

Erstellung und Evaluierung eines Validierungskonzeptes für Fußgängersimulationen

Seminar-Vortrag von Torben Woggan

12.12.2012

Gliederung

- ▶ Grundlagen
- ▶ Masterarbeit
- ▶ Vorarbeiten
- ▶ Ausblick
- ▶ Risiken

Evakuierungssimulationen

- ▶ Untergruppe von Fußgängersimulationen
- ▶ Dienen der Simulation von Evakuierungen (z.B. öffentliche Plätze und Gebäude)
- ▶ Ermöglichen Schätzung von Evakuierungszeiten, Gefahrstellen, Verletzten, Verhalten...
- ▶ Hier betrachtet: „Mikroskopischer“ Ansatz
 - Jede Person dargestellt durch einen Software-Agenten (selbstständige Entscheidungen)
 - 1:1 Vergleich mit echten Simulationen möglich (z.B. Agentenverhalten)
 - Gegenteil: „Makroskopischer“ Ansatz – Abstrahierung von Individuen durch z.B. Flussimulationen

Validierung

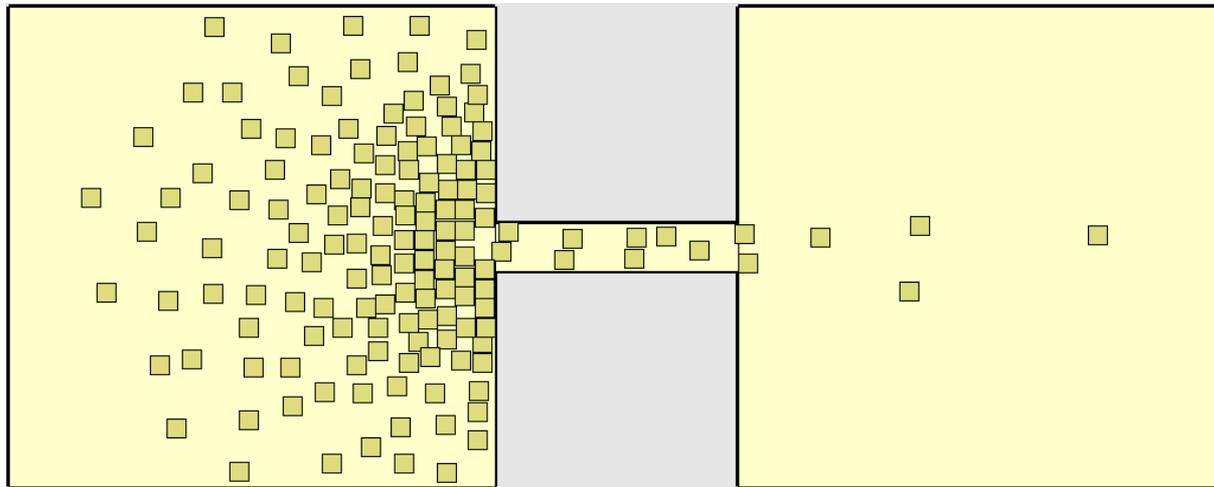
- ▶ Die Simulationen sollen Vorhersagen treffen können
- ▶ Eine Validierung ist daher nötig
 - Stellt die Simulation wirklich den gewünschten Aspekt des simulierten Systems realitätsnah dar?
 - Gleiches Verhalten auf mikroskopischer Ebene (individuelles Verhalten, ...)
 - Gleiches Verhalten auf makroskopischer Ebene (Zeiten, Dichten, Ereignisse, ...)

WALK-Simulation

- ▶ An der HAW Hamburg in Entwicklung befindliche mikroskopische Fußgängersimulation
- ▶ Besonderheiten:
 - Berücksichtigung von Emotionen im Agentenverhalten (**geplant**)
 - Möglichkeit des Auftretens von dynamischen Ereignissen (Feuer, Rauch, Wassereinbruch – **geplant**)
 - Simulation großer Szenarien durch Verteilung auf verschiedene Rechner

WALK-Simulation: Agenten

- ▶ Individuelle Agenten
 - Im Moment: max. Geschwindigkeit
 - Später: u.a. psychische Unterschiede
 - Feste Körper (Quadrat: 0,4 m * 0,4 m)

