

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

xv

1	Einleitung	1
2	Grundlagen der Leistungsanalyse automatisierter Lagersysteme	7
2.1	Arten automatisierter Lagersysteme	7
2.1.1	Automatisierte Hochregallager	8
2.1.2	Shuttle-Systeme	10
2.2	Technische Konfiguration	12
2.3	Lagerbetriebsstrategien	14
2.3.1	Lagerplatzvergabestrategien	16
2.3.2	Spielstrategien	17
2.3.3	Spielbildung	18
2.3.4	Einlager- und Auslagerstrategien	19
2.3.5	Ruhepositionsstrategien	26
2.4	Leistungsbewertung und -analyse	26
2.4.1	Leistungsanalyse im Kontext der Konfigurationsplanung	27
2.4.2	Kenngrößen der Leistungsfähigkeit	29
2.4.3	Spielzeitberechnung	30
2.4.4	Stochastische Einflüsse	33
2.5	Stochastische Prozessmodellierung	35
2.5.1	Zeitstetige Markovketten	35
2.5.2	Warteschlangentheoretische Modelle	41
3	Stand der Forschung	49
3.1	Klassifikation	50
3.2	Statische Modelle	52
3.2.1	Gleichverteilte Zugriffe	54
3.2.2	Weitere Verteilungsarten	56
3.3	Simulation	57
3.4	Analytisch-stochastische Ansätze	62
3.4.1	Auftragsbezogene Modellierung	63
3.4.2	Fördermittelbezogene Modellierung	76
3.5	Zusammenfassung des Literaturüberblicks	84
3.6	Detaillierte Betrachtung einschlägiger Modelle	86
3.6.1	Aggregation des Zustandsraums	86
3.6.2	Warteschlangenmodell für fahrtzeitbezogene Einlagerung	88

4	Stationäre Analyse der Lagerprozesse mittels Markovketten	91
4.1	Annahmen	91
4.2	Modelle für den Fall homogener Lagerartikel	96
4.2.1	Detailliertes Markov-Modell	96
4.2.2	Aggregiertes Markov-Modell	120
4.3	Markov-Modell für den Fall heterogener Lagerartikel	131
5	Modellierung mittels geschlossener Warteschlangennetze	143
5.1	Gordon-Newell-Netze	143
5.1.1	Modellbildung	144
5.1.2	Stationäre Analyse	150
5.1.3	Algorithmen für die Leistungsanalyse	155
5.2	Allgemeine Warteschlangennetze	163
5.2.1	Verallgemeinerung der Modellbildung	164
5.2.2	Approximative Leistungsanalyse	167
6	Einsatz der Modelle für die Leistungsanalyse von Lagersystemen	171
6.1	Berechnungseffizienz der Algorithmen	172
6.2	Grundlegende Erkenntnisse für einen Lagerbetrieb unter KFS	177
6.2.1	Herleitung lagerspezifischer Kenngrößen	177
6.2.2	Vergleichende Spielzeitberechnung	186
6.2.3	Auswertung weiterer Kennlinien	193
6.3	Validierung der verallgemeinerten Modellierung	199
6.3.1	Simulation als Vergleichsgrundlage	199
6.3.2	Approximationsgüte der verallgemeinerten Modellierung	203
6.3.3	Verbesserung der Approximationsgüte	206
6.4	Spielzeit-Kennlinien unter verallgemeinerten Auftragsankünften	214
6.4.1	Homogene Variabilität aller Auftragsankünfte	215
6.4.2	Artikelspezifische Auftragsankünfte	219
6.5	Betriebswirtschaftliche Implikationen	221
6.5.1	Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse	222
6.5.2	Begrenzungen der Modellierung	224
7	Fazit und Ausblick	227
	Literaturverzeichnis	233