

Mikrosimulation von Mischverkehr – Konzept MiMiSim¹ und Ausblick auf MixME²

Robert Schönauer, Helmut Schrom-Feiertag

(DI (FH) Robert Schönauer, mobimera Fairkehrstechnologien, Plenergasse 16/13, 1180 Wien, schoenauer@mobimera.at)
(DI Helmut Schrom-Feiertag, AIT Austrian Institute of Technology, Giefinggasse 2, 1210 Wien, Helmut.Schrom-Feiertag@ait.ac.at)

1 ABSTRACT

Within the approach to design self-explaining roads to navigate through urban conflict areas several concepts of mixed traffic were developed and evaluated all over Europe. Mixed traffic philosophies can be compared to toolboxes themselves where a flexible and sensitive way of application is necessary. Microscopic traffic simulations allow the highly detailed modeling of pedestrians, vehicles, driver behavior and the interaction among each other and with the infrastructure. The state of technology and available simulation software don't provide sufficient degrees of freedom and capabilities to reproduce dynamic and social interaction.

The undertaken concept study evaluated the basic underlying questions and possible model approaches. The promising Multiagent-Social-Force Model describes the impact of social and technical interaction of traffic dynamics by establishing fields of force in road spaces similar to physical models in Newton dynamics. This approach was used to discuss the detailed modeling of interactions between road users and infrastructure.

Based on the findings of the concept study, a microsimulation model of mixed traffic will be implemented to evaluate its applicability to certain urban scenarios. The major aim is to describe interaction processes between motorised and unmotorised traffic as well the effect of infrastructural parameters and layouts. Calibration and validation is undertaken based on real world data, generated by semi-automatic tracking and classification of video footage.

2 HINTERGRUND

2.1 Mischverkehr

In Ortsgebieten kommt es verstärkt zu Konflikten zwischen Verkehrsteilnehmern verschiedener Modi. In der Vergangenheit wurden diese Konflikte meist durch eine weitgehende räumliche und zeitliche Trennung der jeweiligen Verkehrsmodi gelindert. Dennoch führte eine solche Trennung nicht zur Erfüllung der gewünschten Verkehrssicherheitsziele. Europaweit sind daher in den letzten Jahren verstärkt Konzepte zur gemischten Führung des Verkehrs untersucht und umgesetzt worden.

Bei Planungen neuer Mischverkehrsanlagen sind durch mangelnde Erfahrungen und Richtlinien planerische und politische Unsicherheiten vorprogrammiert. Dies stellt insbesondere Planer in partizipativen Planungsprozessen vor völlig neue Anforderungen. Unterschiedliche Topografien, komplexe Verkehrssituationen und umfangreiche gestalterische Details verhindern one-size-fits-all Lösungen. Auch die wissenschaftliche Diskussion gelangt zu keinen klaren Anwendungsrichtlinien, sondern durchaus zu kontroversen Ergebnissen (vgl. Euser, 2007, Gerlach et al., 2008, GDV, 2007). Gefragt sind daher Planungswerkzeuge, die einerseits bestehende Richtlinien und Erfahrungen einbinden, andererseits jedoch auch lokale Besonderheiten berücksichtigen können.

2.2 Mikrosimulation des Verkehrs

Die Multimodalität der Mikrosimulation des Verkehrs gewinnt international zunehmend an Bedeutung, getrieben durch das wachsende Interesse an der Gestaltung und Optimierung von Verkehrssystemen für nichtmotorisierte Verkehrsgruppen.

Anwendernahe Mikroskopische Verkehrsmodelle sind ideale „Werkzeuge“ für Verkehrsplaner und Verkehrstechnologen um Maßnahmen szenarienbezogen zu gestalten und hinsichtlich unterschiedlicher Kriterien wie Leistungsfähigkeit, Sicherheit oder Emissionen zu optimieren. Außerdem bietet Simulationssoftware auch Möglichkeiten zur Evaluierung von Nachfrageentwicklungsszenarien und besitzt die Möglichkeit zur grafischen Visualisierung von Verkehrsabläufen.

