



Einführung in MATLAB 6.5

Dr. Matthias Fischer

Lehrstuhl für Statistik und Ökonometrie

Matthias.Fischer@wiso.uni-erlangen.de

Version 1.0 vom 21.11.2003, © Alle Rechte vorbehalten

Gliederung

1. **Matlab**: Einführung und Literatur
2. Grundlegendes zu **Matlab**
3. Operationen und Funktionen in **Matlab**
4. Vektoren in **Matlab**
5. Matrizen in **Matlab**
6. Verteilungen in **Matlab**
7. Erstellen einer **Matlab**-Funktion
8. Grafiken in **Matlab**
9. **Scilab**: Das Freeware-Pendant

1.1 Was ist **Matlab** ?

- <http://www.mathworks.com>
- Abkürzung für „*matrix laboratory*“
- Mathematische Software, matrixorientiert
- Variablen werden als Matrizen behandelt
- Kommerzielle Toolboxes (z.B. statistics)
- User-Bibliotheken im Internet
- Möglichkeiten zur „Programmierung“
- Einbindung von C/Fortran-Programme
- Einbindung der Grafiken in LaTeX

1.2 Literatur zu Matlab

- Autorenkollektiv der PPM (2001): *MATLAB*, Fachbereich Mathematik, TU Berlin.
- Rässler (1998): *MATLAB-Brevier*, Lehrstuhl für Statistik und Ökonometrie.
- Sigmon (1992): *MATLAB Primer*, Department of Mathematics, University of Florida.
- Weber (1999): *Einführung in MATLAB 5.3*, Rechenzentrum der UNI Karlsruhe.

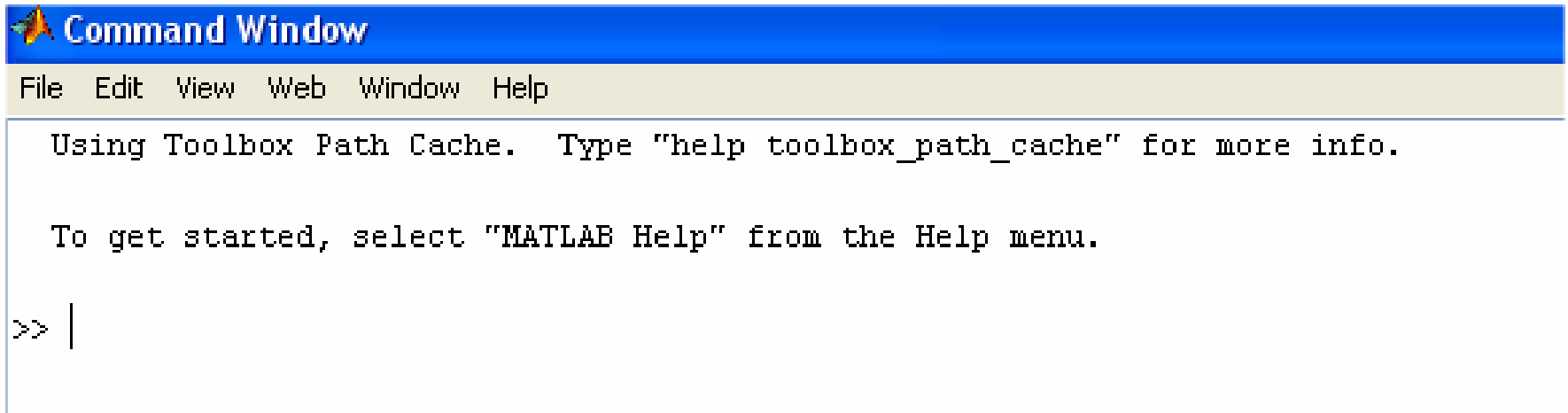
2.1 Besonderheiten von Matlab

- Vorteile gegenüber S-Plus/R
 - Schleifen werden i.d.R. schneller durchlaufen
 - Bessere Möglichkeiten zur Grafikgestaltung
 - Editierung von Funktionen angenehmer
- Daten und Objekte werden nicht automatisch gespeichert !!!!
- Beachte: Dezimalpunkt bei Zahlen, $a=3.134$
- Zuweisung mittels „=“

2.2 Besonderheiten von Matlab

- Kommandozeile wird mit `<RETURN>` abgeschickt und sofort ausgeführt.
- Ergebnis/Fehlermeldung erscheint sofort.
- „ans=“ Ergebnisausgabe ohne Variable
- ; zur Unterdrückung der Ausgabe
- „↑“ wiederholt die vorherige Zeile
- „↓“ wiederholt die nachfolgende Zeile
- `<ESC>` löscht die Kommandozeile

