

# Vorlesung Numerische Mathematik 1

## Eine kurze Einführung in MATLAB

### Studiengang Informatik

16. September 2016

Zürcher Hochschule  
für Angewandte Wissenschaften



# Vorbemerkung

## Numerik 1, Anhang

### Was ist MATLAB?

### Erste Schritte

### Matrizen als grundlegen- der Datentyp

### Eindim. Variablen Vektoren Matrizen

### Verschiedenes

### Funktionen

### Abbildungen

### Programm- steuerung

### m-Files

- Dies ist eine Einführung in MATLAB und als Zusatz zum Skript in Numerik 1 zu sehen. Es stützt sich hauptsächlich auf:
  - [12] Einführung in MATLAB, Peter Arbenz, Computer Science Department ETH Zürich (<http://people.inf.ethz.ch/arbenz/MatlabKurs/>)
  - [13] Tutorial 1 - 6, Edward Neuman, Department of Mathematics, Southern Illinois University at Carbondale
  - [14] MATLAB und Mathematik kompetent einsetzen, Stefan Adam, erschienen im Wiley - VCH Verlag
- Insbesondere wurden mehrere Textstellen und Beispiele direkt aus [12] kopiert.

# Gliederung

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegender  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- 1 Was ist MATLAB?
- 2 Erste Schritte
- 3 Matrizen als grundlegender Datentyp
  - Eindim. Variablen
  - Vektoren
  - Matrizen
- 4 Verschiedenes
- 5 Funktionen
- 6 Abbildungen
- 7 Programmsteuerung
- 8 m-Files

# Lernziele

## Numerik 1, Anhang

### Was ist MATLAB?

### Erste Schritte

### Matrizen als grundlegen- der

### Datentyp Eindim. Variablen Vektoren Matrizen

### Verschiedenes

### Funktionen

### Abbildungen

### Programm- steuerung

### m-Files

- Sie können die wichtigsten Funktionen von MATLAB auf konkrete Aufgabenstellungen aus der numerischen Mathematik anwenden und diese damit lösen.
- Sie können Ihre Resultate graphisch darstellen.
- Sie können einfache Programme (m-Files) bzw. Skripte schreiben.

# Was ist MATLAB?

gemäss [8]

# Was ist MATLAB?

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- MATLAB ist eine Hoch-Leistungs-Sprache für technisches Rechnen (Eigenwerbung).
- MATLAB integriert Berechnung, Visualisierung und Programmierung in einer leicht zu benützenden Umgebung (graphisches Benützer-Oberflächen, GUI).
- Probleme und Lösungen werden in bekannter mathematischer Notation ein- und ausgegeben.

# Was ist MATLAB?

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Typische Verwendungen von MATLAB sind:
  - \* Technisch-wissenschaftliches Rechnen.
  - \* Entwicklung von Algorithmen.
  - \* Datenaquisition.
  - \* Modellierung, Simulation und Prototyping.
  - \* Datenanalyse und Visualisierung.
  - \* Graphische Darstellung von Daten aus Wissenschaft und Ingenieurwesen.
  - \* Entwicklung von Anwendungen, einschliesslich graphischer Benützer-Oberflächen.

# Was ist MATLAB?

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegender  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- MATLAB steht für MATrizen-LABoratorium bzw. MATrix LABoratory.
- MATLAB ist ein interaktives System dessen grundlegender Datentyp das Array (oder Matrix) ist, das nicht dimensioniert werden muss.
- Es erlaubt viele technische Probleme (vor allem jene, die in Matrix- / Vektornotation beschrieben sind) in einem Bruchteil der Zeit zu lösen, die es brauchen würde, um dafür ein Program in C oder FORTRAN zu schreiben.



# Was ist MATLAB?

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- MATLAB wurde ursprünglich als interaktives Programm (in FORTRAN) geschrieben, um bequemen Zugriff auf die bekannte Software für Matrixberechnungen aus den LINPACK- und EISPACK-Projekten zu haben.
- Heutzutage umfasst die MATLAB-Maschine die LAPACK und BLAS-Bibliotheken, welche den state of the art der Matrixberechnungen sind.

# Was ist MATLAB?

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

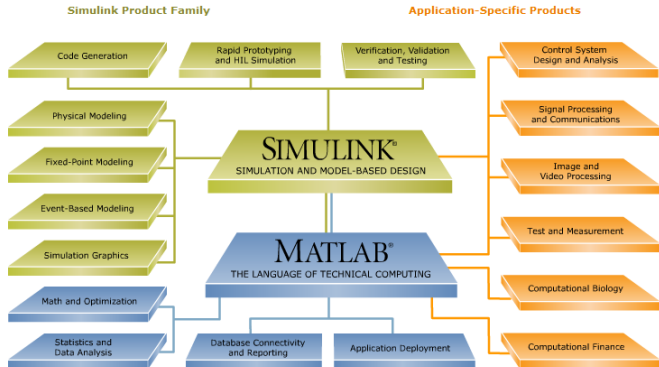
Programm-  
steuerung

m-Files

- MATLAB hat sich aber sehr stark entwickelt. Es ist nicht mehr nur auf die Basis-Algorithmen der numerischen linearen Algebra beschränkt.
- Mit sogenannte Toolboxen kann MATLAB durch anwendungsspezifischen Lösungsverfahren erweitert werden.
- Toolboxen sind Sammlungen von MATLAB-Funktionen (M-Files). Gebiete für die es Toolboxen gibt sind z.B. Signalverarbeitung, Regelungstechnik, Neuronale Netzwerke, 'fuzzy logic', Wavelets, Simulation und viele andere.
- MATLAB ist in der Industrie eines der Standardprogramme für analytische Anwendungen.

# Was ist MATLAB?

- Zusätzlich zu MATLAB gibt es das Zusatzprodukt Simulink zur Modellierung zeitabhängiger Systeme.
- Es ermöglicht die hierarchische Modellierung mit Hilfe grafischer Blöcke, der Datenfluss wird mittels gerichteter Graphen dargestellt.



- Bücher: <http://www.mathworks.com/support/books/>
- Tutorials:
  - [http://www.mathworks.ch/academia/student\\_center/tutorials/launchpad.html](http://www.mathworks.ch/academia/student_center/tutorials/launchpad.html),
  - unter anderem der User Guide “Getting Started with MATLAB”:  
[http://www.mathworks.ch/help/pdf\\_doc/matlab/getstart.pdf](http://www.mathworks.ch/help/pdf_doc/matlab/getstart.pdf)
  - »MATLAB Tutorials« von Edward Neuman (Southern Illinois University). Fünf PDF Files. Ausführliche Beschreibung zum Programmieren, zur linearen Algebra und zu numerischer Analysis mit MATLAB. Leider ist der Link nicht mehr aktuell. Man findet aber die Einzelnen Kapitel z.T. zerstreut auf anderen Webseiten:  
<http://www.math.siu.edu/matlab/tutorials.html>

# Alternativen zu MATLAB

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

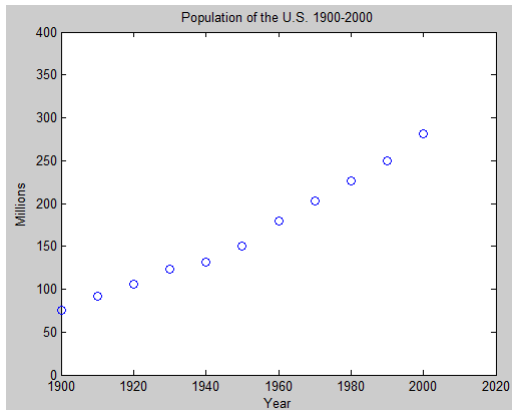
Programm-  
steuerung

m-Files

- Alternativen zum teuren MATLAB sind Scilab, welches sich recht nahe an MATLAB anlehnt, und Octave, welches aber anscheinend nicht weiterentwickelt wird. Im Statistik-Bereich gibt es die Umgebung R:
  - SCILAB: <http://www.scilab.org/>
  - Octave: <http://www.octave.org/>
  - R: <http://www.r-project.org>
  - Freemat: <http://freemat.sourceforge.net/>
  - Ipython: <http://ipython.org/>
- Diese Programme sind frei erhältlich und arbeiten ähnlich und (mit Ausnahme von R) mit ähnlicher Syntax wie MATLAB; m-Files sind teilweise auch in SCILAB oder Octave benutzbar.
- Eine umfassende Gegenüberstellung von MATLAB und R findet man z.B. in der MATLAB / R Reference von David Hiebeler (<http://www.math.umaine.edu/~hiebler/comp/>

# Anwendungsbeispiel 1: Fit

- Beispiel: Fit und Extrapolation einer Zeitreihe



Bevölkerungszahl der USA im Zeitraum von 1900 - 2000 (in Millionen)

# Anwendungsbeispiel 1: Fit

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Wir möchten untersuchen, wie sich die Bevölkerung z.B. bis ins Jahr 2010 oder auch 2020 entwickelt hat.
- Dafür wollen wir diese Zeitreihe durch ein Polynom vom Grad  $n$  annähern, d.h. wir bestimmen die Koeffizienten  $a_0, a_1, \dots, a_n$  der folgenden Funktion

$$p(t) = a_n t^n + a_{n-1} t^{n-1} + a_{n-2} t^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$$

so dass  $p(t)$  möglichst gut durch die diskreten Beobachtungspunkte verläuft.

# Anwendungsbeispiel 1: Fit

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegender  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

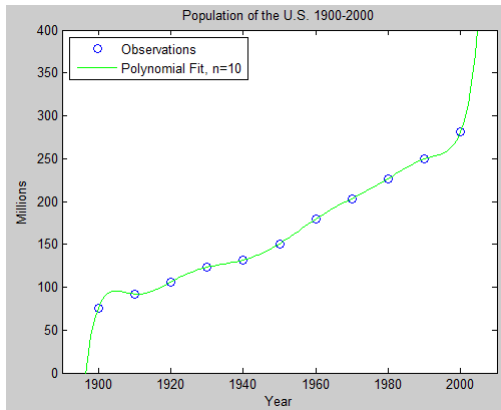
Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files



- Der Fit mit einem Polynom vom Grad 10 geht zwar exakt durch alle Punkte, ist aber an den Rändern nicht brauchbar.