¹ Die Konzeptstudie MiMiSim wurde durch Fördermittel des BMVIT im Rahmen der Initiative ways2go ermöglicht (2008/2009).

² Das Forschungsprojekt MixME wird ebenfalls im Rahmen von ways2go als kooperatives Forschungsprojekt finanziert. Beteiligte Partner: mobimera Fairkehrstechnologien, AIT, TU Graz, Rosinak & Partner, SLR engineering (Zeitraum: 2010-2012).

Marktführende Unternehmensgruppen (PTV AG, TSS & LEGION) veröffentlichen derzeit Lösungen, um Personenverkehr mit den herkömmlichen Fahrzeugmodellen in Softwarepaketen zu kombinieren, die Interaktionsfähigkeit ist jedoch lediglich auf Kreuzungen von separaten Bewegungsflächen begrenzt und daher für die Simulation von Mischverkehr nicht ausreichend.

3 KONZEPT

3.1 Verkehrsverhalten

Die in der STVO definierten Verhaltensnormen wurden, teilweise mit Hilfe von Interpretationsliteratur, paragrafen- und absatzweise hinsichtlich folgender Aspekte gefiltert:

- I.Relevanz für Verkehrsablauf
- II.Relevanz in Bezug auf Shared Space Projekte
- III.Differenzierung Verkehrsteilnehmer / besondere Gruppen

Ergänzend wurden auch verhaltensbezogene Erkenntnisse aus Literatur und Richtlinien angeführt. Die Regeln wurden extrahiert, kommentiert und stellen die Basis des Anforderungskatalogs dar.

Eine Auswahl von dokumentierten Shared Space Zonen wurde getroffen und auf die Erfüllung konkreter gestalterischer und verkehrstechnischer Maßnahmen geprüft. Ziel war es, einen zusammenfassenden Katalog von tatsächlich durchgeführten Umsetzungen zu schaffen, um die projektbezogene Relevanz einzelner Maßnahmen zu beurteilen.

3.2 Modellansätze

Eine Evaluierung unterschiedlicher Modelltypen hinsichtlich ihrer Eignung für ein Mischverkehrsmodell wurde vorgenommen. Dabei wurden folgende Modellarten in Betracht gezogen:

- I. In Knoten-Kanten Modellen wird ein Verkehrsnetz als Graph bestehend aus Knoten und unidirektionalen Kanten dargestellt. Der Verkehrsablauf wird durch Longitudinalbewegungen (Fahrzeugfolgemodell), Lateralbewegungen (Fahrstreifenwechsel) und deterministischen Regeln an Kreuzungen modelliert. Die Anfänge der Fahrzeugfolgemodelle liegen weit zurück (Reuschel, 1950), heutige Simulationssoftware setzt weiterentwickelte psychophysische Bewegungsmodelle (Wiedemann, 1974) und (Fritzsche, 1994 und 1999) ein.
- II. Zelluläre Automaten benutzen eine Diskretisierung des Raumes mittels eines Gitternetzes und modellieren die Bewegungen der Agenten durch die explizite Beschreibung der Zellübergänge in Abhängigkeit der Belegung der einzelnen Zellen und unter Berücksichtigung eines expliziten oder impliziten kognitiven Modells. Beispiele mit zellularen Automaten sind in (Ahuja, 2001), (Burstedde et al., 2001), (Lan und Chang, 2005) und (Nagel und Schreckenberg, 1992) zu finden.
- III. Social Force Modelle gehen von einer Analogie zur Physik aus und modellieren die Beschleunigung der Agenten als Funktion der Position in der Infrastruktur sowie der Positionen der umliegenden Agenten. Die Modelle wurden von Helbing und Molnar (1995) erstmals für verkehrliche Anwendungen diskutiert und sind in den letzten Jahren verfeinert worden.