2.3 Das Command-Window

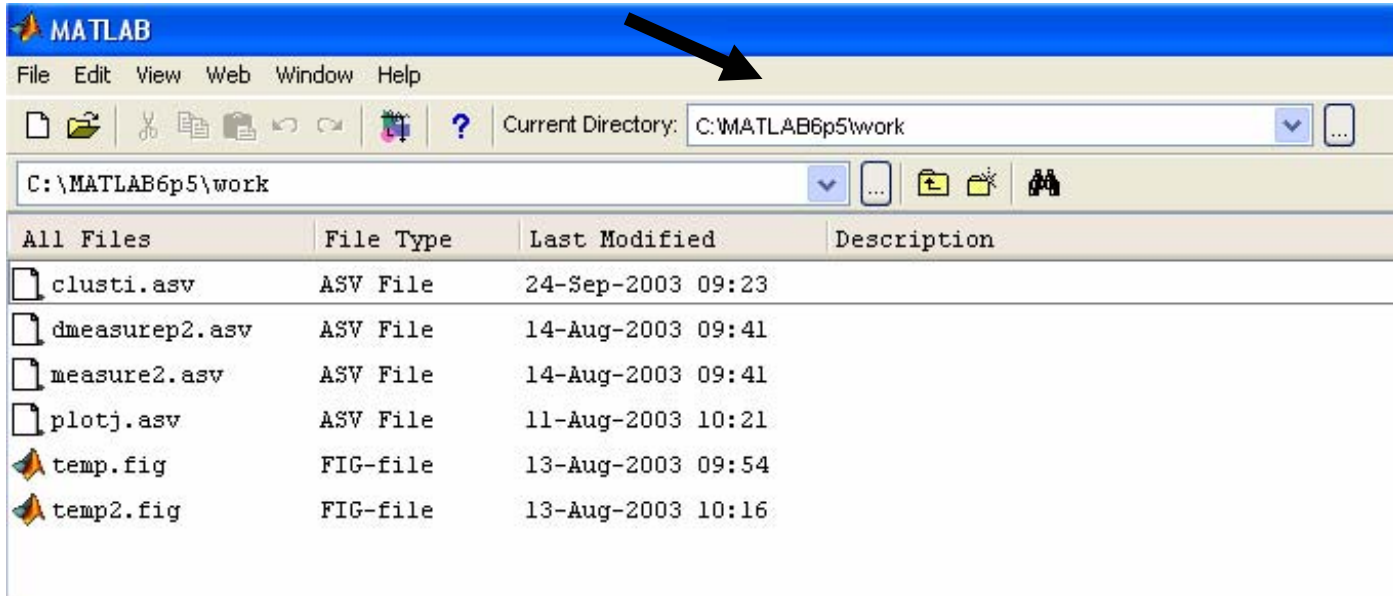


The screenshot shows the MATLAB Command Window interface. At the top is a blue title bar with the text "Command Window" and a small icon. Below the title bar is a menu bar with the options "File", "Edit", "View", "Web", "Window", and "Help". The main area of the window contains the following text:

```
Using Toolbox Path Cache. Type "help toolbox_path_cache" for more info.  
  
To get started, select "MATLAB Help" from the Help menu.  
  
>> |
```

→ **Interaktive Eingabe der Befehle**

2.4 Arbeitsverzeichnis



**Files/Set Path/Add folders/Save
Current Directory „D:/mf/matlab“**

2.5 Allgemeine Funktionen

- `help` → `help demo`
- `demo` → `demo matlab`
- `intro` → Kurze Demoversion
- `who` → Liste aller Variablen im Speicher
- `what` → Auflistung aller Matlab-Files
- `clear` → löscht alle Variablen aus Speicher
- `exit/quit` → Beendet matlab
- `clock/date` → Uhrzeit, Datum
- `ls/pwd/mkdir/cd/dir` → UNIX-Kommandos

2.6 Import und Export von Daten

- Import mittels `dlmread`

Beispiel: `dlmread('c:/dax30.txt ')`

- Import mittels `dlmwrite`

- Import mittels `load`

Beispiel: `load('c:/test.mat ', 'p ', 'q ')`

- Export mittels `save`

Beispiel: `save('c:/test.mat ', 'p ', 'q ')`

Matlab bietet außerdem die sog. Low-level Ein- und Ausgabefunktionen von ANSI C an, z.B.

`fclose`, `fopen`, `fread`, `fwrite`

2.7 Belegte Variablen

- Anzeige eines Ergebnisses: `ans`
- Relative Genauigkeit der Variablen: `eps`
- Positiv unendlich: `Inf`
- undefiniertes numerisches Ergebnis: `NaN`
- Nächste Gleitkommazahl zu π : `pi`
- Imaginäre Einheit bei komplexen Z: `i, j`
- Kleinste/Größte GKS: `realmax/realmin`
- CPU-Zeit: `cputime`

3.1 Rechenoperationen

- Addition → +
- Subtraktion → -
- Multiplikation → *
- Division → / bzw. \
- Potenz → ^
- Elementweise bei Vektoren/Matrizen → "."

3.2 Relationale Operationen

- Größer $\rightarrow >$
- Kleiner $\rightarrow <$
- Größer gleich $\rightarrow >=$
- Kleiner gleich $\rightarrow <=$
- Gleich $\rightarrow ==$
- Ungleich $\rightarrow \neq$

3.3 Logische Operationen

- und \rightarrow $\&$
- oder \rightarrow $|$
- nicht \rightarrow \sim

3.4 Skalare Funktionen

- `sin/cos/tan`: Trigonometrische Funktionen
- `asin/acos/atan`: Umkehrfunktionen
- `exp/log/log10`: Exponential/Logarithmusfn.
- `abs/sign/sqrt`: Betrag/Vorzeichen/Wurzel
- `fix/round/floor/ceil`: Rundung
- `rem/mod`: Rest nach Division
- `real/imag/conj`: für komplexe Zahlen
- `gcd/lcm`: ggT und kgV
- `sinh/cosh/tanh`: hyperbolische Funktionen

3.5 Mathematische Funktionen

- `besselK`: Besselfunktion
- `gamma`: Gammafunktion
- `psi`: Digammafunktion
- `erf`: "Error function"

4.1 Vektoren: Erzeugung I

Wichtig: Dimension des Vektors muss vorab nicht definiert werden; Zeilen \neq Spalte

