

<b>Zeitschrift:</b>	Bevölkerungsschutz : Zeitschrift für Risikoanalyse und Prävention, Planung und Ausbildung, Führung und Einsatz
<b>Herausgeber:</b>	Bundesamt für Bevölkerungsschutz
<b>Band:</b>	5 (2012)
<b>Heft:</b>	13
<b>Artikel:</b>	Synthetische Agenten im Einsatz
<b>Autor:</b>	Axhausen, Kay W. / Dobler, Christoph / Kowald, Matthias
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-357947">https://doi.org/10.5169/seals-357947</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

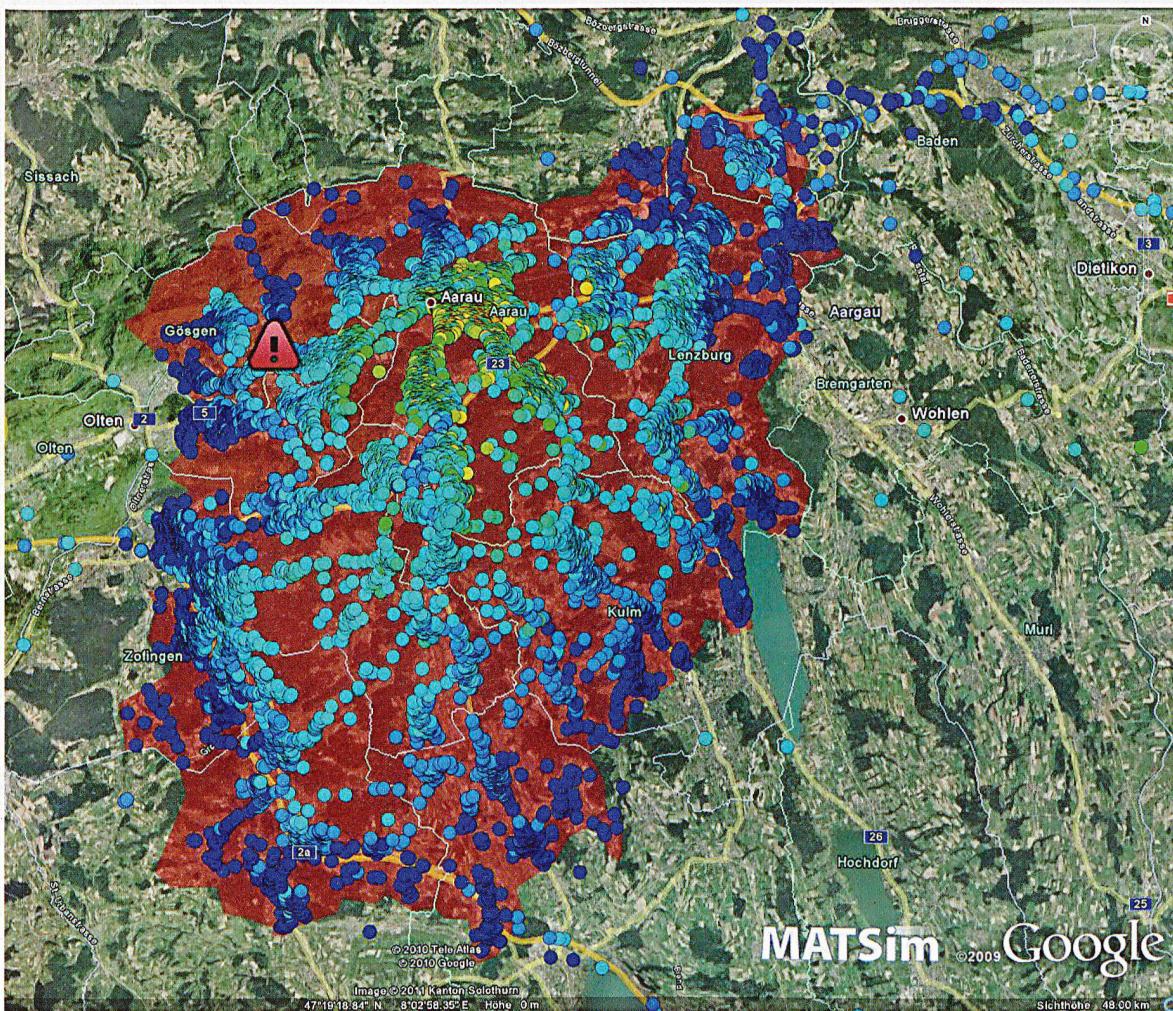
**Download PDF:** 23.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Simulation von Evakuierungen

