

Eine agentenbasierte Fußgängersimulation zur Bewertung der Bewegungs- und Nutzungsmuster eines städtischen Platzes

Jonathan Bitsch¹, David Jonietz², Sabine Timpf¹

¹Institut für Geographie, Universität Augsburg · jonathan.bitsch@online.de

²Geographisches Institut, Universität Heidelberg

Zusammenfassung: Öffentliche Anlagen, wie Haltestellen oder Plätze, müssen sich aufgrund gesellschaftlicher Veränderungen und daraus resultierenden wandelnden Ansprüchen im Laufe der Zeit Umbaumaßnahmen unterziehen. Bedingt durch die hohen Kosten ist es wünschenswert die Reaktionen der Nutzer dieser Räume bereits in der Planungsphase abschätzen zu können. Hierfür haben sich in der Vergangenheit agentenbasierte Simulationen bewährt. In dem vorliegenden Beitrag wird daher eine Methodik vorgestellt, welche die Nutzungsmuster eines multifunktionalen, öffentlichen Platzes durch eine Fußgängersimulation modelliert. Auf dieser Basis können Aussagen über das Ausmaß und die räumliche Verteilung möglicher Nutzungskonflikte getroffen werden, aus denen wiederum die Benutzerfreundlichkeit der Anlage abgeleitet werden kann. Die Methodik wird auf das Beispiel des Augsburger Königsplatzes angewandt, für welchen die Situation vor und nach den massiven Umbaumaßnahmen verglichen wird.

Schlüsselwörter: Fußgängersimulation, Agenten, Fußgängermodellierung

Abstract: *From time to time, public areas, like public transport stations or squares, have to transform in order to suit changing social circumstances and the resulting infrastructural requirements. Motivated by high financial costs, it is desirable to evaluate the expected reactions of the users of a site as early as in the planning stage, a purpose for which agent-based simulations have proved to be of high potential in the past. Therefore, this paper presents a method to model usage patterns of a multi-functional public place by simulating pedestrian behavior. This enables to evaluate the amount and spatial distribution of potential usage conflicts, and assess the suitability of the area. The method is applied to the example of the infrastructural situation of the Koenigsplatz in Augsburg, Germany, for which the situation prior to and after massive reconstruction measures is compared.*

Keywords: *Pedestrian simulation, agents, pedestrian modelling*

1 Einleitung und Motivation

Große Bauprojekte werden aufgrund der einhergehenden hohen Kosten in der Öffentlichkeit häufig kritisch betrachtet. Zu unsicher und unklar sind die vermeintlichen Vorteile, die eine infrastrukturelle Umgestaltung mit sich bringt. Daher ist es wichtig, möglichst im Vorfeld, also noch während des Design- und Planungsprozesses, eventuelle Vor- sowie Nachteile einer neuen oder umgestalteten öffentlichen Anlage, wie etwa Parks oder Haltestellen, mittels geographischen Analysen oder Simulationen zu prüfen und darzustellen (STEINITZ 2012). Von hohem Potenzial hierfür ist die Geosimulation, im Besonderen die agentenbasierte Simulation, da hier die Möglichkeit geboten wird extrem hochauflösende Modelle geographischer Phänomene zu entwickeln, welche anschließend zur Planung, Analyse und kritischer Bewertung von alternativen Baukonzepten herangezogen werden können (BENENSON & TORRENS 2005). In diesem Kontext sind häufig das Verhalten von Fußgängern sowie deren zu erwartende Reaktionen auf infrastrukturelle Umgestaltungen im Fokus des Interesses

(TORRENS 2012). Obwohl generell eine Vielzahl an Studien und Ansätzen zur Fußgängersimulation existiert, liegt deren Fokus jedoch meist eher auf der Modellierung von Menschenmengen, Bewegungsmustern in Innenräumen sowie Evakuierungsprozessen in Notfallsituationen (z. B. KLÜGL et al. 2009, TURNER & PENN 2002, DURUPINAR et al. 2008). Weiterhin wird das Verhaltensspektrum der Agenten häufig auf deren bloße physische Bewegung reduziert (ZACHARIAS 2001).

Ein praktisches Beispiel für einen geeigneten Anwendungsfall liefert der Königsplatz in Augsburg, Deutschland, welcher als zentraler Knotenpunkt für den öffentlichen Verkehr erst kürzlich einer massiven Umgestaltung unterzogen wurde. Die Kosten belaufen sich je nach Quelle auf zwischen knapp 45 Mio. € (DAZ-AUGSBURG 2013) und 63 Mio. € (KROG 2013). Die Umbaumaßnahmen wurden hierbei unter anderem mit dem Versprechen nach erleichterten Umsteigeprozessen sowie generell günstigeren Platzverhältnissen begründet (Projekt Augsburg City o. J.).

