



Crashkurs: MATLAB (Teil I)
Mentoring SoSe 2018 (Orientierungswoche)

Maren Fanke, Sean Omar Klein
Freie Universität Berlin

10/04/2018

MATLAB: Übersicht

Was ist MATLAB?

MATLAB starten und beenden

Die Benutzeroberfläche

Ein erstes Programm

Tipps & Hinweise

Grundlegende Sprachelemente

Variablen & Zuweisungen

Indizierung

Arithmetische, logische und
relationelle Operationen

Allgemeine Hinweise

Allgemeine Hinweise

Quellen

MATLAB: Übersicht

Was ist MATLAB?

MATLAB starten und beenden

Die Benutzeroberfläche

Ein erstes Programm

Tipps & Hinweise

Grundlegende Sprachelemente

Variablen & Zuweisungen

Indizierung

Arithmetische, logische und
relationelle Operationen

Allgemeine Hinweise

Allgemeine Hinweise

Quellen

Was ist MATLAB?

Was ist MATLAB?

- ▶ Abkürzung für **MA**trix **LAB**oratory.
- ▶ Numerikprogramm für das Rechnen mit großen Datenfeldern (Arrays) im Sinne von Matrizen und Vektoren.
- ▶ U.a. auch Werkzeug zur Erstellung von graphischen Darstellungen und Oberflächen.

Warum MATLAB?

- ▶ Einfache Syntax basierend auf dem Matrix-Datentyp.
- ▶ Breites Spektrum mathematischer Funktionen und Algorithmen aus diversen Anwendungsbereichen.
- ▶ Plattformübergreifende Programmiersprache.
- ▶ Einfach zu bedienende Visualisierungsmöglichkeiten.

Alternativen

- ▶ Octave

MATLAB: Übersicht

Was ist MATLAB?

MATLAB starten und beenden

Die Benutzeroberfläche

Ein erstes Programm

Tipps & Hinweise

Grundlegende Sprachelemente

Variablen & Zuweisungen

Indizierung

Arithmetische, logische und
relationelle Operationen

Allgemeine Hinweise

Allgemeine Hinweise

Quellen

MATLAB starten und beenden

MATLAB am Fachbereich starten

Linux-Rechner

- ▶ Aufsuchen eines Computerraums in der Arnimallee 6 oder im Keller der Informatik, Takustr. 9
- ▶ An freien Computer mit **Fachbereichsaccount** anmelden.

Wichtig!

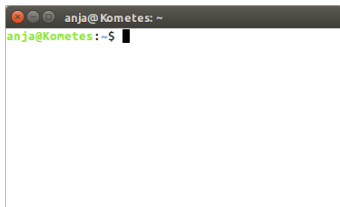
Um sich an den Computern des Fachbereichs anzumelden, benötigt man einen **Fachbereichsaccount**. Dieser ist nicht gleichzusetzen mit einem Studierenden- bzw. ZEDAT-Account.

Weitere Informationen zum Fachbereichsaccount siehe:

<http://www.mi.fu-berlin.de/w/IT/Computeraccess>

MATLAB starten und beenden

- ▶ Nach erfolgreichem Einloggen am Computer mit Tastenkombination Alt + F2 Suchfenster auf dem Desktop öffnen und den Begriff konsole eingeben
- ▶ Anschließend in die geöffnete Konsole `matlab` eingeben und Enter drücken



```
anja@Kometes: ~  
anja@Kometes:~$
```

Bemerkung

Auf Windows-Rechnern kann MATLAB durch das Anklicken des entsprechenden Eintrags im Startmenü geöffnet werden.

MATLAB starten und beenden

MATLAB am Fachbereich beenden

Nach Beendigung des Programmierens oder beim Einlegen einer längeren Pause, muss MATLAB **ordnungsgemäß beendet** werden!

Dies geschieht durch Eingabe des Befehls

- ▶ exit oder
- ▶ quit

in das **Command Window** von MATLAB und gilt sowohl für Linux- als auch Windows-Rechner.

