



---

# MATLAB® 7 für Ingenieure

---

Grundlagen und Programmierbeispiele

---

von

Prof. Dr. Frieder Grupp und  
Dipl.-Inf. Florian Grupp

---

5., aktualisierte und korrigierte Auflage

---

Oldenbourg Verlag München

---

---

**Prof. Dr. Frieder Grupp** lehrt seit 1992 an der Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt im Fachbereich Allgemeinwissenschaften Mathematik. Zuvor war er von 1988–1992 bei der DASA (heute EADS) in Ulm in der Entwicklung tätig.

**Dipl.-Inf. Florian Grupp** studierte an der Universität Würzburg Informatik und Mathematik mit den Schwerpunkten Numerik und Differentialgleichungen. Seit 2005 arbeitet er bei der Deutschen Bank in Frankfurt.

MATLAB® ist eingetragenes Warenzeichen von  
The MathWorks, Inc.  
3 Apple Hill Drive  
Natick, MA 01760-2098  
Phone: (508) 647-7000

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2009 Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH  
Rosenheimer Straße 145, D-81671 München  
Telefon: (089) 45051-0  
oldenbourg.de

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Lektorat: Anton Schmid  
Herstellung: Dr. Rolf Jäger  
Coverentwurf: Kochan & Partner, München  
Gedruckt auf säure- und chlorfreiem Papier  
Druck: Grafik + Druck, München  
Bindung: Thomas Buchbinderei GmbH, Augsburg

ISBN 978-3-486-58904-7

# Vorwort

MATLAB<sup>1</sup> ist heutzutage ein sehr weit verbreitetes Softwaretool für praktische mathematische Anwendungen. In der Industrie gehört MATLAB zum Standard und vor allem für Ingenieure sind Kenntnisse in MATLAB für die Praxis fast unabdingbar. Dies zeigt sich auch daran, dass einführende Vorlesungen zum Thema MATLAB an Fachhochschulen sich einer großen Nachfrage erfreuen. Nicht zuletzt diese Tatsache bewog uns dazu, ein Buch zu diesem Thema zu schreiben, denn gerade der Einstieg in MATLAB fällt vielen Studenten schwer.

Im Buch wollen wir die ersten Schritte mit MATLAB sowie das Erstellen und Ausführen von MATLAB-Dateien ausführlich mit vielen Beispielen erläutern. Neueinsteiger werden somit langsam aber sicher mit MATLAB vertraut und erhalten Sicherheit in der Ausführung grundlegender Befehle.

Ein Indexverzeichnis mit MATLAB-Funktionen, eine tabellarische Zusammenfassung oft verwendeter MATLAB-Funktionen und viele Verweise innerhalb des Textes auf andere Abschnitte des Buches machen aber auch einen Quereinstieg für Benutzer möglich, die bereits erste Erfahrungen mit MATLAB gesammelt haben.

Dennoch soll das Buch eine Einführung in MATLAB sein. Auf die Verwendung von MATLAB-Toolboxes wurde daher gänzlich verzichtet, manche Themen werden nur am Rande erwähnt, andere ganz weggelassen, damit der Blick auf das Wesentliche nicht verloren geht. So sind Erläuterungen zu mathematischen Themen oft kurzgefasst. Der Leser möge hierzu ein Buch aus der Mathematik oder Ingenieurmathematik zu Rate ziehen. Eine Auswahl dazu findet man im Literaturverzeichnis.

In Kapitel 1 wird zunächst eine ausführliche Einführung in das Softwarepaket MATLAB gegeben. Leser mit Grundkenntnissen in MATLAB finden in Kapitel 2 weiterführende Themen sowie einige spezielle MATLAB-Features. Wer mehr am Programmieren interessiert ist, kann Kapitel 3 vorziehen. Nur an wenigen Stellen werden dort Teile aus Kapitel 1.4, Kapitel 1.5 und Kapitel 2 benötigt. Das Thema Kontrollstrukturen wurde ganz am Ende eingefügt. Kenner anderer Programmiersprachen können so MATLAB-Spezifisches nachschlagen. Wer wenig Vorkenntnisse aus anderen Programmiersprachen hat, findet dort zusammengefasst eine Einführung.

---

<sup>1</sup>MATLAB® is a registered trademark of The MathWorks, Inc.

Das Buch ist in  $\text{\LaTeX}$  geschrieben. Die Bilder wurden mit `MATLAB` erstellt, ins `eps`-Format gewandelt und eingebunden.

