Inhaltsverzeichnis

Notationen und verwendete Symbole **1**

1 Einleitung **9**

1.1 Motivation . . . 9

1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung der Arbeit . . . 10

1.3 Aufbau der Arbeit . . . 11

2 Mathematische und regelungstechnische Grundlagen **13**

2.1 Einführende Bemerkung . . . 13

2.2 Normen und normierte Räume . . . 13

2.2.1 Normen . . . 14

2.2.1.1 Vektornormen . . . 15

2.2.1.2 (Induzierte) Matrizennormen . . . 16

2.2.1.3 Funktionennormen und $\mathcal{L}^p$-Räume . . . 17

2.3 Gewöhnliche Differentialgleichungen . . . 19

2.4 Ergänzende mathematische Sachverhalte . . . 25

2.5 Regelungstechnische und systemtheoretische Grundlagen . . . 32

2.5.1 Relativgrad und Laplace-Transformation . . . 32

2.5.2 Normalformen . . . 35

2.5.3 Invariante Nullstellen und Minimalphasigkeit . . . 40

2.5.4 Zusammenfassendes Beispiel . . . 43

3 Einführung in die adaptive Regelung **45**

3.1 Kurze Wiederholung einiger Aspekte der Kontrolltheorie . . . 45

3.2 Ausgangsrückführung . . . 47

3.3 Adaptive Regelung . . . 50

3.3.1 Systeme mit striktem Relativgrad 1 - Stabilisierung . . . 52

3.3.2 Systeme mit striktem Relativgrad 1 - Bahnverfolgung . . . 56

3.3.3 Literatur . . . 58

4 Adaptive Regelung von Systemen mit striktem Relativgrad 2 61
4.1 Einführung . . . 61
4.2 Systemklassen . . . 62
4.3 Regelungszielsetzungen . . . 70
4.4 Ein erläuterndes Beispiel . . . 71
4.5 Regler und Rückführungsgesetze . . . 73
4.5.1 Regler mit Verwendung der Ableitung des Ausgangs . . . 73
4.5.2 Regler ohne Verwendung der Ableitung des Ausgangs . . . 74
4.6 Sätze . . . 76
4.7 Literatur . . . 84

5 Anwendungen auf ausgewählte mechanische Systeme 89
5.1 Wurmartige Bewegungsmodelle . . . 89
5.1.1 Einführung . . . 89
5.1.2 Mechanisches Modell . . . 91
5.1.3 Fallunterscheidung in Abhängigkeit von der Anzahl der Steuereingänge 94
5.1.4 Simulationen . . . 97
5.1.4.1 Parameterwahl . . . 97
5.1.4.2 Simulationen mit Regler (4.17) . . . 98
5.1.4.3 Simulationen mit Regler (4.20) . . . 100
5.1.5 Auswertung . . . 102
5.2 Roboter mit muskelähnlichen Antrieben . . . 103
5.2.1 Einführung in ausgewählte Aspekte der Biomechanik . . . 103
5.2.2 Mechanisches Modell mit muskelähnlichem Antrieb . . . 105
5.2.3 Mathematischer Zugang . . . 108
5.2.4 Bemerkung . . . 111
5.2.5 Simulationen . . . 112
5.2.5.1 Parameterwahl . . . 113
5.2.5.2 Simulationen mit Regler (4.17) . . . 113
5.2.5.3 Simulationen mit Regler (5.20) . . . 114
5.2.5.4 Ein weiteres Simulationsbeispiel mit (4.17) . . . 116
5.2.6 Auswertung . . . 117
5.3 Schwingungssensor nach dem Vorbild von Sensillen . . . 118
5.3.1 Einführung . . . 118
5.3.2 Mechanisches Modell . . . 120
5.3.3 Simulationen . . . 121
5.3.3.1 Parameterwahl . . . 121
5.3.3.2 Simulationen mit Regler (4.17) . . . 122
5.3.3.3 Simulationen mit Regler (4.20) . . . 123
5.3.3.4 Simulationen mit Regler (4.22) . . . 124
5.3.3.5 Ein weiteres Simulationsbeispiel mit Regler (4.17) . . . 125
5.3.4 Auswertung . . . 126

6 Zusammenfassung und Ausblick **129**

A Beweise aus Kapitel 4 **137**

A.1 Beweis von Satz 4.6.2 137
A.2 Beweis von Satz 4.6.3 139
A.3 Beweis von Satz 4.6.4 146
A.4 Beweis von Satz 4.6.5 146
A.5 Beweis von Satz 4.6.6 149
A.6 Beweis von Satz 4.6.7 155

Literaturverzeichnis **159**

Danksagung **167**

Eidesstattliche Erklärung **169**

Thesen zur Dissertation **171**