Die Evaluierung zeigt das vielversprechende Potential von Social Force Modellen auch zweidimensionale, intermodale Interaktionen in Verbindung mit den Bewegungsabläufen über weiche Grenzen zwischen den Straßenflächen abzubilden.

3.3 Mikrosimulation durch das Social Force Prinzip

Die im Folgenden beschriebenen neuen und bislang nicht erforschten Lösungsansätze für eine Umsetzung der Anforderungen in einem sozialen Kräftenmodellen basieren auf zwei weiteren Submodellen:

- I. Das Fahrzeugmodell inkludiert die Abbildung physikalischer Bewegungsprozesse, entsprechend angepasster Kraftfelder und deren deterministisch/stochastische Zuweisung an individuelle Fahrzeuge.
- II. Das Leitfeld wird in Ausrichtung, Art und Größe gewissen Fahrbahnteilen zugeordnet und repräsentiert durch finite Kräfte die optische Wirkung einer „weichen“ Trennung von

Gestaltungselementen. Dieser Hypothese nach ist somit eine differenzierte Nutzung von unterschiedlichen Straßenflächen durch die unterschiedlichen Eigenschaften der Verkehrsteilnehmer (Agenten) möglich.

In Fig. 1 ist beispielhaft ein Attraktivitätspotential der Fahrbahn eines Kreisverkehrs aus Sicht eines Fahrzeugs illustriert. Die Gradienten des Attraktivitätspotentials in Fig. 2 bestimmen in jedem Punkt die Kraft, mit welcher der Lenker in Richtung seiner „idealen“ Fahrlinie gezogen wird. Eine mögliche Bewegungslinie (ohne weitere Beeinflussung durch andere Verkehrsteilnehmer) ist durch die schwarzen vollen Pfeile angedeutet.

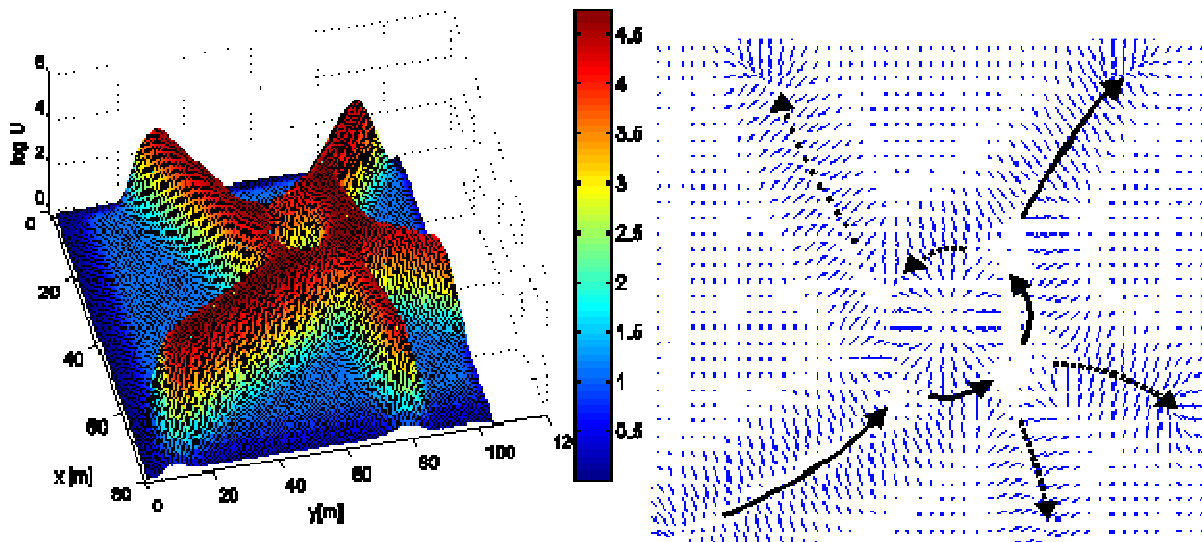


Fig. 1: Visualisierung des positiven Attraktivitätspotentials eines Kreisverkehrs aus Sicht eines Fahrzeugs, Fig. 2: Kraftfeld der Kreisverkehr-Fahrbahn aus Sicht eines Fahrzeugs

