

Universität Hamburg
Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften
Department Informatik

DIPLOMARBEIT

**Entwicklung hierarchischer
Klassifikatoren beim Wabenbau von
Insekten**

Vorgelegt von:
Marius Zirngibl

Matrikelnummer: 5299377

Betreuer:
Prof. Dr.-Ing. Bernd Page
Prof. Dr. Andreas G. Fleischer

Hamburg, 14. September 2009

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Zielsetzung	4
2	Theoretische Grundlagen	8
2.1	Nestbau von Bienen und Papierwespen	8
2.1.1	Stigmergie als Kommunikationsprinzip	10
2.1.2	Nestbau in Insektenstaaten als Komplexes Adaptives System	14
2.2	Evolutionstheorie	15
2.3	Genetische Algorithmen	18
2.3.1	Funktionsweise	19
2.3.2	Schrittweiser Ablauf	20
2.3.3	Codierung des Genotyps	25
2.3.4	Schematheorem	26
2.4	Learning Classifier Systems	32
2.4.1	Credit Assignment: Reinforcement Learning	39
2.4.2	Rule Discovery: Genetische Algorithmen	40
2.4.3	ZCS: Zeroth-Level Classifier System	41
2.4.4	XCS	42
2.5	Komplexität der Problemstellung	43
3	Methode	45
3.1	Benutzte Werkzeuge	46
3.2	Konzept des Simulationsmodells	46
3.3	Programmierung der Simulationsumgebung	47
3.3.1	Regelsatz und Parameter	47
3.4	Programmierung der Agentenobjekte	49
3.4.1	Klassifikation und Manipulation der Umgebung	51
3.4.2	Implementation der Klassifikatoren	52
3.4.3	Erweiterung durch hierarchische Klassifikatoren	54
3.4.4	Bewegung der Agenten	54
3.5	Berechnung der Gesamtfitness der Wabenstruktur	55
3.6	Implementation des Genetischen Algorithmus	56
3.6.1	Parameter des Genetischen Algorithmus	57
3.6.2	Ablauf des Genetischen Algorithmus	58
3.7	Graphische Darstellung	60

3.7.1	Darstellung des hexagonalen Gitters	60
3.7.2	Darstellung der einzelnen Wabenzellen	61
3.8	Durchführung der Simulationen	62
4	Simulationsergebnisse	64
4.1	Ergebnisse mit einem Regelsatz und variablen Stärkewerten	64
4.1.1	Ergebnisse ohne Beschränkung der Populationsgröße	65
4.1.2	Ergebnisse mit beschränkter Populationsgröße	65
4.1.3	Ergebnisse mit Crossover-Wahrscheinlichkeit	68
4.1.4	Ergebnisse mit Mehrfachauswahl der Elternindividuen	69
4.2	Simulation mit zwei hierarchisch geordneten Regelsätzen	71
5	Diskussion	72
5.1	Analyse der Ergebnisse	72
5.2	Begriffsdefinitionen	72
5.3	Bewegungsmodell der Agenten	73
5.4	Fokus des Genetischen Algorithmus	73
5.5	Größe des Wahrnehmungsbereiches	75
5.6	Simulationsdauer	75
5.7	Vergleich mit thematisch verwandten Arbeiten	76
Anhang		78
A	MATLAB-Quellcode	78
A.1	simulationsumgebung.m	78
A.2	bauagent.m	84
A.3	classifier.m	95
A.4	fitness.m	98
A.5	EckPunkte.m	100
A.6	strengthga.m	101
A.7	nachbarn.m	106
A.8	plotgitter.m	107
A.9	plotwabe.m	108
A.10	plotwabem.m	110
Abbildungsverzeichnis		111
Tabellenverzeichnis		112
Literaturverzeichnis		113