

Torsten Fischer

Multi-Agenten-Systeme im Fahrzeugumschlag

**Agentenbasierte Planungsunterstützung für
Seehafen-Automobilterminals**

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Hermann Gehring

Deutscher Universitäts-Verlag

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	IX
Abbildungsverzeichnis	XVII
Tabellenverzeichnis	XXI
Symbolverzeichnis	XXIII
Abkürzungsverzeichnis	XXIX
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemeinführung	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit	3
1.3 Aufbau der Arbeit	4
2 Problembeschreibung.....	7
2.1 Übersicht über die interorganisatorische Logistikkette	8
2.1.1 Fahrzeuganlieferung	9
2.1.2 Seehafen-Automobilterminals als Fahrzeugdrehscheiben	11
2.1.3 Fahrzeugauslieferung	13
2.2 Modellierung des Ist-Zustandes in einem Seehafen-Automobilterminal	14
2.2.1 Geschäftsprozessmodellierung	15
2.2.2 Geschäftsprozess „Umschlag Importfahrzeuge“ – Übersicht	19
2.2.3 Prozess „Umschlag Importfahrzeuge“ – Verfeinerung	21
2.2.3.1 Verfeinerung des Teilprozesses „Fahrzeugübernahme (Im1)“ ...	21
2.2.3.2 Verfeinerung des Teilprozesses „Fahrzeuglagerung (Im2)“	23
2.2.3.3 Verfeinerung des Teilprozesses „Fahrzeugübergabe (Im3)“	25
2.2.4 Beschreibung der Planungsprozesse	27
2.2.4.1 Planungsprozess „Disposition Kajanleger“	28
2.2.4.2 Planungsprozess „Zuweisung Eingangspuffer“	29
2.2.4.3 Planungsprozess „Planung Lagerstellfläche“	30
2.2.4.4 Planungsprozess „Planung Personaleinsatz“	32
2.3 Schwachstellenanalyse	33

2.3.1	Planungsbezogene Schwachstellen	34
2.3.2	Technologische Schwachstellen	37
2.3.3	Organisationsübergreifende Schwachstellen	38
3	Modellierung des Fahrzeugumschlagproblems	41
3.1	Ansatzpunkte der Modellierung	42
3.1.1	Beschreibung des Fahrzeugumschlagproblems	42
3.1.2	Dekomposition des Fahrzeugumschlagproblems.....	44
3.1.3	Auftragseingang als dynamische Planungskomponente	45
3.1.4	Rollierende Planung des Fahrzeugumschlags.....	46
3.1.4.1	Aktualisierungsstrategien	47
3.1.4.2	Umplanungsstrategien	47
3.2	Modellierung übergreifender Problemeigenschaften	50
3.2.1	Allgemeine Prämissen.....	50
3.2.2	Repräsentation zeitlicher Gegebenheiten.....	51
3.2.3	Repräsentation räumlicher Gegebenheiten	52
3.2.4	Repräsentation der Umschlagaufträge für Importfahrzeuge.....	53
3.3	Modellierung der Hafendisposition.....	56
3.3.1	Prämissen zur Modellierung der Hafendisposition.....	57
3.3.2	Komplexitätsabschätzung für das Problem der Hafendisposition	57
3.3.3	Modellformulierung für die Hafendisposition	59
3.3.3.1	Modellierung der Entladungsplanung	60
3.3.3.2	Modellierung der Einlagerungsterminierung	64
3.3.3.3	Zielfunktionen für die Hafendisposition	65
3.4	Modellierung der Stellflächen- und Personaleinsatzplanung.....	68
3.4.1	Prämissen zur Stellflächen- und Personaleinsatzplanung.....	69
3.4.2	Komplexitätsabschätzung für das Problem der Stellflächen- und Personaleinsatzplanung.....	69
3.4.3	Modellformulierung für die Stellflächen- und Personaleinsatzplanung	71
3.4.3.1	Modellierung der Stellflächenplanung	72