Wenn die Interaktionen mit anderen Fußgängern und Fahrzeugen es erfordern, ermöglicht dieses Prinzip das Verfolgen der präferierten Route und das gleichzeitige Abweichen von dieser. Ein begrenzender Aspekt ist die Bewegungsphysik. Der Verlauf dieses Felds wird durch die Topographie der Straße bestimmt und von jeweiligen Verkehrsteilnehmergruppen unterschiedlich interpretiert.

4 MIXME – MIXED TRAFFIC MICROSIMULATION ENVIRONMENT

Um die Forschung an konkreten planerischen Anforderungen auszurichten, werden zuerst die planerischen Anforderungen erhoben, um aus der Synopsis mit dem Stand der Technik die noch gefragten Funktionalitäten festzustellen.

4.1 Systembeschreibung

Die theoretischen Ansätze werden anhand einer Implementierung weiter erforscht. Die Integration der unterschiedlichen Modellansätze erfolgt in eine Tool-Landschaft mit VISSIM und eigenen Softwaremodulen. Dadurch können bestehende Funktionalitäten und Parametersätze eingesetzt und entsprechend erweitert werden. Der Einsatz des Simulationskerns und Teilen des Editors von VISSIM erleichtern die Entwicklungsarbeit und bieten eine Nähe zu einer bereits verbreiteten und anwendernahen Planungssoftware.

4.2 Integration der Modelle

Die Bewegungsmodelle für die unterschiedlichen Verkehrsteilnehmer müssen in einem gemeinsamen System integriert werden, um das Interaktionsverhalten untereinander umzusetzen zu können. Die simulierten Verkehrsteilnehmer(Agenten) verhalten sich dabei vorausschauend und schätzen die Bewegungslinien der anderen Verkehrsteilnehmer für die nächsten Sekunden ab. Die dafür notwendigen Rechenverfahren sind Lösungsmethoden für Differentialgleichungen und mechanische Bewegungsgleichungen.

Im taktischen Bereich (~mehrere Sekunden) ist das Social Force Modell nicht für alle auftretenden Situationen weitblickend genug. Algorithmen zur Wegfindung werden adaptiert, um in der heterogenen Infrastruktur und Verkehrssituation reale Lösungen zu finden.

4.3 Validierung und Anwendbarkeit

Zu Evaluierungszwecken werden Umsetzungen von Mischverkehrskonzepten in Österreich aus geeigneten Perspektiven aufgenommen und aus den beobachteten Fahrzeugen und Fußgängern Bewegungsdaten generiert. Fig. 3 zeigt die empirische Ausrichtung des Modellerstellungsprozesses.

