

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Modellbildung und Simulation .....	1
1.2	Zum Gebrauch des Buches .....	3
<b>2</b>	<b>Lösen von Dgl mit Simulink</b>	<b>5</b>
2.1	Beispiel 1 .....	5
2.2	Beispiel 2 .....	6
<b>3</b>	<b>Mechanische Systeme</b>	<b>9</b>
3.1	Fallschirmspringer .....	9
3.1.1	Aufstellen der Bewegungsgleichung .....	10
3.1.2	Analytische Lösung der Bewegungsgleichung .....	10
3.1.3	Simulation des Fallschirmsprungs .....	12
3.2	Stick-Slip-Effekt .....	14
3.2.1	Aufstellen der Bewegungsgleichung .....	14
3.2.2	Simulation des Stick-Slip-Effektes .....	16
3.3	Kupplungsvorgang einer Reibkupplung .....	17
3.3.1	Aufstellen der Bewegungsgleichung .....	18
3.3.2	Analytische Lösung der Bewegungsgleichung .....	19
3.3.3	Berechnung des inneren Reibmomentes $M_R$ in der Kupplung .....	20
3.3.4	Berechnung der erforderlichen Anpresskraft $F_K$ .....	21
3.3.5	Berechnung der in Wärme umgewandelten Reibarbeit .....	22
3.3.6	Simulation des Kupplungsvorganges .....	22
3.4	Bremsvorgang eines PKW ohne und mit ABS .....	24
3.4.1	Aufstellen der Bewegungsgleichungen .....	24
3.4.2	Simulation des Bremsvorganges ohne ABS .....	27
3.4.3	Simulation des Bremsvorganges mit ABS .....	29
3.5	Beschleunigungsvorgang eines PKW .....	31
3.5.1	Aufstellen der Bewegungsgleichung .....	33
3.5.2	Simulation des Beschleunigungsvorganges .....	34
3.6	Fallversuch .....	36
3.6.1	Aufstellen der Bewegungsgleichung .....	37
3.6.2	Simulation und Vergleich mit einer Messung .....	38

3.7	Tilger .....	39
3.7.1	Aufstellen der Bewegungsgleichung .....	40
3.7.2	Simulation .....	41
3.8	Doppelpendel .....	44
3.8.1	Aufstellen der Bewegungsgleichung .....	44
3.8.2	Simulation .....	48
<b>4</b>	<b>Hydrodynamische Systeme</b> .....	<b>51</b>
4.1	Füllen eines kegelförmigen Behälters .....	51
4.1.1	Aufstellen der Differenzialgleichung .....	51
4.1.2	Simulation .....	53
4.2	Industriestoßdämpfer .....	55
4.2.1	Aufstellen der Bewegungsgleichung .....	55
4.2.2	Simulation zur Ermittlung des Bohrungsabstandes .....	58
4.2.3	Simulation mit diskreten Bohrungen .....	63
4.3	Füllstandsregelung eines Viertanksystems .....	65
4.3.1	Ermittlung des Pumpenkennfeldes .....	65
4.3.2	Aufstellen der Differenzialgleichungen .....	66
4.3.3	Bestimmung der Drosselquerschnitte .....	68
4.3.4	Simulation und Messung des ungeregelten Systems .....	69
4.3.5	Experimenteller Reglerentwurf .....	71
4.3.6	Führungsverhalten des Regelkreises .....	73
4.3.7	Störverhalten des Regelkreises .....	75
4.4	Schlingerdämpfung .....	76
4.4.1	Aufstellen der Differenzialgleichungen .....	78
4.4.2	Simulation .....	79
4.4.3	Erweitertes Modell .....	81
4.4.4	Simulation .....	82
<b>5</b>	<b>Thermodynamische Systeme</b> .....	<b>85</b>
5.1	Aufheizen eines Werkstückes in einem Glühofen .....	85
5.1.1	Aufstellen der Differenzialgleichung .....	86
5.1.2	Simulation der Werkstücktemperatur .....	87
5.2	Temperaturverlauf eines Glühfadens .....	88
5.2.1	Aufstellen der Differenzialgleichung .....	88
5.2.2	Berechnung der stationären Temperatur .....	90
5.2.3	Simulation des Temperaturverlaufs .....	92
5.3	Ottomotor .....	94
5.3.1	Berechnung des Kompressionsvolumens .....	95
5.3.2	Berechnung der zugeführten Wärmemenge .....	95
5.3.3	Modellierung des Brennverlaufs .....	96
5.3.4	Aufstellen der Differenzialgleichung .....	97
5.3.5	Simulation .....	99