Ist MATLAB nach obigen Angaben beendet, kann sich von dem Computer abgemeldet werden. Hierzu auf den Pfeil oben rechts drücken, dann auf den Benutzernamen und schließlich auf **Abmelden** (bzw. Log out) klicken. Der Rechner wird nicht heruntergefahren!

MATLAB: Übersicht

Was ist MATLAB?

MATLAB starten und beenden

Die Benutzeroberfläche

Ein erstes Programm

Tipps & Hinweise

Grundlegende Sprachelemente

Variablen & Zuweisungen

Indizierung

Arithmetische, logische und
relationelle Operationen

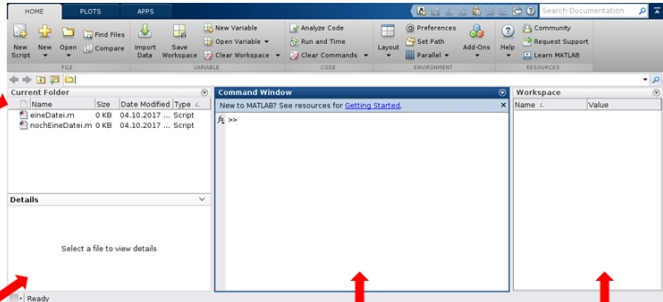
Allgemeine Hinweise

Allgemeine Hinweise

Quellen

Die Benutzeroberfläche

**Current Folder
(Datei-Explorer)**



Details



**Command Window
(Konsole)**



**Workspace
(Editor)**



Die Benutzeroberfläche

Command Window

Direkte Ein- und Ausgabe von Befehlen sowie Ausgabe von ausgeführten Programmen.

Current Folder

Ansicht der Verzeichnisstruktur im Dateisystem. Hier wird angegeben in welchem Ordner die Programm-Datei abgelegt werden soll.

Workspace

Gibt die einzelnen relevanten Parameter/Variablen des Programms an. Kann später zum weiteren Bearbeiten der Programme benutzt werden.

Details

Gibt nähere Informationen über das aufgerufene Programm an (bspw. Funktionsname der selbst konstruierten Funktions-Datei)

MATLAB: Übersicht

Was ist MATLAB?

MATLAB starten und beenden

Die Benutzeroberfläche

Ein erstes Programm

Tipps & Hinweise

Grundlegende Sprachelemente

Variablen & Zuweisungen

Indizierung

Arithmetische, logische und
relationelle Operationen

Allgemeine Hinweise

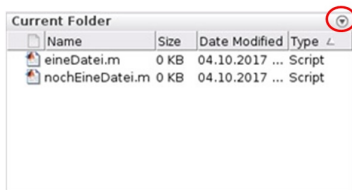
Allgemeine Hinweise

Quellen

1. Wählen Sie das Command Window aus und testen Sie die Funktionsweise von MATLAB unter Verwendung der Grundrechenarten. Zur Hilfestellung können Sie nacheinander folgende Befehle eingeben und mit Enter bestätigen:

$$5 + 0.5 \quad 5 - 0.5 \quad 5 * 0.5 \quad 5/0.5$$

2. Wählen Sie nun den Datei-Explorer (Current Folder) aus und legen Sie einen neuen Ordner (bspw. **matlabCrashkurs**) an, indem Sie auf den Pfeil oben rechts klicken.



3. Machen Sie den neu angelegten Ordner durch Doppelklick zum **Arbeitsverzeichnis** .
4. Erstellen Sie nun eine **Skript-Datei**, indem Sie an einer leeren Stelle im Datei-Explorer (Current Folder) einen Rechtsklick ausführen und anschließend die entsprechende Dialogoption auswählen.

Benennen Sie die Datei: `meinerstesProgramm.m`

Die Datei wird im aktiven Verzeichnis angelegt, und befindet sich somit direkt am richtigen Ort.