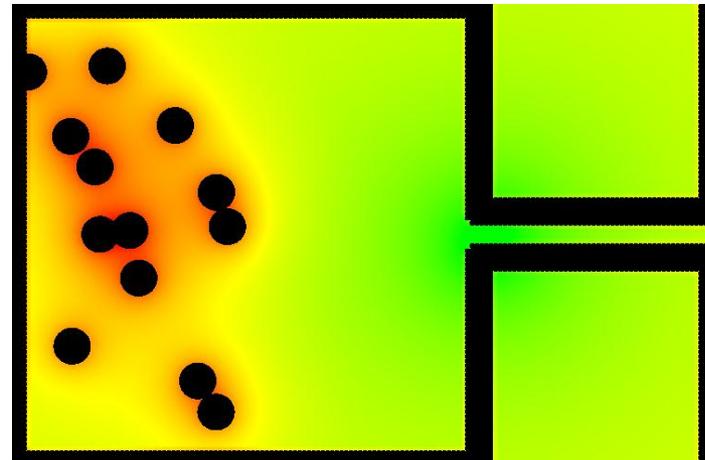


Agenten in einer WALK-Simulation

WALK-Simulation: Agenten

- ▶ Wegfindung und Agentenverhalten:
 - Berechnung von Wegpunkten mit A*-Algorithmus
 - Ausweichen von Hindernissen durch Potentialfelder
 - Wegpunkte: positives Potential; Hindernisse: negatives Potential
 - Überprüfung, ob es im Winkel von 45° nach links oder rechts einen Bewegungsvektor mit besserem Potential gibt, als den originalen Bewegungsvektor (zu hohe Abweichungen werden negativ bewertet)
 - Weitere Verhaltensregeln möglich: regel-basiert
 - Übergeordnetes System erkennt Kollisionen und löst sie auf

Potentialfelder in einer älteren Version von WALK, Thiel 2011 [L4]



PedSim

- ▶ Open-Source-Fußgängersimulation (pedsim.silmaril.org)
- ▶ Basiert auf dem „Social Forces Model“
 - Anziehende Kräfte: Zielorte
 - Abstoßende Kräfte: Wände, Agenten, Hindernisse
- ▶ Einfaches Modell zeigt bereits viele in der Realität beobachtbare emergente Bewegungsmuster (u.a. Spurbildung)

PedSim: Agenten

- ▶ Keine individuellen Agenten
 - Agenten besitzen alle die gleichen Eigenschaften (z.B. Geschwindigkeit)
 - Agenten sind Moving Point Objects (MPOs)
 - Kein Körper, können bei hohen auf sie wirkenden Kräften u.a. Wände und andere Agenten durchqueren oder unrealistisch „komprimiert“ werden
- ▶ Wegfindung und Agentenverhalten
 - Nur von den wirkenden Kräften abhängig
 - Keine komplexeren Verhaltensregeln

Gliederung

- ▶ Grundlagen
- ▶ Masterarbeit
- ▶ Vorarbeiten
- ▶ Ausblick
- ▶ Risiken

Ziel

- ▶ Erstellung eines Konzeptes zur Validierung während der Entwicklung einer Fußgängersimulation
 - Welche Verfahren sollen während der einzelnen Entwicklungsschritte angewendet werden?
 - Möglicherweise Erweiterung auf Multi-Agenten-Simulationen im Allgemeinen, wenn genug Daten vorhanden
- ▶ Evaluierung der Verfahren und des Konzeptes an WALK, PedSim und Realdaten
 - Eignung, Aussagekraft, Zeitaufwand der Verfahren
 - Bonus: WALK wird validiert

Motivation

- ▶ Viele verschiedene Vorgehensweisen und Verfahren zur Validierung möglich
- ▶ Schwer den Überblick zu behalten
- ▶ Keine Vergleiche der einzelnen Verfahren
- ▶ Bisher kein vollständiges (und getestetes) Konzept für ganzen Entwicklungsprozess vorhanden (Bachelorarbeit: keine praktischen Vergleiche)

Abgrenzung

- ▶ Kein Bestandteil: WALK-Simulation so anpassen, dass sie valide ist
 - Sprengt Rahmen
 - Erfordert anderes Fachwissen
 - Andere Projektmitglieder bereits damit beschäftigt (→ Agentenintelligenz)
 - Nur:
 - Aufzeigen der „Baustellen“ von WALK
 - Bereitstellen der Tests und Ergebnisse für WALK

Gliederung

- ▶ Grundlagen
- ▶ Masterarbeit
- ▶ Vorarbeiten
- ▶ Ausblick
- ▶ Risiken

Bachelorarbeit

- ▶ Vorstellung verschiedener Validierungsverfahren
- ▶ Erstellung eines Validierungskonzeptes für vier Phasen der Entwicklung
 - Sammeln von Daten
 - Erstellung des konzeptuellen Modells
 - Während Implementierung des Modells
 - Nach der Implementierung
- ▶ Allerdings:
 - Bisher nur theoretisch, keine praktische Anwendung für Vergleiche
 - Teilweise verschiedene Techniken zur Auswahl
 - Ungetestetes Konzept

