

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungs- und Symbolverzeichnis</b>	<b>xv</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen der Leistungsanalyse automatisierter Lagersysteme</b>	<b>7</b>
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
<b>3 Stand der Forschung</b>	<b>49</b>
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

<b>4 Stationäre Analyse der Lagerprozesse mittels Markovketten</b>	<b>91</b>
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
<b>5 Modellierung mittels geschlossener Warteschlangennetze</b>	<b>143</b>
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
<b>6 Einsatz der Modelle für die Leistungsanalyse von Lagersystemen</b>	<b>171</b>
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
<b>7 Fazit und Ausblick</b>	<b>227</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>233</b>