

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>15</b>
1.1	Warum MATLAB/SIMULINK? .....	15
1.2	MATLAB-/SIMULINK-Versionen.....	16
1.3	Installation der Software.....	18
1.4	MATLAB Online ohne Installation .....	20
<b>2</b>	<b>Start der Arbeit mit MATLAB</b> .....	<b>23</b>
2.1	Grundlagen zum MATLAB-Desktop .....	23
2.2	MATLAB-Fenster .....	25
2.2.1	„Command Window“, das Befehlsfenster .....	25
2.2.2	„Current Folder“, das aktuelle Arbeitsverzeichnis .....	26
2.2.3	„Workspace“, der Arbeitsbereich oder Arbeitsspeicher .....	26
2.2.4	„Command History“, die Chronik der Befehle .....	31
2.3	Funktionen der Menüleiste („ <i>Toolstrip</i> “) .....	33
2.4	MATLAB-Hilfe und Beschreibungen der Befehle .....	40
<b>3</b>	<b>Zahlen, Vektoren und Matrizen</b> .....	<b>47</b>
3.1	Darstellung von Zahlen .....	47
3.2	Umrechnung von Zahlen .....	49
3.3	Definition von Variablen als Skalare, Vektoren oder Matrizen .....	55
3.3.1	Definieren von Variablen .....	55
3.3.2	Spalten- und Zeilenvektoren .....	56
3.3.3	Matrizen Werte zuordnen .....	58
3.3.4	Spezielle Matrizen.....	61
3.3.5	Größe eines Vektors oder einer Matrix .....	67
3.3.6	Maximal- und Minimalwerte bestimmen .....	68
3.3.7	Statistische Charakteristika bestimmen .....	69
<b>4</b>	<b>Mathematische Berechnungen mit MATLAB</b> .....	<b>73</b>
4.1	Grundrechenarten.....	73
4.2	Elementare mathematische Funktionen .....	77
4.3	Trigonometrische Funktionen .....	79

4.4	Relationale Operatoren .....	80
4.5	Logische Operatoren .....	82
4.6	Besonderheiten beim Rechnen mit Vektoren und Matrizen .....	86
4.6.1	Vektoraddition und -subtraktion.....	86
4.6.2	Transponieren einer Matrix oder eines Vektors .....	87
4.6.3	Invertieren einer quadratischen Matrix .....	88
4.6.4	Rang einer Matrix mit rank .....	89
4.6.5	Determinante einer quadratischen Matrix .....	90
4.6.6	Matrixmultiplikation .....	92
4.6.7	Multiplikation einer Matrix mit einem Skalar .....	95
4.6.8	Potenzieren einer Matrix .....	96
4.6.9	Vektor-Matrix-Produkt .....	96
4.6.10	Linke Matrixdivision (engl. „backslash division“) .....	97
4.6.11	Rechte Matrixdivision (engl. „slash division“) .....	98
4.7	Spezielle Matrixmanipulationen .....	98
4.7.1	Spezielle mathematische Befehle für Matrizen .....	98
4.7.2	Spezielle Teilbereiche einer Matrix extrahieren .....	99
4.8	Feldoperationen: Elementweise Verknüpfung von Vektoren.....	101
4.8.1	Elementweise Multiplikation (engl. „array multiply“) .....	101
4.8.2	Elementweise Division .....	103
4.8.3	Elementweises Potenzieren.....	103
<b>5</b>	<b>Grafische Darstellungen von Funktionen.....</b>	<b>106</b>
5.1	Einfache Grafiken und Diagramme mit plot .....	106
5.2	Grafikeigenschaften – „Figure Properties“ .....	108
5.2.1	Farbpaletten auswählen mit colormap.....	108
5.2.2	„Figure Properties“ über die Befehlszeile definieren .....	108
5.2.3	„Properties“ über die Menüleiste im Grafikfenster bestimmen .....	113
5.2.4	Grafikeigenschaften („Properties“) mit dem „Property Editor“ oder dem „Property Inspector“ verändern.....	120
5.3	Mehrere Diagramme in einem Grafikfenster .....	122
5.3.1	Mehrere Kurven oder Diagrammtypen in einem Diagramm mit hold ...	122
5.3.2	Unterdigramme in einem Grafikfenster mit subplot.....	122
5.4	Grafiktypen im zweidimensionalen Bereich .....	124
5.5	Grafiktypen im dreidimensionalen Bereich .....	134
5.6	Grafiken erzeugen über den Tab „PLOTS“ der Titelleiste .....	143