Anwendungen 1

- ▶ Alte Idee für die Masterarbeit:
 - „Automatische Validierung durch Personenerkennung in Videos“

- ▶ Allerdings:
 - Bisherige automatische Verfahren zur Personenerkennung noch zu unzuverlässig
 - Vor allem bei hohen Dichten
 - Nutzbare Aufnahmen nur schwer beschaffbar
 - Idee verworfen

Anwendungen 2

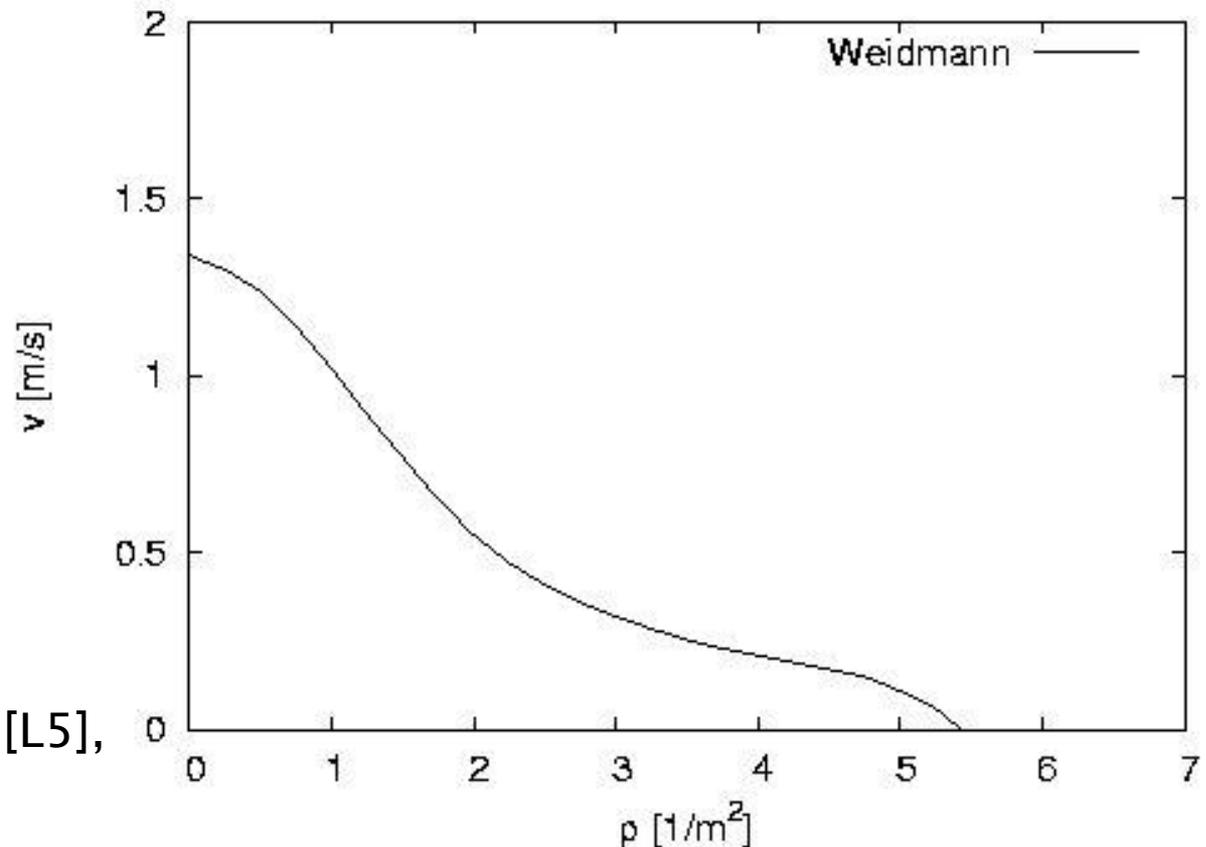
- ▶ **Muster in Bewegungsdaten**
 - Jede erkennbare räumliche oder zeitliche Regelmäßigkeit oder jedes interessante Verhältnis in den Daten
- ▶ **Mustererkennung in Bewegungsdaten als weitere Form der Validierung**
 - Treten in der Simulation die gleichen relevanten Muster auf wie in den Vergleichsdaten?
 - Spurenbildung, Stau, Anführer, Gruppen, ...
 - Hat das Auftreten bestimmter Muster die gleichen Folgen?
 - Verringerung der Geschwindigkeiten in bestimmten Bereich führt zu Stau, ...
- ▶ **Möglicher Bestandteil des neuen Validierungskonzeptes**

Projekt 1 (in Arbeit)