- Zeilenvektoren $\rightarrow a = [-1 \ 1 \ -2 \ 2]$
- Spaltenvektoren $\rightarrow a = [-1; 1; -2; 2]$
- Spezielle Vektoren $\rightarrow 1:0.05:2$
- Einheitsvektoren $\rightarrow \text{eye}(1, 3)$
- Nullvektoren $\rightarrow \text{zeros}(1, 3)$
- Einsenvektor $\rightarrow \text{ones}(1, 3)$

4.2 Spezielle Zufallsvektoren

- Zufallsvektoren $U(0,1) \rightarrow \text{rand}(1, 10)$
- Zufallsvektoren $N(0,1) \rightarrow \text{randn}(1, 10)$

4.3 Rechnen mit Vektoren

- Addition $\rightarrow a+b$
- Subtraktion $\rightarrow a-b$
- elementweise Multiplikation $\rightarrow a.*b$
- elementweise Division $\rightarrow a./b$
- elementweises Quadrat $\rightarrow a.^2$
- Skalarprodukt $\rightarrow \text{dot}(a, b) = a \cdot b$

4.4 Vektoren: Manipulation

- Einzelnes Element → $a(3)$
- Einzelne Elemente → $a([1 \ 3])$
- Einzelne Elemente → $a(1:3)$
- Ergänzung → $a(5)=6$
- Elimination von Elemente → $a(4)=[]$
- Verknüpfung → $[a \ b]$
- Elementumkehrung → $a(3:-1:1)$

4.5 Vektoren: Funktionen I

A. Lagemaße

- `geomean` → geometrisches Mittel
- `harmmean` → harmonisches Mittel
- `mean` → arithmetisches Mittel
- `median` → 50th Perzentil
- `trimmean` → getrimmtes Mittel

4.6 Vektoren: Funktionen II

B. Maße der Dispersion

- `iqr` → Interquartilsabstand
- `mad` → Mean Absolute Deviation
- `range` → Range
- `std` → Standardabweichung
- `var` → Varianz

4.7 Vektoren: Funktionen III

- `max/min` → Minimum/Maximum
- `sort` → Sortierung
`[sa, ia]=sort(a)`
- `sum/prod` → Summe/Produkt
- `cumsum/-prod` → kum. Summe/Produkt
- `length` → Länge eines Vektors
- `size` → Größe eines Vektors
`[m, n]=size(a)`
- `diff` → Differenzen

4.8 Vektoren: Funktionen IV

- `cov` → Kovarianz
- `diag(cov(A))` → Vektor der Varianzen
- `corrcoef` → Mean Absolute Deviation
- `a(a>0)` → Ausgabe Werte
- `find(a>0)` → Ausgabe Index

4.9 Logische Funktionen

- Überprüfe alle, ob .. → `all(x<0)`
- Überprüfe alle, ob eines .. → `any(x<0)`
- Finde alle, die.. → `find(x<0)`
- .. alle endlichen .. → `finite(x)`
- .. alle unendlichen .. → `isinf(x)`
- .. alle nicht definierten .. → `isnan(x)`
- .. ist Zeichenkette ?.. → `isstr(x)`
- .. ist leer ? .. → `isempty(x)`
- .. ist definiert ? .. → `exist(x)`

5.1 Erzeugung von Matrizen

- Beispiel → $A = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ -2 & 2 \end{bmatrix}$
- Mit ENTER → $A = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ \text{ENTER} & -2 & 2 \end{bmatrix}$
- Einheitsmatrix → `eye(3)`
- Null-Matrix → `zeros(3)`
- Eins-Matrix → `ones(3)`
- Diagonalmatrix → `diag([1 2])`
- Weitere Anw. → `diag(x, 3)`, `diag(A, 3)`

5.2 Manipulation von Matrizen

- Element „13“ $\rightarrow A(1, 3)$
- 1-te Zeile $\rightarrow A(1, :)$
- 3-te Spalte $\rightarrow A(:, 3)$
- 1/3/5-te Spalte $\rightarrow A(:, [1 \ 3 \ 5])$
- $\rightarrow A(:, 3:-1:1)$
- 1/3-te Spalte löschen $\rightarrow A(:, [1 \ 3]) = []$
- Nullmatrix mit Size A $\rightarrow \text{zeros}(\text{size}(A))$

5.3 Spezielle Matrizen

- Obere Dreieck → `triu`
- Untere Dreieck → `tril`
- Zufallszahlen → `rand(n)`
- Hilbert → `hilb`
- Magisches Quadrat → `magic`
- Toeplitz → `toeplitz`
- Hadamard → `hadamard`
- Vandermonde → `vander`

5.4 Matrizen: Erzeugung III

- Tausch der Spalten von links nach rechts mittels `fliplr`
- Tausch der Zeilen von unten nach oben mittels `flipud`
- Veränderung der Dimension einer Matrix mittels `reshape`
- 90 Grad-Rotation der Matrix mittels `rot90`
- Mehrmalige Wiederholung → `repmat`

5.5 Matrizen: Funktionen

- Determinante → `det`
- Spur → `trace`
- Rang → `rank`
- Eigenwerte/vektoren → `eig [V, D]=eig(A)`
- Choleski-Zerlegung → `chol`
- LU-Zerlegung → `lu`
- QR-Zerlegung → `qr`
- Funktionen: `expm/logm/sqrtm/funm`

5.6 Matrix: Operationen

- Addition und Subtraktion $\rightarrow A+B$
- Multiplikation $\rightarrow A-B$
- Transponierung $\rightarrow A'$
- Invertierung $\rightarrow \text{inv}(A)$
- Elementweise Operation $\rightarrow A.*B$
- Kronecker-Produkt $\rightarrow \text{kron}(A, B)$

5.7 Gleichungssystem

- Lösung von $AX=B$ $\rightarrow X=A \setminus B$
- Lösung von $XB=A$ $\rightarrow X=A/B$

6.1 Verteilungen in matlab

Statistics Toolbox: Probability Distributions

Probability Distributions

Introduction

Probability distributions arise from experiments where the outcome is subject to chance. The nature of the experiment dictates which probability distributions may be appropriate for modeling the resulting random outcomes. There are two types of probability distributions - *continuous* and *discrete*.