Diese Aussagen sollen im Rahmen dieser Studie durch eine agentenbasierte Fußgängersimulation überprüft werden. Zu diesem Zweck wird eine Methodik zur Simulation der Nutzung eines multifunktionalen, öffentlichen Platzes entwickelt, welche die Detektion von möglichen Nutzungskonflikten sowie den qualitätsbezogenen Vergleich von alternativen Planungskonzepten ermöglicht. Diese wird am Beispiel des Augsburger Königsplatzes getestet, indem die Simulation auf die bauliche Situation vor und nach dem Umbau angewendet wird und die Ergebnisse zum Schluss miteinander verglichen werden.

Diese Arbeit ist wie folgt strukturiert: Zunächst wird die Methode der Fußgängersimulation anhand selektierter Vorarbeiten diskutiert, bevor die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Methodik präsentiert wird. Anschließend wird diese auf die Fallstudie Königsplatz angewendet sowie die Ergebnisse präsentiert. Im letzten Kapitel wird der gewählte Ansatz diskutiert.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Was sind Agenten?

Ein Software Agent ist ein Automat, welcher in der Lage ist seine Umwelt mittels Sensoren wahrzunehmen und mittels eigenständiger Aktionen entsprechend auf diese einzuwirken. Obgleich es keine allgemeingültige Definition gibt, wird doch meistens eine Fähigkeit zu autonomen und zu einem gewissen Grad rationalen Verhalten vorausgesetzt (RUSSEL & NORVIG 2003).

Als typische Eigenschaften von Agenten speziell im Kontext der Geosimulation wurden genannt: Heterogenität, Proaktivität, Perzeption, Interaktion, Fähigkeit zur Adaption, Erinnerungsvermögen (BENENSON & TORRENS 2005, CROOKS & HEPPENSTALL 2012, ABDOU et al. 2012). So ist es möglich, anders als bei traditionellen makroskopischen Modellierungsmethoden, die einzelnen Akteure im Raum als individuelle Agenten zu modellieren, aus deren mikroskopischem Verhalten sich ein übergeordnetes geographisches Muster ergibt (BENENSON & TORRENS 2005). Hierbei können die Agenten etwa individuelle Menschen, Gruppen von Menschen, Objekte wie Gebäude oder Häuser, Bakterien und Tiere, oder sogar abstrakte Konzepte, wie Ideen oder Trends darstellen (BENENSON & TORRENS 2005, CROOKS & HEPPENSTALL 2012).

2.2 Eigenschaften des Fußverkehrs

Das wichtigste Merkmal eines Fußgängers ist die Fortbewegung. Das Gehen wird zielgerichtet und mit einer mittleren Geschwindigkeit von 1,3 m/s ausgeführt, welche jedoch situationsbedingt zwischen etwa 0,8 m/s und 2,2 m/s schwanken kann (DAAMEN & HOOGENDOORN 2003).

Nach GOFFMAN (1971) untersucht jeder Fußgänger seine Umgebung unterbewusst nach möglichen Hindernissen ab, um diesen gegebenenfalls ausweichen zu können. Dieser Vorgang wird „Scanning“ genannt. Befindet sich ein anderer Akteur in seiner Nähe, überprüft der Fußgänger, ob es zu einer Kollision kommen kann und ändert gegebenenfalls seine Richtung beziehungsweise seine Geschwindigkeit. Das Sichtfeld eines Menschen ist ebenfalls von großer Bedeutung, da dieses bestimmt, was visuell wahrgenommen und worauf folglich reagiert wird. Das menschliche Sichtfeld umfasst etwa 180° (STRASBURGER et al. 2011). Weiterhin besitzt jeder Mensch einen ihn umgebenden Raum, welcher die Distanz zu seinen Mitmenschen reguliert (GOFFMAN 1971). Diese individuelle Zone umgibt den Agent in einem Oval, welches je nach Anzahl weiterer Akteure in der Umgebung und der jeweiligen Situation seine Form und Ausprägung verändert. In Tabelle 1 sind die üblichen Distanzen für intime, persönliche, soziale und öffentliche Zone gelistet.

Tabelle 1: Zonen (GIERATHS & HAGENBROCK 2012) in Anlehnung an HALL (1969)

Zone	Intim	Persönlich	Sozial	Öffentlich
Distanz (cm)	0 – 45	45 – 120	120 – 360	360 und mehr
Beziehung	z. B. Partner	z. B. Freunde	z. B. Fremde	

Weiterhin tendieren Fußgänger ebenfalls dazu, Sicherheitsabstände zu Straßen und Fahrradwegen sowie zu Hindernissen und Hauswänden einzuhalten. BUCHMÜLLER & WEIDMANN (2006) geben hierfür durchschnittliche Werte zwischen 0,4 m und 0,8 m an. Aufgrund bestimmter Systemeigenschaften wie etwa der geringen Geschwindigkeit sowie der physischen Beanspruchung neigen Fußgänger in ihrer Routenwahl dazu, Distanzen möglichst zu minimieren, obwohl Studien hierbei auch Einflüsse der wahrgenommenen Attraktivität und generellen Eignung der Umgebung nachweisen konnten (ÖZER & KUBAT 2007, AGRAWAL et al. 2008). Für die meisten Anwendungen kann jedoch davon ausgegangen werden, dass der möglichst direkte Weg zum Ziel gewählt wird (TORRENS 2012).