- ▶ Validierung mit Hilfe von einfach aus Bewegungsdaten zu bestimmenden Werten
 - Positionen, Geschwindigkeiten, Dichten, Flussraten, ...
- ▶ Vergleich von Werten zu bestimmten Zeitpunkten
- ▶ Vergleich von durchschnittlichen Werten über den Simulationslauf
- ▶ Fokus: Vergleich von Zusammenhängen zwischen Werten
 - Fundamentaldiagramme (Dichte \rightarrow Geschwindigkeit), freier Fluss, keine Engstellen
 - Engstellendiagramme (Durchmesser \rightarrow Flussrate)

Fundamentaldiagramme

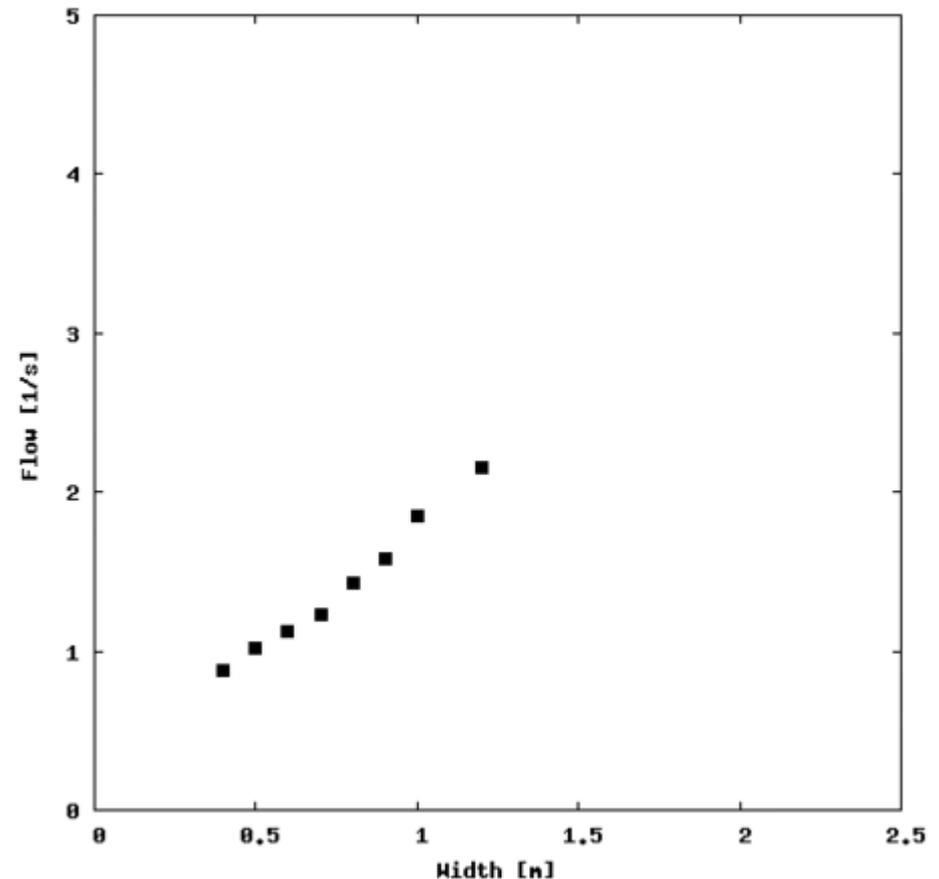
- ▶ Fundamentaldiagramme zeigen die Abhängigkeit der Gehgeschwindigkeit (m/s) von der Personendichte (Personen/m²)



Weidmann 1993 [L5],
ped-net.org [B2]

Engstellendiagramme

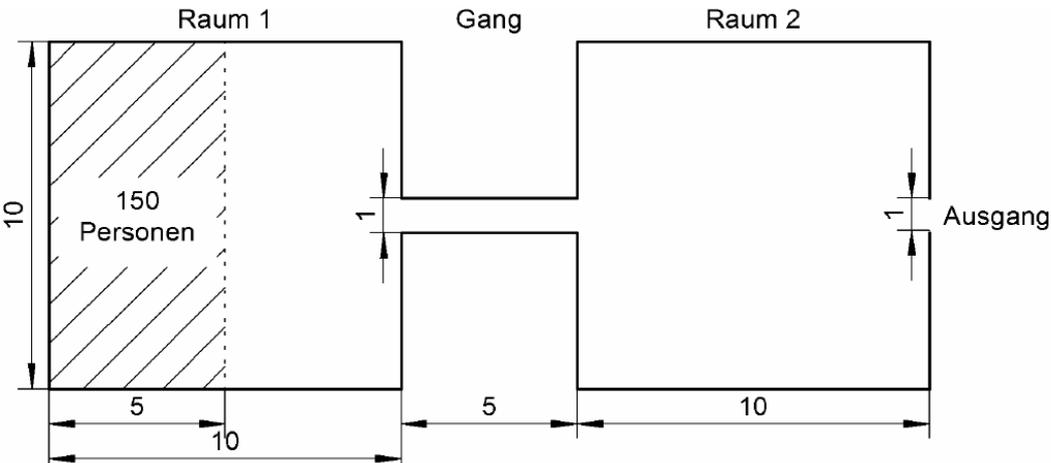
- ▶ Engstellendiagramme zeigen die Abhängigkeit der Flussrate (Personen/s) vom Durchmesser der Engstelle (m)