Continuous (data)	Continuous (statistics)	Discrete
Beta	Chi-square	Binomial
Exponential	Noncentral Chi-square	Discrete Uniform
Gamma	F	Geometric
Lognormal	Noncentral F	Hypergeometric
Normal	t	Negative Binomial
Rayleigh	Noncentral t	Poisson
Uniform		
Weibull		

Suppose you are studying a machine that produces videotape. One measure of the quality of the tape is the number of visual defects per hundred feet of tape. The result of this experiment is an integer, since you cannot observe 1.5 defects. To model this experiment you should use a discrete probability distribution.

Dichtefunktion
Kürzel+pdf

Verteilungsfunktion
Kürzel+pdf

Quantilsfunktion
Kürzel+inv

Zufallszahlen
Kürzel+rnd

6.2 Dichtefunktionen

- **Beispiel:** Normalverteilung
`normpdf(X, Mu, Sigma)`

`normpdf(3, -1, 2)`

`normpdf(-2:0.1:2, 0, 1)`

`normpdf(rand(2, 2), 0, 1)`

6.3 Verteilungsfunktionen

- **Beispiel:** Normalverteilung

`normcdf(X, Mu, Sigma)`

`normcdf(3, -1, 2)`

`normcdf(-2:0.1:2, 0, 1)`

`normcdf(rand(2, 2), 0, 1)`

6.4 Quantilsfunktionen

- **Beispiel:** Normalverteilung
`norminv(U, Mu, Sigma)`

`norminv(0, -1, 2)`

`norminv(0.05:0.01:0.95, 0, 1)`

`norminv(rand(2, 2), 0, 1)`

6.5 Zufallszahlen

■ Erzeugung univariater Zufallszahlen

□ Normalverteilung → `normrnd`

`normrnd(0, 1, [1 10]) = normrnd(0, 1, 1, 10)`

□ Student-t Verteilung → `trnd`

□ Chi²-Verteilung → `chi2rnd`

