

# Inhaltsverzeichnis

<b>Danksagung</b>	<b>3</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>9</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>11</b>
<b>Abstract</b>	<b>15</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>19</b>
1.1. Motivation . . . . .	19
1.2. Aufgabenstellung . . . . .	24
1.3. Struktur der Arbeit . . . . .	29
<b>2. Stand des Wissens</b>	<b>31</b>
2.1. Grundlagen über Fertigungszellen . . . . .	31
2.1.1. Aufbau und Funktionselemente . . . . .	31
2.1.2. Herkömmliche Planung und Erstellung . . . . .	33
2.1.3. Typgebundene Produktionsressourcen . . . . .	37
2.1.3.1. Aufbau und Funktionselemente von Vorrich- tungen . . . . .	37
2.1.3.2. Industrieller Konstruktionsablauf einer Vor- richtung . . . . .	39
2.1.3.3. Aufbau und Funktionselemente von Greifer	44
2.1.4. Industrieroboter . . . . .	47
2.1.4.1. Aufbau und Funktionselemente . . . . .	48
2.1.4.2. Roboterwerkzeuge . . . . .	48
2.1.4.3. Roboterkinematik . . . . .	50
2.1.4.4. Software RF::RobCheck (EKS InTec GmbH)	54
2.2. Informationsarchitektur und Datenhandling . . . . .	56
2.2.1. Entwurf komplexer Systeme . . . . .	57
2.2.2. V-Modell des Modellbasierten Systems Engineering (MB- SE) . . . . .	58
2.2.3. Graphenbasierte Entwurfssprachen . . . . .	61
2.2.3.1. Informationsdarstellung und -flüsse . . . . .	62
2.2.3.2. Rechnergestützte Geometrieverarbeitung .	68

INHALTSVERZEICHNIS

---

2.2.3.3.	Rechnergestützte Pfadsuche und Verkabelung	70
2.2.3.4.	Rechnergestützte Kollisionserkennung	72
2.3.	Wichtige Algorithmen	73
2.3.1.	Clustering-Algorithmen	73
2.3.1.1.	K-Nächste-Nachbarn-Algorithmus (KNN)	73
2.3.1.2.	Dichtebasierte räumliche Clusteranalyse mit Rauschen (DBSCAN)	74
2.3.2.	Delaunay-Triangulierung	75
2.3.3.	Koordinatensysteme und Transformationen	76
2.3.4.	Nichtlineare Optimierung	78
2.3.4.1.	Begriffsdefinitionen	78
2.3.4.2.	Numerische Lösung nichtlinearer Optimierungsaufgaben	79
2.3.4.3.	Penalty-Methoden	81
2.3.4.4.	Simplexverfahren von Nelder und Mead	84
3.	<b>Automatisierter Entwurf von Produktionsressourcen</b>	<b>91</b>
3.1.	Entwurfssprache für Vorrichtungskonstruktionen	92
3.1.1.	Vorstellung des Entwurfsprozesses	94
3.1.1.1.	Zerlegung des Entwurfsprozesses in funktionale Subsysteme	95
3.1.1.2.	Requirements für Vorrichtungskonstruktionen	98
3.1.1.3.	Preprocessing für Vorrichtungskonstruktionen	100
3.1.1.4.	Packaging für Vorrichtungskonstruktionen	106
3.1.1.5.	Geometriesynthese für Vorrichtungskonstruktionen	110
3.1.2.	Packaging-Ansatz für Zentrierbaugruppen	117
3.1.2.1.	Aufsetzen des Iterationsframeworks zur Kollisionserkennung	117
3.1.2.2.	Diskussion der Vor- und Nachteile	118
3.1.3.	Packaging-Ansatz für Spanner- und Roboterwerkzeugeinheiten	119
3.1.3.1.	Erster Ansatz zur Formalisierung des Optimierungsproblems	120

3.1.3.2.	Zweiter Ansatz zur Formalisierung des Optimierungproblems . . . . .	131
3.1.4.	Anwendungsbeispiele für Vorrichtungen . . . . .	144
3.1.4.1.	Entwurfsvarianten . . . . .	145
3.1.4.2.	Grenzfälle . . . . .	147
3.1.4.3.	Verkabelung . . . . .	152
3.1.5.	Industrielle Anwendung . . . . .	153
3.2.	Entwurfssprache für Greiferkonstruktionen . . . . .	156
3.2.1.	Vorstellung des Entwurfsprozesses für EGT-Greifer .	157
3.2.1.1.	Zerlegung des Entwurfsprozesses in funktionale Subsysteme . . . . .	158
3.2.1.2.	Requirements für Greiferkonstruktionen . .	158
3.2.1.3.	Packaging für Greiferkonstruktionen . . . .	161
3.2.1.4.	Strukturfindung für Greiferkonstruktionen .	161
3.2.1.5.	Geometriesynthese für Greiferkonstruktionen . . . . .	168
3.2.2.	Anwendungsbeispiele für Greifer . . . . .	172
3.2.2.1.	Entwurfsvarianten . . . . .	172
3.2.2.2.	Verkabelung . . . . .	174
3.3.	Entwurfssprache zum Einbau von Industrierobotern . . . . .	175
3.3.1.	Definition der Zangenwolken . . . . .	176
3.3.1.1.	Anforderungen an Werkzeugpositionierung	178
3.3.1.2.	Implementierter Entwurfsprozess zur Werkzeugpositionierung . . . . .	181
3.3.2.	Definition der Roboterpositionen . . . . .	189
3.3.2.1.	Anforderungen an Roboterpositionen . . .	189
3.3.2.2.	Implementierter Entwurfsprozess für Roboterpositionen . . . . .	192
3.3.3.	Erreichbarkeits- und Zugänglichkeitsprüfung . . . . .	197
3.3.3.1.	Anforderungen und Ziele der Roboterzugänglichkeitsprüfung . . . . .	197
3.3.3.2.	Programmablauf der Roboterzugänglichkeitsprüfung . . . . .	200
3.3.4.	Analyse und Bewertung . . . . .	201

## INHALTSVERZEICHNIS

---

<b>4. Gesamtintegration einer Entwurfssprache für Fertigungszellen</b>	<b>207</b>
4.1. Entwicklung eines Datenmodells zur Fabrikplanung . . . . .	209
4.1.1. Kopplung der Prozesse und Ressourcen . . . . .	209
4.1.2. Ressourcenpositionierung und Layouterstellung . . . .	213
4.2. Anwendungsbeispiele für Fertigungszellen . . . . .	214
4.2.1. Entwurfsvarianten . . . . .	214
4.2.2. Verkabelung . . . . .	218
4.3. Ergebnisdiskussion . . . . .	220
<b>5. Zusammenfassung</b>	<b>225</b>
5.1. Ergebnisse . . . . .	225
5.2. Ausblick . . . . .	228
<b>Anhang A. Entwurfssprachen für typungebundene Produktionsres-</b>	
<b>ourcen</b>	<b>231</b>
A.1. Entwurfssprache für Grundplatten und Tische . . . . .	232
A.2. Entwurfssprache für Kabelkanäle . . . . .	235
A.3. Entwurfssprache für Zäune . . . . .	237
A.4. Entwurfssprache für Regale . . . . .	238
A.5. Entwurfssprache für Ablagegestelle . . . . .	240
A.6. Entwurfssprache für Förderbänder . . . . .	242
A.7. Entwurfssprache für Ventilinseln . . . . .	244
<b>Anhang B. Ausblick über zukünftige Themenpunkte</b>	<b>247</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>251</b>
<b>Lebenslauf</b>	<b>263</b>