Kretz et al. 2006 [L1],
ped-net.org [B1]

Vorgehen

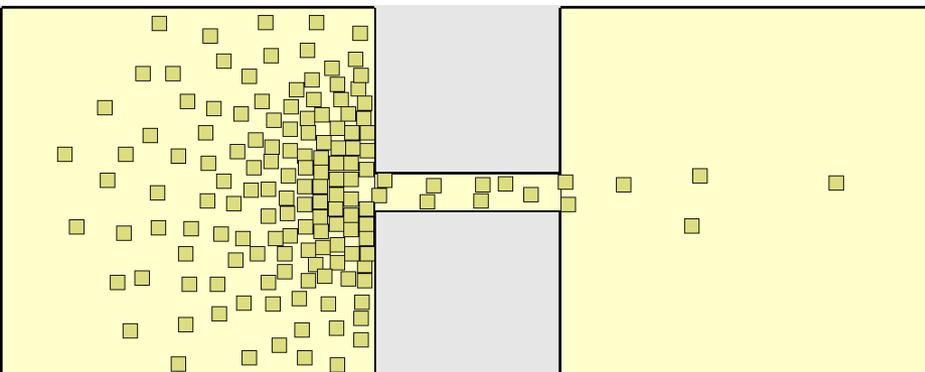
1. Testszenario festlegen und in WALK und PedSim umsetzen



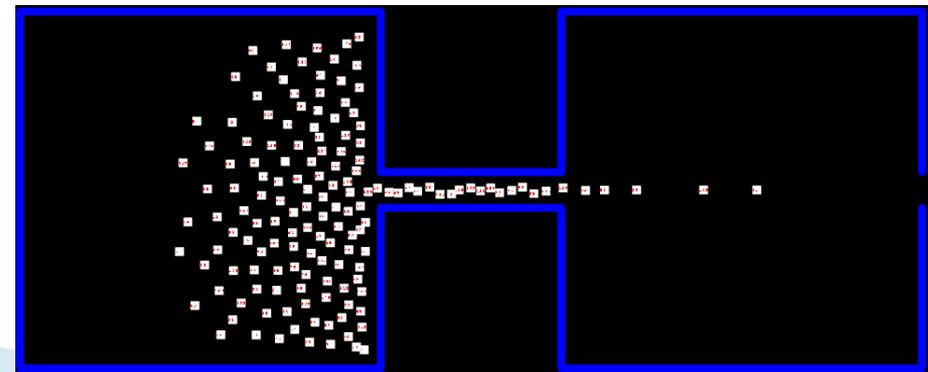
10 verschiedene Tests
mit unterschiedlicher
Agentenanzahl und
Engstellendurchmesser

Grundlage für die Tests: Richtlinie für Mikroskopische Entfluchtungsanalysen,
Test 12, Meyer-König et al. 2009 [L2]

