

## Inhaltsverzeichnis

### Vorwort *XV*

<b>1</b>	<b>Grundkenntnisse von MATLAB</b>	<b>1</b>
1.1	Bekanntschaft schließen mit MATLAB	1
1.1.1	Die Arbeitsoberfläche von MATLAB	1
1.1.2	Zum Einstieg: Berechnungen mit einfachen Zahlen	2
1.1.3	Befehlsstruktur: ein erster Überblick	4
1.1.4	Berechnung oder Formel-Manipulation?	6
1.1.5	Tabellen, Vektoren und Matrizen	11
1.1.6	Hintergrundinformation und Hilfefunktionen	13
1.1.7	Datenaustausch mit Files	15
1.2	Grundlagen der Matrizenrechnung	20
1.2.1	Definitionen und Fachausdrücke	20
1.2.2	Indizieren der Matrixelemente	24
1.2.3	Das Transponieren einer Matrix	24
1.2.4	Addition und Subtraktion von Matrizen	25
1.2.5	Das Produkt von zwei Matrizen	26
1.2.6	Die Einheitsmatrix	30
1.2.7	Kann man durch Matrizen dividieren?	31
1.3	Matrizenrechnung mit MATLAB	33
1.3.1	Einstieg in die Matrizenrechnung mit MATLAB	33
1.3.2	Indizieren in MATLAB	37
1.3.3	Beispiele zur Schleifenprogrammierung	39
1.3.4	Turmmatrizen (Permutationsmatrizen)	40
1.3.5	Einfache Beispiele von linearen Gleichungssystemen	42
1.3.6	Matrizen zur Darstellung von Daten	43
1.4	Schritte zum eigenen Programm	46
1.4.1	Skript-M-Files und Funktions-M-Files	46
1.4.2	Objekt-Orientiertes Programmieren	52
1.5	Einfache grafische Darstellungen mit MATLAB	56
1.5.1	Funktionsdarstellungen	57
1.5.2	Polygone, Kreise, Sterne	60
1.5.3	Flächen malen	62

1.5.4	Properties von grafischen Objekten	64
1.6	Übersicht über die wichtigsten Grundbefehle in MATLAB	65
1.6.1	In MATLAB definierte Operatoren und Grundbefehle	65
1.6.2	Das Definieren von Zahlen, Matrizen und Vektoren	68
1.6.3	Schleifen und Bedingungen	70
1.6.4	Mathematische Funktionen	71
1.6.5	Grundfunktionen im symbolischen Modus	72
1.6.6	„struct“- und „cell“-Variablen	73
1.6.7	Grafische Darstellungen	74
1.7	MATLAB Grundlagen aktivieren	76
<b>2</b>	<b>Auffrischen der Elementarmathematik</b>	<b>91</b>
2.1	Basiswissen zum Funktionsbegriff	91
2.1.1	Funktionen als spezielle Relationen	91
2.2	Linienplots in MATLAB	96
2.2.1	Grundfunktionen kennenlernen mit MATLAB	97
2.2.2	Kurven in Parameterdarstellung	100
2.2.3	Spiralen	102
2.2.4	Zykloiden	103
2.2.5	Weitere Mathematische Klassiker	106
2.2.6	Die „Versiera di Agnesi“	107
2.2.7	Interpolationsfunktionen	110
2.2.8	Ausflug ins Dreidimensionale	114
2.3	Folgen und Reihen	116
2.3.1	Arithmetische Folgen und Reihen	117
2.3.2	Geometrische Folgen und Reihen	119
2.3.3	Die Anwendung bei Zinsberechnungen	122
2.3.4	Beherrschbare Unendlichkeit	125
2.3.5	Fibonacci-Folgen	128
2.4	Keine Angst vor komplexen Zahlen!	129
2.4.1	Die Rechenregeln für komplexe Zahlen	130
2.4.2	Die $n$ -ten Einheitswurzeln	134
2.4.3	Die $n$ -ten Wurzeln aus beliebigen Zahlen	135
2.4.4	Komplexe Zahlen näher kennenlernen	136
2.4.5	Beschreibung von stationären Schwingungen	138
2.5	Elementarmathematik aktivieren	141
<b>3</b>	<b>Basiswissen zur Linearen Algebra</b>	<b>151</b>
3.1	Lineare Gleichungssysteme und ihre Lösbarkeit	151
3.1.1	Gleichungssystem und zugehörige Matrizengleichung	151
3.1.2	Die verschiedenen Fälle der Lösbarkeit	152
3.1.3	Die Bedingungen zur eindeutigen Lösbarkeit – Regularität	152
3.1.4	Die wichtigsten Fachausdrücke der Lösbarkeitsdiskussion	153
3.1.5	Lineare Abhängigkeit von Vektoren	154
3.1.6	Lineare Systeme und ihre Teilräume	158