■ Erzeugung multivariater Zufallszahlen

□ Normalverteilung → `mvnrnd`

□ Student-t Verteilung → `mvtrnd`

6.6 Übungen zu Verteilungen

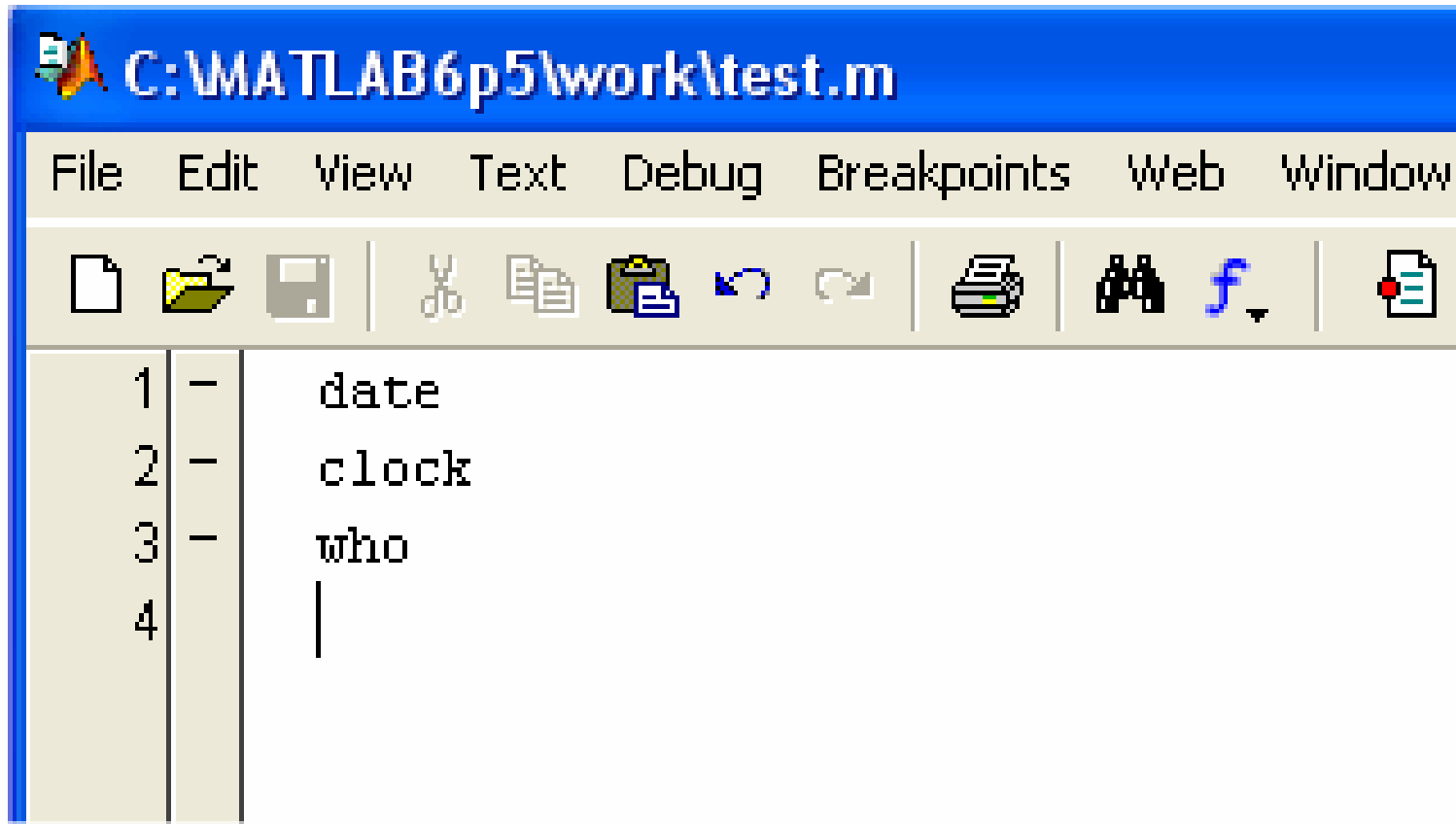
■ Berechnen Sie

- das 95% Quantil einer $\text{Chi}^2(3)$ -Verteilung
- den Wert der t-Dichte mit 5 FG an der Stelle 8
- den Wert der Verteilungsfunktion einer $F(2,3)$ -verteilten Zufallsgröße
- 50 lognormal-verteilte Zufallsvariablen

7.1 M-Files: Script (Batch) Files

- **EINSATZ:** Ausführung von Befehlsfolgen aus, deren interaktive Eingabe sehr mühsam ist.
- Die im File enthaltenen Anweisungen verwenden globale Daten aus dem Arbeitsspeicher.
- Name: `scriptname.m`
- Aufruf: `scriptname`

7.2 M-Files: Script (Batch) Files



The image shows a screenshot of a MATLAB script editor window. The title bar indicates the file path is C:\MATLAB6p5\work\test.m. The menu bar includes File, Edit, View, Text, Debug, Breakpoints, Web, and Window. The toolbar contains icons for file operations (New, Open, Save, Cut, Copy, Paste, Undo, Redo), printing, and search. The script content is as follows:

```
1 - date
2 - clock
3 - who
4 |
```

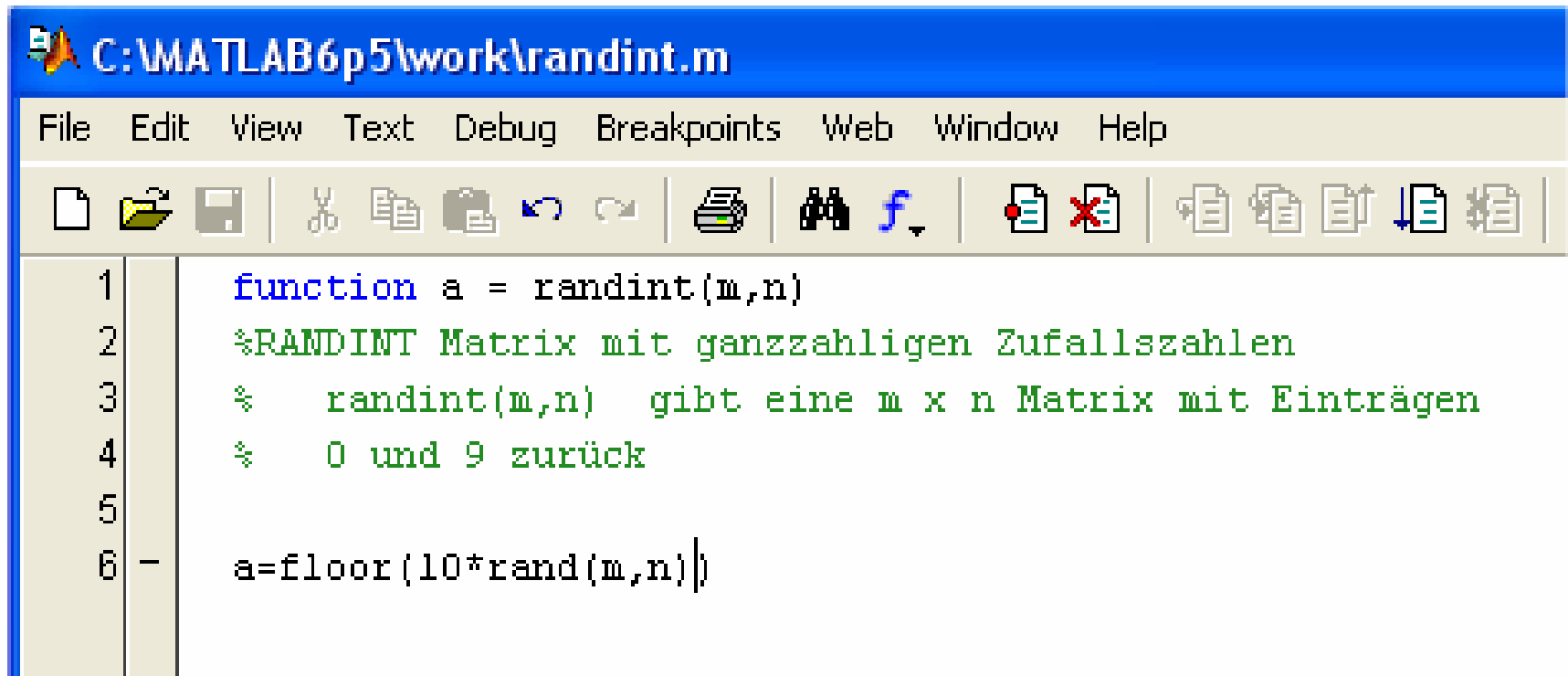

7.3 M-Files: Function Files

- Schreiben von eigenen Funktionen
- Variablen in diesen Funktionen sind erst einmal lokal, außer diese werden explizit global definiert.
- Beispiel: `randint.m`