5. Doppelklick auf die neu erstellte Datei, um diese zu öffnen.

6. Geben Sie nun einige Befehle unter Benutzung der Grundrechenarten in die Datei ein und speichern Sie diese in der Datei ab.
7. Führen Sie die Datei `meinerstesProgramm.m` aus. Hierzu gibt es mehrere Möglichkeiten:
 - ▶ Eingabe des Dateinamens ohne Dateiergung in Command Window (hier: `meinerstesProgramm`)
 - ▶ Klick auf den **Run**-Knopf in der Menüleiste
 - ▶ Drücken von F5

MATLAB: Übersicht

Was ist MATLAB?

MATLAB starten und beenden

Die Benutzeroberfläche

Ein erstes Programm

Tipps & Hinweise

Grundlegende Sprachelemente

Variablen & Zuweisungen

Indizierung

Arithmetische, logische und
relationelle Operationen

Allgemeine Hinweise

Allgemeine Hinweise

Quellen

Tipps & Hinweise

- ▶ In MATLAB erstellte Dateien werden **immer** mit der Endung `.m` abgespeichert. Ansonsten lässt sich das Programm durch MATLAB nicht aufrufen.
- ▶ Mit dem Semikolon (`;`) wird in MATLAB die Ausgabe von Variablen, etc. unterdrückt. Dies ist v.a. bei längeren Rechnungen nützlich.
- ▶ Mit `%` werden in MATLAB Kommentare eingeleitet. Zeilen, die ein `%` beinhalten, werden von MATLAB ignoriert.

```
% Die Ergebnisse der folgenden Rechnung werden im Command Window ausgegeben.
```

```
5 + 0.5
```

```
% Durch Einfügen eines Semikolons wird das Rechenergebnis der folgenden  
% Rechnung nicht im Command Window ausgegeben.
```

```
5 - 0.5;
```

MATLAB: Übersicht

Was ist MATLAB?

MATLAB starten und beenden

Die Benutzeroberfläche

Ein erstes Programm

Tipps & Hinweise

Grundlegende Sprachelemente

Variablen & Zuweisungen

Indizierung

Arithmetische, logische und
relationelle Operationen

Allgemeine Hinweise

Allgemeine Hinweise

Quellen

Variablen & Zuweisungen

Variablen

- ▶ Es gibt Variablen.
- ▶ Variablen können a, b, \dots, z aber auch *fritz* oder *hanna* heißen.

Mathematik

- ▶ Variablen können eine konkrete Belegung zur Erfüllung einer Gleichung haben. Ist bspw.

$$x + 5 = 10,$$

dann erfüllt $x = 5$ die Gleichung.

Informatik

- ▶ Wir können Zahlen auch anders nennen durch eine Zuweisung:

$$x \leftarrow 5$$

"Die Zahl 5 heißt jetzt x ."

Variablen & Zuweisungen

Variablen in MATLAB

- ▶ Variablen werden in MATLAB durch Zuweisungen definiert.
- ▶ Ein Wert wird einer Variablen mittels „=" zugewiesen. Das Gleichheitszeichen wird deshalb auch als *Zuweisungsoperator* bezeichnet.

Beispiel $a = 3$

- ▶ Variablennamen beginnen mit einem Buchstaben gefolgt von einer beliebigen Anzahl von Buchstaben, Ziffern oder Unterstrichen.

Beispiel $fritz = 5$

Bemerkung

- ▶ *Zuweisungen unterscheiden sich von Gleichheitsabfragen.*
- ▶ *MATLAB unterscheidet zwischen Groß- und Kleinschreibung!*

Datentypen

Es gibt verschiedene Datentypen, die einer Variablen zugewiesen werden können:

Integer ganzzahlige Werte, z.B. 42

Double Gleitkommazahlen, z.B. 3.141529

String Zeichenketten, z.B. "hallo"

Boolean Wahrheitswerte – hier repräsentiert durch **0** (false) und **1** (true)

Arrays Datenfeld, in MATLAB meist als Matrix repräsentiert.

