

Modellierung und Simulation der Dynamik von Fußgängerströmen

Von der Fakultät Physik der Universität Stuttgart zur Erlangung der Würde eines
Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.) genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von Péter Molnár aus Göttingen

Hauptberichter: Prof. Dr. Dr. h.c. W. Weidlich
Mitberichter: Apl. Prof. Dr. habil. A. Wunderlin
Tag der mündlichen Prüfung: 15. Dezember 1995

II. Institut für Theoretische Physik der Universität Stuttgart

1995

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	15
2	Untersuchung des Fußgängerverkehrs	19
2.1	Bewegungsverhalten	19
2.2	Bemessung von Fußgängeranlagen	24
2.3	Modellierung	27
2.3.1	Makroskopische Modelle	27
2.3.2	Mikroskopische Modelle	28
3	Soziale Wechselwirkungen	31
3.1	Dynamic-Social-Impact-Theory	32
3.2	Theorie der Sozialen Kräfte	33
4	Fußgängerdynamik	35
4.1	Fußgänger-Modell	35
4.1.1	Bewegung eines Fußgängers	36
4.1.2	Antriebskraft	37
4.1.3	Wechselwirkung zwischen Fußgängern	38
4.1.4	Abstandsverhalten gegenüber Hindernissen	42
4.1.5	Attraktionen	48
4.1.6	Wechselwirkung in Gruppen	49
4.2	Bestimmung der Parameter	50

4.3	Phänomene der Selbstorganisation	52
4.3.1	Bahnbildung	52
4.3.2	Fußgängerkreuzung	54
4.3.3	Oszillation der Durchgangsrichtung	54
4.4	Bewertungskriterien	57
4.4.1	Effizienz	58
4.4.2	Geschwindigkeitswechsel	59
4.4.3	Wohlbefinden	59
4.4.4	Gruppenabstand	60
4.4.5	Gemittelte Maße	61
4.4.6	Vorhersage der Meßwerte	61
4.4.7	Leistungsfähigkeit (Fluß)	63
4.4.8	Grad der (Selbst-)Organisation, Vielfältigkeitsmaß	64
4.5	Leistungsmaße	67
4.5.1	Leistungsmaße eines Korridors	68
4.5.2	Effizienz einer Kreuzung	68
5	Formoptimierung	73
5.1	Idee des Evolutionsprinzips	74
5.2	Evolutionäre Optimierung von Fußgängeranlagen	75
5.3	Genetische Algorithmen	77
5.4	Evolutionsstrategie	79
5.5	Untersuchung von GA und ES	81
5.5.1	Implementierung der Evolutionären Optimierung	81
5.5.2	Beispiele zur Evolutionären Optimierung	84
6	Erweiterungen des Soziale-Kräfte-Modells	87
6.1	Entscheidungsmodell	87
6.2	Evolution der Verhaltensstrategie	90

7 Wegenetze	93
7.1 Darstellung einer Fußgängeranlage als Netzwerk	94
7.2 Streckenbelastung in Wegenetzen	96
7.2.1 Bestimmung der kürzesten Wege	97
7.2.2 Verteilung der Benutzungshäufigkeit	98
7.2.3 Random-Warshall-Floyd-Algorithmus	101
8 Entwicklung von Trampelpfaden	107
9 Simulationsprogramm	113
9.1 Struktur des Fußgängermodells	113
9.2 Objekte und Klassen	115
9.3 Objektorientierte Modellspezifikation	116
9.3.1 Elemente des Simulators	117
9.3.2 Methoden der Simulationsobjekte	117
9.4 Das Problem der Gleichzeitigkeit	118
9.5 Rechenzeit und Rechengenauigkeit	122
9.6 Beschreibung der Modellsprache	123
Symbolverzeichnis	129
Literaturverzeichnis	135