# Anwendungsbeispiel 1: Fit

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

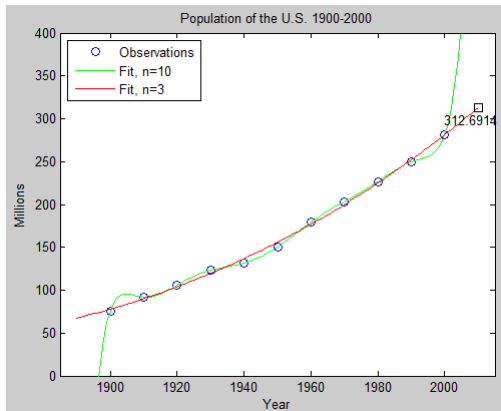
Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Program-  
steuerung

m-Files



- Der Fit mit einem Polynom vom Grad 3 geht nicht mehr exakt durch alle Punkte, kann aber an den Rändern allenfalls für eine (grobe) Extrapolation benutzt werden

# Anwendungsbeispiel 2: FFT

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Häufig ist man daran interessiert, ob eine Zeitreihe ein periodisches Verhalten aufweist, da dies für allfällige Prognosen sehr nützlich sein kann.
- Eine solche Zeitreihe ist die Anzahl der Sonnenflecken auf der Oberfläche der Sonne als Funktion der Zeit, welche wir jetzt etwas genauer untersuchen wollen.
- Ein häufiges Verfahren für die Analyse von Zeitreihen ist die »Fast Fourier Transform« (FFT)

# Anwendungsbeispiel 2: FFT

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Sonnenflecken wurden bereits von Galileo Galilei im frühen 17. Jahrhundert beschrieben und von ihm detailliert gezeichnet.
- Wie der Name sagt, erscheinen diese Objekte als dunkle Flecken auf der hellen Sonnenoberfläche.
- Die Anzahl und Grösse dieser Sonnenflecken variiert beträchtlich, sie können durchaus ein Mehrfaches der Oberfläche der Erde abdecken

# Anwendungsbeispiel 2: FFT

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegender  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

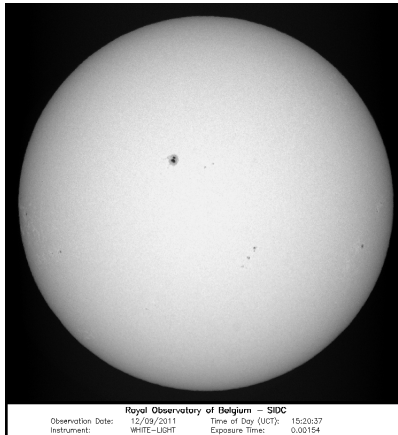
Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files



Beispiel einiger Sonnenflecken auf der Oberfläche der Sonne am 12. September 2011 (Royal Observatory of Belgium).

# Anwendungsbeispiel 2: FFT

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegender

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

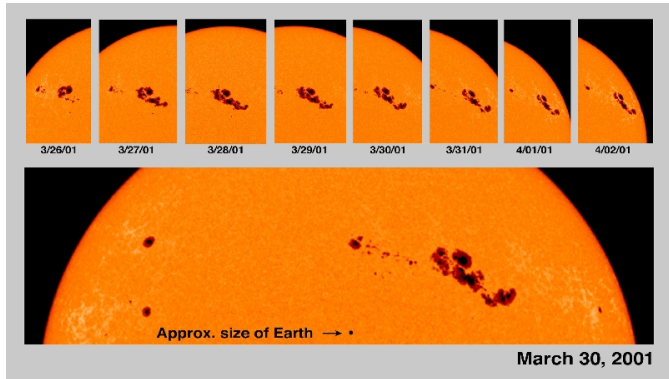
Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

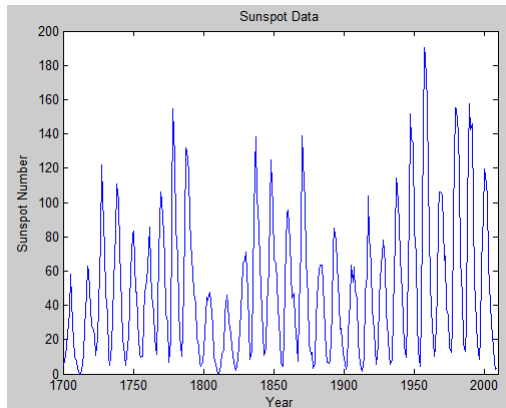
m-Files



Beispiel einer Gruppe von Sonnenflecken  
(<http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/bestofsoho.html>).

# Anwendungsbeispiel 2: FFT

- Von 1749 bis 1980 wurde die Zahl der Sonnenflecken in Zürich auf täglicher Basis gemessen, unterdessen werden die Messungen unter anderem vom Royal Observatory of Belgium weitergeführt:



Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegender  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

# Anwendungsbeispiel 2: FFT

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

Verschiedenes

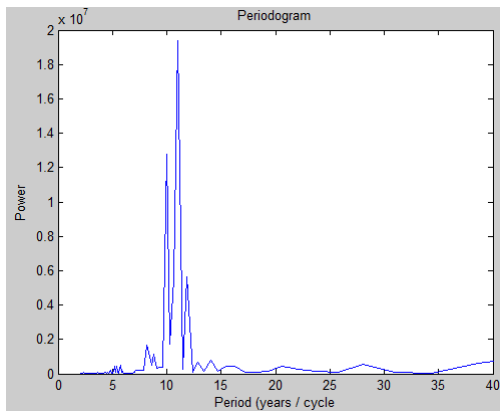
Funktionen

Abbildungen

Program-  
steuerung

m-Files

- Die Analyse der Zeitreihe mit der Fourier-Transformation führt im sogenannten Periodogramm zu einem ausgeprägten Peak bei einer Periode von ca. 11 Jahren:



# Anwendungsbeispiel 2: FFT

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Heute weiss man, dass Sonnenflecken Regionen starker Magnetfelder sind, die zu Eruptionen in der Sonnenatmosphäre führen können mit weitreichenden Folgen auch für die Erde:
- Auf der folgenden Slide sehen wir eine Aufnahme der Sonne vom 22. September 2010 im Emissionsspektrum von hoch-ionisierten Eisenatomen. Gut zu sehen sind die magnetischen Feldlinien über den aktiven Gebieten, sichtbar gemacht durch das darin eingeschlossene Plasma (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/>).



# Anwendungsbeispiel 2: FFT

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

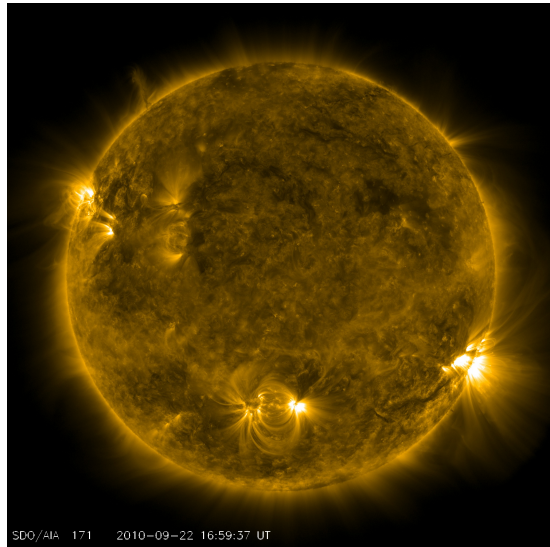
Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files



# Anwendungsbeispiel 2: FFT

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

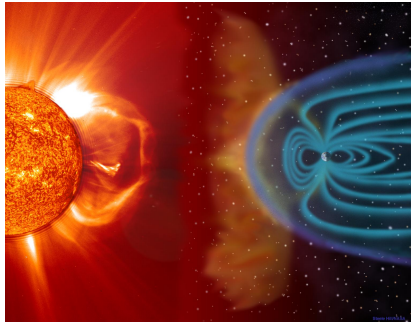
Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Program-  
steuerung

m-Files



Darstellung einer sogenannten 'Coronal Mass Ejection', wie sie auf das Magnetfeld der Erde trifft  
(<http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/images/sunearth01.html>).

# Anwendungsbeispiel 3: Bildbearbeitung

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Fast alle elektronischen Daten liegen in der einen oder anderen Form als Matrix (Array) vor bzw. müssen in eine Matrix eingelesen werden, damit sie verarbeitet werden können.
- Deshalb ist die Matrix als grundlegender Datentyp so wichtig.

# Anwendungsbeispiel 3: Bildbearbeitung

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Auch Bilder sind nichts anderes als Arrays bzw. Matrizen.
- Wenn wir bei einem Bild von einer Auflösung von z.B.  $1200 \times 1600$  Pixel reden, so stellt dies eine Matrix mit 1200 Zeilen und 1600 Spalten dar, mit insgesamt  $1200 \cdot 1600 = 1.92$  Mio. Elementen bzw. 1.92 Megapixel.
- Der Begriff Pixel setzt sich deshalb auch zusammen aus der Abkürzung für 'Picture' (pic bzw. pix) und Element.
- Jedes dieser Matrix-Elemente kann entweder eine einzige Zahl oder ein Vektor sein (welcher dann wieder mehrere Elemente enthält).

# Anwendungsbeispiel 3: Bildbearbeitung

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Wenn wir also ein Bild anschauen, dann betrachten wir im Prinzip eine Matrix, bei der jedes Element einem Bildpunkt entspricht, und dem eine entsprechenden Grau-Stufe bzw. Farbe zugeordnet ist.
- Wir veranschaulichen die Manipulation von Bildern an einem leicht abgeänderten Beispiel aus MATLAB (auch verfügbar als Demo).

