

## INHALTVERZEICHNIS

0	<b>Abkürzungen</b>	13
1	<b>Einleitung</b>	17
1.1	<b>Problemstellung</b>	17
1.2	<b>Zielsetzung</b>	18
1.3	<b>Vorgehensweise</b>	19
2	<b>Ausgangssituation</b>	21
2.1	<b>Definitionen</b>	21
2.2	<b>Aufbau miteinander verketteter Fertigungsstellen</b>	22
2.2.1	<b>Ortsveränderlichkeit und Funktionen des Industrieroboters</b>	23
2.2.2	<b>Flexibilität des Handhabungsablaufs</b>	24
2.2.3	<b>Arbeitsablauf in einer Fertigungsstelle</b>	24
2.2.4	<b>Werkstückflußarten und Transportmittel</b>	25
2.3	<b>Analyse bestehender Simulationsprogramme</b>	27
2.3.1	<b>Untersuchung des Materialflusses</b>	27
2.3.2	<b>Eignung für miteinander verkettete Fertigungsstellen</b>	28
2.3.3	<b>Programme für eine Fertigungsstelle</b>	30
2.3.4	<b>Entwicklungstendenz der Simulationsprogramme zur Materialflußuntersuchung</b>	33
2.3.5	<b>Ablaufsteuerung der Simulationsprogramme</b>	35
2.3.6	<b>Maschinenbelegung und Reihenfolge des Transportauftrags</b>	35
2.3.6.1	<b>Maschinenbelegung</b>	35
2.3.6.2	<b>Reihenfolge des Transportauftrags</b>	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 verkettenen 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 Speicherungstruktur 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 Transport- auftragsentstehung	94
6.1.4	Simulationsprogramm als Steuerungs- element 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 Fertigungs- zelle	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