5.4	Wärmetauscher .....	101
5.4.1	Aufstellen der Differenzialgleichung .....	103
5.4.2	Berechnung der stationären Werte .....	105
5.4.3	Simulation des ungeregelten Systems .....	105
5.4.4	Experimenteller Reglerentwurf .....	107
5.4.5	Führungs- und Störverhalten .....	110
5.5	Instationärer Wärmetransport .....	111
5.5.1	Aufstellen der Differenzialgleichungen .....	112
5.5.2	Simulation .....	113
<b>6</b>	<b>Elektrische Systeme</b>	<b>117</b>
6.1	Drehzahlregelung eines DC-Motors .....	117
6.1.1	Aufstellen der Differenzialgleichungen .....	118
6.1.2	Bestimmung der Systemparameter .....	120
6.1.3	Simulation und Messung der Sprungantwort des DC-Motors .....	125
6.1.4	Entwurf des Drehzahlreglers .....	126
6.1.5	Simulation des Führungsverhaltens .....	127
6.1.6	Simulation des Störverhaltens .....	130
6.2	Drehstromgenerator .....	131
6.2.1	Aufstellen der Differenzialgleichung .....	132
6.2.2	Simulation des Generators .....	133
6.3	Hubmagnetsystem .....	135
6.3.1	Aufstellen der Differenzialgleichungen .....	136
6.3.2	Simulation des Hubmagneten .....	138
6.4	Heben einer Last .....	140
6.4.1	Aufstellen der Bewegungsgleichung .....	141
6.4.2	Simulation des Hubwerkes .....	143
6.5	Weglose Waage .....	145
6.5.1	Aufstellen der Differenzialgleichungen .....	145
6.5.2	Berechnung der stationären Werte .....	146
6.5.3	Berechnung des Übertragungsverhaltens der Waage .....	147
6.5.4	Simulation ohne Regelung .....	150
6.5.5	Simulation mit Regelung .....	152
6.6	Wirbelstrombremse .....	155
6.6.1	Berechnung der Bremskraft .....	156
6.6.2	Simulation .....	157
6.6.3	Messung des Bremsmomentes .....	160
6.6.4	Vergleich Messung und Simulation .....	161
<b>7</b>	<b>Regelungstechnische Experimente</b>	<b>163</b>
7.1	Füllstandsregelung .....	163
7.1.1	Beschreibung des Versuchsaufbaus .....	163

7.1.2	Modellbildung .....	164
7.1.3	Bestimmung der Systemparameter .....	165
7.1.4	Offenes System .....	167
7.1.5	Geschlossener Regelkreis .....	168
7.2	Temperaturregelung .....	171
7.2.1	Beschreibung des Versuchsaufbaus .....	171
7.2.2	Messung der Sprungantwort .....	172
7.2.3	Systemidentifikation .....	173
7.2.4	Reglerentwurf .....	175
7.2.5	Blockschaltbild .....	176
7.2.6	Führungs- und Störverhalten .....	177
7.3	Positionsregelung .....	179
7.3.1	Beschreibung des Versuchsaufbaus .....	179
7.3.2	Modellbildung .....	180
7.3.3	Bestimmung der Parameter $K_L$ und $K_V$ .....	180
7.3.4	Offenes System .....	182
7.3.5	Geschlossener Regelkreis .....	183
7.4	Drehzahlregelung einer Wirbelstrombremse .....	186
7.4.1	Messung der Sprungantwort .....	186
7.4.2	Dimensionierung des PID-Reglers nach Ziegler-Nichols (Schwingmethode) .....	187
7.4.3	Autotuning nach Åström-Hägglund [12] .....	188
7.4.4	Realisierung des Reglers .....	188
7.4.5	Messung mit Zweipunktregler und Ermittlung der Reglerparameter .....	189
7.4.6	Messung des Führungs- und des Störverhaltens .....	190
7.4.7	Fazit .....	190
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>191</b>
<b>Index</b>		<b>193</b>