7.4 Erstellen einer Funktion

- `File` → `New` → `M-file`
- Eingabe der Funktion
- Abspeichern der Funktion mittels
`File` → `Save as` → `randint.m`
- Beachte: `help` und `what`

7.5 M-Files: Function Files



The screenshot shows a MATLAB editor window titled "C:\MATLAB6p5\work\randint.m". The window has a menu bar with "File", "Edit", "View", "Text", "Debug", "Breakpoints", "Web", "Window", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with various icons for file operations, editing, and debugging. The main editing area contains the following code:

```
1 function a = randint(m,n)
2 %RANDINT Matrix mit ganzzahligen Zufallszahlen
3 % randint(m,n) gibt eine m x n Matrix mit Einträgen
4 % 0 und 9 zurück
5
6 - a=floor(10*rand(m,n))
```

7.6 Kontrollstrukturen

- Die 4 wesentlichen Kontrollstrukturen:
 - IF Abfrage
 - FOR Loops
 - WHILE Loops
 - SWITCH

7.7 Die IF Abfrage

■ Einfaches **Beispiel**:

```
function [out]=sigpi(x)
if x>pi
    out=1;
elseif x==pi
    out=0
else
    out=-1
end
```

7.8 Die FOR-Schleife

- Einfaches **Beispiel**:

```
function [fa]=fakultat(N)
fa=1;
for i=2:N
    fa=fa*i;
end
```

7.9 Die While-Schleife

- Einfaches **Beispiel**:

```
function []=ungerade(N)
n=1
while n<=N
    disp(n);
    n=n+2;
end
```

7.10 Die Switch-Struktur

■ Einfaches **Beispiel**:

```
function out=stufe(x)
switch fix(x)
case 0
    out=1;
case 1
    out=2;
otherwise
    out=NaN;
end
```


7.11 Hilfreiche Strukturen

- Anhalten einer Funktion → `break`
- 5 Sekunden Pause → `pause(5)`
- Pause bis Tastendruck → `pause`
- Anzeige von Text → `disp`
- Anzeige von Fehlermeldung → `error`
- Menü zur Auswahl → `input`
- Eingabewerte → `menu`
- Rückgabewerte → `return`

7.12 Nicht-Standard-Funktionen

- Suche von Nullstellen mit `fzero`
- Suche nach Minimum für Funktion einer Variable mittels `fminbnd` und `fminsearch`
- Univariate numerische Integration mittels `quad` und `quadl`
- Bivariate numerische Integration mittels `dblquad`

8. Grafiken in **matlab**

- Einfache Plots
- QQ-Plots und Box-Plots
- Kerndichte-Schätzung und Histogramm
- Empirische Verteilungsfunktion
- Contourplots
- Scatterplots
- 3D-Plots

8.1 Einfache Plots

■ Beispiel

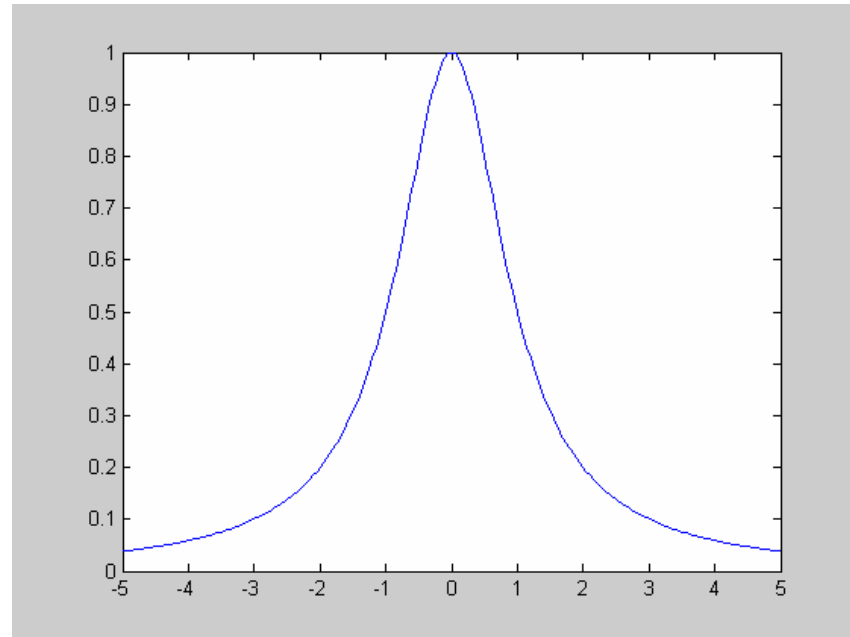
```
x=-5:0.05:5;
```

```
y=1./(x.^2+1);
```

```
plot(x,y);
```

■ Beispiel (Fortsetzung)

```
plot(x,y,'xg');
```



8.1b Anmerkungen zu „linetype“

Linetype ist eine Kombination aus

-		
--		y
:		m
:		c
-.x	und	r
O		g
*		b
.		w
square		k
diamond		

z.B. `plot(x,y,'*r')`

8.2 Achsenbeschriftung

- Skalierung der Achsen

```
axis([xmin xmax ymin ymax])
```

- Gitterlinien ein/ausschalten

```
grid on / grid off
```

- Grafikfenster für weitere Plots aktivieren bzw. deaktivieren

```
hold on / hold off
```