2.3 Ansätze der agentenbasierten Fußgängersimulation

Gemäß der Tradition makroskopischer Verkehrsmodelle wurde auch in der Modellierung des Fußverkehrs lange auf aggregierende Methoden gesetzt, welche etwa auf dessen Ähnlichkeiten mit physikalischen Phänomenen, wie etwa Flüssigkeiten oder Gasen basierten (z. B. HENDERSON 1971). Es wurde jedoch bald erkannt, dass einige systemische Eigenschaften des Fußverkehrs, wie etwa dessen Heterogenität, Autonomie sowie Individualität diesen zu einem besonders geeigneten Anwendungsfall für die agenten-basierte Simulation machen (RONALD et al. 2007).

Ein kritischer Punkt bei der Simulation von individuellen Fußgängern ist die Modellierung ihrer Navigation, welche nach MONTELLO (2005) aus den Unterprozessen wayfinding, also

der eigentlichen Routenplanung und locomotion, der tatsächlichen physischen Bewegung mit Ausweichbewegungen im Raum besteht. Während die Routenwahl, wie im vorherigen Kapitel bereits dargelegt, meist durch die Berechnung des kürzesten Pfads simuliert werden kann, hat sich für die Modellierung von kleinräumigen Bewegungsmustern mit Lenk- oder Ausweichprozessen das social force Modell von HELBING & MOLNÁR (1995) als geeignet erwiesen. Hierbei werden anziehende und abstoßende Kräften simuliert, die, ausgehend von Hindernissen, anderen Fußgängern oder Destinationen auf den Fußgänger wirken und so seine Bewegung determinieren (HELBING & MOLNÁR 1995). Andere Ansätze berücksichtigen die Wahrnehmung des Agenten und definieren ein klares Sichtfeld innerhalb dessen der Agent seine Umwelt wahrnehmen kann (z. B. TORRENS 2012). Alternative Ansätze umfassen etwa die Speicherung von Informationen wie etwa der Distanz zum Ziel oder zu Hindernissen direkt in sogenannten floor fields. Ein virtueller Fußgänger kann dann lediglich die Informationen der benachbarten Rasterzellen abrufen und sich dementsprechend bewegen (z. B. KRETZ et al. 2010).

3 Methodik

Im Folgenden wird auf die Modellierung der Agenten sowie deren Umwelt eingegangen. Zudem wird ein Blick auf die Funktionsweise der erstellten Fußgängersimulation geworfen, die mittels der Simulationsumgebung NetLogo durchgeführt wird (WILENSKY 1999, TISUE & WILENSKY 2004).

3.1 Modellierung der Agenten

Bei der Modellierung der Agenten wurden die typischen Fußgängereigenschaften, wie in Kapitel 2.2 dargelegt, berücksichtigt. So wird dem Agenten zufällig eine bevorzugte Geschwindigkeit zwischen 0,8 m/s und 2 m/s zugewiesen sowie ein Blickfeld von 180°, welches in der Simulation dann zum Tragen kommt, wenn der Agent ein Ausweichmanöver durchführt. Um die nötige Heterogenität zu gewährleisten, wird jedem Agenten weiterhin ein individueller Wert für die intime, persönliche, soziale und öffentliche Zone zugewiesen, wobei jedoch der Einfachheit halber ein kreisförmiger Bereich modelliert wird.

Der kürzeste Weg zwischen zwei Punkten wird in dieser Arbeit durch den A*-Algorithmus ermittelt (HART et al. 1968). Der Agent bewegt sich über alle begehbaren Flächen fort, und versucht mit möglichst geringer Abweichungen dem kürzesten Pfad zu folgen. Kommt es zu einer Kollision, d. h. dringt ein anderer Akteur im weiteren Schritt in die persönliche Zone des Agenten ein, so ändert sich seine Laufrichtung und Geschwindigkeit. Die Kollisionsvermeidung wird mittels eines Algorithmus von KARAMOUZAS et al. (2009) berechnet, welcher eine Erweiterung zum social force Modell von HELBING & MOLNÁR (1995) darstellt.