# Synthetische Agenten im Einsatz

Simulationen sind ein wichtiges Werkzeug für die Planung von Evakuierungen. Im Rahmen eines Projektes des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz BABS entwickelt das Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der Eidgenössischen Technischen Hochschule ETH Zürich ein Modell zur Simulation von grossräumigen Evakuierungen. Ziel ist es, ein flexibles Werkzeug zu schaffen, mit dessen Hilfe Evakuierungen simuliert und untersucht werden können – unabhängig von Ursache und weiteren Rahmenbedingungen wie Wetter oder Zustand der Infrastruktur.



Graphische Darstellung der je nach Abfahrtsort variierenden Evakuierungszeiten.

Um die Verkehrsflüsse bestimmen zu können, die bei einer Evakuierung zu erwarten sind, werden üblicherweise Verkehrssimulationen herangezogen. Verkehrssimulationen werden in erster Linie bei alltäglichen Situationen angewendet – bei Situationen, die regelmässig und wiederholt auftreten. Hierbei kann davon ausgegangen werden, dass die (simulierte) Bevölkerung die Verkehrsflüsse und die damit verbundenen Reisezeiten kennt oder genau abschätzen kann. Basierend auf dieser Annahme kann etwa untersucht werden, welche Auswirkungen eine Umfahrungsstrasse haben wird, wenn sich einige Monate nach deren Fertigstellung die Bevölkerung an die damit verbundenen Änderungen gewöhnt hat.

Ein heute üblicher Ansatz ist die «agentenbasierte Simulation». Dabei wird jede Person eines untersuchten Gebietes durch einen sogenannten Agenten in der Simulation abgebildet. Jeder dieser Agenten hat spezifische Attribute wie Alter, Geschlecht, Führerschein- und Fahrzeugbesitz. Überdies können auf diese Weise auch übergeordnete Strukturen wie Haushalte oder Freundeskreise einbezogen werden. Jeder Agent wird mit einem Tagesplan versehen, der seine Aktivitäten (wie Freizeit und Arbeit) und die Wege zwischen den einzelnen Orten beschreibt. Ein Weg wird beispielsweise durch die Abfahrtszeit, das Verkehrsmittel und die gewählte Route beschrieben. Die Bewegungen der Agenten werden auf einem Verkehrsnetz simuliert, das heute üblicherweise auf einem Navigationsnetz basiert und praktisch jede Strasse des betrachteten Gebietes enthält. Ebenso können reale Gebäude mit ihren Kapazitäten (Anzahl Wohnungen, Parkplätze, Arbeitsplätze usw.) modelliert werden.

#### Schrittweise Anpassung an die Realität

Die Menge der Agenten wird als «synthetische Population» bezeichnet. Das Ziel besteht darin, dass die synthe-

tische Population die reale – und deren Verhalten – möglichst wahrheitsgetreu beschreibt. Um die Agenten zu erzeugen, werden Daten aus Volkszählung und Verkehrstagebüchern (Mikrozensus Mobilität und Verkehr) herangezogen. Kriterien stellen etwa die Menge und Art von Aktivitäten sowie die Verkehrsflüsse auf Strassen dar, für die Verkehrszählungsdaten vorliegen.

Eine weitere, plausible Annahme für die Simulation besteht darin, dass die Bevölkerung sich nach dem Modell des «Homo oeconomicus» verhält und dementsprechend bestrebt ist, ihre Tagespläne möglichst optimal zu gestalten. Ein Agent versucht also, durch geschickte Routenwahl seine Reisezeiten zu minimieren und dadurch mehr Zeit für seine geplanten Aktivitäten zur Verfügung zu haben. Da bei der Erzeugung der Agenten Einflussgrössen wie Verkehrsflüsse oder die Auslastung von Gebäuden noch nicht berücksichtigt werden können, sind auch deren Pläne anfänglich noch nicht optimal. Die Simulation optimiert die Tagespläne und passt dabei etwa die gewählten Routen und die Abfahrtszeiten oder die Orte, an denen Aktivitäten ausgeführt werden, schrittweise an.