8.3 Grafikbeschriftung

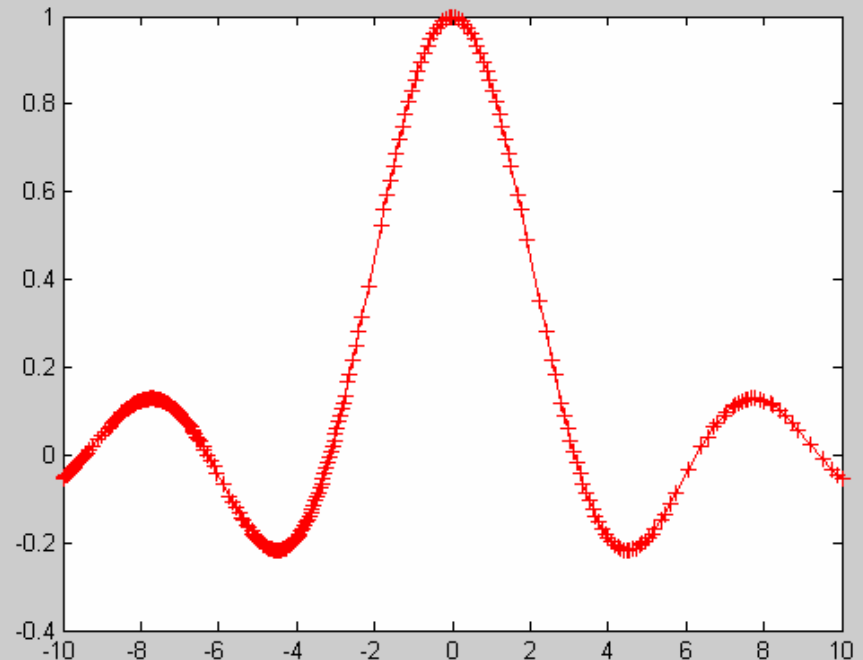
- Beschriftung x-Achse → `xlabel('tet '`
- Beschriftung y-Achse → `ylabel('tet '`
- Titel → `title('tit '`
- Text (an Stelle (x,y)) → `text(x, y, 'tt '`
- Text (per Mausklick) → `gtext(x, y)`
- Legende einrichten → `legend`

8.4 Funktionsplots

- **Beispiel:** Plot der Funktion $\sin(x)/x$

```
fplot('sin(x)/x', [-10 10], '-+r')
```

```
title('y=sin(x)/x')
```

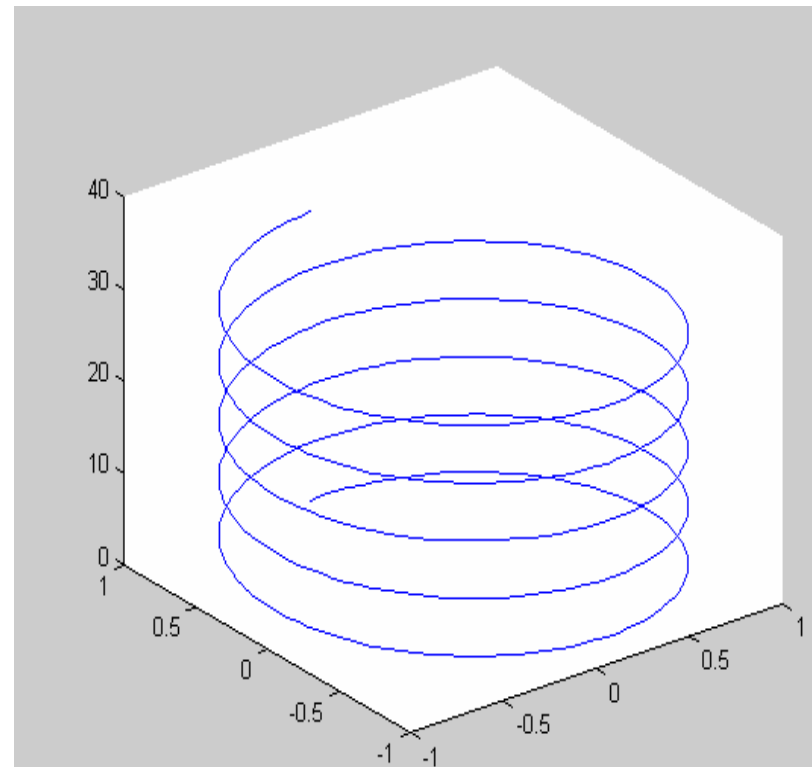


8.5 Dreidimensionale-Plots

■ Beispiel: Schraubenlinie

```
t=0:pi/50:10*pi;
```

```
plot3(sin(t), cos(t), t)
```