# Anwendungsbeispiel 3: Bildbearbeitung

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegender

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

Original 1



Original 2



Brighter Colors



Duller Colors



# Anwendungsbeispiel 3: Bildbearbeitung

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

Added Pictures



# Anwendungsbeispiel 3: Bildbearbeitung

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Program-  
steuerung

m-Files

Subtracted Pictures





Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

**Erste  
Schritte**

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Program-  
steuerung

m-Files

# Erste Schritte

# Starten von MATLAB

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Durch Anklicken des entsprechenden Icons in Windows oder durch Eintippen des Befehls `matlab` in einem Konsolenfenster (shell) wird MATLAB gestartet.
- Das Eingabe- oder Befehlsfenster von MATLAB öffnet sich, wie auf der nächsten Slide gezeigt:

# Starten von MATLAB

## Numerik 1, Anhang

### Was ist MATLAB?

### Erste Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

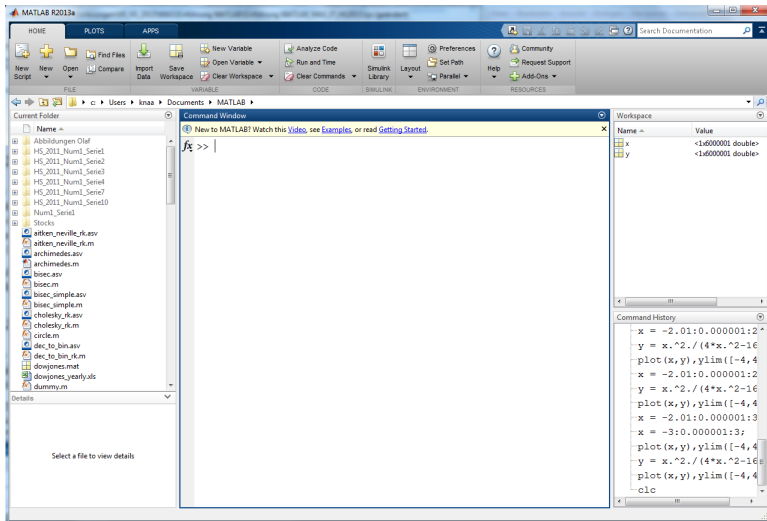
Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files



# Starten von MATLAB

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegender  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Nun können sämtliche Befehle interaktiv eingegeben werden, die Resultate werden ebenfalls numerisch im gleichen Fenster angezeigt. Um eine einfache Berechnung vorzunehmen, kann z.B.

```
>> s = 21 + 38
```

eingetippt werden. Als Ausgabe erscheint dann

```
s =  
59
```

- Eine ausführliche Hilfestellung erhält man durch das Anklicken des blau umrandeten Fragezeichens in der Symbolleiste.
- Alternativ kann im Befehlsfenster für jede in MATLAB existierende Funktion, z.B. `rref`, durch Eingabe von `help Funktionsname` bzw. `doc Funktionsname` eine ausführliche Beschreibung aufgerufen werden.

# Starten von MATLAB

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Der Inhalt des Befehlsfensters (nicht des Arbeitsspeichers) wird durch den Befehl `clc` gelöscht.
- Sollte beim Durchlauf eines Programms oder einer Schleife das Befehlsfenster bzw. MATLAB 'einfrieren', können die laufenden Berechnungen durch die Tastenkombination **CTRL c** unterbrochen werden.

# Speichern Ihrer Arbeit

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Alle Variablen der MATLAB Session werden im Arbeitsspeicher gespeichert und im 'Workspace' angezeigt.
- Durch den Befehl `whos` werden sie auch auf dem Befehlsfenster ausgegeben.
- Um den Inhalt des Arbeitsspeichers zu sichern, können Sie über das Home-Menü die Option 'Save Workspace' auswählen. Wählen Sie einen Namen für Ihre Datei, z.B. `filename` und klicken Sie auf Save.
- Alternativ können Sie auch die folgenden Befehle verwenden:
  - `save ('filename')` oder `save filename`
  - `save('filename', 's')` bzw. `save filename s` speichert nur die Variable `s`.
- Um eine Datei wieder zu laden, wird `load('filename')` eingegeben.

# Speichern Ihrer Arbeit

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Program-  
steuerung

m-Files

- Durch Eingabe von `diary filename.txt` im Befehlsfenster werden sämtliche Ein- und Ausgaben des Befehlsfensters in eine Textdatei geschrieben. Mit `diary off` wird die Datei geschlossen.

# Löschen von Variablen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Einzelne Variablen des Arbeitsspeichers, z.B. die Variable *s*, lassen sich mit dem Befehl  

```
>> clear s
```

gezielt wieder löschen. Der gesamte Arbeitsspeicher wird mit  

```
>> clear all
```

gelöscht (Vorsicht insbesondere, wenn einzelne Variablen durch zeitaufwändige Rechnungen erzeugt wurden).
- Variablen können auch im Home-Menü mit der Option 'Clear Workspace' gelöscht werden.



# Demos

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

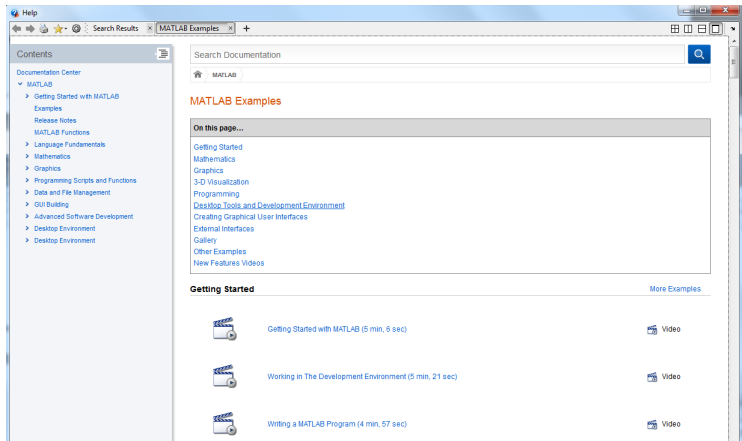
Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

MATLAB bietet unter 'Help' einige Demo-Videos (in Englisch) und Beispiele zu grundlegenden Problemen an, unter [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com) findet man die meisten Demos auch auf Deutsch.



Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

# Matrizen als grundlegender Datentyp

# Eindimensionale Variablen

## Numerik 1, Anhang

### Was ist MATLAB?

### Erste Schritte

### Matrizen als grundlegen- der

### Datentyp

### **Eindim. Variablen**

### Vektoren

### Matrizen

### Verschiedenes

### Funktionen

### Abbildungen

### Programm- steuerung

### m-Files

- In seiner einfachsten Form kann man MATLAB als Taschenrechner benutzen. Geben sie hierzu z.B. die folgenden Befehle ein, jeweils gefolgt von der Enter-Taste:

```
>> 21 + 38  
>> 7 - 8  
>> 3 * 5  
>> 6 / 8  
>> 6 \ 8  
>> 5 ^ 2
```

- MATLAB gibt das entsprechende Resultat aus mit 'ans = ...', was für 'answer' steht. Der zuletzt verwendete Operator ^ wird für Potenzen verwendet ( $5^2 = 5^2$ ).

# Eindimensionale Variablen

## Numerik 1, Anhang

### Was ist MATLAB?

### Erste Schritte

### Matrizen als grundlegen- der

### Datentyp

### **Eindim. Variablen** Vektoren Matrizen

### Verschiedenes

### Funktionen

### Abbildungen

### Programm- steuerung

### m-Files

- Nun kann man natürlich auch Variablen einen Wert zuweisen und dann mit den Variablen weiterrechnen. Das Grundkonstrukt dazu lautet

**Variable = Ausdruck.**

- Dabei ist zu beachten, dass MATLAB alle Daten als Matrix oder mehrdimensionalen Array abspeichert und die Variablen (bzw. ihre Dimensionen) nicht eigens deklariert werden müssen.
- Auch eine einzige Zahl wird als  $1 \times 1$  Matrix angesehen. Geben Sie hierzu die folgenden Befehle ein:

# Eindimensionale Variablen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

**Eindim.  
Variablen**  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

```
>> a=20           die Variable a wird angelegt und mit 22 initialisiert

>> b=20

>> c=a + b;       der Semikolon am Ende unterdrückt die Ausgabe am Bildschirm

>> d=c^2

>> pi             einige Konstanten, wie zum Beispiel  $\pi$ , sind schon gespeichert

>> sin(2*pi)      überlegen Sie sich, wieso das Resultat nicht exakt Null ergibt?

>> format long     erhöht die Anzahl der angezeigten Nachkommastellen von 4 auf 15

>> pi

>> format short

>> whos           zeigt die belegten Variablen an

>> clear a b       löscht die Variablen a und b

>> whos

>> 1minus = -1    Fehler in der Namensgebung

>> minus1 = -1    korrekte Namensgebung

>> clear          löscht alle Variablen
```

# Eindimensionale Variablen

## Numerik 1, Anhang

### Was ist MATLAB?

### Erste Schritte

### Matrizen als grundlegen- der

### Datentyp

### **Eindim. Variablen** Vektoren Matrizen

### Verschiedenes

### Funktionen

### Abbildungen

### Programm- steuerung

### m-Files

Bezüglich der Namensgebung von Variablen (und auch Funktionen, siehe unten) ist zu beachten, dass in MATLAB an erster Stelle immer ein Buchstabe stehen muss, gefolgt von einer beliebigen Anzahl Buchstaben, Zahlen oder Unterstrichen (\_). Andere Sonderzeichen sind nicht erlaubt. MATLAB unterscheidet zudem zwischen Gross- und Kleinschreibung!

# Vektoren: Zeilen und Spalten

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
**Vektoren**  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Der nächste Schritt ist die Definition von Vektoren (mehrdimensionale Variablen).
- Diese können eine beliebige Anzahl von Elementen aufweisen (die Anzahl der Elemente muss nicht wie in den meisten Programmiersprachen explizit deklariert werden).
- Hat ein Vektor  $\vec{y}$   $n$  reelle Elemente, schreiben wir auch  $\vec{y} \in \mathbb{R}^n$ . Aus der linearen Algebra kennen wir die Unterscheidung in Zeilenvektoren und Spaltenvektoren, z.B.

$$\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad \text{bzw.} \quad \vec{y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}.$$

# Vektoren: Transponieren

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

**Vektoren**

Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Ein Zeilenvektor kann durch Transponieren (symbolisiert durch ein hochgestelltes  $T$ ) in einen Spaltenvektor überführt werden und umgekehrt, also

$$\vec{x}^T = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \quad \text{bzw.} \quad \vec{y}^T = (y_1, y_2, \dots, y_n).$$



# Vektoren: Addition und Subtraktion

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
**Vektoren**  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Program-  
steuerung

m-Files

- Die Operationen Subtraktion und Addition sind nur zwischen zwei Vektoren der gleichen Art definiert, also entweder zwischen zwei Spaltenvektoren oder zwei Zeilenvektoren mit der gleichen Anzahl Elemente:

$$\begin{aligned}\vec{x} \pm \vec{y}^T &= (x_1, x_2, \dots, x_n) \pm (y_1, y_2, \dots, y_n) \\ &= (x_1 \pm y_1, x_2 \pm y_2, \dots, x_n \pm y_n) \\ \vec{x}^T \pm \vec{y} &= \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \pm \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \pm y_1 \\ x_2 \pm y_2 \\ \vdots \\ x_n \pm y_n \end{pmatrix}\end{aligned}$$

# Vektoren: Multiplikation

## Numerik 1, Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

**Vektoren**  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Das Produkt zweier Vektoren ist hingegen nur definiert zwischen einem Zeilenvektor und einem Spaltenvektor (Skalarprodukt) mit der gleichen Anzahl Elemente oder analog einem Spaltenvektor und einem Zeilenvektor (dyadisches Produkt).
- Beim Skalarprodukt (auch inneres Produkt genannt), erhält man eine Zahl (also einen Skalar), beim dyadischen Produkt (auch äusseres Produkt) eine Matrix.