<b>6</b>	<b>Programmieren in MATLAB</b> .....	<b>147</b>
6.1	Editor.....	147
6.2	Varianten der Programmiervorlagen .....	158
6.3	„Script“ – Einfache Befehlsfolgen .....	159
6.4	Kontrollstrukturen für die komplexere Programmierung.....	161
6.4.1	for-Schleife .....	162
6.4.2	while-Schleife .....	164
6.4.3	if-elseif-else-Verzweigung.....	165
6.4.4	switch-case-otherwise-Verzweigung.....	168
6.4.5	try-catch-Fehlerkontrolle.....	170
6.4.6	Weitere Befehle, die den Programmablauf beeinflussen .....	171
6.5	Nützliche Befehle für die Programmierung unter MATLAB .....	174
6.6	„Function“ – Funktionen in MATLAB.....	179
6.6.1	Kopfzeile einer Funktion (Syntax) .....	179
6.6.2	Aufbau einer Funktion.....	180
6.6.3	Verschachtelte Funktionen .....	181
6.7	„Class“ – Objektklassen in MATLAB .....	181
6.8	Programmieren mit dem „Live Editor“ .....	183
6.8.1	Taskleiste „Live Editor“ .....	184
6.8.2	Taskleiste „INSERT“ .....	187
6.8.3	Taskleiste „View“ .....	189
<b>7</b>	<b>„Control System Toolbox“ – Alles was man für die Regelungstechnik braucht</b> .....	<b>192</b>
7.1	Eingabe der Übertragungsfunktion $G_s$ eines Regelkreises.....	193
7.1.1	Befehl <code>tf</code> .....	193
7.1.2	Befehl <code>conv</code> zur Polynommultiplikation .....	194
7.2	Zusammenschaltung von Modellen (Signalflussplan-Algebra) .....	195
7.2.1	Reihen-, Serien- oder Kettenschaltung.....	195
7.2.2	Parallelschaltung .....	196
7.2.3	Übertragungsfunktion mithilfe der Laplace-Variablen $s$ .....	198
7.2.4	Polform einer Übertragungsfunktion mit <code>zpk</code> .....	199
7.2.5	Befehl <code>feedback</code> zur Berechnung des geschlossenen Regelkreises – Führungsübertragungsfunktion .....	200
7.3	Grafische Darstellungsmöglichkeiten für Übertragungsfunktionen .....	201
7.3.1	Impulsantwort (Gewichtsfunktion) mit <code>impz</code> .....	202
7.3.2	Sprungantwort (Übergangsfunktion) mit <code>step</code> .....	204
7.3.3	Bode-Diagramm (Frequenzgang) mit <code>bode</code> .....	207

