist es dann möglich, die Fussgänger (Agenten) zu generieren, ihnen Start- und Zielpunkte zuzuordnen sowie die Eigenschaften zu bestimm-

men wie Gehgeschwindigkeit, Anzahl der Agenten und weitere Faktoren. Es ist aber auch möglich, den Agenten gewisse Entscheidungen zu überlassen – beispielsweise einen nicht überfüllten Ausgang zu wählen.

## Komplexe Algorithmen

Da es sich bei der Personenbewegung um ein vielschichtiges Verhalten handelt mit entsprechender Komplexität der abbildenden Algorithmen, ist die Performance der Simulation entscheidend von der Zahl der Agenten und deren Eigenschaften abhängig. Mittlere Szenarien von bis zu 5000 Agenten sind dabei noch im Minutenbereich auf einem modernen PC simulierbar. Bei grösseren Szenarien muss die Rechenkapazität entsprechend angepasst werden. Der «SimWalk»-Fussgängeralgorithmus, ursprünglich am Institut für Computerwissenschaft der ETH entwickelt, basiert grundsätzlich auf zwei Kraftmechanismen. Die virtuellen Fussgänger oder Softwareagenten werden auf ihrem Weg zum Ziel einerseits von einer vir-



Grafische Darstellung der Fussgänger in einer Simulation des Umsteigeverhaltens im Bahnhof Wetzikon im Zürcher Oberland.

tuellen «Kraft» der anderen Personen beeinflusst, sodass sie diesen auszuweichen versuchen, und sie reagieren auf den «Druck» von Objekten und weichen diesen ebenfalls aus, so wie es in der Realität der Fall ist. Zudem versuchen sie, zwischen dem Start- und Zielpunkt den kürzesten Weg zu finden. Dadurch entstehen je nach Eigenart der Umgebung, der Objekte und der Anzahl anderer Fussgänger unterschiedliche Simulationsszenarien und Resultate. Im Gegensatz zur Modellierung mit zellulären Automaten, die zum Teil in der Fussgängersimulation ebenfalls eingesetzt werden, bewegen sich die Personen in diesem Kraftmodell nicht diskret im Raum, das heisst sprunghaft von einer Raumzelle zur nächsten, sondern kontinuierlich im Raum, was eine realistische Darstellung der Personenbewegung erlaubt.

Doch welche Analysewerte können aus einer Personensimulation gewonnen werden? Die Personendichte ist die zentrale Analysegrösse der Personensimulation. Sie gibt Aufschluss darüber, wo aufgrund der Raumstruktur und des Personenaufkommens potenziell gefährliche Engpässe auftreten könnten. Neben Dichteanalysen sind Wegzeiten, Raumnutzung und Personenzählung an ausgesuchten Orten weitere Analysemöglichkeiten, die mit der Software möglich sind. Die Daten je-

der einzelnen Person wie auch von Agentengruppen können numerisch oder grafisch dargestellt und auch direkt nach Excel exportiert und dort weiter verarbeitet werden.

### Realistische Personenbewegungen

Wie bei allen Simulationen ist auch bei der Personensimulation die Validation, das heisst die Überprüfung, ob das Simulationsmodell das abgebildete System oder Verhalten realistisch abbildet, von zentraler Bedeutung. In der Personensimulation sind sowohl Makrovalidation wie auch Mikrovalidation möglich. Makrovalidation vergleicht die Grossstrukturen des Modells und der Realität, beispielsweise das reale Verhalten der Fussgängerströme im Zürcher Shopville und das Fussgängerverhalten in der Simulation. Die Mikrovalidation dagegen untersucht eher kleinräumiges Verhalten wie Dichten vor Objekten in der Realität und in der Simulation oder Wegzeiten einzelner Agenten.

In laufenden und bereits abgeschlossenen Projekten wird der Fussgängeralgorithmus von «SimWalk» validiert, insbesondere im Bereich der Makrovalidation hat sich die realitätsnahe Abbildung des Fussgängerverhaltens gezeigt. In der Simulation bildet sich aus den virtuellen Personenströmen wie in der Realität die aus der Fussgängerforschung bekannte Linienformation, eine «automatische» Richtungstrennung der Personenströme, bei der die Fussgänger der jeweiligen Richtung mehr oder weniger in einer Linie hintereinander her gehen. Die wachsende empirische Forschung zum Fussgängerverhalten, was Gehgeschwindigkeiten und Gehverhalten bei normalen Verhältnissen oder Evakuationen betrifft, liefert einen zusätzlichen Fundus für Validationen und die Parameterwahl in konkreten Fussgängersimulationen.

### Fussgängersimulation für Ingenieure und Architekten

«SimWalk» ist explizit konzipiert als Anwendersoftware für Ingenieure und Architekten,

die nicht schon über breite Simulations- oder Fachkenntnisse im Fussgängerbereich verfügen. Das User Interface, die Generierung und Positionierung der Agenten/Fussgänger wie auch das Setzen der Parameter sind intuitiv und einfach zu handhaben. Das Ziel der Weiterentwicklung von «SimWalk» ist in diesem Sinn auch auf die Befähigung des Anwenders angelegt, Fussgängersimulationen ohne die Hilfe einer spezialisierten Fachperson durchführen zu können. Eine Fussgängerdatenbank mit Daten und Ergebnissen der Fussgängerforschung der letzten zwanzig Jahre wird in einer der nächsten Versionen in die Software integriert werden, um dem Anwender einen einfachen Zugriff auf die oft fehlenden Referenzdaten zu ermöglichen (z. B. Gehgeschwindigkeit abhängig vom Alter oder Auswirkungen von Treppen und anderen Hindernissen auf das Laufverhalten).

Der Einsatzbereich von «SimWalk» ist absichtlich breit angelegt und erstreckt sich auf alle Bereiche, in denen die Interaktion von Raum und menschlicher Bewegung eine Rolle spielt. Klassische Anwendungsgebiete sind die Verkehrs- und Stadtplanung, die architektonische Gebäudeoptimierung in Bezug auf Personenströme sowie die Fluchtwegüberprüfung und Evakuationsimulation. «SimWalk» trägt all diesen Bereichen in der weiteren Entwicklung Rechnung durch entsprechende Zusatzmodule; darunter die bereits erwähnte Fussgängerdatenbank. Im Zentrum der Entwicklung steht aber auch die Weiterentwicklung des intelligenten Verhaltens der Fussgänger, was zum Beispiel die Kommunikation untereinander betrifft oder die Fähigkeit, aufgrund von Zeichen und Signalen im Raum Entscheidungen für bestimmte Wege zu fällen. ■

\*Alex Schmid, Geschäftsführer,  
Savannah Simulations AG

Info: Savannah Simulations AG, Alte Dorfstrasse 24, 8704 Herrliberg, Tel. 044 790 17 14, Fax 044 790 17 12, [info@savannah-simulations.ch](mailto:info@savannah-simulations.ch), [www.simwalk.ch](http://www.simwalk.ch)