

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
0 Verzeichnis verwendeter Größen, Einheiten und Abkürzungen	12
<b>1 Einleitung</b>	<b>14</b>
<b>2 Problemstellung</b>	<b>16</b>
2.1 Begriffsbestimmung	16
2.1.1 Zum Begriff "hybride Montagestruktur"	16
2.1.2 Zum Begriff "interaktive Simulation"	17
2.1.3 Zum Begriff "Petri-Netze"	18
2.2 Problematik der Simulation als Hilfsmittel zur Montageplanung	18
2.2.1 Technikorientierte Montagesystemplanung	18
2.2.2 Ganzheitliche Betrachtung des dynamischen Verhaltens von Planungsalternativen	20
2.2.3 Durchführung von Simulationsstudien	21
2.3 Vorhandene Arbeiten zum Problemkreis	22
2.3.1 Anwendungsmöglichkeiten der Simulation als Hilfsmittel zur Planung von Produktionsstrukturen	22
2.3.2 Klassifizierung bestehender Simulationsmethoden	22
2.3.3 Anwendungsgebiete von Simulationssystemen	26
2.3.4 Grafische Unterstützung der Simulation	27
2.3.5 Vorhandene Simulationssysteme	29
2.3.6 Einsatz von Petri-Netzen in der Montageplanung	33
2.4 Zielsetzung	34
2.5 Vorgehensweise	35
<b>3 Modellbildung</b>	<b>39</b>
3.1 Arbeitsaufgaben in hybriden Montagesystemen	39
3.2 Unterstützung des Planers durch eine objektorientierte graphische Oberfläche	42
3.3 Auswahl und Beschreibung der Montagesystemelemente unter funktionalen Gesichtspunkten	43

	Seite
3.3.1 Auswahl der Montagesystemelemente .....	43
3.3.2 Beschreibung der elementaren Vorgänge .....	45
3.3.3 Berechnung der Ausführungszeit .....	48
3.4 Montagesystemelemente als eigenständige Prozesse .....	49
3.5 Synchronisation paralleler Prozesse mit Hilfe von Petri-Netzen	51
3.5.1 Elemente und Funktionsweise von Petri-Netzen .....	51
3.5.2 Forderungen an die elementaren Petri-Netze .....	53
3.5.3 Erweiterung der Petri-Netz-Symbolik .....	54
3.5.4 Basiskomponenten zum Aufbau der elementaren Petri-Netze .	57
3.5.5 Behandlung zeitbehafteter Vorgänge .....	61
3.6 Darstellung des Funktionsmodells mit Petri-Netzen .....	65
3.6.1 Aufbau und Interpretation des Mitarbeiter Netzes .....	65
3.6.2 Aufbau und Interpretation des Arbeitsplatz-Netzes .....	66
3.6.3 Modellierung der Weitergabe von Arbeitsgegenständen .....	69
3.6.4 Aufbau und Interpretation der Netze von Puffern, Lagern, Behältern und Transportmitteln .....	73
3.7 Kombination der elementaren Petri-Netz-Strukturen zu Modellsystemen .....	78
<b>4 Entscheidungssystem .....</b>	<b>80</b>
4.1 Schnittstelle zwischen Basis- und Entscheidungssystem .....	80
4.2 Aufbau des Entscheidungssystems .....	82
<b>5 Grafiksystem .....</b>	<b>87</b>
5.1 Aufbau der Benutzeroberfläche .....	87
5.2 Funktional-Layout und Anwendungsbeispiel .....	89
5.3 Objektfenster .....	92
5.3.1 Leistungsgrade eines Mitarbeiters .....	93
5.3.2 Arbeitszeiten der Mitarbeiter .....	94
5.3.3 Arbeitsgänge .....	95
5.4 Animation des Simulationsablaufs .....	97
5.5 Interaktive Entscheidungen im Simulationsablauf .....	98
5.6 Statistiken und Auslastungsdiagramme .....	100

	Seite
5.6.1 Objektbezogene Statistiken .....	100
5.6.2 Auslastungsdiagramme .....	101
5.6.3 Simulationsprotokolle .....	103
5.7 Durchführung von Simulationsläufen im Anwendungsbeispiel .	103
5.7.1 Beschreibung der durchgeführten Simulationsläufe .....	103
5.7.2 Ergebnisse der Simulationsläufe .....	106
5.7.3 Bewertung der Ergebnisse .....	106
<b>6 Auswirkungen der interaktiven Simulation und Erfahrungen .....</b>	<b>108</b>
6.1 Durchführung interaktiver Simulationsläufe mit mehreren Testpersonen .....	108
6.2 Erfahrungen beim Einsatz des interaktiven Simulators .....	113
<b>7 Programmtechnische Realisierung .....</b>	<b>115</b>
7.1 Anforderungen an Hard- und Software .....	115
7.2 Implementierung in PASCAL .....	116
7.2.1 Implementierung der Petri-Netze .....	116
7.2.2 Programm-Module des Simulators .....	117
7.3 Programmgröße und Rechenzeit .....	118
<b>8 Zusammenfassung .....</b>	<b>120</b>
<b>9 Schrifttum .....</b>	<b>121</b>
<b>10 Anhang .....</b>	<b>133</b>
10.1 Beschreibung der hybriden Montagezelle .....	133
10.2 Liste der Objektdarstellungen .....	140
10.3 Kostenvergleichsrechnung im Anwendungsbeispiel .....	148
10.4 Planungsgrundlagen und Simulationsmodelle im Praxisbeispiel	151