7.3.4	Nyquist-Ortskurve mit <code>nyquist</code> .....	209
7.3.5	Nichols-Ortskurve mit <code>nichols</code> .....	211
7.3.6	Pol- und Nullstellendiagramm mit <code>pzmap</code> .....	212
7.3.7	Wurzelortskurve (WOK) mit <code>rlocus</code> .....	214
7.4	Charakteristika einer Übertragungsfunktion .....	216
7.4.1	Befehl <code>poles</code> zur Berechnung der Pole einer Übertragungsfunktion.....	216
7.4.2	Befehle <code>tzero</code> (engl. transmission zeros) und <code>zero</code> zur Berechnung der Nullstellen .....	216
7.4.3	Befehl <code>get</code> zur Ausgabe der Eigenschaften einer Übertragungsfunktion.	217
7.4.4	Befehl <code>set</code> zum Setzen von Eigenschaften einer Übertragungsfunktion.	220
7.4.5	Befehl <code>margin</code> .....	224
7.5	Einfacher Reglerentwurf mit MATLAB .....	226
7.5.1	Bestimmung des Verstärkungsfaktors $K_V$ mit dem Bode-Diagramm .....	230
7.5.2	Bestimmung des Regel- oder Verstärkungsfaktors $K_V$ mithilfe der Wurzelortskurve (WOK) .....	243
7.5.3	„Control System Designer“ zum Reglerentwurf – <code>sisotool</code> .....	247
7.5.3.1	Tab „Control System“ .....	248
7.5.3.2	Tab „ROOT LOCUS EDITOR“, „BODE EDITOR“ bzw. „NICHOLS EDITOR“ .....	248
7.5.3.3	Tab „VIEW“ .....	250
7.5.3.4	„Graphical Tuning“ – Grafische Methoden zur Regleroptimierung.....	251
7.5.3.5	„Automated Tuning“ – Automatisierte Regleroptimierung anhand vorgegebener Parameter .....	264
<b>8</b>	<b>Einführung in die SIMULINK-Toolbox .....</b>	<b>267</b>
8.1	Erste Schritte in SIMULINK .....	267
8.2	Menüleiste von SIMULINK – wichtigster Tab Simulation .....	274
8.2.1	Gruppe PROJECT .....	274
8.2.2	Gruppe FILE .....	276
8.2.3	Gruppe LIBRARY .....	280
8.2.4	Gruppe PREPARE .....	280
8.2.5	Gruppe SIMULATE .....	280
8.2.6	Gruppe REVIEW RESULTS .....	283
8.3	Weitere Tabs der Menüleiste von SIMULINK .....	284
8.3.1	Tab DEBUG .....	284
8.3.2	Tab MODELING .....	285
8.3.3	Tab FORMAT .....	289
8.3.4	Tab APPS .....	290
8.3.5	Kontextbezogene Tabs (BLOCK, SIGNAL, SCOPE, etc.) .....	291

8.4	Sonstige Bedienmenüs von SIMULINK .....	293
8.4.1	Kurzbeschreibung der Symbole der linksseitigen Palette des SIMULINK Editors.....	293
8.4.2	Kontextbezogene Auswahlmenüs mit der rechten Maustaste .....	294
8.4.3	„Property Inspector“ .....	296
8.5	Kurzbeschreibung der wichtigsten SIMULINK-Blöcke .....	297
8.6	Tipps & Tricks für Regelkreis-Simulationen.....	301
8.7	Tipps zur Auswertung grafischer Ergebnisse des <i>Scope</i> .....	315
8.7.1	Ändern der grafischen Darstellung über die Taskleiste des <i>Scope</i> .....	315
8.7.2	Konfigurierbare Darstellung des <i>Scope</i> -Fensters über MATLAB.....	315
<b>A</b>	<b>MATLAB-Befehlsliste für die Abbildungen der zweidimensionalen Grafikbeispiele in Abschnitt 5.4.....</b>	<b>318</b>
<b>B</b>	<b>MATLAB-Befehlsliste für die Abbildungen der dreidimensionalen Grafikbeispiele in Abschnitt 5.5 .....</b>	<b>322</b>
<b>C</b>	<b>MATLAB-Programm zur Berechnung eines optimierten Reglers mithilfe des Bode-Diagramms und des <i>margin</i>-Befehls .....</b>	<b>326</b>
	<b>Literatur .....</b>	<b>329</b>
	<b>Index .....</b>	<b>331</b>