

Inhaltsverzeichnis „Produktionssteuerung mittels modularer Simulation“:

1 Einleitung	11
1.1 Die Relevanz modularer Simulationen in der Produktion	11
1.2 Aufbau der Arbeit	14
2 Untersuchung aktueller Ausgestaltungen der Produktionssteuerung	17
2.1 Vorbemerkungen zur Betrachtung von Produktionssteuerungs-Werkzeugen	17
2.1.1 Die Produktionssteuerung als Bestandteil von PPS-Systemen	17
2.1.2 Die Produktionssteuerung in isolierter Betrachtung	27
2.2 Werkzeuge und Planungsverfahren der Produktionssteuerung	32
2.2.1 Die Planungsverfahren der Produktionssteuerung in der theoretischen Entwicklung	32
2.2.2 Die Werkzeuge der Produktionssteuerung	34
2.2.2.1 Die praktische Umsetzung von Produktionssteuerungsverfahren in PPS-Systemen	35
2.2.2.1.1 Planungsverfahren zur Produktionssteuerung in der Untersuchung der Quelle Paegert u.a.	35
2.2.2.1.1.1 Auftragsreihenfolgeplanung/Maschinenbelegungsplanung	37
2.2.2.1.1.2 Produktionsaufteilung der Produkte auf funktionsgleiche Anlagen	38
2.2.2.1.1.3 Auftragsüberwachung	38
2.2.2.1.1.4 Auftragsfreigabeentscheidung	39
2.2.2.1.1.5 Belegerstellung/Betriebsdatenerfassung	40
2.2.2.1.1.6 Kapazitätsüberwachung	42
2.2.2.1.1.7 Fazit der Untersuchung der Quelle Paegert u.a.	43
2.2.2.1.2 Der Stand der Technik nach der Untersuchung von Fandel/Francois/Gubitz	44
2.2.2.1.2.1 Auftragsreihenfolgeplanung/Maschinenbelegungsplanung	45
2.2.2.1.2.2 Produktionsaufteilung der Produkte auf funktionsgleiche Anlagen und Auftragsüberwachung	46
2.2.2.1.2.3 Auftragsfreigabeentscheidung	46
2.2.2.1.2.4 Belegerstellung/Betriebsdatenerfassung	47
2.2.2.1.2.5 Kapazitätsüberwachung	48
2.2.2.1.2.6 Fazit	49
2.2.2.1.3 Weitere neuere Untersuchungen	50
2.2.2.2 Leitstände und BDE-Systeme	51
3 Prozeßorientierte Simulation von Produktionssystemen	53
3.1. Wandel der Simulationstheorie von der Ereignisorientierung zur Prozeßorientierung	53
3.1.1. Grundbegriffe der Simulationstheorie: Definitive Klärungen	53
3.1.1.1 Simulation und Simulationswerkzeuge	53
3.1.1.2 Verschiedene Darstellungen und Arten der Simulation	56
3.1.1.2.1 Einordnung nach der Veränderung der Zustandsvariablen	56
3.1.1.2.2 Einordnung nach Zufalls- und nach Zeitbezug	57
3.1.1.2.3 Unterscheidung nach der Art des Simulationswerkzeugs	58
3.1.2 Der Paradigmenwechsel in der Simulationstheorie: ereignis- und prozeßorientierte Simulationen	62

3.2 Allgemeine Erfahrungen bei der Simulation von Produktionssystemen	67
3.2.1 Besondere Ziele, Merkmale, Ansätze und allgemeine Anwendungen der Simulation von Produktionssystemen	68
3.2.2 Vorgehensweise der Simulation von Produktionssystemen	71
3.2.2.1 Problembeschreibung und Zielsetzung	73
3.2.2.2 Kosten-/Nutzenschätzung, Leistungsbeschreibung	75
3.2.2.3 Datenanalyse	76
3.2.2.4 Theoretische Grundlagen der Modellbildung	79
3.2.2.5 Softwaretechnische Umsetzung	82
3.2.2.6 Validierung und Verifikation	83
3.2.2.7 Durchführung der Simulationsexperimente	84
3.3 Simulation und Produktionssteuerung	86
3.3.1 Vorbemerkungen	86
3.3.2 Zusammenfassende Forderungen an ein ganzheitliches, in ein PPS-System integriertes, simulationsbasiertes Leitsystem	92
3.3.2.1 Allgemeine Forderungen	92
3.3.2.2 Spezifische Forderungen aus Sicht der Steuerungsfunktionalität	94
3.3.2.2.1 Reihenfolgeplanung	95
3.3.2.2.2 Auftragsüberwachung	96
3.3.2.2.3 Auftragsfreigabeentscheidung, Betriebsdatenerfassung und Beleg- erstellung	96
3.3.2.2.4 Kapazitätsüberwachung	96
3.3.2.3 Spezifische Forderungen aus anderen Sichten	97
4 Modulare Systeme als Simulations- und Steuerungssysteme	102
4.1 Bausteine als Bestandteile des Software-Engineering	102
4.1.1 Bausteinkonzepte und Modularisierung in Produktionssteuerung und Simulation	102
4.1.2 Die allgemeine Verwendung von Bausteinen in Softwaresystemen zur Abbildung der Produktion: Componentware	103
4.1.2.1 Bausteinorientierte Produktionssteuerung	104
4.1.2.2 Componentware-PPS-Systeme	105
4.1.3 Modularisierung in Simulationssystemen	108
4.1.3.1 Innere Modularisierung	110
4.1.3.2 Äußere Modularisierung	113
4.1.3.3 Simulation mit Referenzmodellen	119
4.1.3.3.1 Referenzmodell-Begriffe	119
4.1.3.3.2 Vorhandene Referenzmodell-Anwendungen	120
4.1.4 Bausteinkästen und Modellbibliotheken	122
4.2 Weitere wichtige Softwaretechniken und ihre Umsetzung in Produktionssteuerung und Simulation	126
4.2.1 Regelbasierte Systeme und Expertensysteme in Simulation und PPS	126
4.2.1.1 Regelbasierte / wissensbasierte Simulation	130
4.2.1.2 Regelbasierte Produktionssteuerung	133
4.2.2 Objektorientierte Systeme	136