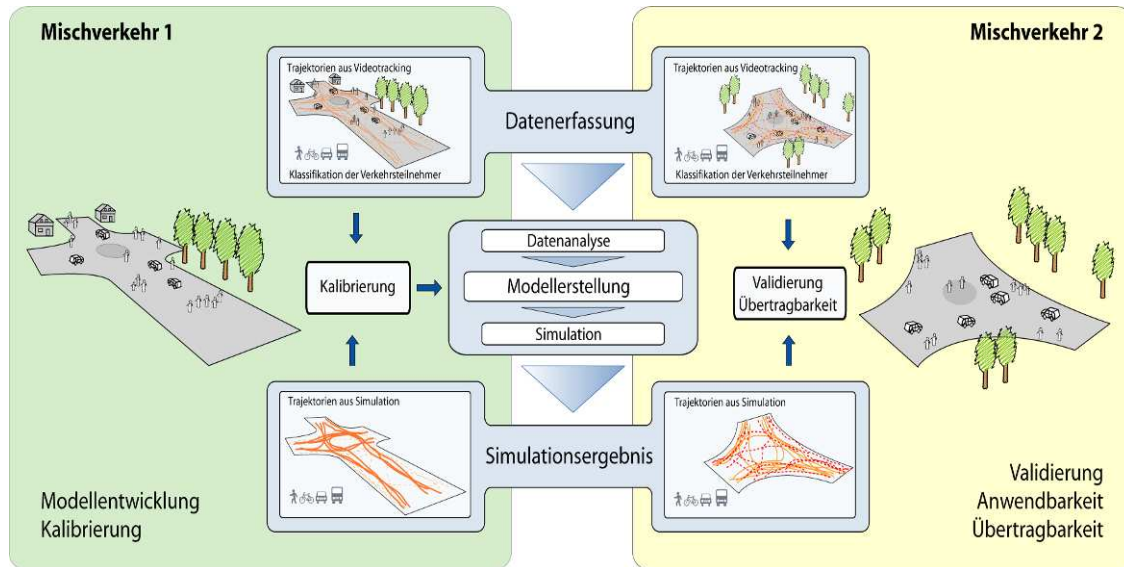


Fig. 3: Modellerstellungsprozess der integrierenden Umgebung

Das kalibrierte Modell wird durch mindestens einen neuen Datensatz überprüft. Die Übertragbarkeit ergibt sich aus den Abweichungen zwischen den Simulationsergebnissen und den erfassten Daten. Die Auswahl der Orte erfolgt unter Berücksichtigung planerischer Aufgabenstellungen.

4.4 Semi-automatische empirische Erfassung

Es wird im Rahmen von MixME der Ansatz verfolgt, die Videoannotation bzw. Erfassung der Objektströme so weit als möglich zu automatisieren, dem Anwender jedoch die Kontrolle und Korrektur der Daten zu überlassen. Diese semiautomatische Lösung ist in den angedachten komplexen MixME Szenarien notwendig, da vollautomatische Methoden für die Erfassung, Klassifikation und Verfolgung (Tracking) von Personen und anderen Objektklassen technisch noch nicht ausgereift genug sind (Krahnstoeber et al., 2009) und nach wie vor eine sehr große technische Herausforderung darstellen (Hampapur et al., 2009). Die Herausforderung in MixME besteht darin, dem Anwender ein Tool mit einer graphischen Benutzeroberfläche zu bieten, das die Erfassung der Trajektorien gegenüber einer rein manuellen Annotation stark vereinfacht und die dafür benötigte Zeit verkürzt.

5 RÉSUMÉ

Das Soziale Kräftemodell wurde in einer Evaluierung von unterschiedlichen Modellierungsansätzen als jener Ansatz ermittelt, der die theoretischen Modellanforderungen am besten erfüllen kann. Die Betrachtungen beinhalten auch die Differenzierung von Personen mit speziellen Mobilitätsbedürfnissen (Kinder und alte Menschen). Die Notwendigkeit der Neuentwicklung zweier wesentlicher Module wurde identifiziert. Im Simulationsmodell sollen die Eigenschaften der Straßeninfrastruktur durch sogenannte Leitfelder abgebildet werden, die durch finite Kräfte die Geometrie der Straße sowie die Wirkung von Gestaltungselementen repräsentieren. Außerdem soll ein Fahrzeugmodell physikalische Bewegungsprozesse von motorisierten und nichtmotorisierten Fahrzeugen und deren Funktionalitäten im sozialen Kräftesystem wiedergeben.