Da die ursprüngliche Formel zur Berechnung der repulsive force in ersten Tests zu einem unnatürlichen Verhalten führte, wurde diese Formel in dieser Studie wie folgt angepasst:

Gilt $d_w - s \leq r_i + d_s$, so berechnet sich die repulsive force wie folgt:

$$F_w = n_w \cdot \|F_g\| \cdot d_s \quad (1)$$

d_w stellt die euklidische Distanz von Hindernis w zu Agent i dar. Unter der Variable s versteht man die Länge des Vektors der aktuellen Geschwindigkeit des Agenten. Der Normalvektor

n_w von Hindernis w zeigt zur aktuellen Position x_i von Agent i . Der Agent hat einen Radius r_i , welcher sich aus der Größe des Agenten + 1 berechnet. d_s ist als Konstante festgelegt und steht für den gewünschten Sicherheitsabstand zur jeweiligen, nicht begehbaren Zelle. Der gewählte Abstand wird für Gebäude sowie Straßen auf 0,8 m und für Grünflächen beziehungsweise Bäume auf 0,4 m festgelegt (BUCHMÜLLER & WEIDMANN 2006). $\|F_g\|$ steht für die Länge des Vektors der berechneten goal force.

Die Nutzungen sind ein wichtiger Baustein der Fußgängersimulation, da sie das Ziel eines Agenten festlegen. Je nachdem, welche öffentliche Anlage betrachtet wird, ergeben sich unterschiedliche Nutzungen. Am Königsplatz in Augsburg wurden diese durch empirische Forschungen ermittelt. Aufgrund fehlender Daten und Informationen jedoch nur sieben ausgewählt und in dieser Simulation berücksichtigt. Da bei den berücksichtigten Nutzungen nicht mit Sicherheit gesagt werden kann, wann bzw. wie häufig welche Nutzung ausgeführt wird, wurden die Häufigkeiten der einzelnen Nutzungen logisch festgelegt:

- das Warten auf Bus und Bahn (festgelegte Häufigkeit 25 %),
- das Überqueren des Platzes (21 %),
- das Umsteigen (17 %),
- das Warten auf Bus und Bahn, während man sitzt (13 %),
- das Sitzen (13 %),
- das Ticket kaufen am Ticketautomat (8 %) und
- das Geldabheben am Bankautomat (3 %).

Abbildung 1 zeigt das Verhalten der Agenten, in NetLogo genannt Turtles, während eines Simulationszyklus.

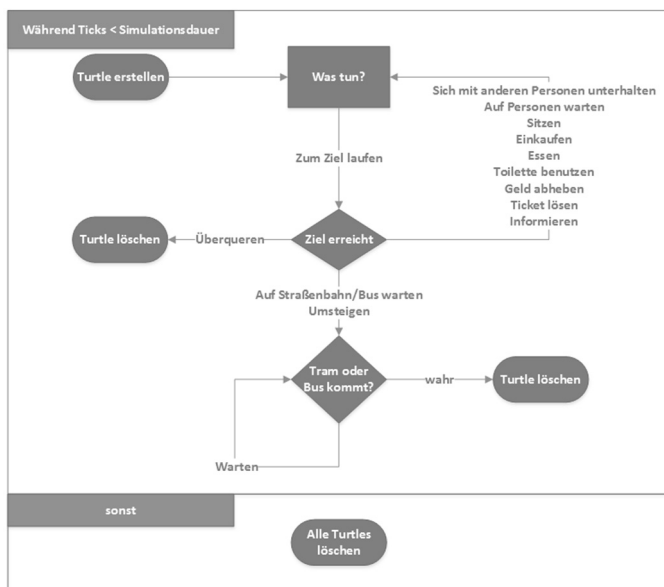


Abb. 1: Agentenzyklus

3.2 Modellierung der Umwelt

Betrachtet man die Umgebungseigenschaften nach RUSSELL & NORVIG (2010), handelt es sich bei dieser Fußgängersimulation um ein kooperatives Multiagentensystem, dessen Agenten autonom, heterogen und aktiv sind und sich in einer komplett ersichtlichen, deterministischen, statischen und diskreten Welt befinden. Der Königsplatz wird mithilfe von Rasterzellen, in NetLogo genannt Patches, mit einer Zellengröße von $0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$ modelliert.

Mithilfe der GIS-Verarbeitungssoftware ArcGIS von Esri wurden die Untersuchungsgebiete alter und neuer Königsplatz digitalisiert. Bei der Digitalisierung wurden begehbaren und unbegehbaren Flächen als Polygon-Features sowie Bänke, Ticket- sowie Geldautomaten als Point-Features modelliert, die anschließend in NetLogo integriert werden konnten. Abbildung 2 zeigt den Augsburger Königsplatz vor sowie nach den Umbaumaßnahmen.