5 Entwurf der Bausteinmodellbibliothek PPS-SIM	139
5.1 Zielsetzung und Vorgehensweise	139
5.2 Erfassen von Bausteinmodellbibliotheken in Simulationswerkzeugen	140
5.2.1 Auswahl der zugrundeliegenden Simulationssoftware	140
5.2.2 Herangehensweisen zur Erfassung der Mächtigkeit von Bibliotheken	140
5.2.2.1 Allgemeine Erfassung des Leistungsumfangs des Simulators	141
5.2.2.1.1 Allgemeine Werkzeugbeschreibung	141
5.2.2.1.2 Grundlegende Modellierungsfunktionen	143
5.2.2.2 Erfassung des Leistungsumfangs der Bausteinmodellbibliothek	146
5.2.2.2.1 Erfassung mittels Übersichten	146
5.2.2.2.2 Erfassung über die Modulstruktur	147
5.2.2.3 Andere Erfassungsmöglichkeiten	147
5.3 Grundanforderungen an die Bibliothek	149
5.4 Vergleich der Anforderungen bzw. Aufgaben mit vorhandenen Modulen anhand der Bausteinmodelle	154
5.4.1 Vergleich anhand der Checkliste	154
5.4.2 Vergleich anhand von Erfahrungen aus dem Simulationsbetrieb	155
5.5 Anpassung der Bausteine an die individuelle Aufgabe: Erstellung eines Kontrollsystems zur Steuerung von Auftragsdurchflüssen in der Rohradjustage	156
5.5.1 Problembeschreibung	156
5.5.1.1 Beschreibung des Fertigungssystems	158
5.5.1.1.1 Beschreibung des Produktionsprozesses	158
5.5.1.1.2 Beschreibung der Produktionsplanung	159
5.5.1.1.3 Zusammenfassende Betrachtung	160
5.5.1.2 Zielsetzungen und Prämissen	161
5.5.2 Top-Down-Modellierung	162
5.5.2.1 Bildung des abstrakten Modells	163
5.5.2.1.1 Beschreibung der Ein- und Ausgangsgrößen des Produktionssystems	163
5.5.2.1.2 Definition und Abbildung der Systemgrenzen und der Schnittstellen mit der Umwelt	164
5.5.2.1.3 Definition der Systemelemente	165
5.5.2.1.3.1 Bearbeitungsstationen	165
5.5.2.1.3.2 Lagersystemelemente	166
5.5.2.1.3.3 Definition der beweglichen Objekte und ihrer Eigenschaften	167
5.5.2.1.3.4 Beziehungen zwischen den Systemkomponenten	168
5.5.2.1.3.5 Darstellung spezifischer Systemabläufe	170
5.5.2.1.3.6 Herleitung der Maschinenfolgen	170
5.5.2.1.3.7 Herleitung von Vorgänger- und Nachfolgerbeziehungen	173
5.5.2.1.4 Operationalisierung der Zielgrößen	176
5.5.2.2 Softwaretechnische Umsetzung	177
5.5.2.2.1 Vorgehensweise	177
5.5.2.2.2 Konstruktion des Materialflußmodells als Grundmodell	178
5.5.2.2.2.1 Grundlegende Vereinfachungen	178
5.5.2.2.2.2 Modellaufbau	179
5.5.2.2.2.3 Bildung von Vorab-Verständnismodellen	179
5.5.2.2.2.4 Gewählte Modelleinstellungen und Variationen	181
5.5.2.2.2.5 Validierung und Verifikation des Grundmodells	182