3.1.7	Die Determinante einer Matrix	160
3.2	Anwendungen von linearen Gleichungssystemen	162
3.2.1	Gleichungssysteme aus Tabellenkalkulationen	162
3.2.2	Kirchhoff'sche Netze	163
3.2.3	Statik von Tragwerken	166
3.2.4	Dünn besetzte Matrizen	169
3.2.5	Polynombestimmung	169
3.3	Orthogonalität und Projektionen	171
3.3.1	Orthogonale Vektoren	171
3.3.2	Projektionen von Vektoren	173
3.3.3	Orthogonale Teilräume	175
3.3.4	Orthogonale Matrizen	175
3.4	Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme	177
3.4.1	Die Bedeutung der Dreiecksmatrizen	177
3.4.2	Der Gauß-Algorithmus	177
3.4.3	Der Gauß-Algorithmus mit MATLAB	180
3.4.4	Das Vertauschen von Zeilen: Pivot-Suche	181
3.4.5	Die L-R-Zerlegung	183
3.4.6	Der Gauß-Jordan-Algorithmus	185
3.4.7	Singuläre Systeme	185
3.4.8	Die Q-R-Zerlegung	187
3.5	Eigenwerte und Eigenvektoren	190
3.5.1	Definition von Eigenwerten und Eigenvektoren	190
3.5.2	Wiederholte Abbildungen durch Matrizen	192
3.5.3	Lösungsmethoden für Eigenwertprobleme	193
3.5.4	Stabilität von Systemen	196
3.6	Probleme mit der endlichen Rechengenauigkeit	197
3.6.1	Die Zahlendarstellung im Computer	197
3.6.2	Auslöschung, Stabilität und Wohldefiniertheit	201
3.6.3	Die Kondition einer Matrix	203
3.6.4	Die Option <code>digits</code>	204
3.7	Lineare Algebra aktivieren	205
<b>4</b>	<b>Ebenen- und Raumgeometrie</b>	<b>217</b>
4.1	Vektoren in der Elementargeometrie	217
4.1.1	Addition und Subtraktion von Vektoren	218
4.1.2	Produkte zwischen Vektoren	220
4.2	Beispiele aus der Raumgeometrie	222
4.2.1	Geometrische Grundelemente	222
4.2.2	Geometrische Grundaufgaben	226
4.2.3	Anwendungsbeispiele	231
4.3	Längen und Winkel in höheren Dimensionen	232
4.4	Matrixformulierung geometrischer Abbildungen	236
4.5	Abbildungen in homogenen Koordinaten	240
4.5.1	Das Prinzip der homogenen Koordinaten	240

