

1	Einleitung	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
2	Anpassungsfähige Fabriken	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 4.0-Technologien	65
2.6	Zwischenresümee	67
3	Stand der Forschung: Hybride Flow Shops	71
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 β -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

4	Zwischenfazit und Forschungslücke	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
5	Entwicklung der Komposition von mathematischer Optimierung, Simulation und Prognose	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
6	Evaluation der entwickelten Verfahren	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	Diskussion der Ergebnisse	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	Zusammenfassung und Ausblick	293
8.1	Zusammenfassung	293
8.2	Ausblick	297
	Literaturverzeichnis	303