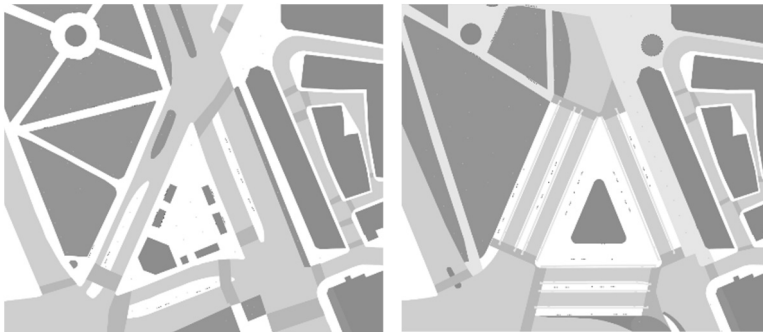


Abb. 2: Königsplatz in Augsburg vor (links) und nach (rechts) den Umbaumaßnahmen

3.3 Teilprozesse der Simulation

Die Fußgängersimulation besteht aus zwei eigenständigen Simulationsschritten. Zunächst werden hochfrequentierte Bereiche des Untersuchungsgebiets berechnet. Hierfür wird eine gewisse Anzahl Agenten an zufälligen Startpunkten innerhalb der begehbaren Fläche erstellt, und ihnen eine der genannten Nutzungen zugewiesen. Anschließend bewegen sich alle Agenten ungeachtet der anderen Akteure auf dem kürzesten Weg zu ihrem Ziel. Dabei wird für jede einzelne Zelle die Agentenfrequenz aufgezeichnet. Die besonders hochfrequentierten Bereiche beeinflussen den folgenden Simulationsschritt, so stellt sich ein Agent beispielsweise nicht an einen hochfrequentierten Ort, um zu warten, sondern wählt einen weniger frequentierten Platz aus, um diese Tätigkeit auszuführen.

Die Konfliktbereiche werden im zweiten Simulationsschritt detektiert. Hier agieren die Agenten unterschiedlich je nach ihrer Nutzung und der Präsenz anderer Agenten. So entstehen etwa Konflikte durch Ausweichmanöver oder in Warteschlangen vor den Ticket- oder Geldautomaten. Agenten verschwinden, wenn sie entweder den Platz erfolgreich überquert haben oder in eine Straßenbahn beziehungsweise in einen Bus gestiegen sind, welche mit dem üblichen Minutentakt modelliert werden, jedoch auch wieder neue, aussteigende Agenten erzeugen. Sobald eine der Nutzungen Sitzen, Ticket kaufen oder Geldabheben erfolgreich absolviert ist, wird dem Agenten zufällig eine andere Nutzung zugewiesen (siehe Abb. 1).

Die Simulation wird für 30 Minuten durchgeführt, und die Anzahl von Konfliktsituationen sowie erfolgreich absolvierter Nutzungen wird zur späteren Analyse aufgezeichnet.

4 Ergebnisse

Nachdem die agentenbasierte Fußgängersimulation erstellt und durchgeführt wurde, können die Ergebnisse erläutert und interpretiert werden.

4.1 Detektion frequentierter Bereiche

Die Simulation zur Detektion frequentierter Bereiche wurde an beiden Untersuchungsgebieten mit unterschiedlicher Fußgängeranzahl mehrmals durchgeführt, um aussagekräftige Resultate zu erhalten. Hierbei wurde die maximale und durchschnittliche Frequenz der Zellen für eine Anzahl von 100, 500, 1.000, 2.000, 5.000 und 10.000 Passanten ermittelt.

Wie auf Abbildung 3 ersichtlich ist, steigen sowohl beim alten, als auch beim neuen Königsplatz beide ermittelten Werte proportional zu der Anzahl der erstellten Agenten. Es fällt auf, dass die maximale Frequenz des alten Königsplatzes stets etwas mehr als doppelt so groß ist wie die des heutigen Platzes. Dies deutet auf die Präsenz von dominierenden Engstellen im alten Königsplatz hin, welche durch die Umbaumaßnahmen entschärft wurden.

Zudem ist auffällig, dass der Durchschnittswert bei wenigen Agenten in beiden Untersuchungsgebieten annähernd gleich ist. Allerdings ist der Durchschnitt des neuen Königsplatzes stets etwas geringer und erreicht bei 10.000 Akteuren um sieben Punkte weniger als der alte. Die auseinander driftenden Werte weisen auf einen Größenunterschied der begehbaren Fläche zwischen den beiden Untersuchungsgebieten hin. Folglich steht dem abgerissenen Königsplatz weniger begehbare Fläche zur Verfügung, was mittels einer zusätzlichen GIS-Analyse bestätigt werden konnte. Noch wichtiger als die Gesamtfläche ist jedoch, dass der aktuelle Platz deutlich mehr begehbare Fläche in unmittelbarer Umgebung der Haltestellen (zum Beispiel Bahnsteige) zur Verfügung stellt.

