

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Modellbildung und Simulation	1
1.2	Zum Gebrauch des Buches	3
2	Lösen von Dgl mit Simulink	5
2.1	Beispiel 1	5
2.2	Beispiel 2	6
3	Mechanische Systeme	9
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
4	Hydrodynamische Systeme	51
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
5	Thermodynamische Systeme	85
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
6	Elektrische Systeme	117
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
7	Regelungstechnische Experimente	163
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
Literaturverzeichnis		191
Index		193