# Vektoren: Multiplikation

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
**Vektoren**  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Skalarprodukt (inneres Produkt):

$$\vec{x} \cdot \vec{y} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \cdot \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = x_1 \cdot y_1 + x_2 \cdot y_2 + \dots + x_n \cdot y_n$$

# Vektoren: Multiplikation

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

**Vektoren**

Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Dyadisches Produkt (äusseres Produkt):

$$\begin{aligned}\vec{y} \cdot \vec{x} &= \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} \cdot (x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &= \begin{pmatrix} y_1 \cdot x_1 & y_1 \cdot x_2 & \cdots & y_1 \cdot x_n \\ y_2 \cdot x_1 & y_2 \cdot x_2 & \cdots & y_2 \cdot x_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_n \cdot x_1 & y_n \cdot x_2 & \cdots & y_n \cdot x_n \end{pmatrix}\end{aligned}$$

# Vektoren: Indizes

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
**Vektoren**  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- In MATLAB werden die Elemente eines Vektors (oder Matrix, siehe unten) immer innerhalb von eckigen Klammern [...] definiert.
- Die einzelnen Vektorelemente können dann mit der Angabe der Indexnummer in runden Klammern (...) wieder ausgelesen werden.

Indizes von Vektoren- und Matrixelementen haben wie in FORTRAN immer die Werte 1, 2, ... Das erste Element eines Vektors  $x$  ist somit  $x(1)$ . Das Element einer Matrix  $y$  'links oben' ist  $y(1,1)$ , bzw. in der  $m$ -ten Zeile und  $n$ -ten Spalte ist es  $y(m,n)$ .

# Vektoren: Beispiele

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

**Vektoren**

Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

>> x=[1, 2, 3, 4]	erzeugt den Zeilenvektor $\vec{x} = (1, 2, 3, 4)$
>> x=[1 2 3 4]	Leerzeichen haben die gleiche Bedeutung wie Kommas
>> y=[5; 6; 7; 8]	mit Semikolons wird der Spaltenvektor $\vec{y} = \begin{pmatrix} 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{pmatrix}$ erzeugt
>> y_transp = y'	der Apostroph ' transponiert den Spaltenvektor $\vec{y}$ in einen Zeilenvektor $\vec{y}^T$
>> x + x	addiert $\vec{x}$ mit sich selbst (Zeilenvektor + Zeilenvektor)
>> x + y	Fehler ... weshalb?
>> x + y'	addiert $\vec{x}$ mit dem Transponierten $\vec{y}^T$ (Zeilenvek.+Zeilenvek.)
>> x' + y	addiert $\vec{x}^T$ mit $\vec{y}$ (Spaltenvektor + Spaltenvektor)
>> x * y	berechnet das Skalarprodukt
>> y * x	berechnet das dyadische Produkt
>> x * x	Fehler ... weshalb?
>> x * x'	berechnet das Skalarprodukt von $\vec{x}$ mit sich selbst
>> y(2)	gibt das 2. Element von $\vec{y}$ aus, also 6
>> y(2:4)	gibt das 2., 3. und 4. Element von $\vec{y}$

# Matrizen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- In MATLAB können Matrizen auf verschiedene Arten eingegeben werden.
- Wir konzentrieren uns vorläufig auf
  - (i) die explizite Eingabe der Matrixelemente und auf
  - (ii) den Aufruf einer Matrix generierenden Funktion. Zuerst aber nochmals etwas Repetition.

# Matrizen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Bei einer Matrix  $A$  mit  $m$  Zeilen und  $n$  Spalten spricht man von einer  $m \times n$  Matrix.
- Falls alle Elemente  $a_{ij}$  (mit den Indizes  $i$  und  $j$ , wobei  $1 \leq i \leq m$  gibt die Zeile des Elements,  $1 \leq j \leq n$  gibt die Spalte) der Matrix reell sind, schreibt man auch  $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ :

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix}$$



# Matrizen: Addition und Subtraktion

- Addition und Subtraktion zweier Matrizen  $A$  und  $B$  sind nur definiert, wenn beide die gleiche Anzahl Zeilen (also gleiches  $m$ ) und die gleiche Anzahl Spalten haben (also gleiches  $n$ ):

$$\begin{aligned} A \pm B &= \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \pm \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \cdots & b_{mn} \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} a_{11} \pm b_{11} & a_{12} \pm b_{12} & \cdots & a_{1n} \pm b_{1n} \\ a_{21} \pm b_{21} & a_{22} \pm b_{22} & \cdots & a_{2n} \pm b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} \pm b_{m1} & a_{m2} \pm b_{m2} & \cdots & a_{mn} \pm b_{mn} \end{pmatrix} \end{aligned}$$

# Matrizen: Addition und Subtraktion

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

Beispiel:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 3 & 5 & 7 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 3 & 5 & 9 \\ 5 & 7 & 8 \end{pmatrix}$$

$$A + B = \begin{pmatrix} 1+3 & 2+5 & 2+9 \\ 3+5 & 5+7 & 7+8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 & 7 & 11 \\ 8 & 12 & 15 \end{pmatrix}$$

$$A - B = \begin{pmatrix} 1-3 & 2-5 & 2-9 \\ 3-5 & 5-7 & 7-8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 & -3 & -7 \\ -2 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$

# Matrizen: Multiplikation

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Die Multiplikation zweier Matrizen  $C$  und  $D$  ist etwas schwieriger.
- Bedingung hier ist, dass die Zahl der Spalten der Matrix  $C$  gleich der Zahl der Zeilen der Matrix  $D$  ist.
- Sei also  $C \in \mathbb{R}^{m \times p}$  und  $D \in \mathbb{R}^{p \times n}$ , dann ist das Produkt der beiden Matrizen eine  $m \times n$  Matrix, also  $C \cdot D = E \in \mathbb{R}^{m \times n}$ .
- Die Elemente  $e_{ij}$  von  $E$  berechnen sich durch die Multiplikation der  $i$ -ten Zeile von  $C$  mit der  $j$ -ten Spalte von  $D$ .

# Matrizen: Multiplikation

- Sei also

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1p} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \cdots & c_{mp} \end{pmatrix}, D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{p1} & d_{p2} & \cdots & d_{pn} \end{pmatrix}$$

dann ist das Produkt definiert als  $C \cdot D = E$  mit

$$C \cdot D = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{c_{i1}} & \mathbf{c_{i2}} & \cdots & \mathbf{c_{ip}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \cdots & c_{mp} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} d_{11} & \cdots & \mathbf{d_{1j}} & \cdots & d_{1n} \\ \vdots & \cdots & \mathbf{d_{2j}} & \cdots & \vdots \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \cdots & \mathbf{d_{pj}} & \cdots & d_{pn} \end{pmatrix}$$
$$= \begin{pmatrix} e_{11} & \cdots & \cdots & \cdots & e_{1n} \\ \vdots & \cdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \cdots & \mathbf{e_{ij}} & \cdots & \vdots \\ \vdots & \cdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ e_{m1} & \cdots & \cdots & \cdots & d_{pn} \end{pmatrix}$$

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

# Matrizen: Multiplikation

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Dabei sind die Elemente  $e_{ij}$  wie erwähnt das Produkt der  $i$ -ten Zeile von  $C$  mit der  $j$ -ten Spalte von  $D$  ist:

$$\begin{aligned} e_{ij} &= (c_{i1} \ c_{i2} \ \dots \ c_{ip}) \cdot \begin{pmatrix} d_{1j} \\ d_{2j} \\ \vdots \\ d_{pj} \end{pmatrix} = c_{i1}d_{1j} + c_{i2}d_{2j} + \dots + c_{ip}d_{pj} \\ &= \sum_{k=1}^p c_{ik}d_{kj} \end{aligned}$$

Das Produkt zweier Matrizen  $C$  und  $D$  existiert nur, wenn die Zahl der Spalten der Matrix  $C$  gleich der Zahl der Zeilen der Matrix  $D$  ist. Das Produkt zweier Matrizen ist nicht kommutativ, d.h. die Produkte  $C \cdot D$  und  $D \cdot C$  sind im allgemeinen nicht gleich.

# Matrizen: Multiplikation

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Beispiel:

$$C = D \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 3 & 5 & 7 \end{pmatrix}, D = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 5 & 7 \\ 9 & 8 \end{pmatrix}$$

$$C \cdot D = \begin{pmatrix} 1 \cdot 3 + 2 \cdot 5 + 2 \cdot 9 & 1 \cdot 5 + 2 \cdot 7 + 2 \cdot 8 \\ 3 \cdot 3 + 5 \cdot 5 + 7 \cdot 9 & 3 \cdot 5 + 5 \cdot 7 + 7 \cdot 8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 31 & 35 \\ 97 & 106 \end{pmatrix}$$

$$D \cdot C = \begin{pmatrix} 3 \cdot 1 + 5 \cdot 3 & 3 \cdot 2 + 5 \cdot 5 & 3 \cdot 2 + 5 \cdot 7 \\ 5 \cdot 1 + 7 \cdot 3 & 5 \cdot 2 + 7 \cdot 5 & 5 \cdot 2 + 7 \cdot 7 \\ 9 \cdot 1 + 8 \cdot 3 & 9 \cdot 2 + 8 \cdot 5 & 9 \cdot 2 + 8 \cdot 7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 18 & 31 & 41 \\ 26 & 45 & 59 \\ 33 & 58 & 74 \end{pmatrix}$$

# Matrizen: Transponierte

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Transponieren bei einer Matrix bedeutet, die Zeilen werden zu Spalten und die Spalten zu Zeilen, symbolisiert durch ein hochgestelltes  $T$ , also

$$D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{p1} & d_{p2} & \cdots & d_{pn} \end{pmatrix} \Rightarrow D^T = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{21} & \cdots & d_{p1} \\ d_{12} & d_{22} & \cdots & d_{p2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{1n} & d_{2n} & \cdots & d_{pn} \end{pmatrix}$$

# Matrizen: Multiplikation mit Vektoren

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Program-  
steuerung

m-Files

- Analog verläuft die Multiplikation einer  $m \times n$  Matrix mit einem  $n \times 1$  Spaltenvektor (selbst eine Matrix) , also

$$\begin{aligned} F \cdot \vec{z} &= \begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & f_{m2} & \cdots & f_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_n \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} f_{11}z_1 + f_{12}z_2 + \dots + f_{1n}z_n \\ f_{21}z_1 + f_{22}z_2 + \dots + f_{2n}z_n \\ \vdots \\ f_{m1}z_1 + f_{m2}z_2 + \dots + f_{mn}z_n \end{pmatrix} \end{aligned}$$



# Matrizen: Beispiele

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Wir vollziehen die obigen Operationen nun in MATLAB.  
Die Grundregeln bei der Eingabe von Matrixelementen sind:
  - Elemente einer Zeile werden durch Leerzeichen oder Kommas getrennt.
  - Das Ende einer Zeile wird durch einen Semikolon (;) angegeben.
  - Die ganze Liste von Zahlen wird in eckigen Klammern [] eingeschlossen.