#### Evakuierung ist kein Alltagsszenario

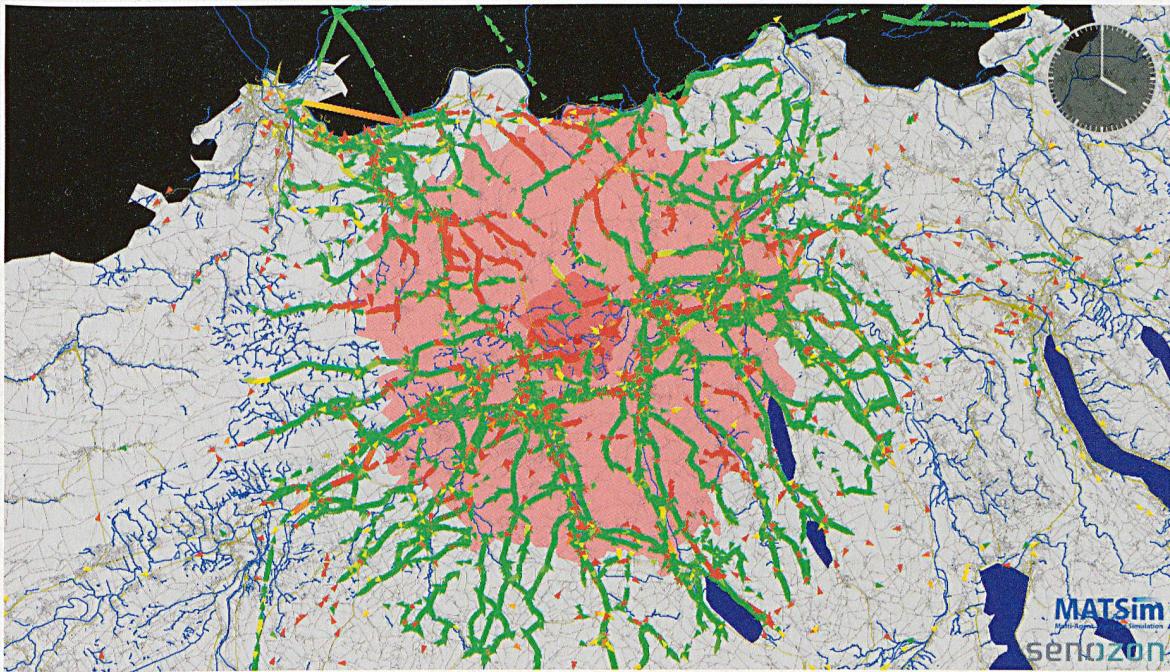
Eine grossräumige Evakuierung ist aber kein Phänomen wie der tägliche Berufsverkehr, der Verkehr fliesst anders als an einem gewöhnlichen Tag. Soll nun anstelle eines Alltagsszenarios eines mit unvorhersehbaren Elementen simuliert werden, so sind einige der oben getroffenen Annahmen nicht mehr zulässig. Im Falle einer Evakuierung verfügt der Agent nur über einen eingeschränkten Wissensstand, über unvollständige oder gar fehlerhafte Informationen. Einige Informationen stammen aus erster Hand, etwa durch eigene Beobachtungen, andere von Verwandten und Freunden oder aus den Medien, manche basieren auf Gerüchten oder Annahmen.

Darüber hinaus enthält ein Evakuierungsszenario weitere Elemente, die in gewöhnlichen Szenarien nicht oder nur eingeschränkt vorhanden sind oder benötigt werden: An erster Stelle ist dabei das Verhaltensmodell der Agenten zu nennen. In einem gewöhnlichen Szenario kann einem Agenten unterstellt werden, unter Berücksichtigung aller notwendigen Informationen einen optimalen Tagesplan zu wählen. Die vergleichsweise schlechte Informationslage bei einer Evakuierung führt nun dazu, dass der Agent entscheiden muss, welchen Quellen er in welchem Ausmass vertraut. Hierbei kann auch berücksichtigt werden, ob eine Person risikofreudig handelt oder Risiken möglichst vermeidet.

Unter Verwendung seiner Informationen und in Abstimmung mit anderen Agenten (Familie, Freunde und Nachbarn) entscheidet der Agent, wie er sich verhalten will. Um die verschiedenen Alternativen gegeneinander abwagen zu können, verwendet er eine sogenannte Nutzenfunktion. Damit bewertet er, vereinfacht gesagt, erreichte