5.5.2.2.3 Simulationsxperimente und Ergebnisse	185
5.5.2.3 Einbau weiterer Modelle	188
5.5.2.3.1 Förderbänder	188
5.5.2.3.2 Darstellung eines spezifischen Steuerungsmodells	190
5.6 Integration der angepaßten Konstrukte in das bestehende Anwendungssystem	192
5.7 Weitere mögliche Erweiterungen des Grundmodells	193
5.8 Überprüfung der Referenzmodelltauglichkeit	195
6 Abschließende Bewertung und Diskussion weiterer Anwendungen von PPS-SIM	197
6.1 Erfahrungen aus den Beispielmodellen	197
6.2 Erfahrungen zu Verwendungsmöglichkeiten von PPS-SIM	198
6.3 Zur Aufwandschätzung des Modularkonzepts	199
6.4 Ausblick	201
6.5 Zusammenfassung	204
6.5.1 Zentrale Aussagen theoretischer Natur	204
6.5.2 Zentrale Aussagen praktischer Natur	205
Literaturverzeichnis	207
Verzeichnis der verwendeten wissenschaftlichen Publikationen	207
Verzeichnis verwendeter anderer Quellen	221
Abkürzungsverzeichnis	224
Abbildungsverzeichnis	227
Tabellenverzeichnis	228
Symbolverzeichnis	230
Anhang 1: Lösungsverfahren zur Produktionssteuerung	231
Anhang 2: Tabellen zur PPS-Systembetrachtung – Untersuchung von Paegert u.a.	233
Anhang 3: Untersuchung zu PPS-Verfahren von Fandel/Francois/Gubitz	235
Anhang 4: Glossar: Wichtige Begriffe zur Simulation von Produktionssystemen	236
Anhang 5: Durchgängige Verwendung von Simulationsmodellen	241
Anhang 6: Tips zum Ersteinstieg in Arena	243
Anhang 7: Module (im Arena-Template): Kurzbeschreibung	247
Anhang 8: Arena Modellbibliothek SMART™ Chart	253
Anhang 9: Layoutplan der European Pipe Rohrfertigung GmbH Dresden	259
Anhang 10: Systemablauf bei der EPR Dresden	261
Anhang 11: Verhalten von Auftragspositionen und Falschrohren nach Fehlerentdeckung	262
Anhang 12: Materialfluß-Simulationsmodell European Pipe-Rohrwerk Dresden	263
Anhang 13: Arena Simulation Results	265
Eidesstattliche Erklärung	266
Wissenschaftlicher Werdegang	267

Abbildungsverzeichnis:

2-1:	Funktionen der Produktionsplanung und -steuerung	19
2-2:	Zielsystem der Produktionsplanung und -steuerung	20
2-3:	Elemente und Beziehungen eines PPS-Systems	23
2-4:	PPS-Anforderungen	25
2-5:	Aufschaukeln von Durchlaufzeiten und Beständen (Durchlaufzeitsyndrom)	30
3-1:	Bestandteile eines Simulators	56
3-2:	Ereignisse, Aktivitäten und Prozesse	64
3-3:	Eignung der ereignis- und prozessorientierten Simulation zur Abbildung alternativer Produktionstypen	65
3-4:	Beispielhafter Ablaufplan einer Simulationsstudie	72
3-5:	Ergänzung von PPS- und Leitstandssystemen mit der Simulation	87
3-6:	Planungsvorlauf in der Steuerungskonzeption eines Leitstands in der Rohr-adjustage.	90
3-7:	Prinzip der rollierenden Planung für das Rohrwerk	91
3-8:	Erweiterung des Simulationswerkzeugs zum Unternehmensplanungssystem	101
4-1:	Ein Funktionsmodell des Componentware-PPS-Systems CW-PPS	107
4-2:	Server-Modul (Arena) zur Darstellung einer Maschine	109
4-3:	Innere Modularisierung am Beispiel des Bausteininventars von SIMPRO	112
4-4:	Externe Modularisierung – Der Simulator als Ausgangspunkt für mögliche Kopplungen	114
4-5:	Zusammenfassung der simulationsrelevanten Daten	115
4-6:	Kopplung von Arena/Issop mit SAP/R3	117
4-7:	Branchenreferenzmodell (Flexible Fertigung)	121
4-8:	Baustein-Modell „Basisbausteine-Beispiel“	123
4-9:	Referenzmodellbibliothek zur Simulation produktionswirtschaftlicher Prozesse	124
4-10:	Nutzung der anwendungsspezifischen Komponentenbibliothek zur Erstellung branchen- und betriebstypischer Anwendungssoftware	125
4-11:	Grundstruktur eines Expertensystems	128
4-12:	Kopplung verschiedener Expertensysteme mit Simulation und PPS-System	136
5-1:	Arena-Baustein-Modellbibliothek, 1. Ebene und 2. Ebene (Queues)	142
5-2:	Arena-Smarts Nr. 24: Überlappende Ressourcen	148
5-3:	Modell 1 – Losgrößentest	180
5-4:	Histogramm mit aus dem Arena-Input-Analyzer generierten Losgrößen (einer Erlangverteilung folgend)	181
5-5:	Verhältnis zwischen DGDLZ Adjustage, DKA AL, AMWT AL	189
5-6:	Push-System mit FIFO-Einlastung	190
5-7:	Modellbibliothek PPS-SIM	192
6-1:	Aufwandsverteilungen einzelner Phasen von Simulationsstudien bei Industrie-Partner und Dienstleister, Durchschnittswerte	199
6-2:	Modellierung eines Expertensystems zur Verfahrenswahl	202