# Matrizen: Beispiele

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegender  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

```
>> A=[1 2 2; 2 5 7]
```

erzeugt die Matrix  $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 3 & 5 & 7 \end{pmatrix}$

```
>> B=[3 5 9; 5 7 8]
```

erzeugt die Matrix  $B$

```
>> A + B
```

Matrixaddition

```
>> A - B
```

Matrixsubtraktion

```
>> C = A
```

erzeugt die Matrix  $C$

```
>> D = B'
```

$D$  ist die Transponierte von  $B$

```
>> C * D
```

Matrixmultiplikation

```
>> D * C
```

Matrixmultiplikation

```
>> z = [3; -2; 6]
```

erzeugt den Spaltenvektor  $\vec{z}$

```
>> F = [-1 8 2; 5 3 1; 7 4 3]
```

erzeugt die Matrix  $F$

```
>> size(F)
```

gibt die Dimensionen von  $F$

```
>> F * z
```

Multiplikation von Matrix mit Vektor

```
>> clear
```

# Matrizen: Aufgabe

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

① Gegeben sind die Matrizen

$$A = \begin{pmatrix} 4 & 1 & -2 \\ 2 & 0 & 1 \\ 2 & -1 & 1 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 1 & 12 \\ 0 & -2 \end{pmatrix}, x = \begin{pmatrix} 1 \\ 7 \\ 3 \end{pmatrix}, y = \begin{pmatrix} -2 \\ 1 \\ 5 \end{pmatrix}$$

Berechnen Sie, sofern definiert, die folgenden  
Matrixprodukte:

$$AB, BA, Ax, AA, BB, BB^T, y^T x, yx, xy^T, B^T y, y^T B,$$

# Matrizen: Inverse

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Kann eine Matrix  $G$  durch eine andere Matrix  $H$  dividiert werden?
- Das Dividieren als solches ist nicht als Matrizenoperation definiert. Stattdessen definiert man die Division indirekt als Multiplikation von  $G$  mit der Inversen  $H^{-1}$ :

$$G/H := G \cdot H^{-1}.$$

- Für die Inverse  $H^{-1}$  von  $H$  gilt

$$H \cdot H^{-1} = H^{-1} \cdot H = I = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

wobei  $I$  die Einheitsmatrix ist (mit lauter Einsen auf der Diagonalen und Nullen sonst).

# Matrizen: Inverse

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Aus der Linearen Algebra wissen wir, dass die Inverse  $H^{-1}$  existiert (bzw.  $H$  invertierbar ist), wenn die Determinante von  $H$  nicht verschwindet (ungleich Null ist). Zudem sind nur Matrixen mit der gleichen Anzahl Zeilen wie Spalten (also  $m = n$ ) invertierbar.
- Für eine  $2 \times 2$  Matrix ist die Determinante folgendermassen definiert:

$$J = \begin{pmatrix} j_{11} & j_{12} \\ j_{21} & j_{22} \end{pmatrix} \Rightarrow \det(J) = j_{11}j_{22} - j_{12}j_{21}$$

und für die Inverse  $J^{-1}$  erhält man

$$J^{-1} = \frac{1}{\det(J)} \begin{pmatrix} j_{22} & -j_{12} \\ -j_{21} & j_{11} \end{pmatrix}$$

# Matrizen: Inverse

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren

**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Beispiel:

$$J = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \Rightarrow \det(J) = 1 \cdot 4 - 2 \cdot 3 = -2$$

$$J^{-1} = -\frac{1}{2} \cdot \begin{pmatrix} 4 & -2 \\ -3 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ \frac{3}{2} & -\frac{1}{2} \end{pmatrix}$$

$$JJ^{-1} = J^{-1}J = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

# Matrizen: Inverse

## Numerik 1, Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegender  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Versuchen Sie dazu die folgenden Befehle:

```
>> G=[-1 8 2; 5 3 1; 7 4 3] erzeugt die  $3 \times 3$  Matrix  $G$   
>> G^(-1) erzeugt die invertierte Matrix  $G^{-1}$   
>> inv(G) erzeugt ebenfalls  $G^{-1}$   
>> G*G^(-1) ergibt die Einheitsmatrix  
>> G^(-1)*G ebenfalls  
>> det(G) berechnet die Determinante  
>> clear
```

# Matrizen: Erzeugen mit Funktionen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- MATLAB stellt eine Anzahl von Funktionen zur Verfügung, um Matrizen zu generieren. Zu den wichtigsten gehören:

Funktionsname	Resultat
<b>eye</b>	Einheitsmatrix (sämtliche Diagonalelemente sind 1)
<b>zeros</b>	Nullmatrix (sämtliche Elemente sind 0)
<b>ones</b>	Einser-Matrix (sämtliche Elemente sind 1)
<b>diag</b>	siehe doc diag
<b>triu</b>	oberes Dreieck einer Matrix
<b>tril</b>	unteres Dreieck einer Matrix
<b>rand</b>	Zufallszahlenmatrix
<b>magic</b>	magisches Quadrat



# Matrizen: Beispiele zu Erzeugen mit Funktionen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

>> K=eye(5)	erzeugt die $5 \times 5$ Einheitsmatrix
>> K^(-1)	die Inverse der Einheitsmatrix ergibt die Einheitsmatrix
>> eye(5,2)	erzeugt die $5 \times 2$ Matrix mit 1 auf der Diagonalen
>> inv(eye(5,2))	Fehler, die Matrix ist nicht invertierbar
>> zeros(100)	erzeugt eine $100 \times 100$ Matrix mit Nullen gefüllt
>> 1 = [1 2 3]	Zeilenvektor
>> L = diag(1)	erzeugt $3 \times 3$ Diagonalmatrix mit der Diagonale 1, 2, 3
>> M = diag([1;2;3])	geht auch mit Spaltenvektoren
>> N = ones(5,10)	erzeugt $5 \times 10$ Matrix mit Einsen
>> N(4,5) = 0	das Element in der 4. Zeile und 5. Spalte wird 0
>> O = [L M]	hängt Matrizen L und M horizontal zusammen
>> P = [L;M]	hängt Matrizen L und M vertikal zusammen
>> Q=zeros(3); R=ones(3);	
>> SK=[Q R Q; R R R; Q R Q]	erzeugt ein $9 \times 9$ Kreuz aus 0 und 1
>> S = rand(7)	erzeugt eine $7 \times 7$ Zufallsmatrix
>> diag(S)	gibt die Diagonale von S als Spaltenvektor

# Matrizen: Arithmetische Operationen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Wir haben bereits die in der folgenden Tabelle gezeigten arithmetischen Operationen für Matrizen kennen gelernt. Durch Verwendung eines Punktes vor dem Operator erhält man Operationen, welche *elementweise* durchgeführt werden:

Matrixoperationen		Elementweise Operationen	
+	Addition	+	Addition
-	Subtraktion	-	Subtraktion
*	Multiplikation	.*	Multiplikation
/	Division	./	Division
^	Potenz	.^	Potenz
'	Hermesch Transponierte	.'	Transponierte

# Matrizen: Arithmetische Operationen

## Numerik 1, Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

**Matrizen**

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

```
>> T = [1 2; 3 4]
```

```
>> T^2
```

ergibt  $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 & 10 \\ 15 & 22 \end{pmatrix}$

```
>> T.^2
```

ergibt  $\begin{pmatrix} 1^2 & 2^2 \\ 3^2 & 4^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 9 & 16 \end{pmatrix}$

```
>> U = [5 6; 7 8]
```

```
>> T * U
```

ergibt  $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 7 & 8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 19 & 22 \\ 43 & 50 \end{pmatrix}$

```
>> T .* U
```

ergibt  $\begin{pmatrix} 1 \cdot 5 & 2 \cdot 6 \\ 3 \cdot 7 & 4 \cdot 8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 & 12 \\ 21 & 32 \end{pmatrix}$

```
>> T / U
```

$A / B = A * B^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -4 & 3 \\ 3.5 & -2.5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ 2 & -1 \end{pmatrix}$

```
>> T ./ U
```

$\begin{pmatrix} 1/5 & 2/6 \\ 3/7 & 4/8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.2000 & 0.3333 \\ 0.4286 & 0.5000 \end{pmatrix}$

```
>> clear
```

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

**Verschiedenes**

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

# Verschiedenes

# Verschiedenes: Der Doppelpunkt Operator

- Der Doppelpunkt ist ein wichtiger Operator in MATLAB. Die Manipulation von Vektoren oder Matrizen sowie der Zugriff auf deren Elemente wird dadurch erheblich vereinfacht. Probieren Sie die folgenden Befehle:

```
>> a = [1:12]           Zeilenvektor a = [1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12]
>> b = [1:2:12]         Zeilenvektor b = [1 3 5 7 9 11]
>> c = [1:3:12]         Zeilenvektor c = [1 4 7 10]
>> d = [20:-5:-10]      Zeilenvektor d = [20 15 10 5 0 -5 -10]
>> A = [1 3 5;7 9 11;13 15 17]
>> A(1,:)               gibt die erste Zeile von A aus
>> A(:,2)               gibt die zweite Spalte von A aus
>> A(1:2,2:3)           gibt die Elemente von A:  $\begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 9 & 11 \end{pmatrix}$ 
>> B = [1:2:10;-4:1:0;2:-2:-6] erzeugt B =  $\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 & 9 \\ -4 & -3 & -2 & -1 & 0 \\ 2 & 0 & -2 & -4 & -6 \end{pmatrix}$ 
>> B(2:3,2:4)          gibt die Elemente von B:  $\begin{pmatrix} -3 & -2 & -1 \\ 0 & -2 & -4 \end{pmatrix}$ 
>> clear
```

# Verschiedenes: Vergleichs- und logische Operatoren

- Die Vergleichs- und logischen Operatoren von MATLAB sind in der folgenden Tabelle aufgelistet (aus [8]).
- Wenn Vergleichsoperationen mit Matrizen durchgeführt werden, erhält man eine Matrix, die mit 0 (false) oder 1 (true) gefüllt ist, abhängig davon, ob die verglichenen Elemente der zwei Matrizen die Bedingung erfüllen oder nicht.

