

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation und Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung	3
1.3	Aufbau und Vorgehensweise	4
2	Stand der Wissenschaft und Forschung	5
2.1	Logistik und intralogistische Systeme	5
2.2	Sortiersysteme	6
2.2.1	Typen von Stückgut-Sortiersystemen	8
2.2.2	Aufbau von Stückgut-Sortiersystemen	10
2.2.3	Sortiersysteme in Loopstruktur	12
2.3	Materialflussrechnung für Sorter in Loopstruktur	14
2.4	Layouterstellung und -optimierung von Sortiersystemen	20
2.5	Planung von Sortiersystemen	21
3	Leistungsermittlung	25
3.1	Gedankenmodell eines Sorters in Loopstruktur als schwingendes System . .	25
3.2	Mathematische Modellierung der Leistung von Sortiersystemen in Loopstruktur	29
3.2.1	Mathematisches Modell für mehrere Ein- und Ausschleusbereiche .	30
3.2.2	Spezifikation für zwei Ein- und Ausschleusbereiche	36
3.2.3	Spezifikation für drei Ein- und Ausschleusbereiche	38
3.2.4	Spezifikation für vier Ein- und Ausschleusbereiche	42
3.2.5	Spezifikation für gleichmäßige Verteilung	44
3.2.6	Berechnung der benötigten Nennleistung des Sorters	48
3.2.7	Leistungsberechnung für beschränkte Einschleus-Effektivleistungen	50
3.2.8	Leistungsberechnung für No-Reads	52
3.2.9	Anzahl der Einschleusungen	56
3.3	Leistungsberechnung von Multisortersystemen	56

3.3.1	Klassifikation und Aufbau von Multisortersystemen	57
3.3.2	Leistungsberechnung für Multisortersysteme mit verbundenen Endstellen oder Vorsortierung (Typ 1)	62
3.3.3	Leistungsberechnung für übereinanderliegende Sorter mit Verbindungen (Typ 2)	66
3.3.4	Leistungsberechnung für Multisortersysteme mit Matrixstruktur (Typ 3)	69
3.4	Untersuchung der Leistungsschwankungen im Zeitverlauf	73
3.4.1	Leistungsschwankungen und maximale Einschleusleistung	74
3.4.2	Leistungsschwankungen und verminderte Einschleusleistung	79
3.5	Bestimmung der leistungsoptimalen Teilung unter Zulassung von Doppelpplatzbelegungen	82
3.6	Synthese - Verallgemeinertes mathematisches Modell zur Leistungsberechnung	96
3.7	Validierung der entwickelten Verfahren zur Leistungsermittlung	99
3.7.1	Modellbildung	99
3.7.2	Vorversuche zur Modellvalidierung und -verifizierung	102
3.7.3	Hauptversuche zur Validierung der Berechnungsverfahren	103
3.7.4	Diskussion der Ergebnisse	109
3.8	Zwischenfazit zur Leistungsermittlung	110
4	Heuristik zur Layoutgestaltung	113
4.1	Anforderungsanalyse	114
4.2	Bewertungsverfahren	116
4.2.1	Kennzahlen zum direkten Vergleich von Layouts	117
4.2.2	Mindestwerte der Kennzahlen	118
4.3	Überblick über die Heuristik zur Layoutgestaltung	120
4.4	Generierung von Anfangslösungen	123
4.4.1	Übertragung des umgekehrt isoperimetrischen Problems auf die Layoutierung von Sortern	123
4.4.2	Anfangslösungen für Sorter mit einem Ein- und Ausschleusbereich	126
4.4.3	Anfangslösungen für Sorter mit mehreren Ein- und Ausschleusbereichen	140
4.4.4	Anfangslösungen mit zwei Ebenen	144
4.5	Generierung von Lösungen unter Flächenbeschränkungen	146
4.6	Verbesserungsverfahren	147
4.7	Validierung der Heuristik zur Layoutgestaltung	151

4.7.1	Validierung durch Vergleich mit Standardlayouts	151
4.7.2	Diskussion der Ergebnisse der Validierung	163
4.8	Zwischenfazit zur Layoutgestaltung	164
5	Planungssystematik für Sortiersysteme in Loopstruktur	167
5.1	Überblick über die Planungssystematik für Sortiersysteme in Loopstruktur .	168
5.2	Phase der Entwicklung technischer Prinzipvarianten	170
5.3	Phase der Entwicklung leistungsgerechter Strukturvarianten	172
5.4	Phase der Entwicklung kostenminimaler Layoutvarianten	174
5.5	Zwischenfazit	176
6	Anwendung der Planungssystematik	177
6.1	Anforderungsdefinition und Entwicklung technischer Prinzipvarianten . . .	177
6.2	Entwicklung leistungsgerechter Strukturvarianten	179
6.3	Entwicklung kostenminimaler Layoutvarianten	184
6.4	Berechnungen in den weiteren Planungsphasen und Planungsergebnis . . .	186
6.5	Zwischenfazit zur Anwendung der Planungssystematik	188
7	Fazit und Ausblick	189
	Literaturverzeichnis	190
	Nomenklatur	199
	Abbildungsverzeichnis	207
	Tabellenverzeichnis	213
	Anhang	215
A	Einschleus-Effektivleistungen für drei Ein- und Ausschleusbereiche	215
B	Einschleus-Effektivleistungen für vier Ein- und Ausschleusbereiche	217
B.1	Ein- und Ausschleusbereich 1	217
B.2	Ein- und Ausschleusbereich 2	218
B.3	Ein- und Ausschleusbereich 3	219
B.4	Ein- und Ausschleusbereich 4	220
C	Leistungsberechnung für Multisortersysteme	221
D	Zweite Ableitung der Leistungsfunktion für normalverteiltes Gutspektrum	223

E	Validierung der Leistungsberechnung - Simulationsergebnisse	225
F	Validierung der Heuristik - Layouts	233
G	Versuchsergebnisse 2-10	237
H	Versuchsergebnisse 11-20	243
I	Versuchsergebnisse 21-30	247
J	Versuchsergebnis 31	253