

# Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen und Bezeichnungen</b>	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Zustandsdarstellungen zeitdiskreter nichtlinearer Systeme</b>	<b>4</b>
2.1 Systemklassifizierung . . . . .	4
2.2 Differenzengrad zeitdiskreter Systeme . . . . .	7
<b>3 Zeitdiskrete Ersatzsysteme nichtlinearer Prozeßmodelle</b>	<b>9</b>
3.1 Nichtlineare Abtastsysteme . . . . .	9
3.2 Volterra-Reihen für analytisch lineare Systeme . . . . .	11
3.3 Anwendung von Lie-Algebren auf das Abtastproblem . . . . .	16
<b>4 Geometrische Analyse zeitdiskreter nichtlinearer Systeme</b>	<b>22</b>
4.1 Zeitdiskrete Systeme und Differentialgeometrie . . . . .	22
4.2 Zerlegung zeitdiskreter nichtlinearer Systeme . . . . .	29
<b>5 Beobachtbarkeitsanalyse zeitdiskreter nichtlinearer Systeme</b>	<b>32</b>
5.1 Beobachtbarkeitsdefinitionen . . . . .	32
5.2 Geometrische Beobachtbarkeitskriterien . . . . .	35
5.3 Anwendung auf spezielle Systemklassen . . . . .	40
5.4 Eingangssignalunabhängige Beobachtbarkeit . . . . .	43
<b>6 Beobachter mit exakt linearisierbarer Fehlerdynamik</b>	<b>48</b>
6.1 Nichtlineare Beobachternormalformen . . . . .	48
6.2 Jacobi-Matrix der nichtlinearen Zustandstransformation . . . . .	50
6.3 Exakte Linearisierung und Existenz der verallgemeinerten Beobachternormalform	51
6.4 Existenz einer kausalen Beobachternormalform . . . . .	63
<b>7 Praktische Aspekte der Beobachtersynthese</b>	<b>68</b>
7.1 Vollständiger Beobachter in Originalkoordinaten . . . . .	68
7.2 Reduzierter Beobachter . . . . .	71
7.3 Beobachter mit nichtkausaler Beobachternormalform . . . . .	74
7.4 Separationsprinzip . . . . .	76
<b>8 Beobachtersynthese für einen elektro-hydraulischen Antrieb</b>	<b>80</b>
8.1 Nichtlineare Approximation der Systemdynamik . . . . .	80
8.2 Experimentelle Modellbildung . . . . .	85
8.3 Ergebnisse der Beobachtersynthese . . . . .	91
<b>9 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>95</b>

---

<b>Anhang</b>	<b>98</b>
<b>A Beweise mathematischer Ausdrücke</b>	<b>98</b>
A.1 Beweis von Lemma 3.1 . . . . .	98
A.2 Beweis von Gl. (4.35) . . . . .	99
<b>B Ergänzende Rechenschritte zur Bestimmung der Zustandstransformation</b>	<b>100</b>
B.1 Nebenrechnungen zur Jacobi-Matrix der Rücktransformation . . . . .	100
B.2 Herleitung des Startvektors . . . . .	100
<b>C Modellbildung für den elektro-hydraulischen Antrieb</b>	<b>102</b>
C.1 Technische Daten . . . . .	102
C.2 Theoretische Modellbildung . . . . .	102
C.3 Systemidentifikation zeitkontinuierlicher Modelle . . . . .	104
C.4 Zeitdiskrete Modelle . . . . .	106
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>109</b>