

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1.	Problemstellung und Ziele der Arbeit	1
1.2.	Inhaltsübersicht	4
<b>2.</b>	<b>Systemanalyse und Synthese</b>	<b>6</b>
2.1.	Beschreibung eines Systems durch Modelle	8
2.1.1.	Anforderungen an ein Modell	8
2.1.2.	Statistische Modelle	10
2.1.3.	Strukturtreue Modelle	11
2.1.4.	Weitere Eigenschaften von Modellen	12
2.2.	Vorgehensweise bei der Modellbildung	14
2.2.1.	Strukturierte konzeptionelle Modellbildung	16
2.3.	Verifikation und Validierung von Systemeigenschaften	19
2.4.	Offene Systemmodellierung	21
2.4.1.	Abgrenzung und Strukturierung des Gesamtsystems	22
2.5.	Abschließende Betrachtungen zur Modellierung von Prozeßwissen	25
<b>3.</b>	<b>Regelungstechnische Aspekte</b>	<b>26</b>
3.1.	Modellgestützte digitale Regelungstechnik	29
3.1.1.	Digitale Abtastsysteme	29
3.1.2.	PID-Regler	31
3.1.3.	Zustandsdarstellung	34
3.1.4.	Zustandsregelung	37
3.1.5.	Zustandsbeobachter	38
3.1.6.	Weitere Aspekte der Zustandsregelung	40
3.2.	Adaptive Regelungsverfahren	43

3.2.1.	Modell-referenzierte adaptive Regler	45
3.2.2.	Modell-identifizierende adaptive Regler	46
3.2.3.	Identifikation von Prozeßparameter	46
3.2.4.	Parameter- oder Struktur-umschaltende Regler	49
3.2.5.	Dual adaptive Regler	50
3.3.	Nichtlineare Regelsysteme	50
3.3.1.	Nichtlineare Beobachter	51
3.3.2.	Weitere nichtlineare parametrische Prozeß-Modelle	52
3.4.	KI-gestützte Regelungssysteme	54
3.4.1.	Fuzzy-Set-Theory	55
3.4.2.	Fuzzy-Mathematik	56
3.4.3.	Wissensrepräsentation	64
3.4.4.	Fuzzy-Entscheidungsprozeß bei technischen Anwendungen	68
3.4.5.	Anwendung von Fuzzy-Control	72
3.5.	Abschließende Betrachtung moderner Regelungssysteme	74
<b>4.</b>	<b>Hybride Regelungskonzepte und Intelligent Control</b>	<b>75</b>
4.1.	Strukturen hybrider Regelungssysteme	76
4.2.	Hybride Off-line-Regler	81
4.2.1.	Hybride Off-line PI-/PID-Regler	81
4.2.2.	Weitere hybride Off-Line-Verfahren	84
4.3.	Hybride On-line-Regler	86
4.3.1.	Hybride-Regler mit On-line-Parameteradaption	87
4.3.2.	Fuzzy-Parallel-Regler zur Verbesserung des On-line-Verhaltens	90
4.4.	Fuzzy-Supervision	91
4.4.1.	Merkmalsextraktion für die Fehlerklassifizierung	92
4.4.2.	Prozeßüberwachung mit Modell-gestützter Fehlerdiagnose	93
4.4.3.	Prozeßüberwachung durch Fuzzy-Klassifikation	96
4.5.	Arbeitspunktregler mit Fuzzy-Entscheidungssystem	98
4.5.1.	Heuristische Reglerauswahl	99

---

4.5.2.	Intelligente Multi-Modell-adaptive Regler	100
4.6.	Abschließende Bemerkungen zum Einsatz hybrider Strukturen	103
<b>5.</b>	<b>Ein Ansatz zur integrativen Modellsynthese</b>	<b>105</b>
5.1.	Einordnung von Systembildung und Modellsynthese unter den Gesichtspunkten der Prozeßführung	106
5.1.1.	Strukturierung von Steuerungsaufgaben	106
5.1.2.	Statische Modellierung	109
5.1.3.	Dynamisches Modell	110
5.1.4.	Funktionales Modell	113
5.2.	Modellierung objektbezogener Systemkomponenten	116
5.2.1.	Die Prozeßschnittstelle	117
5.2.2.	Prozeßführende Einheit	121
5.2.3.	Überwachungseinheit - Supervisor	123
5.2.4.	Gesamtmodell	128
5.3.	Beschreibung von Prozeßzuständen und -übergängen in einer analytischen und heuristischen Wissensbasis	129
5.3.1.	Anmerkungen zum Zeitverhalten und zur Repräsentation der Prozeßdaten	129
5.3.2.	Analytische Beschreibung von Prozeßzuständen	131
5.3.3.	Heuristische Beschreibungsformen	132
5.4.	Ein hybrider arbeitspunktabhängiger Zustandsbeobachter	138
5.4.1.	Modellierung eines hybriden Zustandsbeobachters	139
5.4.2.	Abbildung arbeitspunktabhängiger hybrider Beobachter	140
5.4.3.	Einige Abschließende Bemerkungen zum Zustandsbeobachter	142
5.5.	Informatorische Aspekte der Prozeßkoordinierung	144
5.5.1.	Dynamische Eigenschaften eines Prozeßelementes	144
5.5.2.	Kommunikation und Datenaustausch von Prozeßelementen	145
5.5.3.	Synchronisation von Prozeßzuständen	147

<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>149</b>
6.1.	Beherrschung von Komplexität durch Strukturierung	150
6.2.	Einsatz intelligenter Technologien für effiziente Lösungen	150
6.3.	Systemanalyse und -synthese mit analytischen und heuristischen Merkmalen unter Berücksichtigung der Prozeßinformatik.	151
6.4.	Ausblick	151
<b>7.</b>	<b>Anhang</b>	<b>153</b>
7.1.	Buchstaben / Symbole	153
7.2.	Abkürzungen	156
7.3.	Definitionen	158
<b>8.</b>	<b>Literatur</b>	<b>160</b>