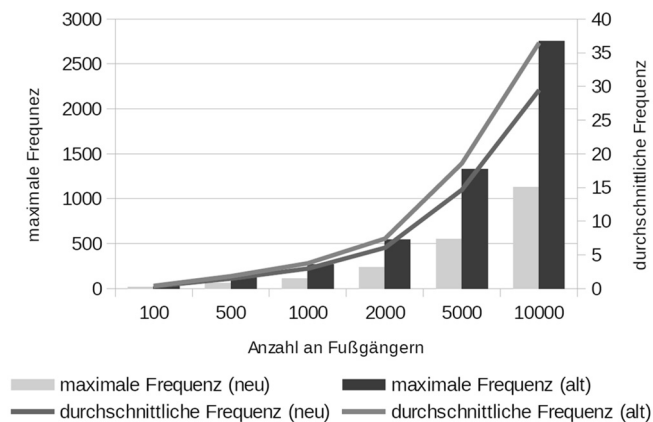


Abb. 3: Begehungsfrequenzen beim alten und neuen Königsplatz

4.2 Verlauf der Nutzungen und Detektion der Konflikträume

Bei der Analyse der Gesamtanzahl der erfolgreich absolvierten Nutzungen vom Typ Warten und Überqueren bleiben die Werte sowohl beim neuen als auch beim alten Königsplatz nahezu konstant und weisen einen ähnlichen Verlauf auf. Das weist darauf hin, dass die beiden Plätze die dargestellten Aktionen relativ problemlos bewältigen können, da die Nutzer ihre angestrebten Nutzungen wie geplant ausführen können. Unterschiede ergeben sich jedoch bei den Nutzungen Sitzen, Geldabheben und Ticket kaufen. Hier steigt die Anzahl an Nutzern kontinuierlich an, was im Umkehrschluss bedeutet, dass diese Aktionen nicht von allen Agenten problemlos ausgeführt werden können und sie sich zu Warteschlangen aufstauen. Unter den gewählten Annahmen deuten die Ergebnisse auf einen relativen Mangel an Sitzgelegenheiten, sowohl beim abgerissenen als auch beim neuen Königsplatz hin. Vergleicht man hingegen den zeitlichen Verlauf von Geldabheben und Ticketkauf miteinander, lassen sich Unterschiede feststellen. Beim neuen Königsplatz ist zu erkennen, dass nach jedem fünfminütigen Anstieg durch neue Passanten die Anzahl der Benutzer von Geld- als auch Ticketautomaten abnimmt. Das bedeutet, dass die Automaten Teile der Nutzer befriedigen können aber mit der Gesamtsumme an Agenten überfordert sind. Dahingegen sind die Automaten am alten Königsplatz von Beginn an überlastet.

In Bezug auf die Anzahl der Konflikte, dargestellt in Tabelle 2, kann die vorherige Vermutung der Existenz von Engstellen am alten Königsplatz bestätigt werden, da es zu dreimal mehr Konflikten während dem Gehen kommt als beim neuen Königsplatz. Insgesamt liegt die Anzahl der verschiedenen Konflikte beim alten Königsplatz immer deutlich über denen des aktuellen.

Tabelle 2: Anzahl der Konflikte bei Start mit 100 Agenten und 30 min Simulationsdauer

	Gesamtanzahl aller Konflikte	Gehen	Warten	Sitzen	Sitzend Warten	Geld abheben	Fahrschein lösen
Neuer Königsplatz	1.254.988	518.734	45	403	274	454.628	280.904
Alter Königsplatz	3.002.552	1.392.265	62	471	324	833.156	776.274

In räumlicher Sicht finden sich Konflikte der Nutzungen Sitzen, sitzend Warten, Geldabheben und Fahrschein kaufen immer im näheren Umkreis einer Sitzmöglichkeit, eines Geld- oder Ticketautomaten. Konflikte beim Warten treten hingegen sehr selten auf und es kristallisiert sich kein klarer Konfliktraum heraus. Diese Ergebnisse traten unabhängig von der Simulationsdauer, dem Straßenbahntakt oder der Anzahl an Agenten zu Beginn der Simulation auf. Abbildung 4 zeigt die Konflikträume beim Gehen. Hier zeigt sich kein klares Bild, es fällt lediglich die hohe Konzentration an Konflikten an den Straßenüberquerungen im alten Königsplatz auf, während sich am neuen Königsplatz kein klarer Hotspot herausbildet.