Arrays (Matrizen)

Mathematik

- ▶ Eine Matrix besteht aus einer rechteckigen oder quadratischen Anordnung von Einträgen (bspw. Zahlen):

$$\begin{array}{c} Z_1 \\ Z_2 \\ \vdots \\ Z_n \end{array} \begin{pmatrix} S_1 & S_2 & \dots & S_n \\ a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \vdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

Beispiel:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -5 \\ 15 & 3 & 6 \end{pmatrix}$$

- ▶ Die Einträge einer Matrix können reell oder komplex sein:
 - ▶ Reellwertige Matrix: $\mathbb{R}^{n \times m}$, $n, m \in \mathbb{N}$.
 - ▶ Komplexe Matrix: $\mathbb{C}^{n \times m}$, $n, m \in \mathbb{N}$.
- ▶ Mit den Einträgen einer Matrix lässt sich in bestimmter Weise rechnen (bspw. **Matrixmultiplikation**)
- ▶ *Skalare* und *Vektoren* sind Spezialformen einer Matrix.

MATLAB

- ▶ Einer der wichtigsten Daten-Typen in MATLAB sind *Matrizen*. Sie stellen eine besondere Form von Datenfeldern (Arrays) dar.
- ▶ *Skalare* und *Vektoren* sind Spezialformen einer Matrix.
- ▶ *Skalare* werden von MATLAB als (1×1) –, *Zeilenvektoren* als $(1 \times n)$ – und *Spaltenvektoren* entsprechend als $(n \times 1)$ –Matrizen wahrgenommen.
- ▶ Variablen können somit skalare Werte, Zeilen-/Spaltenvektoren oder Matrizen zugeordnet werden.
- ▶ Variablen werden in MATLAB auch oft als *Matrix-Variablen* bezeichnet.

Variablen & Zuweisungen

Beispiel: Initialisierung von Matrix-Variablen

```
a      = 3.141529           % skalarer Wert, (1x1)-Matrix.
v_col  = [1.1; 2.2; 3.3]   % (3x1)-Spaltenvektor. Jedes ; leitet eine neue Zeile
                             ein.
v_row  = [1 2 3]           % (1x3)-Zeilenvektor.
A      = [1 2 3;          % Zeilenumbruch durch ; optional.
          4 5 6;          % Alternative Darstellung von Matrix A durch:
          7 8 9]          % A = [1 2 3; 4 5 6; 7 8 9]
                             % Hierbei ; für Zeilenumbruch notwendig!
```

Bemerkung

- ▶ *Angabe von Matrizen (Vektoren) durch eckige Klammern*
- ▶ *Zeilenweise Angabe der Matrix-Einträge*
- ▶ *Trennung der Zeileneinträge durch Leerzeichen (wahlweise Kommata)*
- ▶ *Zeilenumbruch durch setzen von Semikolon*

Variablen & Zuweisungen

Beispiel: Initialisierung von Matrix-Variablen - Kurzschreibweisen

<code>i = 1;</code>	
<code>k = 2;</code>	
<code>n = 8;</code>	
<code>seq_1 = i:n;</code>	% Inkrementelle (aufsteigende) Folge. Äquivalent zu % <code>seq_1 = [1 2 3 4 5 6 7 8];</code>
<code>seq_k = i:k:n;</code>	% k-inkrementelle Folge. Äquivalent zu % <code>seq_k = [1 3 5 7];</code>
<code>seq_ls = linspace(i,n,k);</code>	% Lineare Unterteilung eines Intervalls [a,b] in n % Punkte mit gleichem Abstand. Äquivalent zu % <code>seq_ls = [1 7];</code>
<code>N = zeros(k);</code>	% (k x k)-Nullmatrix. Äquivalent zu <code>N = [0 0; 0 0];</code>
<code>E = eye(k);</code>	% (k x k)-Einheitsmatrix. Äquivalent zu % <code>E = [1 0; 0 1];</code>
<code>O = ones(i,k);</code>	% (i x k)-Matrix in Form eines Zeilenvektors. % Äquivalent zu <code>O = [1 1];</code>

Bemerkung

ones(m, n), zeros(m, n) und eye(m, n) sind in MATLAB bereits integrierte Matrixfunktionen zur Erstellung von $m \times n$ - Matrizen.