Das Buch wurde mehrfach Korrektur gelesen, Befehle und Programme wiederholt überprüft. Trotzdem lassen sich Fehler nicht gänzlich vermeiden. Für Hinweise jeglicher Art sind wir dankbar, etwa via E-mail an *fgrupp@fh-sw.de*.

Unser Dank gilt dem Oldenbourg Verlag, der uns stets mit Rat und Tat unterstützte. Schließlich danken wir unserer Familie, die immer viel Verständnis für unsere Arbeit am Buch hatte.

Bergsheinfeld, im Februar 2003

Florian Grupp, Frieder Grupp

## Vorwort zur 5. Auflage

Wir haben uns bekannte Fehler aus den ersten vier Auflagen beseitigt und danken auf diesem Wege allen Lesern, die uns Fehler mitgeteilt haben.

Die erste Auflage des Buches basierte auf der `MATLAB` Version 6 (`MATLAB R12`), die zweite Auflage auf der Version 6.5 (`MATLAB R13`), die dritte und vierte Auflage auf der Version 7 (`MATLAB R14`) und diese fünfte Auflage auf der Version 7.6 (`MATLAB R2008A`).

Größere Änderungen im Buch betreffen vorwiegend Abschnitte, in denen die neue `MATLAB`-Oberfläche oder Fenster beschrieben werden.

Unser Dank gilt MathWorks, die uns wiederum freundlicherweise vorab diese Software zur Verfügung gestellt haben. So war es möglich, zeitgerecht eine Neuauflage zu gestalten.

Eschborn, im Juli 2008

Florian Grupp,

Bergsheinfeld, im Juli 2008

Frieder Grupp

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Grundlagen</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1      | Erste Schritte .....                                      | 1         |
| 1.1.1    | MATLAB starten.....                                       | 1         |
| 1.1.2    | Beschreibung der MATLAB-Oberfläche .....                  | 1         |
| 1.1.3    | Ändern der Fenster .....                                  | 3         |
| 1.1.4    | Beschreibung der Fenster anhand eines Beispiels .....     | 3         |
| 1.1.5    | Hilfe .....   | 4         |
| 1.2      | Der Direkte Modus .....                                   | 6         |
| 1.2.1    | Der Strichpunkt .....                                     | 7         |
| 1.2.2    | Elementare Funktionen .....                               | 7         |
| 1.2.3    | Der <code>diary</code> -Befehl .....                      | 8         |
| 1.2.4    | Die Befehle <code>save</code> und <code>load</code> ..... | 9         |
| 1.3      | Matrizen .....  | 10        |
| 1.3.1    | Matrizen eingeben und ändern .....                        | 10        |
| 1.3.2    | Einfache Befehle für Matrizen .....                       | 12        |
| 1.3.3    | Rechnen mit Matrizen .....                                | 13        |
| 1.3.4    | Punktoperationen .....                                    | 15        |
| 1.3.5    | Vektoren .....  | 16        |
| 1.4      | Komplexe Zahlen .....                                     | 18        |
| 1.4.1    | Darstellungen komplexer Zahlen .....                      | 18        |
| 1.4.2    | Rechnen mit komplexen Zahlen .....                        | 19        |
| 1.4.3    | Zur Verwendung von $i$ und $j$ .....                      | 19        |
| 1.5      | Zahlenformate .....                                       | 21        |
| <b>2</b> | <b>MATLAB für Fortgeschrittene</b>                        | <b>23</b> |
| 2.1      | Wirkungsweise elementarer Funktionen .....                | 23        |
| 2.1.1    | Skalare Funktionen .....                                  | 23        |
| 2.1.2    | Vektorfunktionen .....                                    | 24        |
| 2.1.3    | Elementare Matrixfunktionen .....                         | 26        |
| 2.2      | Polynome in MATLAB .....                                  | 26        |
| 2.2.1    | Grundrechenarten für Polynome .....                       | 26        |
| 2.2.2    | Weitere MATLAB-Funktionen für Polynome .....              | 28        |
| 2.3      | Interpolation und Regression .....                        | 30        |
| 2.3.1    | Polynominterpolation.....                                 | 30        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 2.3.2    | Splines .....   | 32        |
| 2.3.3    | Regression .....  | 33        |
| 2.4      | Lineare Gleichungssysteme .....                                   | 36        |
| 2.4.1    | Lösbarkeit linearer Gleichungssysteme .....                       | 36        |
| 2.4.2    | Eindeutig lösbare lineare Gleichungssysteme .....                 | 36        |
| 2.4.3    | Nicht eindeutig lösbare lineare Gleichungssysteme .....           | 37        |
| 2.4.4    | Unlösbare lineare Gleichungssysteme .....                         | 37        |
| 2.5      | Eigenwerte und Eigenvektoren .....                                | 37        |
| 2.6      | Rundungsfehler .....  | 39        |
| 2.6.1    | Rundungsfehler bei Grundrechenarten .....                         | 39        |
| 2.6.2    | Rundungsfehler bei elementaren Funktionen .....                   | 40        |
| 2.6.3    | Rundungsfehler bei Iterationen .....                              | 42        |
| 2.6.4    | Rundungsfehler bei Matrizen und linearen Gleichungssystemen ..... | 43        |
| <b>3</b> | <b>Programmieren in MATLAB</b>                                    | <b>47</b> |
| 3.1      | Script Files .....  | 47        |
| 3.1.1    | Script Files erstellen .....                                      | 47        |
| 3.1.2    | Graphen mit Script Files erzeugen .....                           | 49        |
| 3.1.3    | Spezielle Graphen .....   | 51        |
| 3.1.4    | Graphisch differenzieren und integrieren .....                    | 61        |
| 3.1.5    | Lineare Gleichungssysteme .....                                   | 62        |
| 3.2      | Function Files .....  | 63        |
| 3.2.1    | Function Files erstellen .....                                    | 64        |
| 3.2.2    | Funktionen als Parameter .....                                    | 68        |
| 3.2.3    | Fourierreihen .....   | 72        |
| 3.2.4    | Numerische Lösung von Differentialgleichungen .....               | 74        |
| 3.3      | Kontrollstrukturen .....  | 80        |
| 3.3.1    | Konditionale Verzweigungen .....                                  | 80        |
| 3.3.2    | Schleifen .....   | 83        |
| <b>4</b> | <b>Zusammenfassung</b>  | <b>85</b> |
|          | <b>Bibliography</b>   | <b>91</b> |
|          | <b>Index</b>  | <b>93</b> |

