

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>13</b>
1.1	Warum MATLAB / SIMULINK?.....	13
1.2	MATLAB- / SIMULINK-Versionen .....	14
1.3	Installation der Software.....	15
<b>2</b>	<b>Start der Arbeit mit MATLAB .....</b>	<b>17</b>
2.1	Grundlagen zum MATLAB-Desktop .....	17
2.2	MATLAB-Fenster.....	18
2.2.1	„Command Window“, das Befehlsfenster .....	19
2.2.2	„Current Directory“, das Arbeitsverzeichnis .....	20
2.2.3	„Workspace“, der Arbeitsbereich oder Arbeitsspeicher .....	20
2.2.4	„Command History“, die Chronik der Befehle .....	24
2.2.5	„Start“-Knopf.....	26
2.3	MATLAB-Hilfe und Beschreibungen der Befehle .....	26
<b>3</b>	<b>Zahlen, Vektoren und Matrizen .....</b>	<b>33</b>
3.1	Darstellung von Zahlen .....	33
3.2	Umrechnung von Zahlen .....	35
3.2.1	Runden von Nachkommazahlen .....	37
3.3	Definition von Variablen als Skalare, Vektoren oder Matrizen .....	38
3.3.1	Definieren von Variablen .....	38
3.3.2	Spalten- und Zeilenvektoren .....	39
3.3.3	Matrizen Werte zuordnen .....	41
3.3.4	Spezielle Matrizen .....	44
3.3.5	Größe eines Vektors oder einer Matrix.....	50
3.3.6	Maximal- und Minimalwerte bestimmen .....	51
3.3.7	Statistische Charakteristika bestimmen .....	52
<b>4</b>	<b>Mathematische Berechnungen mit MATLAB .....</b>	<b>55</b>
4.1	Grundrechenarten.....	55
4.2	Elementare mathematische Funktionen .....	59

4.3	Trigonometrische Funktionen .....	61
4.4	Relationale Operatoren .....	62
4.5	Logische Operatoren .....	63
4.6	Besonderheiten beim Rechnen mit Vektoren und Matrizen .....	66
4.6.1	Vektoraddition und -subtraktion .....	66
4.6.2	Transponieren einer Matrix oder eines Vektors .....	67
4.6.3	Invertieren einer quadratischen Matrix .....	68
4.6.4	Rang einer Matrix mit rank .....	69
4.6.5	Determinante einer quadratischen Matrix .....	69
4.6.6	Matrixmultiplikation .....	72
4.6.7	Multiplikation einer Matrix mit einem Skalar .....	74
4.6.8	Potenzieren einer Matrix .....	75
4.6.9	Vektor-Matrix-Produkt .....	76
4.6.10	Linke Matrixdivision (engl. „backslash division“) .....	76
4.6.11	Rechte Matrixdivision (engl. „slash division“) .....	77
4.7	Spezielle Matrixmanipulationen .....	78
4.7.1	Spezielle mathematische Befehle für Matrizen .....	78
4.7.2	Spezielle Teilbereiche einer Matrix extrahieren .....	79
4.8	Feldoperationen: Elementweise Verknüpfung von Vektoren .....	80
4.8.1	Elementweise Multiplikation (engl. „array multiply“) .....	80
4.8.2	Elementweise Division .....	82
4.8.3	Elementweises Potenzieren .....	83
<b>5</b>	<b>Grafische Darstellungen von Funktionen .....</b>	<b>85</b>
5.1	Einfache Grafiken und Diagramme mit plot .....	85
5.2	Grafikeigenschaften – „Figure Properties“ .....	86
5.2.1	Farbpaletten auswählen mit colormap .....	87
5.2.2	„Figure Properties“ über die Befehlszeile definieren .....	88
5.2.3	„Properties“ direkt im Grafikfenster bestimmen .....	91
5.3	Mehrere Diagramme in einem Grafikfenster .....	98
5.3.1	Mehrere Kurven oder Diagrammtypen in einem Diagramm mit hold ...	98
5.3.2	Unterdiagramme in einem Grafikfenster mit subplot .....	99
5.4	Grafiktypen im zweidimensionalen Bereich .....	100
5.5	Grafiktypen im dreidimensionalen Bereich .....	110
5.6	Grafiken erzeugen mit dem „Plot Selector“ .....	120

<b>6</b>	<b>Programmieren in MATLAB</b>	<b>122</b>
6.1	M-File-Editor	122
6.2	M-File-Varianten	128
6.3	„Blank M-Files“ – Einfache Befehlsfolgen	128
6.4	Kontrollstrukturen für die komplexere Programmierung	130
6.4.1	for-Schleife	130
6.4.2	while-Schleife	132
6.4.3	if-elseif-else-Verzweigung	134
6.4.4	switch-case-otherwise-Verzweigung	136
6.4.5	try-catch-Fehlerkontrolle	138
6.4.6	Weitere Befehle, die den Programmablauf beeinflussen	139
6.5	Nützliche Befehle für die Arbeit mit M-Files	141
6.6	„Function M-File“ – Funktionen in MATLAB	143
6.6.1	Kopfzeile einer Funktion (Syntax)	144
6.6.2	Aufbau einer Funktion	144
6.6.3	Verschachtelte Funktionen	145
6.7	„Class M-File“	145