Vergleichsoperatoren		logische Operatoren	
<	kleiner als	&	und
<=	kleiner oder gleich		oder
>	größer als	~	nicht
>=	größer oder gleich		
==	gleich		
~=	ungleich		

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

# Verschiedenes: Vergleichs- und logische Operatoren

## Numerik 1, Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Versuchen Sie die folgenden Befehle:

```
>> A = [1 2; 3 4]
>> B = ones(2)

>> A > B           ergibt  $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$ 
>> A < B           ergibt  $\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ 
>> A == B          ergibt  $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ 
>> A ~= B          ergibt  $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$ 
>> A > B & A == B  ergibt  $\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ 

>> clear
```

# Verschiedenes: Ausgabeformate

- Die Ausgabe der Zahlen auf dem Bildschirm können durch die Befehle `format` oder, viel feiner, mit dem aus C bekannten Befehl `fprintf` gesteuert werden. Für `format` existieren die folgenden Befehle (aus [8]):

Befehl	Beschreibung
<code>format short</code>	scaled fixed point format with 5 digits
<code>format long</code>	scaled fixed point format with 15 digits for double and 7 digits for single
<code>format short e</code>	floating point format with 5 digits
<code>format long e</code>	floating point format with 15 digits for double and 7 digits for single
<code>format hex</code>	hexadecimal format
<code>format +</code>	the symbols <code>+</code> , <code>-</code> and blank are printed
<code>format bank</code>	fixed format for dollars and cents
<code>format rat</code>	approximation by ratio of small integers
<code>format compact</code>	suppresses extra line feeds

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files



# Lange Befehlszeilen

## Numerik 1, Anhang

### Was ist MATLAB?

### Erste Schritte

### Matrizen als grundlegen- der Datentyp

### Eindim. Variablen Vektoren Matrizen

### Verschiedenes

### Funktionen

### Abbildungen

### Programm- steuerung

### m-Files

- Falls eine Befehlszeile zu lang sein sollte für das Befehlsfenster, kann sie mit '...' am Ende unterteilt werden. Beispiel:

```
>> s = sin(pi) + sin(pi/2) + sin(pi/4) + sin(pi/6) + sin(pi/8) ...  
+ sin(pi/10) + sin(pi/12)
```

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

Verschiedenes

**Funktionen**

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

# Funktionen

# Funktionen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

**Funktionen**

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- In MATLAB wird zwischen skalaren Funktionen, Vektor- und Matrixfunktionen unterschieden.
- Ersteren wird ein Skalar (eine Zahl) als Argument zugewiesen, letzteren ein Vektor bzw. eine Matrix.
- Im Folgenden gehen wir kurz auf diese Funktionstypen ein.

# Skalare Funktionen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Viele der von MATLAB zur Verfügung stehenden Funktionen sind skalare Funktionen.
- Dennoch ist es möglich, sie auf Vektoren oder Matrizen anzuwenden. Allerdings werden sie dann Element für Element ausgeführt.
- Die wichtigsten sind in der folgenden Tabelle aufgelistet (gemäss [8]). Eine detaillierte Beschreibung zu jeder Funktion kann in MATLAB mittels `help Funktion` aufgerufen werden:

# Skalare Funktionen

## Numerik 1, Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

Kategorie	Funktion	Beschreibung
Trigonometrische Funktionen	<code>sin</code>	Sinus
	<code>sinh</code>	Sinus hyperbolicus
	<code>asin</code>	Arcussinus
	<code>cos</code>	Cosinus
	<code>cosh</code>	Cosinus hyperbolicus
	<code>acos</code>	Arcuscosinus
	<code>tan</code>	Tangens
	<code>tanh</code>	Tangens hyperbolicus
	<code>atan</code>	Arcustangens
	<code>cot</code>	Cotangens
	<code>coth</code>	Cotangens hyperbolicus
	<code>acot</code>	Arcuscotangens

# Skalare Funktionen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

Kategorie	Funktion	Beschreibung
Exponentialfunktion und Logarithmus	exp	Exponentialfunktion
	expm1	berechnet $\exp(x)-1$ exakt
	log	natürlicher Logarithmus
	log1p	berechnet $\log(1+x)$ exakt
	log10	Logarithmus zur Basis 10
	log2	Logarithmus zur Basis 2
	sqrt	Wurzelfunktion
	nthroot	n-te Wurzel reeller Zahlen

# Skalare Funktionen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

Kategorie	Funktion	Beschreibung
Komplexe Zahlen	abs	Absolutbetrag
	angle	Phase einer komplexen Zahl
	complex	konstruiert eine komplexe Zahl
	conj	berechnet die konjugiert komplexe Zahl
	imag	gibt den Imaginärteil einer komplexen Zahl
	real	gibt den Realteil einer komplexen Zahl
Runden und Rest	fix	rundet zum nächsten Integer näher bei Null
	floor	rundet zum nächsten Integer näher bei $-\infty$
	ceil	rundet zum nächsten Integer näher bei $+\infty$
	round	rundet zum nächsten Integer
	mod	Modulus (Rest nach Division mit Vorzeichen)
	rem	Rest nach Division
	sign	Signum

# Skalare Funktionen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Probieren Sie dazu einige Beispiele:

<code>&gt;&gt; x = cos(pi/4*[1:10])</code>	berechnet den Cosinus der Vielfachen von $\pi/4$
<code>&gt;&gt; y = sqrt(exp(x))</code>	berechnet die Wurzel von $e^x$
<code>&gt;&gt; floor(y)</code>	rundet alle Elemente von y ab
<code>&gt;&gt; ceil(y)</code>	rundet alle Elemente von y auf
<code>&gt;&gt; round(y)</code>	rundet alle Elemente von y
<code>&gt;&gt; mod(10,3)</code>	gibt ganzzahligen Rest (=1) der Division 10 / 3
<code>&gt;&gt; clear</code>	



# Konstanten

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- In MATLAB sind zusätzlich die folgenden Konstanten definiert (aus [8]):

Konstante	Beschreibung
<code>pi</code>	3.14159265...
<code>i</code>	imaginäre Einheit $\sqrt{-1}$
<code>j</code>	wie <code>i</code>
<code>eps</code>	Relative Genauigkeit der Fließkommazahlen ( $\epsilon = 2^{-52}$ )
<code>realmin</code>	kleinste Fließkommazahl ( $2^{-1022}$ )
<code>realmax</code>	grösste Fließkommazahl ( $(2 - \epsilon)^{1023}$ )
<code>Inf</code>	Unendlich ( $\infty$ )
<code>NaN</code>	Not a number

# Vektorfunktionen

- Vektorfunktionen können auf Spalten- oder Zeilenvektoren angewendet werden.
- Werden Sie auf Matrizen angewandt, operieren sie spaltenweise.
- Einige dieser Funktionen sind (aus [8]):

Funktion	Beschreibung
<code>max</code>	grösste Komponente
<code>mean</code>	berechnet den Durchschnitt
<code>median</code>	berechnet den Median
<code>min</code>	kleinste Komponente
<code>prod</code>	Produkt der Elemente
<code>sort</code>	sortiert aufsteigend oder absteigend
<code>sortrows</code>	sortiert die Zeilen aufsteigend

# Vektorfunktionen

## Numerik 1, Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

Funktion	Beschreibung
<code>std</code>	berechnet die Standardabweichung
<code>sum</code>	berechnet die Summe
<code>trapz</code>	numerische Integration mit Trapezregel
<code>cumprod</code>	kumulatives Produkt der Elemente
<code>cumsum</code>	kumulative Summe der Elemente
<code>cumtrapz</code>	kumulative numerische Integration mit Trapezregel
<code>diff</code>	berechnet die Differenzen zwischen den Elementen

# Vektorfunktionen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegender

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Testen Sie die Funktionen anhand der folgenden Beispiele (aus [8]):

```
>> z = [-1 4 -3 9 7 12 7]
>> [min(z),max(z)]           ans = -3 12
>> [mean(z), median(z), std(z)] ans = 5.0000 7.0000 5.3852
>> sort(z)                   ans = -3 -1 4 7 7 9 12
>> sort(z, 'descend')        ans = 12 9 7 7 4 -1 -3
>> [prod(z), sum(z)]         ans = 63504 35
>> clear
```

# Matrixfunktionen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Die folgende Tabelle zeigt einige der Funktionen, die direkt auf Matrizen angewendet werden können. Wir wollen hier nicht weiter darauf eingehen, kommen aber im Verlauf der Vorlesung wieder darauf zurück.

Kategorie	Funktion	Beschreibung
Matrixanalyse	<code>norm</code>	berechnet Matrix oder Vektornorm
	<code>normest</code>	berechnet die 2-Norm einer Matrix
	<code>rank</code>	Ordnung einer Matrix
	<code>det</code>	Determinante
	<code>trace</code>	Summe der Diagonalelemente
	<code>orth</code>	berechnet orthogonalisierte Basis

# Matrixfunktionen

## Numerik 1, Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

Kategorie	Funktion	Beschreibung
Lineare Gleichungen	\ oder /	Operatoren zur Lösung lin. Gleichungssyst.
	inv	berechnet die Inverse
	cond	Konditionszahl für Invertierung
	condest	1-Norm Konditionszahl
	chol	Cholesky-Zerlegung
	linsolve	löst ein System von linearen Gleichungen
	lu	LU Faktorisierung
	qr	QR Zerlegung
	lsqonneg	Least squares non-negativ

# Matrixfunktionen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

Kategorie	Funktion	Beschreibung
Eigen- und singuläre Werte	<code>eig</code>	Eigenwerte und Eigenvektoren
	<code>svd</code>	Singulärwert-Zerlegung
	<code>poly</code>	Charakteristisches Polynom
	<code>hess</code>	Hessenberg Form
	<code>qz</code>	QZ Faktorisierung
	<code>schur</code>	Schur Zerlegung
Matrixfunktionen	<code>expm</code>	Exponentialfunktion für Matrizen
	<code>logm</code>	Logarithmusfunktion für Matrizen
	<code>sqrtm</code>	Wurzelfunktion für Matrizen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

**Abbildungen**

Programm-  
steuerung

m-Files

# Abbildungen



# Abbildungen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

**Abbildungen**

Programm-  
steuerung

m-Files

- MATLAB bietet eine Vielzahl von graphischen Darstellungsmöglichkeiten. Wir beschränken uns hier auf einige wichtige.