Spalten- bzw. Zeilenvektoren werden dabei wie folgt dargestellt ones(m, 1) bzw. ones(1, n). Dies gilt analog für die anderen Matrixfunktionen.

Mit ones(n), zeros(n) und eye(n) können $n \times n$ - Matrizen einfach dargestellt werden.

MATLAB: Übersicht

Was ist MATLAB?

MATLAB starten und beenden

Die Benutzeroberfläche

Ein erstes Programm

Tipps & Hinweise

Grundlegende Sprachelemente

Variablen & Zuweisungen

Indizierung

Arithmetische, logische und
relationelle Operationen

Allgemeine Hinweise

Allgemeine Hinweise

Quellen

Indizierung

Mathematik

- ▶ Eine Matrix hat mehrere Einträge.
- ▶ Um den Ort der Einträge in der Matrix zu kennzeichnen, werden diese (meist) mit den Indizes i und j gekennzeichnet. i bezeichnet dabei die Zeile, j die zugehörige Spalte des Eintrags. Mit a_{ij} wird dann die Position eines bestimmten Eintrags der Matrix A angegeben.

Beispiel:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 15 & 3 \end{pmatrix} \Rightarrow a_{12} = 2$$

Indizierung

MATLAB

- ▶ Wissen bereits, dass in MATLAB Matrizen (Arrays) ebenfalls mehrere Einträge haben.
- ▶ Einzelne Einträge sind hier auch durch Angabe der Zeilen- und Spaltenposition gekennzeichnet.
- ▶ Zeilen und Spalten werden ebenfalls beginnend mit dem Wert 1 gezählt.
- ▶ Einträge können somit gezielt, aufgerufen, ausgelesen oder ggf. verändert werden.
- ▶ Es können nicht nur einzelne skalare Werte, sondern sogar komplette Untermatrizen angesprochen und ausgewertet werden.

Indizierung

Beispiel:

```
i = 1;  
j = 3;  
l = [1 2];  
b = [1 2 15 3];  
A = [1 5 3; 2 6 9];
```

```
display(b(j)); % display() ist eine weitere integrierte Funktion in MATLAB  
% zur Ausgabe auf dem Command Window. Da es sich um einen  
% Vektor handelt, wird nur ein Wert zur Angabe des gesuchten  
% Eintrags benötigt.
```

```
display(A(i,j)); % Für Matrizen wird die Angabe der Zeile und der Spalte für den  
% entsprechenden Eintrag benötigt.
```

```
display(A(i,:)); % Ermöglicht Zugriff bzw. Ausgabe der kompletten Zeile.
```

```
display(A(:,j)); % Ermöglicht Zugriff bzw. Ausgabe der kompletten Spalte.
```

```
display(A(:,l)); % Ermöglicht Zugriff bzw. Ausgabe mehrerer Spalten.  
% (Kann auch auf Zeilen angewandt werden.)
```

Achtung: Bei Indizierung immer auf Matrixdimension achten!

MATLAB: Übersicht

Was ist MATLAB?