3.4.3.2	Modellierung der Personaleinsatzplanung	75
3.4.3.3	Zielfunktionen für die Stellflächen- und Personaleinsatzplanung	79
3.5	Dynamische Erweiterung des Modells	83
4	Multi-Agenten-Systeme zur Unterstützung komplexer betrieblicher Entscheidungsprobleme	87
4.1	Grundlagen der Agententechnologie	88
4.1.1	Begriff und Wesen von Agenten	88
4.1.2	Klassifizierung von Agenten	92
4.1.3	Agentenarchitekturen	94
4.2	Aufbau von Multi-Agenten-Systemen	97
4.2.1	Systemabgrenzung	98
4.2.2	Repräsentation dekomponierbarer Problemstellungen durch Multi-Agenten-Systeme	101
4.2.3	Kommunikation in Multi-Agenten-Systemen	103
4.2.3.1	Prozedurale Kommunikation	103
4.2.3.2	Blackboard-Systeme	104
4.2.3.3	Nachrichtenbasierte Informationsübermittlung	105
4.2.4	Koordinationstechniken in Multi-Agenten-Systemen	105
4.2.4.1	Organisatorische Strukturierung	106
4.2.4.2	Kontrakt-Verfahren	106
4.2.4.3	Verhandlungen	109
4.2.5	Integrierte wissensbasierte Lernsysteme	110
4.3	Realisierte Multi-Agenten-Systeme für betriebswirtschaftliche Anwendungsszenarien	112
4.3.1	Multi-Agenten-Systeme zur Unterstützung logistischer Planungs- und Entscheidungsprobleme	112
4.3.1.1	Multi-Agenten-Systeme im Bereich der Transportlogistik	113
4.3.1.2	Multi-Agenten-Systeme im Bereich der Produktionslogistik	115
4.3.1.3	Multi-Agenten-Systeme im Bereich der Lagerlogistik	116

4.3.1.4	Multi-Agenten-Systeme im Bereich der Krankenhauslogistik	119
4.3.2	Multi-Agenten-Systeme im Bereich der Informationslogistik.....	120
4.3.3	Multi-Agenten-Systeme im Geschäftsprozessmanagement.....	122
5	Multi-Agenten-Architektur zur Unterstützung des FUP.....	125
5.1	Architektur des Multi-Agenten-Systems.....	125
5.1.1	Begründung des Ansatzes	126
5.1.2	Dekomposition der zugrunde liegenden Planungsproblemstellung und deren Abbildung in ein Multi-Agenten-System.....	129
5.2	Komponentenspezifikation.....	135
5.2.1	Verwaltungssystem FUP_VWS.....	136
5.2.2	Teilplanungssystem FUP_SEA.....	139
5.2.3	Teilplanungssystem FUP_MAS.....	142
5.2.3.1	Flächenagent (FA).....	144
5.2.3.2	Lagerschätzagent (LSA).....	146
5.2.3.3	Schichtagent (SA).....	147
5.2.3.4	Planungskoordinatoragent (PKA)	149
6	Lösungsverfahren für das dynamische Fahrzeugumschlagproblem im Rahmen des Multi-Agenten-Systems.....	153
6.1	Strategien zur Ermittlung einer Aufgabenreihenfolge	154
6.1.1	Wahl der Aufgabenreihenfolge im Rahmen der Hafendisposition.....	154
6.1.2	Wahl der Aufgabenreihenfolge im Rahmen der Stellflächen- und Personaleinsatzplanung.....	155
6.2	Algorithmische Spezifikation der Hafendisposition	157
6.2.1	Arbeitsweise des Schiffseingangsagenten (SEA)	158
6.2.2	Verfahren zur Kajanlegerzuweisung.....	161
6.2.2.1	Alternierendes Verfahren zur Kajanlegerzuweisung.....	161
6.2.2.2	Heuristisches Verfahren zur belegungsgradabhängigen Kajanlegerzuweisung.....	162
6.2.3	Verfahrensansätze zur Eingangspufferzuweisung	164