Die erwarteten Ergebnisse im Forschungsprojekt MixME sind Erkenntnisse über das operative und taktische Verhalten, von Teilnehmern in Mischverkehren, den Einflüssen der Straßenraumgestaltung und deren Abbildung in einer Simulation. Abschließend liefert die Beurteilung der Modellansätze die Aussage, ob jene Modellqualitäten erreicht werden können, die für Raum- und Verkehrsplaner notwendig sind, um eine objektive Bewertung von Auswirkungen geplanter Veränderungen durch Mischverkehr im Bezug auf Sicherheit und Komfort treffen zu können. Die entstandenen Softwaremodule und die damit gewonnen Erkenntnisse bilden eine Grundlage zu weiterer Forschung und Entwicklung mit folgenden Perspektiven:

- I. Planung von Mischverkehrsanlagen: Das Simulationstool erlaubt eine Analyse der Auswirkungen der geplanten Anordnung auf die auftretenden Verkehrs- und Fußgängerströme.
- II. Evaluierung von Mischverkehrsanlagen: Überprüfung der Anordnung auf ihre Tauglichkeit im Hinblick auf kritische Situationen und Sicherheit.
- III. Semi-automatische Erfassung empirischer Daten: Tracking und Klassifikation von Fußgängern und Fahrzeugen zu Kalibrierung und Validierung.

6 REFERENCES

- Ahuja, S.: Simulation of driver behaviour in heterogeneous untidy traffic in developing countries. In: Proceedings of Symposium on Advanced Vehicle Technologies, The International Mechanical Engineering Congress and Exposition, New York, 2001.
- Burstedde, C., Kirchner, A., Klauck, K., Schadschneider, A., & Zittartz, J. Cellular Automaton Approach to Pedestrian Dynamics - Application. arXiv:cond-mat/0112119v1, 2001.
- Euser P.: The Laweiplein, Evaluation of the reconstruction into a square with roundabout. University Leuwarden, 2007.
- Fritzsche, H.-T.: Entwicklung und Anwendung eines mikroskopischen Modells zur Verkehrsflusssimulation auf mehrspurigen Richtungsfahrbahnen. In: Bericht aus dem Institut A für Mechanik der Universität Stuttgart, Nr.2/1999, Stuttgart, 1999.
- Gerlach J., Methorst R., Boenke D., Leven J.: Sinn und Unsinn von Shared Space. Wuppertal, 2007.
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.: Verkehrsberuhigung: Unfallforscher warnen vor unsinnigen „Shared-Space-Projekten“, Pressedienst der Versicherungswirtschaft, 25.05.2007, Berlin, 2007.
- Helbing, D., Molnar, R.: Social force model for pedestrian dynamics. In: Physical Review E, 51(5): 4282-4286, 1995.
- Yun Zhai, Arun Hampapur: Virtual Boundary Crossing Detection without Explicit Object Tracking, avss, pp.518-522, 2009 Sixth IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, 2009.
- Hoogendoorn, S., & Bovy, P.: Dynamic user-optimal assignment in continuous time and space. In: Transportation Research Part B: Methodological Volume 38, Issue 7, August 2004, Pages 571-592, 2004.
- Krahnstoever, N., Tu, P., Yu, T., Patwardhan K., Hamilton D., & Doretto G.: Intelligent Video for Protecting Crowded Sports Venues. In: Proceedings IEEE Conference Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS2009), Genova, 2009.
- Lan, L. W. & Chang, C. W. Inhomogeneous cellular automata modeling for mixed traffic with cars and motorcycles. In: Journal of Advanced Transportation, vol. 39, no. 3, S. 323-349, 2005.
- Reuschel, A.: Fahrzeugbewegung in der Kolonne bei gleichförmig beschleunigtem oder verzögertem Leitfahrzeug. In: Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekturvereins, Nr. 7/8, S. 95ff, 1950.
- Schreckenberg, M., Nagel, K.: A cellular automaton model for freeway traffic. In: J. Physique I, 2, 2221, 1992.
- Wiedemann, R.: Simulation des Straßenverkehrsflusses. In: Schriftenreihe des Instituts für Straßenwesen der Universität (TH) Karlsruhe, Heft 8, 1974.