MATLAB starten und beenden

Die Benutzeroberfläche

Ein erstes Programm

Tipps & Hinweise

Grundlegende Sprachelemente

Variablen & Zuweisungen

Indizierung

**Arithmetische, logische und
relationelle Operationen**

Allgemeine Hinweise

Allgemeine Hinweise

Quellen

Arithmetische Operationen

Mathematik

- ▶ Addition: $a + 3$
- ▶ Subtraktion: $5 - b$
- ▶ Multiplikation: $3 \cdot 2$
- ▶ Division
 - ▶ Ganzzahlige Division: $6/3$
 - ▶ Gleitkommazahlen Division: $6/2.5$
 - ▶ Modulo: $6 \bmod 2$
- ▶ Potenzierung: 2^2

Bemerkung

- ▶ *Potenzieren vor Punktrechnung vor Strichrechnung.*
- ▶ *Änderung der Auswertungsreihenfolge durch Klammerung.*

Arithmetische Operationen

MATLAB

	Skalare, Vektoren, Matrizen	Nur für Vektoren & Matrizen
Addition	+	k. SZ.
Subtraktion	-	k. SZ.
Multiplikation	*	.*
Division	/	./
Potenzierung	^	.^

* k. SZ. = kein Sonderzeichen.

Bemerkung

In MATLAB gilt:

- ▶ *Potenzieren vor Punktrechnung vor Strichrechnung.*
- ▶ *Änderung der Auswertungsreihenfolge durch Klammerung.*
- ▶ *Modulo wird durch die bereits integrierte Funktion $\text{mod}(a, b)$ berechnet.*
- ▶ *Bei Benutzung der arithmetischen Operatoren $+$, $-$, $*$, \wedge , $/$ für Skalare, Vektoren und Matrizen (auch in Kombination) gelten die zugehörigen mathematischen Rechenregeln (bspw. Matrixmultiplikation).*
- ▶ *$.*$, \wedge , $./$ sind elementweise arithmetische Operatoren. Diese gelten nur für Vektoren & Matrizen! Hierbei werden die einzelnen Einträge miteinander berechnet (**Achtung!** Rechnung ist anders als bspw. Matrizenmultiplikation).*
- ▶ ***Wichtig! Die Dimensionen von Matrizen & Vektoren müssen untereinander immer zueinander kompatibel sein!***

Logische (Boolesche) Operationen

Mathematik

- ▶ Aussagen A, B können mit Hilfe Boolescher Operatoren verknüpft werden.
- ▶ Der Wahrheitswert kann durch eine Wahrheitstafel abgelesen werden.
- ▶ Die Wahrheitstafel für diese Operatoren sieht dabei wie folgt aus:

A	B	$A \wedge B$	$A \vee B$	$\neg A$
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	0
1	1	1	1	0

Logische (Boolesche) Operationen

MATLAB

- ▶ MATLAB enthält **Boolesche Operatoren** in Form von UND (&), ODER (|), NICHT (~). Die Wahrheitstafel für diese Operatoren sieht dabei wie folgt aus:

		und	oder	nicht
A	B	A&B	A B	~A
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	0
1	1	1	1	0

- ▶ Die 1 steht wiederum für „true“, die 0 für „false“.
- ▶ Das logische UND bindet enger als das logische ODER, trotzdem sollten Klammern gesetzt werden, um falsch formulierte Bedingungen zu verhindern.

Relationelle Operationen

Mathematik

- ▶ In der Aussagenlogik kann man mit **Relationsoperatoren** den Wahrheitsgehalt einer Aussage A bestimmen.
- ▶ Aussagen können sein:
 - ▶ $3 > 2$
 - ▶ $5 = 7$
 - ▶ $x \neq y$
 - ▶ $5 \leq 5$

Mathematischer Syntax

$x > y$

$x < y$

$x \geq y$

$x \leq y$

$x = y$

$x \neq y$

Relationelle Operationen

MATLAB

- Für die Abfrage auf Gleichheit werden **Relationsoperatoren** verwendet. Diese sind wie folgt definiert:

MATLAB - Syntax	mathematische Syntax
$x > y$	$x > y$
$x < y$	$x < y$
$x \geq y$	$x \geq y$
$x \leq y$	$x \leq y$
$x == y$	$x = y$
$x \sim = y$	$x \neq y$