# 1 Grundlagen

## 1.1 Erste Schritte

Die folgende Beschreibung bezieht sich auf MATLAB R2008A (Version 7.6).

### 1.1.1 MATLAB starten

MATLAB wird unter Microsoft Windows<sup>1</sup> mit einem Doppelklick auf das MATLAB-Symbol gestartet. Dieses Symbol wird bei der Installation von MATLAB automatisch auf der Benutzeroberfläche angelegt. Wer mit MATLAB in einer Netzwerkumgebung arbeiten will, sollte sich zunächst an das zuständige Rechenzentrum wenden.

Am Ende der Startprozedur erscheint die voreingestellte MATLAB-Oberfläche, sofern der Benutzer in früheren Sitzungen nicht eine andere Oberfläche abgespeichert hat. Diese voreingestellte Oberfläche kann auch durch

*Desktop* → *Desktop Layout* → *Default*

hergestellt werden. (*Desktop* ist ein Stichwort der ersten Menüzeile unterhalb der blauen MATLAB-Überschrift.)

### 1.1.2 Beschreibung der MATLAB-Oberfläche

Die voreingestellte MATLAB-Oberfläche hat unterhalb der blau unterlegten Zeile mit dem Titel MATLAB 7.6.0 (R2008A) zwei Menüzeilen (die erste Zeile beginnt mit dem Wort *File*, die zweite mit einem weißen Blatt) und enthält weitere Fenster, die nachfolgend beschrieben werden.

Im rechten Fenster ist die Kopfzeile Command Window blau unterlegt. Dies zeigt an, dass das Command Window aktiviert ist.