## Evakuierung bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen

Das BABS und die ETH Zürich setzen Simulationen seit 2009 in erster Linie zur Modellierung von grossräumigen Evakuierungen bei KKW-Unfällen ein. Ziel dieser Arbeiten ist es, präzisere Aussagen zum Ablauf und zur Dauer einer solchen Evakuierung machen zu können. Gleichzeitig wird auch das zu erwartende Verhalten der Schweizer Bevölkerung untersucht und in das Simulationsmodell integriert. Die ETH führte 32 Simulationsläufe durch, mit denen verschiedene Evakuierungsabläufe abgebildet werden. So wird etwa variiert, ob die Evakuierung am Tag oder in der Nacht stattfindet, wie der Strassenzustand ist, ob der öffentliche Verkehr seinen Betrieb aufrechterhält oder eingestellt hat oder wie viele Personen panisch reagieren. Nachdem auf Ende Juni 2012 Zwischenresultate vorliegen, werden im zweiten Halbjahr 2012 einzelne Ereignisabläufe nochmals vertieft angeschaut. Ende 2012 soll das Projekt abgeschlossen sein.



Jeder Agent wird in der Simulation als Pfeil dargestellt. Die Farbe eines Pfeils symbolisiert die Geschwindigkeit des Agenten.

Ziele positiv, nicht erreichte negativ. Verglichen mit einem üblichen Szenario ist im Evakuierungsfall eine gänzlich andere Nutzenfunktion notwendig. Faktoren wie vorgegebene Arbeitszeiten werden irrelevant, die Sicherheit von Familienmitgliedern erhält Priorität oder wird gar über das eigene Wohl gestellt.

#### Zerstörte Infrastruktur

Je nach Ursache einer Evakuierung ist häufig auch die Infrastruktur eines Gebietes in Mitleidenschaft gezogen. Nach einem Erdbeben können etwa Straßen unpassierbar sein, Hochwasser führende Flüsse können Brücken wegspülen. Solche möglichen Beeinträchtigungen müssen im betrachteten Gebiet untersucht und das modellierte Netz entsprechend angepasst werden. Ebenso muss die zeitliche Komponente berücksichtigt werden: Im Falle einer Überschwemmung werden etwa die betroffenen Gebiete erst nach und nach überflutet und unpassierbar.

Ein weiteres Element von Evakuierungsszenarien, das in Alltagsszenarien nicht vorkommt, sind Einsatzkräfte und deren Verhalten. Bei der Modellierung muss etwa berücksichtigt werden, in welchem Zeitraum die Einsatzkräfte aktiv werden und welche Massnahmen sie durchführen können. Dabei gilt es zu bedenken, dass es sich um Menschen handelt, die ihre eigenen Familien auch in Sicherheit wissen wollen.

#### Andere Auswertung

Ein letzter Punkt, der Evakuierungssimulationen massgeblich von üblichen Verkehrssimulationen unterscheidet, sind die Analysen der Ergebnisse. Die Auswertungen von

Verkehrssimulationen konzentrieren sich beispielsweise auf den Einfluss von neuen Infrastrukturen und die Analyse der Personen, die davon betroffen sind. Die Planer von Evakuierungen interessieren sich für gänzlich andere Daten. Sie befassen sich mit Fragen wie: Wie lange dauert es, bis die letzte Person das Gebiet verlassen hat? Oder: Wie ist die Verteilung der gewählten Transportmittel? Zur Beantwortung solcher Fragen werden die Ergebnisse einer Simulation auf vielfältige Art und Weise ausgewertet. Daten wie mittlere Reisezeiten und -distanzen oder die prozentuale Nutzung der Verkehrsmittel werden tabellarisch betrachtet. Zur Analyse von Daten im zeitlichen Verlauf, etwa der Anzahl an Personen in dem zu evakuierenden Gebiet, werden für gewöhnlich Diagramme genutzt. Ein ebenfalls nützliches Werkzeug für die Auswertung von Evakuierungssimulationen stellen Animationen dar. Abbildung 2 zeigt ein einzelnes Bild aus einer solchen Animation. Jeder der rund 1,2 Millionen Agenten wird dabei als Pfeil dargestellt. Die Farbe eines Pfeils symbolisiert die Geschwindigkeit des Agenten. Zusätzlich können Filter angewendet werden, etwa um nur bestimmte Verkehrsmittel anzuzeigen. Auf diese Weise kann sehr schnell ein erster Überblick über das Szenario gewonnen werden, um etwa grosse Massenansammlungen oder Engpässe im Straßennetz zu identifizieren.

#### Prof. Dr. Kay W. Axhausen

Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT,  
ETH Zürich

#### Christoph Dobler / Matthias Kowald

Wissenschaftliche Mitarbeiter und Doktoranden am IVT