# Linien-Plots

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Linien-Plots sind in 2 oder 3 Dimensionen möglich. Der einfachste Linien-Plot hat die Form

```
>> plot (x,y)
```

- Dabei ist x ein Vektor mit den Werten für die Abszisse (x-Achse) und y ein Vektor für die Ordinate (y-Achse). Mit zusätzlichen Befehlen wie `xlabel()` und `ylabel()` lassen sich die Achsen beschriften, `title()` fügt einen Titel hinzu etc. Mit `doc plot` können Sie sich die verschiedenen Zusatzfunktionen anzeigen lassen.

# Linien-Plots

## Numerik 1, Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegender

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

```
>> x = 0:0.1:20, y = sin(x);      initialisiert x und y ...
>> z = cos(x);                    ... sowie z
>> plot(x,y)                      zeichnet y = sin(x)
>> hold on                        der bisherige Plot wird weiter gezeigt
>> plot(x,z,'r')                  zeichnet z = cos(x) in Rot ins gleiche Fenster
>> xlabel('x')                    beschriftet die Achsen
>> ylabel('sin(x) und cos(x)')
>> hold off                       die bisherige Plots werden nicht mehr gezeigt
>> clf                           löscht den Inhalt des Grafikfensters
```

# Linien-Plots

## Numerik 1, Anhang

### Was ist MATLAB?

### Erste Schritte

### Matrizen als grundlegen- der

### Datentyp

### Eindim. Variablen Vektoren Matrizen

### Verschiedenes

### Funktionen

### Abbildungen

### Programm- steuerung

### m-Files

```
>> plot(x,y,x,z,'r')
```

zeichnet beide Funktionen gleichzeitig

```
>> legend('sin(x)','cos(x)')
```

fügt Legende hinzu (mit Maus verschiebbar)

```
>> clf, hold
```

```
>> subplot(3,2,1), plot(x,y)
```

das Grafikfenster wird in 3-2 Subplots unterteilt ...

... und der 1. Subplot wird angesprochen

```
>> subplot(3,2,2), plot(x,z)
```

der 2. Subplot wird angesprochen

```
>> subplot(3,2,3), plot(x,y+z)
```

der 3. Subplot wird angesprochen ..

```
>> title('Meine Abbildung')
```

... und mit einem Titel versehen

```
>> clf, hold off
```

```
>> plot3(x,y,z, 'gv')
```

ein dreidim.Plot aus grünen 'V' (siehe doc plot3)

```
>> grid
```

fügt ein Gitter hinzu

```
>> xlabel('x'), ylabel('sin(x)')
```

beschriftet die Koordinatenachsen

```
>> zlabel('cos(x)')
```

```
>> title('Spirale')
```

fügt Titel hinzu

# Linien-Plots

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Einige mögliche Werte für die Linienfarbe und die Symbole können folgender Tabelle entnommen werden (aus [1]):

y	yellow	.	point	>	triangle (right)
m	magenta	o	circle	-	solid
c	cyan	x	x-mark	:	dotted
r	red	+	plus	-.	dashdot
g	green	*	star	-	dashed
b	blue	v	triangle (down)		
w	white	^	triangle (up)		
k	black	<	triangle (left)		

- Aufgaben:

- 1 Bekanntlich erscheint der Graph einer Exponentialfunktion  $f(x) = c \cdot a^x$  in einem Koordinatensystem mit logarithmischer y-Achse als Gerade; der Graph einer Potenzfunktion  $f(x) = c \cdot x^a$  ist eine Gerade, wenn man beide Koordinatenachsen logarithmisch wählt. Um das Erstellen solcher Graphiken zu unterstützen, stellt MATLAB die Anweisungen `logspace`, `semilogx`, `semilogy` und `loglog` zur Verfügung. Stellen Sie damit die Graphen der folgenden Funktionen als Geraden dar, jeweils für  $10^{-5} \leq x \leq 10^5$ :

- 1  $f(x) = \frac{5}{\sqrt[3]{2x^2}}$

- 2  $f(x) = 10^5 \cdot (2e)^{-x/100}$

- 3  $f(x) = \left(\frac{10^{2x}}{2^{5x}}\right)^2$

# Balken-Diagramme

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Program-  
steuerung

m-Files

- Für zwei- und dreidimensional Balkendiagramme stehen die Befehle `bar()`, `barh()`, `bar3()` und `barh3()` zur Verfügung.
- Die 3 steht für dreidimensional, h für horizontal.
- Die Werte der x-Achse müssen vom Benutzer auf jeden Fall definiert werden, ansonsten wird nur der Index verwendet.
- Die Befehle lassen sich auch auf eine Matrix anwenden, jede Matrixzeile wird dann als Datensatz zum gleichen x-Wert interpretiert.
- Wenn y (die Anzahl Beobachtungen pro x-Wert) noch nicht bekannt bzw. berechnet worden ist, verwendet man den Befehl `hist()`. Betrachten Sie dazu die Beispiele auf der folgenden Seite.

# Balken-Diagramme

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Program-  
steuerung

m-Files

>> x = -2.9:0.2:2.9;	x wird vorgegeben
>> y = exp(-x.*x);	und y
>> bar(x,y,'g')	Balkendiagramm (in grün) y vs. x
>> bar3(x,y,'g')	in 3d
>> barh(x,y,'g')	horizontal
>> B = round(10*rand(6,4)+0.5)	definiert 6×4 Matrix B aus Zufallszahlen
>> x = 2:3:17	neues x (mit 6 Elementen)
>> bar(x,B,'grouped')	Balkendiagramm
>> bar3(x,B)	in 3d
>> y = round(100*randn(100000,1)+0.5);	Datensatz mit Normalverteilung
>> x = min(y):10:max(y);	Kategorien x werden definiert
>> hist(y,x)	Balkendiagramm der Verteilung



# Balken-Diagramme

## Numerik 1, Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

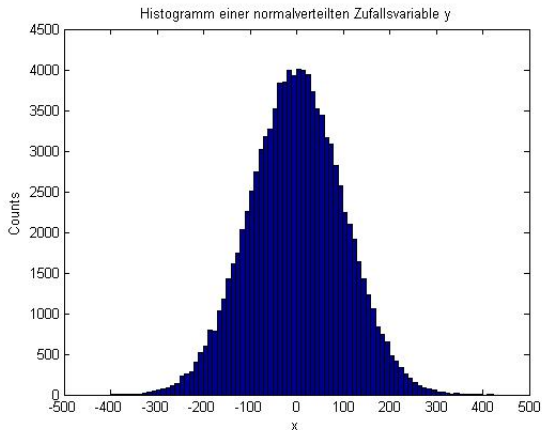
Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files



# Flächen-Plots

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Wie wir aus der Analysis wissen, lassen sich Funktionen mit zwei unabhängigen Variablen der Art

$$f(x, y) = z$$

als zweidimensionale Flächen im dreidimensionalen Raum darstellen.

- In MATLAB lässt sich das durch die Verwendung von `meshgrid()` und `mesh()` graphisch darstellen. Betrachten wir das Beispiel

$$f(x, y) = x^2 + y^2$$

- Zuerst müssen wir für MATLAB ein Gitter in der xy-Ebene definieren und dann zu jedem Gitterpunkt den z-Wert berechnen, also  $z = x^2 + y^2$ .
- Dafür gehen wir folgendermassen vor: wir definieren via `meshgrid()` das Gitter und zeichnen dann die Fläche mittels `mesh()`

# Flächen-Plots

## Numerik 1, Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Program-  
steuerung

m-Files

<code>&gt;&gt; [x,y] = meshgrid(-5:0.01:5);</code>	initialisiert das Gitter für $-5 < x, y < 5$
<code>&gt;&gt; z = x.^2 + y.^2;</code>	berechnet z für jedes x und jedes y
<code>&gt;&gt; mesh(x,y,z)</code>	zeichnet z als Funktion von x und y
<code>&gt;&gt; axis([-5 5 -5 5 -30 60])</code>	nimmt einen Ausschnitt der Graphik
<code>&gt;&gt; view(120,125)</code>	rotiert die Graphik um die angegeb. Winkel
<code>&gt;&gt; z = 3.*x.*y-x.^3-y.^3;</code>	eine andere Oberfläche wird definiert ...
<code>&gt;&gt; mesh(x,y,z), view(30,5)</code>	... und gezeichnet
<code>&gt;&gt; meshc(x,y,z), view(30,30)</code>	noch zusätzlich mit einem Kontour-Plot
<code>&gt;&gt; colormap pink</code>	ändert die verwendete Farbskala

# Flächen-Plots

## Numerik 1, Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

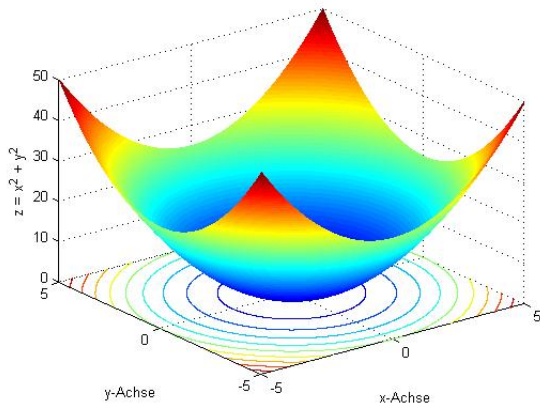
Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files



# Flächen-Plots

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Für den Befehl `colormap` stehen folgende Farbpaletten zur Verfügung (aus [8]):

<code>hsv</code>	hue-saturation-value color map (default)
<code>hot</code>	black-red-yellow-white color map
<code>gray</code>	linear gray-scale color map
<code>bone</code>	gray-scale with tinge of blue color map
<code>copper</code>	linear copper-tone color map
<code>pink</code>	pastel shades of pink color map
<code>white</code>	all white color map
<code>flag</code>	alternating red, white, blue, and black color map
<code>lines</code>	color map with the line colors

# Flächen-Plots

## Numerik 1, Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

<code>colorcube</code>	enhanced color-cube color map
<code>vga</code>	Windows colormap for 16 xcolors
<code>jet</code>	variant of HSV
<code>prism</code>	prism color map
<code>cool</code>	shades of cyan and magenta color map
<code>autumn</code>	shades of red and yellow color map
<code>spring</code>	shades of magenta and yellow color map
<code>summer</code>	shades of green and yellow color map
<code>winter</code>	shades of blue and green color map

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

# Befehle zur Programmsteuerung

# Die for-Schleife

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Die Form der for-Schleife ist

```
>> for Variable = Ausdruck,  
      Zuweisungen;  
      end
```

