

INHALTVERZEICHNIS

0	Abkürzungen	13
1	Einleitung	17
1.1	Problemstellung	17
1.2	Zielsetzung	18
1.3	Vorgehensweise	19
2	Ausgangssituation	21
2.1	Definitionen	21
2.2	Aufbau miteinander verketteter Fertigungszellen	22
2.2.1	Ortsveränderlichkeit und Funktionen des Industrieroboters	23
2.2.2	Flexibilität des Handhabungsablaufs	24
2.2.3	Arbeitsablauf in einer Fertigungszelle	24
2.2.4	Werkstückflußarten und Transportmittel	25
2.3	Analyse bestehender Simulationsprogramme	27
2.3.1	Untersuchung des Materialflusses	27
2.3.2	Eignung für miteinander verkettete Fertigungszellen	28
2.3.3	Programme für eine Fertigungszelle	30
2.3.4	Entwicklungstendenz der Simulations- programme zur Materialflußuntersuchung	33
2.3.5	Ablaufsteuerung der Simulationsprogramme	35
2.3.6	Maschinenbelegung und Reihenfolge des Transportauftrags	35
2.3.6.1	Maschinenbelegung	35
2.3.6.2	Reihenfolge des Transportauftrags	36

3	Anforderungen an das Simulationssystem	38
3.1	Übergeordnete Anforderungen an das Simulationssystem aus der Entwicklungstendenz der Simulationsprogramme	38
3.2	Pflichtenheft für das Programmsystem	39
3.2.1	Pflichtenheft für die Nachbildung der miteinander verketteten Fertigungszellen	39
3.2.2	Pflichtenheft für die Nachbildung der Steuerungsstrategien	40
3.3	Anforderungen an den Entwurf des Programmsystems	41
3.3.1	Anforderungen an die Daten- und Speicherungsstruktur und an die Modulaufteilung	41
3.3.2	Anforderungen an das Programmsystem als Steuerungshilfsmittel	42
4	Erarbeiten von Methoden zur Entwicklung des Simulationssystems	44
4.1	Entwicklungsmethode des Simulationssystems	44
4.2	Vereinheitlichung zur Entwicklung und Integration der eigenständigen Simulationsprogramme	47
4.2.1	Programmentwurfbezogene Vereinheitlichung	47
4.2.2	Programmablaufbezogene Vereinheitlichung	48
5	Entwurf der Spezialprogramme mit Hilfe eines logischen Modells	49
5.1	Erstellen der Datenstruktur	49
5.1.1	Nachbildung der Elementattribute	49
5.1.2	Erarbeiten von Beziehungen in einem Fertigungssystem	50
5.1.3	Nachbildung der Beziehungen zwischen den Elementen	52
5.1.4	Speicherungsstruktur	60

5.2	Erstellen der Programmstruktur	62
5.2.1	Beschreibung der Ereignisfolge	62
5.2.1.1	Fertigungszelle	64
5.2.1.2	Transportsystem	67
5.2.2	Modulaufteilung des Simulationssystems	69
5.3	Aufstellen von Hilfsmittel zum	
	Datenaustausch	74
5.3.1	Methoden zum Modelldatenaustausch	74
5.3.2	Bestimmung eines Datenformats	75
6	Entwicklung von Steuerungsstrategien und	
	Ablauf des Programms	77
6.1	Entwicklung der Steuerungsstrategien	77
6.1.1	Funktionen der Steuerungsstrategien	77
6.1.2	Steuerungsstrategien der Fertigungs-	
	zelle	78
6.1.2.1	Strategie zur Auswahl der von dem	
	Industrieroboter zu bedienenden	
	Stationen	80
6.1.2.2	Berücksichtigung des Zellenzustandes	83
6.1.2.3	Strategie zur Auswahl des zu bedienenden	
	Industrieroboters	84
6.1.2.4	Strategie zur Werkstückauswahl aus	
	dem Puffer	84
6.1.2.5	Strategie zur Stationsgruppenauswahl	
	aus beiden ermittelten Stationsgruppen	84
6.1.2.6	Strategie zur Werkstückeingabe in die	
	Zelle	87
6.1.2.7	Strategie zur Nachbildung des Ausfall-	
	verhaltens	87
6.1.3	Steuerungsstrategien des Transport-	
	systems	88
6.1.3.1	Strategie zur Transportauftragsauswahl	88
6.1.3.2	Strategie zur Transportmittelauswahl	89
6.1.3.3	Strategie zur Transportmittelbewegung	89
6.1.3.4	Berücksichtigung des Systemzustandes	91

6.1.3.5	Strategie zur Nachbildung der Transportauftragsentstehung	94
6.1.4	Simulationsprogramm als Steuerungselement für eine Fertigungszelle	94
6.2	Ausführen des Programmablaufs	97
6.2.1	Modellbildung	97
6.2.2	Ablaufsteuerung	98
6.2.3	Kopplung der Simulationsprogramme	99
6.2.3.1	Identifizierung der Systemelemente und Fertigungsaufträge	99
6.2.3.2	Schnittstellenmodul	99
6.2.3.3	Ereignisfolgensteuerung	101
6.2.4	Programmablauf für den Teilbereich aus den Fertigungszellen	103
6.2.5	Programmablauf für das Transportsystem	105
6.2.6	Fertigungszelle mit starr verketteten Fertigungsmitteln	107
7	Erprobung des Simulationssystems an einem Praxisbeispiel	108
7.1	Simulation einer Fertigungszelle	108
7.1.1	Untersuchungsmodell einer Fertigungszelle	108
7.1.2	Fertigungsauftrag und Bewertungsgröße	109
7.1.3	Simulationsergebnis	110
7.2	Simulation der Interaktion mehrerer Fertigungszellen	114
7.2.1	Problemstellung	114
7.2.2	Aufbau des Simulationsmodells	115
7.2.3	Simulationsergebnis	118
8	Zusammenfassung	121
9	Schrifttum	123