

# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort — V

## Einleitung — 1

<b>1</b>	<b>Modellbildung mechatronischer Systeme — 3</b>
1.1	Physikalische Grundgesetze — 3
1.1.1	Mechanik — 4
1.1.2	Elektrotechnik — 6
1.1.3	Wärmeleitung — 6
1.1.4	Fluidik — 7
1.2	Entwicklung von Simulationsmodellen — 8
1.2.1	Systeme mit einer Eingangs- und einer Ausgangsgröße — 8
1.2.2	Systeme mit mehreren Ein- und Ausgangsgrößen — 14
1.3	Bausteine der Modellbildung — 19
1.4	Numerische Integration — 20
1.5	Modellbildung einfacher Beispiele — 21
1.5.1	Mechanische Beispiele — 21
1.5.2	Elektrische Beispiele — 26
1.5.3	Pneumatische Beispiele — 30
1.6	Auswahl und Einstellung von Reglern — 31
1.6.1	Unterteilung der Strecken — 31
1.6.2	Verwendung und Entwurf eines PID-Reglers — 33
1.6.3	Zustandsregelung — 53
1.7	Antworten zu den Kontrollfragen — 60
<b>2</b>	<b>Modellbildung und Simulation mechatronischer Systeme — 61</b>
2.1	Elektrischer Motor als Aktuator — 61
2.1.1	Modellbildung und Simulation — 61
2.1.2	Ansteuerung von Kleinmotoren — 64
2.2	Positionsregelung eines Radioteleskops — 67
2.2.1	Kontrollfragen — 77
2.3	Untersuchung von vertikalen Kraftfahrzeug-Schwingungen — 77
2.4	Antrieb eines Kraftfahrzeug-Fensterhebers — 82
2.4.1	Beschreibung des Kfz-Fensterhebers — 82
2.4.2	Modellierung — 82
2.4.3	Kontrollfragen — 88
2.5	Modellierung und Regelung eines E-Bike-Antriebs — 88
2.5.1	Drehmomentsensor — 89
2.5.2	Drehimpulssensor am Laufrad (Hinterrad) — 90

2.5.3	Drehimpulssensor an der Tretkurbelwelle — 90
2.5.4	Modellierung des E-Bike-Antriebs — 91
2.5.5	Kontrollfragen — 101
2.6	Weglose Waage — 101
2.6.1	Funktion der weglosen Waage — 102
2.6.2	Modellierung der weglosen Waage — 103
2.6.3	Regelung der weglosen Waage — 107
2.6.4	Kontrollfragen — 114
2.7	Höhen- und Stabilitätsregelung eines Quadrocopters — 114
2.7.1	Beschreibung des Quadrocopters — 114
2.7.2	Modell des Quadrocopters für senkrechten Flug — 116
2.8	Regelung der Drosselklappenstellung bei Kraftfahrzeugen — 131
2.8.1	Beschreibung der Drosselklappe — 131
2.8.2	Modellierung der Drosselvorrichtung — 132
2.8.3	Regelung des Drosselklappenwinkels — 141
2.8.4	Kontrollfragen — 145
2.9	Auswirkung von Haft- und Gleitreibung — 145
2.9.1	Entstehung von Schwingungen bei Gleitreibung — 145
2.9.2	Verstärkung der Schwingung durch zusätzliche Haftreibung — 147
2.9.3	Der Stick-Slip-Effekt beim Kfz-Scheibenwischer — 149
2.10	Geschwindigkeits- und Abstandsregelung eines Kraftfahrzeugs — 152
2.10.1	Modellierung der Dynamik des Kraftfahrzeugs — 152
2.10.2	Geschwindigkeitsregelung — 155
2.10.3	Abstandsregelung — 159
2.11	Lageregelung von Kleinsatelliten — 162
2.11.1	Modellierung der Strecke — 163
2.11.2	Regelung des Satellitenwinkels — 166
2.11.3	Kontrollfragen — 169
2.12	Gleichlaufregelung bei Walz antrieben — 170
2.12.1	Beschreibung der Aufgabe — 170
2.12.2	Modellierung des Antriebs — 171
2.12.3	Winkelregelung des Slaveantriebs — 175
2.13	Regelung der Raumtemperatur — 179
2.13.1	Modellierung — 180
2.13.2	Modellierung des Dreiwege-Mischventils — 185
2.13.3	Regelung der Kesseltemperatur — 188
2.14	Antworten zu den Kontrollfragen — 190
<b>3</b>	<b>Signalverarbeitung — 193</b>
3.1	Diskrete Fouriertransformation (DFT) — 193
3.2	Messwertübertragung — 196
3.2.1	Modulator — 197

3.2.2	Demodulator — 198
3.2.3	Automatic Gain Control — 204
3.3	Pseudozufallszahlengenerator — 207
<b>4</b>	<b>Modellbildung und Simulation hybrider Systeme — 209</b>
4.1	Beschreibung ereignisdiskreter Systeme — 209
4.2	Modellierung und Simulation ereignisdiskreter Systeme — 211
4.2.1	Funktionsüberwachung eines Motors — 211
4.2.2	Modellierung eines Zifternschlosses als Automat — 214
4.2.3	Modellierung einer Parkuhr — 215
4.3	Ereignisdiskrete Steuerung — 217
4.3.1	Verknüpfungssteuerung — 218
4.3.1.1	Dualzahlgenerator — 219
4.3.1.2	Untersuchung einer Verriegelungsschaltung — 220
4.3.1.3	Sperrsignal zur Verhinderung falscher 7-Segment-Anzeige — 222
4.3.1.4	Verknüpfung von Zuständen mit Aktionen — 223
4.3.1.5	Ansteuerung einer 7-Segment-Anzeige — 225
4.3.1.6	Lampensteuerung mit drei Schaltern — 227
4.3.1.7	Steuerung einer Verteilerstation — 229
4.3.2	Analyse von Schaltnetzen — 233
4.4	Ablaufsteuerungen — 236
4.4.1	Steuerung der Position eines Roboterarms — 236
4.4.2	Steuerung einer Rolltreppe — 239
4.4.3	Schleuse zur Desinfektion — 242
4.4.4	Zweigleisige Eisenbahnstrecke mit eingleisigem Tunnel — 245
4.4.5	Fahrstuhlsteuerung — 248
<b>5</b>	<b>Übungsaufgaben mit Lösungen — 253</b>
5.1	Übungsaufgaben — 253
5.1.1	Aufgaben mit dynamischen Systemen — 253
5.1.2	Ereignisdiskrete Aufgaben — 257
5.2	Lösungen — 262
5.2.1	Lösungen von dynamischen Systemen — 262
5.2.2	Lösungen von ereignisdiskreten Systemen — 270
<b>Literatur</b>	<b>— 277</b>
<b>Sachregister</b>	<b>— 279</b>