

1 Einleitung	5
1.1 Problematik.....	5
1.2 Zielsetzung	7
1.3 Vorgehensweise	8
2 Problemanalyse	9
2.1 Begriffsbestimmungen	9
2.1.1 Konzept, Konzeption und Prinziplösung	9
2.1.2 Systematik	10
2.1.3 Der Systembegriff.....	10
2.1.4 Mechatronische Systeme	11
2.1.5 Produktionssysteme	13
2.1.6 Informationssysteme in der Produktionssystemautomatisierung	15
2.1.7 Simulation und Automatisierungstechnik	16
2.2 Der Anlagenentstehungsprozess.....	17
2.2.1 Der Produktentstehungsprozess	18
2.2.2 Lebenszyklus maschinenbaulicher Anlagen	19
2.2.3 Fazit und Einordnung der zu entwickelnden Systematik	20
2.3 Anlagenkonzipierung und -ausarbeitung	21
2.3.1 Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme	21
2.3.2 Konzipierung von Produktionssystemen nach NORDSIEK.....	23
2.3.3 Spezifikationstechnik CONSENS zur Beschreibung der Produkt- und Produktionssystemkonzeption	25
2.3.4 Fazit und Einordnung der zu entwickelnden Systematik	29
2.4 Anlagenherstellung.....	29
2.5 Anlageninbetriebnahme.....	31
2.5.1 Klassische Inbetriebnahme und Hochlauf	31
2.5.2 Virtuelle Inbetriebnahme.....	32
2.5.3 Fazit und Einordnung der zu entwickelnden Systematik	35
2.6 Problemabgrenzung	36

2.7 Anforderungen.....	40
3 Stand der Technik.....	43
3.1 Rahmenwerke und Vorgehensmodelle.....	43
3.1.1 Simultaneous Engineering.....	43
3.1.2 Model Based Systems Engineering.....	45
3.1.3 Entwurfstechnik intelligente Mechatronik (ENTIME).....	47
3.1.4 Integriertes Prozessmodell zur Planung und Entwicklung nach MAUDERER.....	49
3.1.5 Allgemeine Vorgehensmodelle zur Produktionssystemplanung	51
3.1.6 Vorgehensmodelle der Automatisierungstechnik.....	53
3.2 Inbetriebnahme.....	55
3.2.1 Methodische Ansätze	55
3.2.2 Virtuelle Inbetriebnahme.....	57
3.2.2.1 Hardware-in-the-Loop-Simulation	59
3.2.2.2 Software-in-the-Loop-Simulation	60
3.2.2.3 Hybride Inbetriebnahme	61
3.2.3 Softwaretechnische Realisationen.....	62
3.2.3.1 Logisches Ersatzmodell.....	62
3.2.3.2 Physikmodell	63
3.3 Verfahren zur Produktmodularisierung	64
3.3.1 Modular Function Deployment.....	65
3.3.2 Design Structure Matrix	69
3.3.3 Produktstrukturierung nach STEFFEN	71
3.3.4 Methodische Unterstützung der Systembildung (METUS)	73
3.3.5 Modularisierung komplexer Produkte nach KOEPPEN	75
3.4 Handlungsbedarf	77
4 Einführung in die Systematik.....	81
4.1 Grundidee.....	81
4.2 Bestandteile der Systematik	83
4.3 Validierungsbeispiel.....	85
5 Systematik der virtuellen Inbetriebnahme von automatisierten Produktionssystemen.....	89
5.1 Anlagenkonzipierung	89
5.1.1 Zielbestimmung	89
5.1.1.1 Aufgabenanalyse durchführen.....	90
5.1.1.2 Umfeldanalyse durchführen.....	91
5.1.1.3 Anwendungsszenarien definieren.....	92
5.1.1.4 Testszenarien definieren	93

5.1.1.5	Anforderungsliste erstellen	97
5.1.1.6	Funktionshierarchie erstellen.....	97
5.1.2	Synthese.....	98
5.1.2.1	Prozessfolge aufstellen	100
5.1.2.2	Lösungsmuster suchen	102
5.1.2.3	Wirkstruktur erstellen	103
5.1.2.4	System modularisieren	105
5.1.2.5	Verhaltensmodelle erstellen	115
5.1.2.6	Grobgestalt erstellen	118
5.1.2.7	Module konzipieren	120
5.1.2.8	Module integrieren.....	121
5.1.3	Analyse.....	122
5.2	Anlagenausarbeitung.....	123
5.3	Anlagenherstellung	126
5.4	Virtuelle Inbetriebnahme.....	127
5.4.1	Modellerstellung	128
5.4.2	Durchführung.....	131
5.4.3	Auswertung.....	134
5.5	Einordnung der VIBN.....	135
5.6	Anlageninbetriebnahme.....	139
5.7	Bewertung der Arbeit anhand der Anforderungen	141
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	143
7	Abkürzungsverzeichnis.....	145
8	Literaturverzeichnis	147

Anhang

A1	Ergänzungen zur Anwendung der Systematik.....	A-1
A1.1	Layout Miniaturfertigungsanlage	A-1
A1.2	Demonstrator Produkt - Taschenlampe	A-2
A1.3	Funktionshierarchie und Baustruktur des Demonstrators	A-4
A1.4	System modularisieren.....	A-6