6.2.3.1	An die Kajanenleger gekoppelte Eingangspufferzuweisung.....	164
6.2.3.2	Heuristisches Verfahren zur Eingangspufferzuweisung	164
6.2.4	Verfahren zur Eingangspufferräumung	165
6.2.4.1	Eingangspufferräumung nach dem FIFO-Prinzip	165
6.2.4.2	Eingangspufferräumung auf der Grundlage eines Algorithmus zur Verschnittoptimierung	167
6.2.5	Heuristische Verfahren zur Aufgabeterminierung	169
6.2.5.1	Grobterminierung der Entladungsaufgaben	169
6.2.5.2	Grobterminierung der Einlagerungsaufgaben	171
6.3	Algorithmische Spezifikation der Stellflächen- und Personal- einsatzplanung	172
6.3.1	Arbeitsweise des Multi-Agenten-Systems FUP_MAS	173
6.3.2	Verfahren zur Lagerdauerschätzung	177
6.3.2.1	Statische Schätzformel	178
6.3.2.2	Learning-Classifer-System zur Lagerverweildauer- schätzung	178
6.3.2.3	Regelbasiertes Schätzverfahren	182
6.3.3	Lösungsverfahren zur Stellflächenplanung	183
6.3.3.1	Heuristisches Lösungsverfahren zur Stellflächenplanung	185
6.3.3.2	Genetische Lösungsverfahren zur Stellflächenzuweisung	188
6.3.4	Lösungsverfahren zur Personaleinsatzplanung	201
6.3.4.1	Konstruktionsheuristik zur Grobterminierung von Verfahrensaufgaben	201
6.3.4.2	Konstruktionsheuristik zur Feinterminierung von Verfahrensaufgaben	204
6.3.4.3	Heuristisches Verfahren zur Fahrerzuweisung	205
7	Evaluation der agentenbasierten Lösungsansätze	207
7.1	Evaluationskonzept	208
7.1.1	TestszENARIO für das Fahrzeugumschlagproblem	209
7.1.1.1	Zeitliche Gegebenheiten	209

7.1.1.2	Räumliche Gegebenheiten in einem Seehafen-Automobilterminal	210
7.1.1.3	Umschlagaufträge.....	210
7.1.2	Dynamische Testinstanzen.....	211
7.1.3	Vorgehensweise des Testdatengenerators zur Erzeugung von Testinstanzen.....	213
7.2	Evaluation des Planungssystems FUP_SEA	215
7.2.1	Konfigurationen des Teilplanungssystems FUP_SEA	215
7.2.2	Analyse der Planungsergebnisse für das Hafendispositionsproblem.....	218
7.2.2.1	Analyse im Hinblick auf die Maximierung der Kundenzufriedenheit	218
7.2.2.2	Analyse im Hinblick auf die Maximierung planerischer Freiheitsgrade	222
7.2.2.3	Robustheit der heuristischen Lösungsverfahren zur Hafendisposition.....	223
7.2.2.4	Laufzeitverhalten der Lösungsverfahren.....	224
7.3	Evaluation des Multi-Agenten-Systems FUP_MAS.....	226
7.3.1	Konfigurationen des Systems FUP_MAS.....	227
7.3.1.1	Konfiguration des Systems FUP_MAS.....	228
7.3.1.2	Konfiguration der in FUP_MAS eingesetzten Lösungsverfahren	229
7.3.1.3	Reihenfolge der Fahrzeuggruppen und Planänderungen.....	232
7.3.2	Analyse operativer Fragestellungen.....	233
7.3.2.1	Diskussion der Planungsergebnisse aus operativer Sicht.....	234
7.3.2.2	Robustheit der Lösungsverfahren in Bezug auf die operative Zielsetzung	241
7.3.2.3	Laufzeitanalyse.....	242
7.3.3	Analyse strategischer Fragestellungen.....	243
7.3.3.1	Erweiterung des Testszenarios	243
7.3.3.2	Diskussion der Ergebnisse aus strategischer Sicht.....	245
7.4	Zusammenfassung der Planungsergebnisse	252

8 Zusammenfassung und Ausblick	255
Literaturverzeichnis	263
Anhang	279