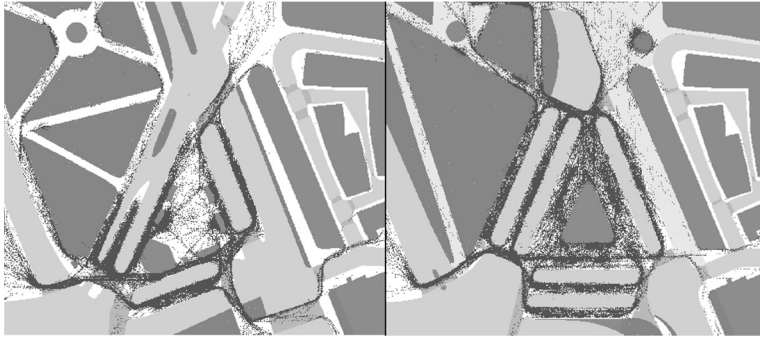


Abb. 4: Konflikträume beim Gehen

5 Diskussion und Zusammenfassung

Diese Studie präsentierte ein agentenbasiertes Fußgängermodell zur Simulation der Nutzung eines multifunktionalen, öffentlichen Platzes. Hierbei wurde am Beispiel des Königsplatzes in Augsburg dargelegt, inwiefern durch den Vergleich von simulierten Kenngrößen, wie Begehungsfrequenz und Anzahl an Nutzungskonflikten zwei alternative Planungskonzepte, hier die infrastrukturelle Situation vor und nach den Umbaumaßnahmen, bezüglich ihrer Nutzungsqualität bewertet werden können. Hierfür wurden verschiedene Nutzungen simuliert sowie entstehende Konfliktsituationen aufgezeichnet. Obgleich eine Validierung mit realen Daten in diesem Fall nicht möglich war, konnten durchaus plausible Ergebnisse erzielt werden.

Eine potenzielle Quelle für Ungenauigkeiten und Fehler ergibt sich jedoch sowohl aus den zugrunde liegenden Geodaten, welche für den alten Königsplatz teilweise nicht exakt reproduziert werden konnten (z. B. genaue Standorte der Automaten), als auch durch die Verwendung von Rasterdaten in NetLogo. Aufgrund der geringen Zellengröße von 40 cm sollten sich diese jedoch in Grenzen halten.

Weiterhin entspricht das Verhalten der Agenten nicht in allen Fällen der Realität. Abgesehen von Fällen von unerwartetem, fehlerhaftem Verhalten, wurde angenommen, dass Grünflächen und Straßen regelwidrig betreten werden. Da die meisten Passanten im echten Leben Straßen und Wiesen überqueren, um schneller ans Ziel zu gelangen, entspricht die Simulation hier nur bedingt der Wirklichkeit. Einer der entschiedensten Punkte bei der Bewertung der Fußgängersimulation ist das Auswahlverfahren der Nutzungen. Da die Nutzungen den wichtigsten Part bei der Bestimmung des Ziels und somit des Wegs innehaben, sollte die Auswahl nicht zufällig erfolgen, zumal Menschen nicht zufällig handeln (KENNEDY 2012). Aufgrund der Datenlage blieb hier keine andere Möglichkeit.

Generell liefert die präsentierte Methodik verwertbare Ergebnisse und ist daher als Werkzeug für Planung und Design des urbanen Raumes durchaus von Potenzial. Aufgrund fehlender Validierung und Kalibrierung des Modells sollten jedoch die Ergebnisse mit Vorsicht betrachtet werden. Dennoch lassen sich unter den gewählten Annahmen und Verallgemeinerungen relevante Aussagen treffen, wie etwa, dass im Fall des Königsplatzes ein Umbau durchaus berechtigt war, da sowohl die Anzahl der Konflikte als auch deren Konflikträume positiv beeinflusst wurden.