Bemerkung

*MATLAB antwortet mit den **Booleschen Operatoren**, d.h. mit 1 (true), falls eine Relation stimmt und mit 0 (false), falls nicht.*

Beispiel:

```
b = 5;
v = [3 6 8];
w = [2; 7; 9];
A = [1 5 3; 2 6 9];
C = [2 6; 8 1; 7 2];

% Arithmetische Operationen

display(A+b); % Addition Matrix und Skalar
display(C*A); % Matrizenmultiplikation
display(v.*w); % Elementweise Multiplikation Zeilen- und Spaltenvektor
display(B.^2); % Elementweises Potenzieren

% Logische Operationen

display(~1 | 0);
display(~(0 & 1));
display((1 & 1) | (0 & 0));
```


Beispiel:

```
a = 2;
b = 5;
A = [1 5 3; 2 6 9];
B = [6 4 5; 2 3 4];

% Relationelle Operationen

display(a == b);    % Relationeller Operator auf Skalare (bekannt).
display(A < B);    % Relationelle Operatoren auf Matrizen
                  % (auch für Vektoren möglich).
display(A == B);   % Hierbei ebenfalls auf Matrixdimensionen achten!
display(B >= A);
display((A<B)|(A==B));
```

MATLAB: Übersicht

Was ist MATLAB?

MATLAB starten und beenden

Die Benutzeroberfläche

Ein erstes Programm

Tipps & Hinweise

Grundlegende Sprachelemente

Variablen & Zuweisungen

Indizierung

Arithmetische, logische und
relationelle Operationen

Allgemeine Hinweise

Allgemeine Hinweise

Quellen

- ▶ Neben MATLAB, kann auch das kostenfreie Octave zum Erstellen von MATLAB-Programmen bzw. -Dateien verwendet werden:

<https://www.gnu.org/software/octave/#install>

Achtung: In Octave gibt es einige integrierte Funktionen, die es in MATLAB nicht gibt (bspw. `idivide` in Octave heißt in MATLAB `floor`). Daher sollten in Octave angefertigte Programme noch einmal unter MATLAB vor etwaiger Abgabe getestet werden.

- ▶ Zum Nachschlagen einiger Befehle und bereits in MATLAB vorhandener Funktionen empfiehlt sich die Online-Dokumentation von MATLAB unter: <https://mathworks.com/help/matlab/index.html>

Referenzen

- ▶ Menzel, Christoph: Einführung in Matlab. Zuletzt bearbeitet: Jianis Baumgardt (Juni 2013), Projektgruppe Praktische Mathematik (TU Berlin)
- ▶ https://www.cs.uni-potsdam.de/ml/teaching/ws14/ida/Einfuehrung_in_MATLAB.pdf
- ▶ http://numerik.mi.fu-berlin.de/wiki/WS_2017/CoMaI_Dokumente/MATLAB_MiniTutorials.pdf
- ▶ [https://de.wikipedia.org/wiki/Matrix_\(Mathematik\)#Begriffe_und_erste_Eigenschaften](https://de.wikipedia.org/wiki/Matrix_(Mathematik)#Begriffe_und_erste_Eigenschaften)
- ▶ https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/mawi.inst.070/ws12_13/Numerik1/Uebung1.pdf
- ▶ https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/mawi.inst.070/ws12_13/Numerik1/Uebung1.pdf
- ▶ <http://num.math.uni-goettingen.de/plonka/Numeriksig1/matlab.pdf>
- ▶ http://www.math.uni-rostock.de/~peters/MATLAB/matlab_kurz.pdf
- ▶ http://wwwmath.uni-muenster.de/num/Vorlesungen/MATLAB-Kurs_WS08/Script/matlab-einfuehrung.pdf

Grafiken

- ▶ <http://www.gkinstitute.org/wp-content/uploads/2015/06/matlab-logo.jpg>, Stand 12.04.2016