Der Test in WALK



Der Test in PedSim



Vorgehen

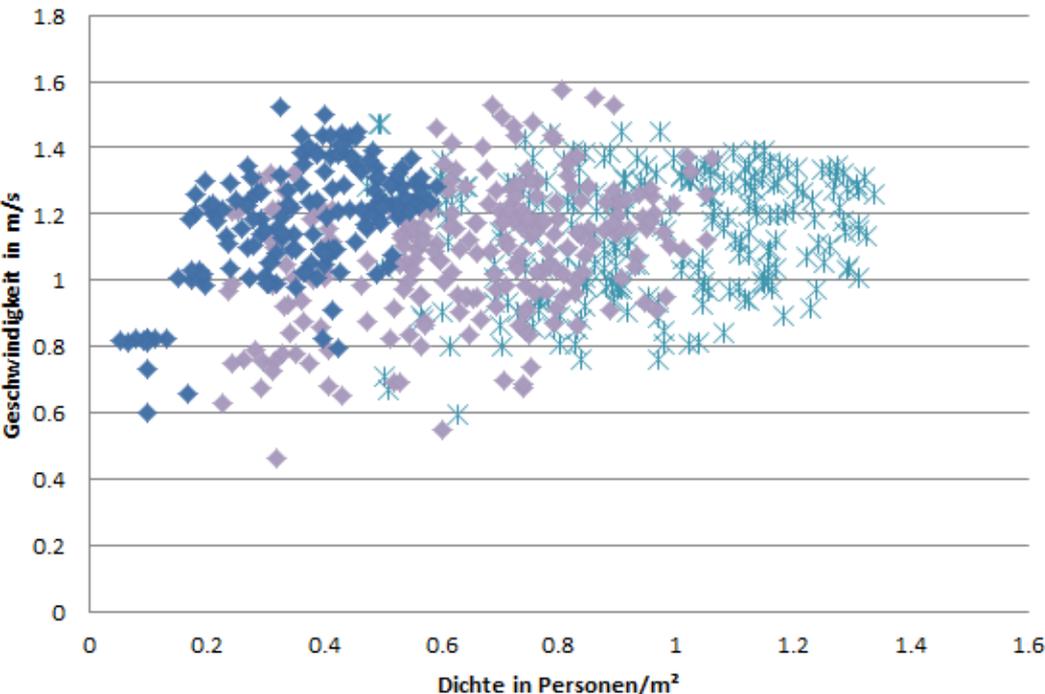
2. Szenario in WALK und PedSim ausführen und für jeden Zeitschritt t der Simulationen für jeden Agenten $x(t)$ und $y(t)$ in einer Datenbank aufzeichnen
3. Die zu betrachtenden Werte aus den Datenbankwerten bestimmen, Ausgabe als CSV-Datei
4. Auswertung der CSV-Datei und grafische Darstellung der Zusammenhänge

Bisherige Ergebnisse

▶ Beispiel: Fundamentaldiagramm

- Erwartung: höhere Dichte führt zu niedriger Gehgeschwindigkeit
- WALK: Keine Reduzierung der Gehgeschwindigkeit sichtbar, minimale Geschwindigkeiten scheinen bei größeren Dichten zuzunehmen!
- PedSim: Höhere Dichte sorgt für größere Kräfte, Gehgeschwindigkeiten nehmen mit höherer Dichte zu, nehmen unrealistische Werte an!

Alle Tests ohne Engstelle zusammengefasst



Allerdings:

Höhere Anzahl an Versuchsdurchläufe für verlässlichere Ergebnisse nötig! (Bisher nur jeweils 1 Durchlauf!)

× Test 4 (150 Agenten)

◆ Test 9 (100 Agenten)

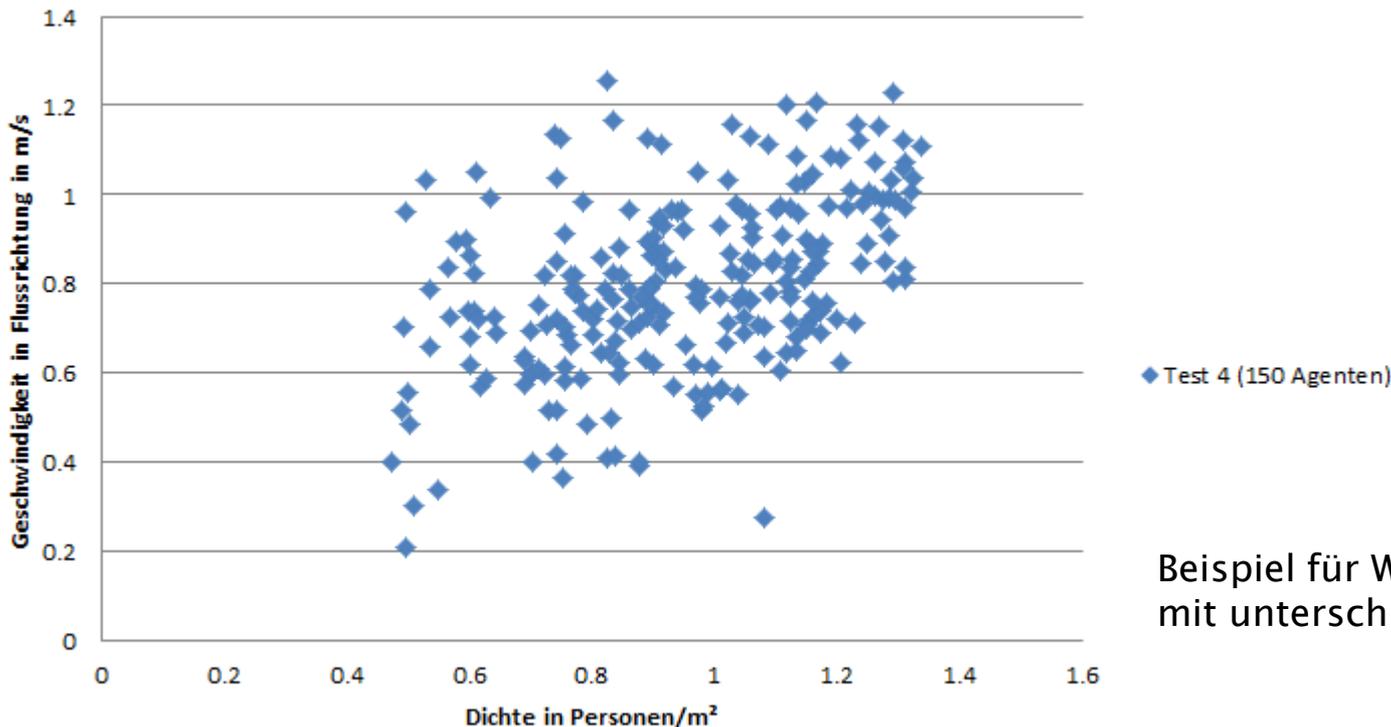
◆ Test 10 (50 Agenten)