4.5.2	Homogene Koordinaten in der Ebene	240
4.5.3	Homogene Koordinaten im Raum	246
4.6	Vektorgeometrie aktivieren	250
<b>5</b>	<b>Funktionensysteme, Fourier-Transformation und Faltung</b>	<b>259</b>
5.1	Unendliche Reihen von Funktionen	259
5.1.1	Potenzreihen	259
5.1.2	MacLaurin- und Taylor-Entwicklungen	261
5.1.3	Integration mit Potenzreihen	263
5.2	Orthogonalpolynome	264
5.2.1	Orthogonalität von Funktionen	264
5.2.2	Die Wirkung der Orthogonalität	265
5.2.3	Tschebyscheff-Polynome	267
5.3	Fourier-Reihen, Fourier-Transformation	269
5.3.1	Definition der Fourier-Reihen	269
5.3.2	Die Berechnung der Fourier-Koeffizienten	271
5.3.3	Das Fourier-Spektrum	272
5.4	Diskrete Fourier-Transformation und FFT	276
5.4.1	Definition der diskreten Fourier-Transformation	277
5.4.2	Aliasing, Nyquist-Frequenz, „sampling“	278
5.4.3	Das Prinzip der schnellen Fourier-Transformation	280
5.4.4	M-Files zur Demonstration des FFT-Prinzips	283
5.5	Die Fourier-Transformation näher kennenlernen	286
5.6	Die einfache Faltung	289
5.6.1	Das Prinzip der einfachen Faltung	289
5.6.2	Die Faltung als Multiplikation von Polynomen	291
5.6.3	Die Formel zur Faltung von Zahlenfolgen	292
5.6.4	Beispiele von einfachen Faltungen	294
5.6.5	Die Faltung von kontinuierlichen Funktionen	295
5.7	Zirkuläre Faltung – Faltungssatz	295
5.7.1	Die Definition der zirkulären Faltung	295
5.7.2	Der Faltungssatz	296
5.7.3	Zwei- und mehrdimensionale Faltungen	299
5.8	Funktionssystem- Faltungs- und Fourier-Theorie aktivieren	300
<b>6</b>	<b>Funktionen von mehreren Variablen</b>	<b>311</b>
6.1	Grundbegriffe der Funktionen von mehreren Variablen	311
6.1.1	Die Funktionsdefinition	311
6.1.2	Grafische Darstellung	312
6.1.3	Differenzieren von Funktionen mit mehreren Variablen	313
6.1.4	Illustration der partiellen Ableitung	314
6.2	Das Bilden von partiellen Ableitungen	318
6.2.1	Grundprinzip des partiellen Ableitens	318
6.2.2	Ableitungstabelle für Grundfunktionen	318
6.2.3	Ableitungsregeln für zusammengesetzte Funktionen	319

6.2.4	Beispiele von partiellen Ableitungen	319
6.2.5	Partielle Ableitungen im symbolischen Modus	320
6.3	Partielle Ableitungen und das totale Differential	321
6.3.1	Die Formel für das totale Differential	321
6.3.2	Anwendung zur Berechnung der Volumenausdehnung	322
6.3.3	Empfindlichkeit der Eigenfrequenz	323
6.3.4	Kommerzielle Einflussanalyse	323
6.3.5	Das Optimierungsprinzip in mehreren Variablen	324
6.4	Höhenlinien- und Flächenplots	325
6.4.1	Höhenlinien	326
6.4.2	Dreidimensionale Flächendarstellungen	328
6.4.3	Die Funktion Meshgrid	330
6.4.4	Darstellung der Gradientenvektoren	330
6.4.5	Kombinierte Flächen- und Konturdarstellungen	331
6.5	Ausgleichsrechnung	333
6.5.1	Geradenfit als Beispiel	333
6.5.2	Allgemeine lineare Ausgleichsprobleme	335
6.6	Algorithmen zur Ausgleichsrechnung	337
6.6.1	Normalengleichungen und Fehlergleichungen	338
6.6.2	Singular Value Decomposition	342
6.7	Die Methode der Lagrange-Multiplikatoren	344
6.7.1	Optimierungsprobleme mit Nebenbedingungen	344
6.7.2	Beispiele für Lagrange-Multiplikatoren	346
6.8	Nichtlineare Gleichungssysteme	347
6.9	Kenntnisse von Funktionen mehrerer Variablen aktivieren	350
<b>7</b>	<b>Differentialgleichungen</b>	<b>359</b>
7.1	Die Bedeutung von Differentialgleichungen in Physik und Technik	359
7.1.1	Was ist eine Differentialgleichung?	360
7.1.2	Grundtypen von Differentialgleichungen	361
7.2	Beispiele zu den Differentialgleichungs-Typen	363
7.2.1	Gewöhnliche Differentialgleichungen	363
7.2.2	Partielle Differentialgleichungen	365
7.3	Analytische Lösungen von Differentialgleichungen	367
7.3.1	Lösungs-Prinzipien	367
7.3.2	Beispiele analytischer Lösungen	369
7.3.3	Oszillatorgleichungen	377
7.4	Lösungen mit Laplace-Transformationen	381
7.4.1	Das Lösungsprinzip	381
7.5	Numerische Lösungsverfahren für Anfangswertprobleme	386
7.5.1	Das Grundprinzip der Lösung von Anfangswertproblemen	386
7.5.2	Das Euler-Verfahren	387
7.5.3	Runge-Kutta Verfahren	388
7.5.4	Explizite und implizite Verfahren	393
7.6	Anfangswertprobleme mit MATLAB lösen	395

