

<b>1 Einleitung</b> .....	1
1.1 Motivation und Problemstellung .....	1
1.2 Zieldefinition .....	6
1.3 Gang der Untersuchung .....	7
1.4 Veröffentlichungen der Autorin zur vorliegenden Arbeit .....	10
<b>2 Anpassungsfähige Fabriken</b> .....	19
2.1 Grundlegende Begriffe .....	20
2.2 Anpassungsfähigkeit .....	23
2.3 Fabrikplanung .....	29
2.3.1 Zielplanung .....	32
2.3.2 Vorplanung .....	34
2.3.3 Grobplanung .....	35
2.3.4 Feinplanung .....	40
2.3.5 Ausführungsplanung und Ausführung .....	41
2.4 Produktionsplanung und -steuerung (PPS) .....	43
2.4.1 Produktionsprogrammplanung .....	45
2.4.2 Produktionsbedarfsplanung .....	46
2.4.3 Eigenfertigungsplanung und -steuerung .....	48
2.4.4 Störungen und Overall Equipment Effectiveness (OEE) .....	51
2.5 Vierte industrielle Revolution .....	55
2.5.1 Begriffsabgrenzung .....	55
2.5.2 Einführung der Industrie 4.0-Technologien .....	58

2.5.3	Potenziale und Turbulenzen für die PPS .....	62
2.5.4	Interaktion des Menschen mit Industrie .....	65
	4.0-Technologien .....	65
2.6	Zwischenresümee .....	67
<b>3</b>	<b>Stand der Forschung: Hybride Flow Shops .....</b>	<b>71</b>
3.1	Problemstellung der Arbeit .....	72
	3.1.1 Spezifikation des Problems .....	72
	3.1.2 Kategorisierung .....	76
3.2	Literaturüberblick .....	83
3.3	Exakte mathematische Optimierung .....	90
	3.3.1 Parameter- und Variablendefinition .....	90
	3.3.2 Inhaltsanalyse zu exakter mathematischer Optimierung .....	92
	3.3.3 Modell von Ruiz et al. (2008) .....	94
3.4	Heuristiken .....	98
	3.4.1 Grundlegende konstruktive Heuristiken .....	99
	3.4.2 Inhaltsanalyse zu konstruktiven Heuristiken .....	101
	3.4.3 Grundlegende Metaheuristiken .....	107
	3.4.4 Inhaltsanalyse zu Metaheuristiken .....	110
	3.4.5 Rescheduling .....	121
	3.4.6 Zusammenfassende Inhaltsanalyse hinsichtlich der $\beta$ -Komponenten .....	123
3.5	Prognose externer stochastischer Einflussfaktoren .....	126
	3.5.1 Kategorisierung mathematischer und statistischer Methoden für die PPS .....	126
	3.5.2 Studien im Umfeld der Maschinenbelegungsplanung ....	128
	3.5.3 $k$ -means-Clustering .....	130
	3.5.4 Standardisierung der Daten .....	136
3.6	Ereignisdiskrete Simulation interner stochastischer Einflussfaktoren .....	136
	3.6.1 Inhaltsanalyse der Simulationsstudien .....	137
	3.6.2 Weibullverteilung .....	139
	3.6.3 Exponentialverteilung .....	141
	3.6.4 Kombinierte Optimierungs- und Simulationsmethoden .....	142
	3.6.5 Vorarbeiten .....	148
	3.6.6 Modellierung von Einflussgrößen in Simulationsumgebungen .....	150

<b>4 Zwischenfazit und Forschungslücke</b> .....	153
4.1 Konsolidierung bisheriger Erkenntnisse .....	153
4.1.1 Lösungsmethoden für die in dieser Arbeit bearbeitete Problemstellung .....	153
4.1.2 Anpassungsfähige und praxisorientierte Maschinenbelegungsplanung .....	156
4.2 Identifikation der Forschungslücke und Herleitung der konkretisierten Forschungsfragen .....	159
<b>5 Entwicklung der Komposition von mathematischer Optimierung, Simulation und Prognose</b> .....	163
5.1 Konzept der Implementierung .....	165
5.1.1 Datenkonzept .....	165
5.1.2 Prototypischer Softwareentwurf .....	172
5.2 Exakte Optimierung .....	175
5.3 Heuristiken .....	181
5.3.1 Integration von <i>unavail</i> .....	182
5.3.2 Konstruktive Heuristiken .....	183
5.3.3 Lokale Suchen und Tabu Search .....	188
5.3.4 Simulated Annealing .....	191
5.3.5 Genetischer Algorithmus (GA) .....	194
5.4 Prognoseverfahren .....	197
5.4.1 Konzept der Vorarbeiten zum <i>k</i> -means-Clustering als Prognoseinstrument für Nachfrageschwankungen .....	197
5.4.2 Clustering .....	199
5.4.3 Ermittlung des Produktionsvolumens .....	200
5.5 Ereignisdiskrete Simulation .....	202
5.6 Anpassungsfähige und praxisorientierte Maschinenbelegungsplanung .....	207
5.6.1 Anpassungsfähigkeit .....	208
5.6.2 Praxisorientierung .....	214
<b>6 Evaluation der entwickelten Verfahren</b> .....	219
6.1 Anwendungsbeispiel und Modellierung .....	220
6.2 Evaluationszeiträume .....	227
6.3 Evaluationsszenarien .....	230
6.4 Optimierungsergebnisse .....	234
6.4.1 Exakte Lösung und Festlegung der Bewertungskriterien .....	234
6.4.2 Konstruktive Heuristiken .....	237
6.4.3 Metaheuristiken .....	239

6.5	Prognoseverfahren .....	245
6.5.1	Wahl des Limits für die Ausschussrate $r_{max}$ und Eingrenzung der Quantilswerte $q$ .....	246
6.5.2	Wahl der Clustering-Methode und Eingrenzung der Wahl des Sicherheitsfaktors $SF2$ .....	251
6.6	Simulationsexperimente .....	257
6.6.1	Vergleich der besten Metaheuristiken .....	257
6.6.2	Wahl der Quantile $q$ und des Sicherheitsfaktors $SF2$ .....	260
6.7	Anpassungsfähigkeit und Praxisorientierung im Assistenzsystem des Anwendungsfalls .....	264
6.7.1	Benutzerschnittstelle .....	265
6.7.2	Praxisorientierung und Anpassungsfähigkeit .....	269
7	<b>Diskussion der Ergebnisse</b> .....	277
7.1	Zusammenfassung der Ergebnisse und Beantwortung der Forschungsfragen .....	277
7.2	Vergleich der Ergebnisse mit den empirischen Erkenntnissen .....	283
7.3	Limitationen .....	287
7.4	Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Produktion des Anwendungsfalls .....	289
8	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	293
8.1	Zusammenfassung .....	293
8.2	Ausblick .....	297
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	303