



Universität Stuttgart

Institut für Straßen- und Verkehrswesen
Lehrstuhl für Straßenplanung und Straßenbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. Ressel

Mikroskopische Modellierung und Simulation des Fußgängerverkehrs

Florian Bitzer

Fachbereich 13
(TU Darmstadt)



62536462

Veröffentlichungen aus dem
Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Heft 43 (September 2010)

Inhalt

Vorwort	3
Erklärung	4
Inhalt	5
Abbildungen	10
Tabellen	14
Glossar und Abkürzungen	15
Formelzeichen	19
Zusammenfassung	20
Abstract	22
1 Einleitung	24
1.1 Stand der mikroskopischen Fußgängerverkehrsmodellierung	24
1.2 Nexus, Mobilität und Bewegung	25
2 Grundlagen und Modellentwicklung	28
2.1 Charakteristische Merkmale des Fußgängerverkehrs	28
2.1.1 Grundlegende Eigenschaften	28
2.1.1.1 Zwei Dimensionen	28
2.1.1.2 Fußwegelängen	29
2.1.1.3 Routenwahlverhalten	30
2.1.2 Makroskopische Merkmale	31
2.1.2.1 Geschwindigkeit	31
2.1.2.2 Fluss	33
2.1.2.3 Dichte	34
2.1.2.4 Fundamentaldiagramm	35
2.1.2.5 Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs	37
2.1.3 Mikroskopische Merkmale	39
2.1.3.1 Motorik des Gehens	39
2.1.3.2 Interaktion mit der Umgebung	40
2.1.3.3 Entstehung von Stauungen	41
2.1.3.4 Oszillieren des Flusses	41

2.1.3.5	Flussmuster konkurrierender Ströme.....	42
2.1.3.6	Bildung temporärer Spuren.....	43
2.1.3.7	Entstehung von Pfaden.....	43
2.2	Klassifizierung und Bewertung mikroskopischer Fußgängerverkehrsmodelle.....	44
2.2.1	Deterministisch, kontinuierlich, heuristisch.....	47
2.2.1.1	Reale Trajektorien.....	47
2.2.1.2	Deterministische Modelle.....	47
2.2.2	Stochastisch, diskret, abstrakt.....	48
2.2.2.1	Random-Walk Modell.....	48
2.2.2.2	Warteschlangenmodell.....	49
2.2.3	Stochastisch, kontinuierlich, abstrakt.....	49
2.2.3.1	Random-Direction Modell.....	49
2.2.3.2	Random-Waypoint Modell.....	50
2.2.4	Deterministisch, kontinuierlich, abstrakt.....	51
2.2.4.1	Optimal-Velocity Modell.....	51
2.2.4.2	Gravitationsmodell.....	52
2.2.4.3	Magnetkräftemodell.....	52
2.2.4.4	Social-Force Modell.....	54
2.2.4.5	Active-Walker Modell.....	56
2.2.4.6	Minimal-Route-Cost Modell.....	57
2.2.5	Deterministisch, diskret, abstrakt.....	58
2.2.6	Deterministisch, diskret, heuristisch.....	59
2.2.6.1	Deterministische Zelluläre Automaten.....	59
2.2.7	Stochastisch, diskret, heuristisch.....	63
2.2.7.1	Stochastische Zelluläre Automaten.....	63
2.2.7.2	Discrete-Choice Modell.....	65
2.2.8	Stochastisch, kontinuierlich, heuristisch.....	66
2.3	Updatereihenfolge.....	67
2.3.1	Sequentielles Update.....	67
2.3.2	Zufälliges Update.....	68

2.3.3	Sequentiell zufälliges Update	68
2.3.4	Paralleles Update	68
2.4	Ausgangsmodell des Simulationsframeworks	70
3	Geometrische Datengrundlage	72
3.1	Anforderungen an die Umgebungsgeometrie	72
3.2	Bekannte Datenformate	73
3.2.1	Geographic Data Format (GDF)	73
3.2.2	Drawing Exchange Format (DXF).....	74
3.2.3	Geography Markup Language (GML).....	75
3.3	Das Relationen- und Topologiekonzept von Nexus	76
3.4	Generieren von AWML-Dateien mit AutoCAD.....	78
4	Simulationsframework.....	81
4.1	Konzeption.....	81
4.2	Warum Entwicklung mit C#.NET?	82
4.3	Aufbereitung der Umgebungsgeometrie	83
4.3.1	Import von AWML-Dateien in die Simulationsumgebung	83
4.3.2	Diskretisierung der Vektordaten.....	85
4.3.3	Automatische Zuweisung der Flächeneigenschaft an jede Zelle	88
4.3.4	Sicherung des geometrischen Grundfeldes	94
4.4	Implementierung eines Zellulären Automaten.....	95
4.4.1	Parametrisierung der Quell-Ziel-Relationen	95
4.4.2	Navigation der Agenten.....	96
4.4.2.1	Anisotrope statische Grundfelder	97
4.4.2.2	Pseudoisotrope statische Grundfelder.....	97
4.4.2.3	Isotrope statische Grundfelder.....	99
4.4.2.4	Multiple statische Grundfelder für multiple Ziele	105
4.4.2.5	Dynamische Grundfelder für die Interaktion von Agenten.....	106
4.4.3	Initialisierung der Agenten	111
4.4.4	Algorithmen zur Bewegungsdurchführung.....	114
4.4.4.1	Linearer Algorithmus.....	114

4.4.4.2	Polynomischer Algorithmus	118
4.4.4.3	Exponentieller Algorithmus	119
4.4.5	Bewegung unter Verwendung anisotroper SFF	122
4.4.6	Bewegung unter Verwendung pseudoisotroper SFF	124
4.4.7	Bewegung unter Verwendung isotroper SFF	126
4.4.8	Gegenüberstellung von Simulationsergebnissen	127
5	Referenzszenario Campus Vaihingen	130
5.1	Auswahlkriterien.....	130
5.2	Lage und verkehrliche Charakteristiken	130
5.3	Quellen für Umgebungsgeometrie.....	131
5.4	Quellen für Verkehrsaufkommen.....	133
6	Fußgängerverkehrserhebung.....	138
6.1	Klassifizierung der Erhebungsmethoden.....	138
6.1.1	Befragung und Wegebücher	139
6.1.2	Querschnittszählung	140
6.1.3	Stromerhebung	141
6.1.4	Kordonerhebung	142
6.1.4.1	Barcode und RFID.....	143
6.1.4.2	Akustische Aufzeichnungsverfahren	143
6.1.4.3	MAC-Adressen mobiler Endgeräte	144
6.1.5	Video-/Bildanalyse.....	145
6.2	Layout der durchgeführten Erhebung.....	147
6.2.1	Wahl des Kamerastandorts.....	147
6.2.2	Georeferenzierung der Standorte und Blickwinkel	150
6.2.3	Abbildungseigenschaften von Kameras und Objektiven	152
6.2.4	Synchronisation der Zeitstempel	153
6.2.5	Zeitpunkt und Rahmenbedingungen der Erhebung	154
7	Auswertung und Ergebnisvalidierung	157
7.1	Auswertung der erhobenen Daten	157
7.1.1	Aufbereitung der Rohdaten.....	157

7.1.2 Analyse des Bewegungsverhaltens.....	161
7.2 Simulation Referenzszenario	165
7.2.1 Angenommenes Verkehrsaufkommen.....	165
7.2.2 Ergebnisse der Simulation.....	166
8 Fazit und Ausblick.....	170
9 Literatur.....	172