7.6.1	Radioaktive Zerfälle	395
7.6.2	Der schiefe Wurf, ein Körper im Gravitationsfeld	397
7.6.3	Der gedämpfte harmonische Oszillator	400
7.6.4	Demonstration des Steifheit-Effektes	402
7.6.5	Geladene Teilchen im Magnetfeld	405
7.6.6	$E \times B$ -Drift: Elektrische und magnetische Felder	406
7.7	Schnuppern am Chaos	407
7.7.1	Der Lorenz'sche Strange Attractor	407
7.8	Kenntnisse über Differentialgleichungen aktivieren	410
<b>8</b>	<b>Grundlagen der Statistik</b>	<b>421</b>
8.1	Motivation: Überblick über große Datenmengen	421
8.1.1	Die Schuhgrößen als Beispiel	421
8.1.2	Schlüsselzahlen zum Charakterisieren von Verteilungen	422
8.1.3	Die Formeln zur Median-Familie	423
8.1.4	Die Formeln zu Mittelwert und Standard-Abweichung	425
8.1.5	Der grafische Test einer Verteilung	428
8.2	Regressions-Analyse	429
8.2.1	Korrelations-Untersuchungen für zwei Dimensionen	429
8.3	Wahrscheinlichkeitsrechnung	433
8.3.1	Die Grundelemente von Glücksspielen	433
8.3.2	Anordnungs- und Auswahlformeln	438
8.3.3	Wahrscheinlichkeit, mathematisch definiert	443
8.3.4	Beispielprobleme	445
8.4	Statistische Verteilungen	449
8.4.1	Dichte und Wahrscheinlichkeitsverteilung	449
8.4.2	Diskrete Verteilungen	450
8.4.3	Stetige Verteilungen	453
8.5	Stichproben und Tests	457
8.5.1	Der Ablauf einer Stichprobe	457
8.5.2	Statistische Tests	459
8.6	Kenntnisse zu den Grundlagen der Statistik aktivieren	462
	<b>Anhang A MATLAB professionell einsetzen</b>	<b>467</b>
A.1	Erweiterungen in grafischer Richtung	467
A.1.1	Audio-Video-Sequenzen und Webinare	467
A.1.2	Erstellen von grafischen Benutzeroberflächen mit GUIDE	468
A.1.3	Simulink	468
A.2	Die Ausdehnung der Einsatzmöglichkeiten	469
A.2.1	Erweiterungen im Basispaket	469
A.2.2	Zusatzpakete	469
A.2.3	Die weltweite Benutzergemeinschaft	470
A.2.4	Rüchmeldungen und weitere Beispiele	470

**Literaturhinweise** 471

**Zum guten Ende** 473

**Stichwortverzeichnis** 475