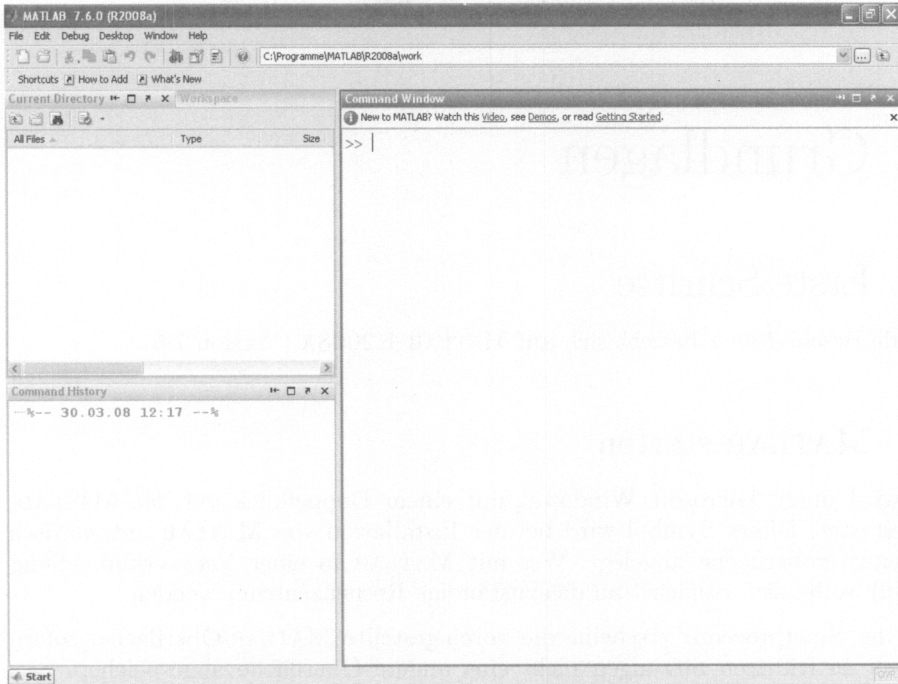
Die linke Seite der Oberfläche ist horizontal geteilt. Sie wurde gegenüber der Oberfläche aus Version 6 geringfügig – gegenüber den folgenden Versionen kaum – geändert und enthält die Fenster Current Directory/Workspace (oben) sowie Command History (unten).

Durch Anklicken kann man diese Fenster aktivieren. Das obere Fenster ist doppelt belegt. Am oberen Rand des Current Directory/Workspace-Fensters kann man entweder das Current Directory-Fenster oder das Workspace-Fenster durch Anklicken aktivieren.

---

<sup>1</sup>Für andere Systeme ziehe man das Handbuch zu Rate.





**Abb. 1.1:** Die voreingestellte MATLAB-Oberfläche

Das untere Fenster ist nicht mehr doppelt belegt wie noch in Version 6.

Insgesamt stehen also zunächst die folgenden Fenster zur Verfügung

- Command Window
- Command History
- Workspace
- Current Directory

Die Funktionen, die sich in Version 6 über das Launch Pad-Fenster aktivieren ließen, bekommt man nun über den (MATLAB)-Start-Knopf links unten.

Die nachfolgenden Beschreibungen beziehen sich stets auf die voreingestellte MATLAB-Oberfläche.

### 1.1.3 Ändern der Fenster

Geht man mit der Maus auf die Trennlinien zwischen den Fenstern, so kann man die Breite/Höhe der Fenster verstellen.

Durch Klicken auf das geschwungene Pfeilsymbol in der Kopfzeile eines Fensters, etwa dem des Command Window (Undock Command Window), kann man dieses Fenster aus dem Rahmen aller Fenster herausnehmen und in die gewünschte Form bringen. Dieser Vorgang kann rückgängig gemacht werden durch Klicken auf das geschwungene Pfeilsymbol (Dock Command Window).

Natürlich kann man Fenster auch schließen (Kreuz anklicken).

Auf die voreingestellte MATLAB-Oberfläche kommt man mit

*Desktop* → *Desktop Layout* → *Default*

zurück. *Desktop* ist ein Stichwort der ersten Menüzeile.

#### Vorsicht:

Nicht das (rote) Kreuz rechts oben in der Kopfzeile des MATLAB-Fensters anklicken, sonst wird MATLAB beendet!

### 1.1.4 Beschreibung der Fenster anhand eines Beispiels

Die folgende Beschreibung basiert auf der voreingestellten MATLAB-Oberfläche.

- Command Window

Ist die Überschrift Command Window nicht blau unterlegt, so sollte dieses Fenster zunächst durch Mausklick aktiviert werden. Der blinkende Strich hinter dem MATLAB-Prompt – das ist das Zeichen  $\gg$  – zeigt, dass nun Eingaben gemacht werden können. Wir testen mit

```
 $\gg$  1 + 2
```

d.h. wir geben nach dem MATLAB-Prompt die Zeichensequenz 1+2 ein und schließen die Eingabe mit `return` ab.

MATLAB antwortet mit

```
ans =  
    3  
 $\gg$ 
```

Das Ergebnis 3 der 2. Zeile wird der Variablen `ans` (Abkürzung für answer) der 1. Zeile zugewiesen und der MATLAB-Prompt der 3. Zeile (mit blinkendem Strich) zeigt an, dass weitere Eingaben nun möglich sind. Während dieser Rechnung haben sich Inhalte anderer Fenster geändert.