Beispiel für WALK und Agenten mit unterschiedlicher Geschwindigkeit

Bisherige Ergebnisse

- ▶ Beispiel: Fundamentaldiagramm
 - Hier: Gehgeschwindigkeit in Flussrichtung für einen Test
 - Zunahme der minimalen (und maximalen) Geschwindigkeiten noch stärker sichtbar

Freier Fluss - Test 4 - Geschwindigkeit in Flussrichtung



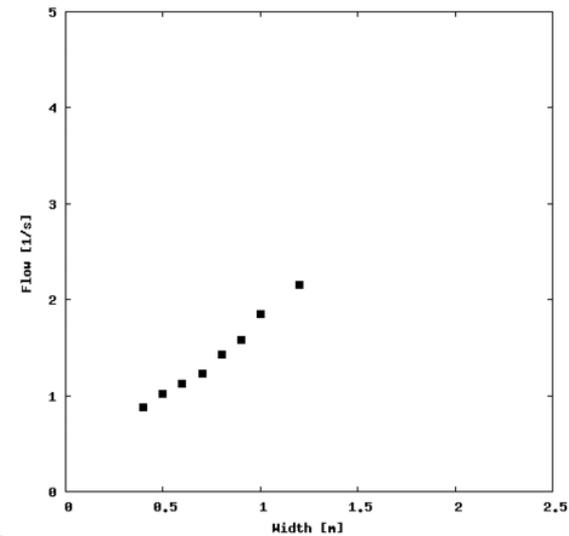
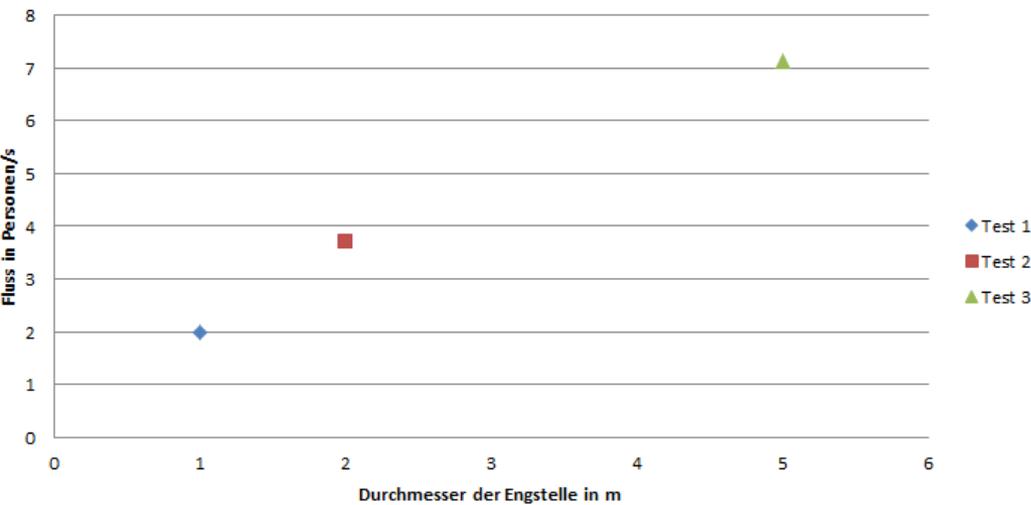
Beispiel für WALK und Agenten
mit unterschiedlicher Geschwindigkeit