Literatur

- ABDOU, M., HAMILL, L. & GILBERT, N. (2012), Designing and Building an Agent-based model. In: HEPPENSTALL, A. J., CROOKS, A. T., SEE, L. M. & BATTY, M. (Eds.), *Agent-based Models of Geographical Systems*. Dordrecht, 141-166.
- BENENSON, I. & TORRENS, P. M. (2005), *Geosimulation – Automata-based Modeling of Urban Phenomena*. Westchester.
- BUCHMÜLLER, U. & WEIDMANN, U. (2006), Parameters of pedestrians, pedestrian traffic and walking facilities. *Schriftenreihe des IVT*, 132. Institute for Transport Planning and Systems, ETH Zurich.
- CROOKS, A. T. & HEPPENSTALL, A. J. (2012), Introduction to Agent-based Modelling. In: HEPPENSTALL, A. J., CROOKS, A. T., SEE, L. M., BATTY, M. (Eds.), *Agent-based Models of Geographical Systems*. Dordrecht, 85-105.
- DAAMEN, W. & HOOGENDOORN, S. (2003), Experimental Research of Pedestrian Walking Behaviour. *Transportation Research Record*, 1828, 20-30.
- DAZ-AUGSBURG (2013), Kosten: Punktlandung beim Kö. <http://www.daz-augsburg.de/?p=37512> (15.01.16).
- DURUPINAR, F., ALLBECK, J., PELECHANO, N. & BADLER, N. (2008), Creating Crowd Variation with the OCEAN Personality Model. In: *Proc. of 7th Int. Conf. on autonomous agents and multi-agent systems (AAMAS 2008)*, Estoril.
- GIERATHS, L. & HAGENBROCK, M. (2012), Nonverbales 'proxemisches' Verhalten im interkulturellen Kontext. Trier.
- GOFFMAN, E. (1971), *Relations in Public: Microstudies in the Public Order*. New York.
- HALL, E. (1969), *The Hidden Dimension*. New York.
- HART, P., NILSSON, N. & RAPHAEL, B. (1968), A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, 100-107.
- HELBING, D. & MOLNÁR, P. (1995), Social force model for pedestrian dynamics. *Physical Review*, E 51 (5).
- HENDERSON, L. F. (1971), The Statistics of Crowd Fluids. *Nature*, 229 (5284), 381-383.
- KARAMOUZAS, I., HEIL, P., VAN BEEK, P. & OVERMARS, M. (2009), A predictive collision avoidance model for pedestrian simulation. *Motion in Games*, 41-52. Utrecht.
- KENNEDY, W. (2012), Modelling Human Behaviour in Agent-Based Models. In: HEPPENSTALL, A. J., CROOKS, A. T., SEE, L. M., BATTY, M. (Eds.) *Agent-based Models of Geographical Systems*. Dordrecht, 85-105.
- KLÜGL, F., KLUBERTANZ, G. & RINDSFÜSER, G. (2009), Agent-based Pedestrian Simulation of Train Evacuation Integrating Environmental Data. In: HUTCHISON, D. et al. (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science*. Berlin/Heidelberg. 631-638.
- KRETZ, T., BÖNISCH, C. & VORTISCH, P. (2010), Comparison of Various Methods for the Calculation of the Distance Potential Field. In: KLINGSCH, W. W. F. et al. (Eds.), *Pedestrian and Evacuation Dynamics 2008*. Berlin/Heidelberg, 335-346.
- KROG, S. (2013), Königsplatz in Augsburg: Das Streit-Dreieck. *Augsburger Allgemeine*. <http://www.augsburger-allgemeine.de/augsburg/Koenigsplatz-in-Augsburg-Das-Streit-Dreieck-id28080427.html> (15.01.16).
- MONTELLO, D. R. (2005), Navigation. In: SHAH, P. & MIYAKE, A. (Eds.), *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking*. Cambridge University Press, Cambridge, 257-294.

- ÖZER, Ö. & KUBAT, A. S. (2007), Walking Initiatives: A Quantitative Movement Analysis. In: 6th International Space Syntax Symposium. Istanbul.
- PROJEKT AUGSBURG CITY (o. J.), Der Kö – schon immer ein Ort in Bewegung. <http://www.projekt-augsburg-city.de/m-i-c-r-o-s-i-t-e-s/der-neue-koe/der-neue-koe/> (15.01.16).
- RONALD, N., STERLING, L. & KIRLEY, M. (2007), An Agent-based Approach to Modelling Pedestrian Behaviour. *International Journal of Simulation*, 8 (1), 25-38.
- RUSSELL, S. & NORVIG, P. (2003), *Artificial Intelligence. A Modern Approach*. 2. Auflage. New Jersey.
- RUSSELL, S. & NORVIG, P. (2010), *Artificial Intelligence. A Modern Approach*. 3. Auflage. New Jersey.
- STEINITZ, K. (2012), *A Framework for Geodesign – Changing Geography by Design*. Esri Press, Redlands.
- STRASBURGER, H., RENTSCHLER, I. & JÜTTNER, M. (2011), Peripheral vision and pattern recognition: a review. *Journal of Vision*, 11, 1-82.
- TISUE, S. & WILENSKY, U. (2004), *NetLogo: Design and implementation of a multi-agent modeling environment*. Chicago.
- TORRENS, P. M. (2012), Moving Pedestrian Agents through Space and Time. *AAAG*, 102 (1), 35-66.
- TURNER, A. & PENN, A. (2002), Encoding Natural Movement as an Agent-based System: An Investigation into Human Pedestrian Behaviour in the Built Environment. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 29, 473-490.
- WILENSKY, U. (1999), *NetLogo*. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/> (26.03.16).
- ZACHARIAS, J. (2001), Pedestrian Behavior and Perception in Urban Walking Environments. *Journal of Planning Literature*, 16 (3), 3-18.