<b>7</b>	<b>„Control Toolbox“ –</b>	
	<b>Alles was man für die Regelungstechnik braucht</b>	<b>148</b>
7.1	Eingabe der Übertragungsfunktion $G_s$ eines Regelkreises	148
7.1.1	Befehl <code>tf</code>	149
7.1.2	Befehl <code>conv</code> zur Polynommultiplikation	150
7.2	Zusammenschaltung von Modellen (Signalflussplan-Algebra)	151
7.2.1	Reihen-, Serien- oder Kettenschaltung	151
7.2.2	Parallelschaltung	152
7.2.3	Übertragungsfunktion mithilfe der Laplace-Variablen $s$	153
7.2.4	Polform einer Übertragungsfunktion mit <code>zpk</code>	154
7.2.5	Befehl <code>feedback</code> zur Berechnung des geschlossenen Regelkreises – Führungsübertragungsfunktion	156
7.3	Grafische Darstellungsmöglichkeiten für Übertragungsfunktionen	157
7.3.1	Impulsantwort (Gewichtsfunktion) mit <code>impulse</code>	157
7.3.2	Sprungantwort (Übergangsfunktion) mit <code>step</code>	160
7.3.3	Bode-Diagramm (Frequenzgang) mit <code>bode</code>	162
7.3.4	Nyquist-Ortskurve mit <code>nyquist</code>	164
7.3.5	Nichols-Ortskurve mit <code>nichols</code>	166
7.3.6	Pol- und Nullstellendiagramm mit <code>pzmap</code>	167
7.3.7	Wurzelortskurve (WOK) mit <code>rlocus</code>	169

7.4	Charakteristika einer Übertragungsfunktion .....	170
7.4.1	Befehl <code>pole</code> zur Berechnung der Pole einer Übertragungsfunktion .....	170
7.4.2	Befehle <code>tzero</code> (engl. transmission zeros) und <code>zero</code> zur Berechnung der Nullstellen .....	171
7.4.3	Befehl <code>get</code> zur Ausgabe der Eigenschaften einer Übertragungsfunktion .....	171
7.4.4	Befehl <code>set</code> zum Setzen von Eigenschaften einer Übertragungsfunktion .....	174
7.4.5	Befehl <code>margin</code> .....	178
7.5	Einfacher Reglerentwurf mit MATLAB .....	180
7.5.1	Bestimmung des Verstärkungsfaktors $K_V$ mit dem Bode-Diagramm .....	183
7.5.2	Bestimmung des Regel- oder Verstärkungsfaktors $K_V$ mithilfe der Wurzelortskurve (WOK) .....	195
7.5.3	„SISO Design Tool“ zum Reglerentwurf – <code>sisotool</code> .....	198
7.5.3.1	Fenster „Architecture“ .....	198
7.5.3.2	Fenster „Compensator Editor“ .....	200
7.5.3.3	Fenster „Graphical Tuning“ .....	201
7.5.3.4	Interaktives Grafikfenster „Design Plot“ .....	202
7.5.3.5	Fenster „Analysis Plots“ .....	209
7.5.3.6	Fenster „Automated Tuning“ .....	209
7.5.3.7	SISO Design Task Node .....	211
7.5.3.8	„Control and Estimation Tools Manager“-Taskleiste .....	213

<b>8</b>	<b>Einführung in die SIMULINK-Toolbox .....</b>	<b>215</b>
8.1	Erste Schritte in SIMULINK .....	215
8.2	Wichtige Funktionen in der Menüleiste einer SIMULINK-Simulation .....	218
8.2.1	Menüpunkt „File“ .....	219
8.2.2	Menüpunkt „Edit“ .....	227
8.2.3	Menüpunkt „View“ .....	229
8.2.4	Menüpunkt „Simulation“ .....	231
8.2.5	Menüpunkt „Format“ .....	231
8.2.6	Menüpunkt „Tools“ .....	232
8.3	Kurzbeschreibung der Icons der Symbolleiste .....	239
8.4	Kurzbeschreibung der wichtigsten SIMULINK-Blöcke .....	240
8.5	Tipps & Tricks für Regelkreis-Simulationen .....	244
8.5.1	PI-Regler .....	245
8.5.2	PID-Regler .....	251
8.6	Tipps zur Auswertung grafischer Ergebnisse des <i>Scope</i> .....	256
8.6.1	Ändern der grafischen Darstellung im Bildbearbeitungsprogramm .....	256
8.6.2	Konfigurierbare Darstellung des <i>Scope</i> -Fensters über MATLAB .....	256

---

<b>C</b>	<b>MATLAB-Befehlsliste für die Abbildungen der zweidimensionalen Grafikbeispiele in Abschnitt 5.4.....</b>	<b>258</b>
<b>B</b>	<b>MATLAB-Befehlsliste für die Abbildungen der dreidimensionalen Grafikbeispiele in Abschnitt 5.5.....</b>	<b>262</b>
<b>C</b>	<b>M-File zur Berechnung eines optimierten Reglers mithilfe des Bode-Diagramms und des <code>margin</code>-Befehls .....</b>	<b>266</b>
	<b>Literatur .....</b>	<b>269</b>
	<b>Index .....</b>	<b>271</b>