Bisherige Ergebnisse

▶ Beispiel: Engstellendiagramm

- Erwartung:
 - linearer Anstieg des Flusses zum Durchmesser der Engstelle
 - Fluss von ungefähr 2 Personen/s bei 1 m Durchmesser
- WALK: scheint dies bereits zu erfüllen
 - Aber: feinere Abstufung der Durchmesser und mehr Durchläufe für zuverlässigere Ergebnisse nötig!
- PedSim: abstoßende Kraft der Wände verhindert Passieren von Engstellen von 1 m, wenn nicht genug Druck von hinten besteht

Durchschnittswerte der Tests mit Engstellen und 150 Agenten



Gliederung

- ▶ Grundlagen
- ▶ Masterarbeit
- ▶ Vorarbeiten
- ▶ **Ausblick**
- ▶ **Risiken**

Projekt 2

- ▶ Evaluierung weiterer Verfahren und Techniken für die Validierung
- ▶ WALK, PedSim und SMDPC als Grundlage der Tests
- ▶ „Simulation of Multi Destination Pedestrian Crowds“ (SMDPC)
 - Projekt an der TU Berlin
 - Versuche zu kreuzenden Fußgängerströmen (Realdaten)
 - Alle Versuchsdaten frei verfügbar
 - In WALK und PedSim nachstellbar

Projekt 2



Frontales
Aufeinandertreffen:
Spurbildung bei
einem SMDPC-
Versuch, Plaue et
al. 2011 [L3]

Masterarbeit

- ▶ Erstellung eines Konzeptes anhand der Vorarbeiten aus Bachelorarbeit und den Projekten („Zusammenbau“ der Ergebnisse)
- ▶ Evaluierung des Konzeptes an WALK

Gliederung

- ▶ Grundlagen
- ▶ Masterarbeit
- ▶ Vorarbeiten
- ▶ Ausblick
- ▶ Risiken

Risiken

- ▶ Nicht genügend Realdaten für die Validierung (bzw. Evaluierung der Techniken)
 - Spezialisierung auf kleinere Szenarien
 - Mehr Daten von Versuchen und Übungen
 - Selbst in der Lage Versuche durchzuführen
- ▶ Implementierung bzw. Ausführung der vielen verschiedenen Verfahren und Techniken zu aufwändig
 - Im Voraus Zeit und Nutzen der Verfahren abschätzen
 - Vorauswahl treffen
- ▶ Simulationsergebnisse noch zu unrealistisch
 - Teilweise möglich stattdessen Realdaten miteinander zu vergleichen

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Fragen?

Quellen

Literatur

[L1] Kretz, T. ; Grünebohm, A. ; Schreckenberg, M.: Experimental study of pedestrian flow through a bottleneck. In: *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* (2006), Nr. 10.

- Online verfügbar unter: <http://iopscience.iop.org/1742-5468/2006/10/P10014/> Abruf: 2012-12-11

[L2] Meyer-König, T. ; Moroge, C. ; Schreckenberg, M. ; Schwendimann, M. ; Waldau, N.: *Richtlinie für Mikroskopische Entfluchtungsanalysen : Version: 2.2.1 08. Juni 2009*. RiMEA-Projekt, 2009.

- Online verfügbar unter: <http://www.rimea.de/downloads/richtlinien/r2.2.1.pdf> Abruf: 2012-12-11

[L3] Plaue, M. ; Chen, M. ; Bärwolff, G. ; Schwandt, H.: Trajectory extraction and density analysis of intersecting pedestrian flows from video recordings. In: *Photogrammetric Image Analysis*. Berlin : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. S. 285-296.

- Online verfügbar unter: <ftp://ftp.math.tu-berlin.de/pub/numerik/SMDPC/supp.zip> Abruf: 2012-12-11

[L4] Thiel, C.: *Eine Plattform für Fußgängersimulationen*. HAW Hamburg, Projektbericht, 2011.

[L5] Weidmann, U.: Transporttechnik der Fussgänger – Transporttechnische Eigenschaften des Fussgängerverkehrs (Literaturlauswertung). In: *Schriftenreihe des IVT* (1993), Nr. 90, zweite, ergänzte Auflage.

- Online verfügbar unter: <http://www.ped-net.org/uploads/media/weidmann-1993.pdf> Abruf: 2012-12-11

Bilder

[B1] ped-net.org: *Kretz et al.*

URL: <http://www.ped-net.org/index.php?id=51&L=1&ID=148> Abruf: 2012-12-11

[B2] ped-net.org: *Weidmann*.

URL: <http://www.ped-net.org/index.php?id=21&L=1&ID=139> Abruf: 2012-12-11