- Der Ausdruck ist häufig von der Form  $i:s:j$ , die Variable nimmt dann die Werte an  $i, i+s, i+2s, i+3s, \dots$  bis der Wert am nächsten bei  $j$  erreicht ist.
- For-Schleifen können auch ineinander verschachtelt werden, allerdings erhöht das oft die Rechenzeit erheblich.
- Nehmen Sie an, Sie benötigen die Werte der Sinus-Funktion für Vielfache von  $\pi/10$ . Dies erreichen Sie zum Beispiel durch

```
>> for n = 0 : 10,  
      y(n+1) = sin(pi*n/10);  
      end
```



# Die for-Schleife

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Ein weiteres Beispiel mit Ausgabe auf den Bildschirm

```
>> for j = 1 : 2 : 10,  
        disp(sprintf('%i. Schleife', j));  
    end
```

- oder alles auf einer Zeile:

```
>> for j = 1 : 2 : 10, disp(sprintf('%i. Schleife', j)); end
```

# Die for-Schleife

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Eine Verschachtelung kann Sinn machen, um z.B. eine Matrix mit Elementen zu füllen.:

```
>> A = zeros(10);  
  
>> for i = 1 : 10,  
    for j = 1 : 10,  
        A(i,j) = sin(i*pi/10)*cos(j*pi/10);  
    end  
end
```

- Allerdings könnte man in diesem Fall durch Vektorisierung wesentlich effizienter zum gleichen Resultat kommen (durch Multiplikation eines Spaltenvektors mit einem Zeilenvektor):

```
>> i = 1 : 10;  
  
>> A = sin(i*pi/10)' * cos(i*pi/10);
```

# Die while-Schleife

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Wenn die Anzahl der Iterationen nicht von vornherein bekannt ist, kann eine `while`-Schleife verwendet werden.

```
>> while Relation,  
        Zuweisungen;  
        end
```

- Die Zuweisungen werden durchgeführt, solange die Relation erfüllt ist. Betrachten Sie hierzu folgendes Beispiel:

```
>> q = pi;  
>> while q > 0.01,  
        q = q / 2;  
        end  
>> q
```

- Für `q` erhält man so den Wert  $q = 0.0061$ . Dieser Wert ist kleiner als 0.01, da die Anweisung  $q = q / 2$  noch ein letztes Mal durchgeführt wurde.

# Das if - else if - else statement

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Die komplette Form dieses Statements ist

```
>>  if      logischer Ausdruck,  
      Zuweisungen;  
      elseif logischer Ausdruck,  
      Zuweisungen;  
      elseif logischer Ausdruck,  
      Zuweisungen;  
      :  
      :  
      else   Zuweisungen;  
      end
```

- Die Statements `elseif` und `else` können natürlich auch weggelassen werden.

# Das if - else if - else statement

- Versuchen Sie folgendes Beispiel:

```
>> n = 4;

>> for i = 1 : n,

        for j = 1 : n,

            if abs(i-j) > 1,

                t(i,j) = 0;

            elseif i == j,

                t(i,j) = 2;

            else i == j,

                t(i,j) = -1;

            end

        end

    end
```

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen

Vektoren

Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

**m-Files**

# Unterprogramme, m-Files

# Unterprogramme, m-Files

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Obwohl man viele Aufgabenstellungen in MATLAB interaktiv im Eingabefenster lösen kann, wird man früher oder später auch Programme in MATLAB schreiben wollen.
- Solche Programme werden m-Files genannt (wegen der Endung der Dateien \*.m) und entsprechen Funktionen, Subroutinen oder Prozeduren in anderen Programmiersprachen.
- Bei den m-Files wird unterschieden in Scripts (eine Auflistung von Befehlen, die abgearbeitet werden ohne Eingabe- oder Ausgabeparameter) und Funktionen (mit Eingabe- und Ausgabeparameter).

# Unterprogramme, m-Files

## Numerik 1, Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Die m-Files müssen in dem Verzeichnis abgespeichert sein, in dem sich MATLAB aktuell befindet. Das aktuelle Verzeichnis kann im Befehlsfenster unter 'Current Directory' oder mittels dem Befehl `cd` (change directory) geändert werden.
- Mit dem Befehl `what` könne Sie sich die m-Files im gegenwärtigen Verzeichnis auflisten lassen, der Befehl `type Filename` listet den Inhalt eines Files.



# Scripts

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Scripts werden einfach durchlaufen und die Befehle so ausgeführt, als ob sie direkt ins Befehlsfenster eingegeben worden wären. Versuchen Sie folgendes Script und speichern Sie es unter test1.m im aktuellen Verzeichnis:

```
% Dies ist mein erstes Skript.  
A = rand(101,4); x = [0:5:500];  
for i = 1:4,  
    subplot(2,2,i), plot(x, A(:,i), 'r');  
end
```

- Im Eingabefenster rufen Sie dieses Skript durch die Eingabe des Befehls test1 auf. Kommentare sind durch % gekennzeichnet.

# Funktionen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Funktionen müssen in der ersten Zeile den Ausdruck `function` enthalten.
- Der Name der Funktion und des m-Files sollten gleich sein.
- Innerhalb der Funktion definierte Variablen sind lokal und gehen beim Beenden der Funktion verloren. Sie sind nicht im Befehlsfenster sichtbar.

# Funktionen

## Numerik 1, Anhang

### Was ist MATLAB?

### Erste Schritte

### Matrizen als grundlegen- der

### Datentyp

### Eindim. Variablen Vektoren Matrizen

### Verschiedenes

### Funktionen

### Abbildungen

### Programm- steuerung

### m-Files

- Erstellen Sie die folgende Funktion und speichern Sie sie unter test2.m im aktuellen Verzeichnis.

```
function [x,y,z] = test2(n)
% test2    [x,y,z] = test2(n) definiert drei normalverteilte
% Zufallsvektoren der Länge n
x = randn(n,1);
y = randn(n,1);
z = randn(n,1);
```

- Mit dem Befehl `help test2` werden die Kommentazeilen bis zur ersten Nichtkommentarzeile auf dem Bildschirm ausgegeben. Mit dem Aufruf `[a1, a2, a3] = test2(1000)`

```
[a1, a2, a3] = test2(1000)
```

- werden die drei Vektoren `a1`, `a2` und `a3` kreiert.

# Funktionen

- Ein Beispiel einer Funktion, die die Fakultät  $n!$  berechnet, dabei eine Fehlerüberprüfung durchführt und sich rekursiv selbst aufruft, ist im folgenden Beispiel gezeigt (aus [1]):

```
function y = fak(n)

% FAK    y = fak(n) berechnet die Fakultät von n

% fak(n) = n * fak(n - 1), fak(0) = 1

% Fehler, falls n < 0 oder nicht ganzzahlig

if n < 0 | fix(n) ~= n,

    error(['ERROR: FAK ist nur für nicht-negative, ganze Zahlen definiert'])

end

if n <= 1,

    y = 1;

else

    y = n*fak(n-1);

end
```

# Funktionen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

## Aufgaben:

- 1 Schreiben Sie eine Funktion, die die Fakultät nicht rekursiv berechnet sondern mit einer for-Schleife. Vergleichen Sie Ihre Funktion mit der obigen und messen Sie die Ausführungszeiten (mit `tic()` und `toc()`, z.B. `t1 = tic; fak(450); toc(t1)`). Was stellen Sie für grosse `n` fest? Weshalb?

## Aufgaben:

- 1 Ein Problem, das die Astronomen lange beschäftigt hat, ist die Berechnung des Osterdatums (auch C. F. Gauss hat schon einen Algorithmus ausgedacht). Wissen Sie, wie Ostern definiert ist? Auf der nächsten Slide ist eine Version, welche bis zum Jahr 2099 gültig ist.
  - 1 Implementieren Sie diesen Algorithmus mit Matlab-Anweisungen ohne Schleifen so, dass `Y` nicht nur eine einzige Jahrzahl, sondern auch ein Vektor mit Jahrzahlen sein kann.

# Anonyme Funktionen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegender  
Datentyp

Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Eine anonyme Funktion besteht aus einem einzigen MATLAB-Ausdruck hat aber beliebig viele Eingabe und Ausgabeparameter. Die allgemeine Form ist

```
functionname = @(arglist) expression
```

- Betrachten Sie hierzu die folgenden Beispiele:

<pre>&gt;&gt; square = @(x) x.^2</pre>	definiert eine Funktion namens square, die ihr Argument quadriert
<pre>&gt;&gt; a = square(21)</pre>	ruft die Funktion auf, Resultat a = 441
<pre>&gt;&gt; rest = @(x,y)...</pre>	die Funktion rest berechnet den
<pre>    [floor(x/y),x-y*floor(x/y)]</pre>	ganzzahligen Teiler und den Rest
<pre>&gt;&gt; b = rest(100, 0.75)</pre>	das Resultat ist b = 133.0000 0.2500

# Globale Variablen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Sollen mehr als eine Funktion auf eine Variable zugreifen, so muss die Variable in allen fraglichen Funktionen als `global` deklariert werden.
- Soll auf die Variable auch vom Befehlsfenster aus zugegriffen werden können, gibt man das `global`-Statement zusätzlich direkt im Befehlsfenster ein.
- Eine Variable muss als `global` deklariert werden, bevor sie das erste Mal verwendet wird. Betrachten Sie das folgende Beispiel (aus [1]):

```
function f = myfun(x)
% MYFUN      myfun(x) = 1/(A + (x-B)^2)
global A B
f = 1/(A + (x-B)^2);
end
```



# Globale Variablen

Numerik 1,  
Anhang

Was ist  
MATLAB?

Erste  
Schritte

Matrizen als  
grundlegen-  
der

Datentyp  
Eindim.  
Variablen  
Vektoren  
Matrizen

Verschiedenes

Funktionen

Abbildungen

Programm-  
steuerung

m-Files

- Mit der Funktion `fplot()` kann man eine andere Funktion in einem vorgegebenen Intervall plotten. Wenden wir sie auf `myfun(x)` an, wobei das Intervall  $0 \leq x \leq 1$  sein soll.

```
>> global A B           erklärt A und B im Befehlsfenster als global
>> A = 0.01; B = 0.5;    weist die globalen Werte zu
>> fplot(@myfun, [0 1])  myfun wird geplottet für  $0 \leq x \leq 1$ 
```

- Sollte der Befehl `global A B` im Befehlsfenster erst eingegeben werden, nachdem A und B bereits vorher benutzt wurden, kommt eine Warnung.
- Um sicherzugehen, sollte der Arbeitsspeicher vorher mit **clear all** gelöscht werden (**clear** allein genügt nicht).