

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	3
Abkürzungsverzeichnis	9
Kurzfassung	11
Abstract	15
1. Einleitung	19
1.1. Motivation	19
1.2. Aufgabenstellung	24
1.3. Struktur der Arbeit	29
2. Stand des Wissens	31
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 Vorrichtungen	37
2.1.3.2. Industrieller Konstruktionsablauf einer Vorrichtung	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 (MBSE)	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. Dichtebasierter 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. Automatisierter Entwurf von Produktionsressourcen	91
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

INHALTSVERZEICHNIS

3.1.3.2. Zweiter Ansatz zur Formalisierung des Opti- mierungsproblems	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 funkto- nale Subsysteme	158
3.2.1.2. Requirements für Greiferkonstruktionen .	158
3.2.1.3. Packaging für Greiferkonstruktionen . . .	161
3.2.1.4. Strukturfundung 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 Werk- zeugpositionierung	181
3.3.2. Definition der Roboterpositionen	189
3.3.2.1. Anforderungen an Roboterpositionen . . .	189
3.3.2.2. Implementierter Entwurfsprozess für Robo- terpositionen	192
3.3.3. Erreichbarkeits- und Zugänglichkeitsprüfung	197
3.3.3.1. Anforderungen und Ziele der Roboterzugäng- lichkeitsprüfung	197
3.3.3.2. Programmablauf der Roboterzugänglichkeits- prüfung	200
3.3.4. Analyse und Bewertung	201

INHALTSVERZEICHNIS

4. Gesamtintegration einer Entwurfssprache für Fertigungszellen	207
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
5. Zusammenfassung	225
5.1. Ergebnisse	225
5.2. Ausblick	228
Anhang A. Entwurfssprachen für typungebundene Produktionsressourcen	231
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
Anhang B. Ausblick über zukünftige Themenpunkte	247
Literaturverzeichnis	251
Lebenslauf	263