8.6 Gitternetz-Plots

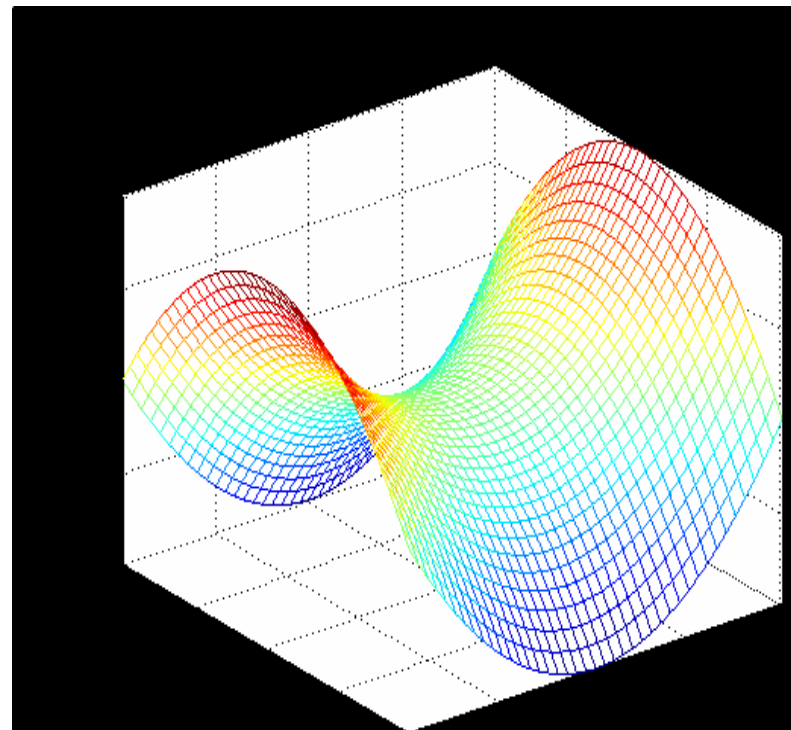
■ Beispiel: Sattel

```
x=[-2:0.1:2];y=x;
```

```
[X, Y]=meshgrid(x, y)
```

```
Z=(X.^2-Y.^2);
```

```
mesh(x, y, Z);
```

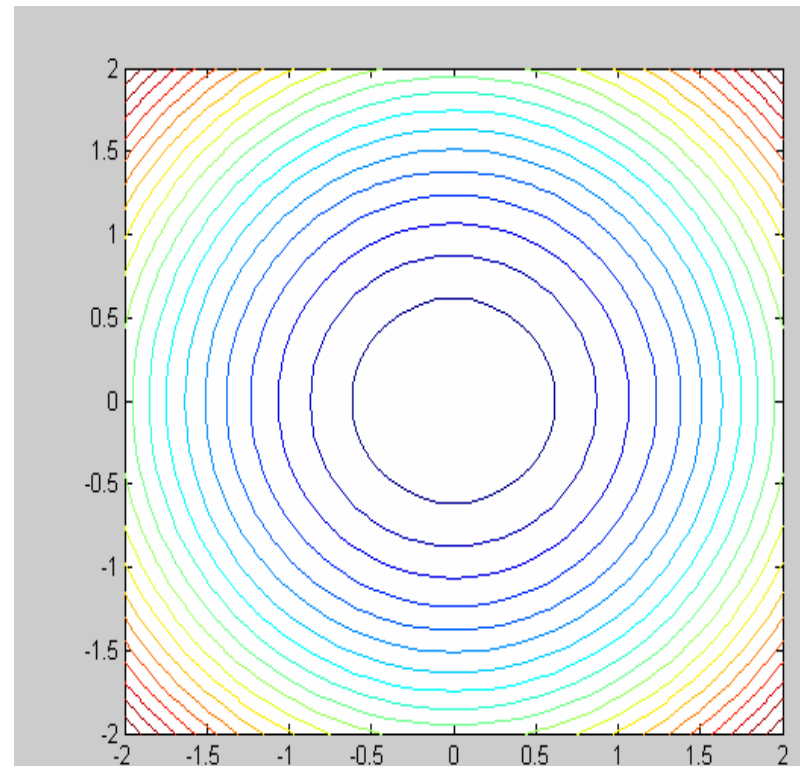


8.7 Kontour-Plots

- **Beispiel:** Höhenlinie für modifizierte Fkt.

$$Z = (X.^2 + Y.^2);$$

```
contour(X, Y, Z, 20) + 3;
```

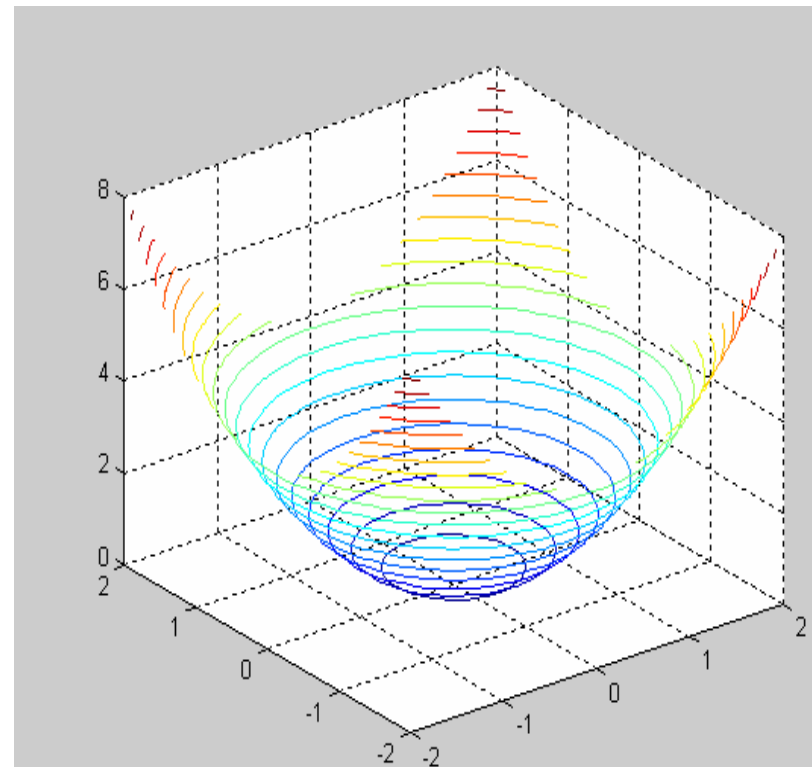


8.8 Kontour-Plots

- **Beispiel:** Höhenlinie für modifizierte Fkt.

$$Z = (X^2 + Y^2) ;$$

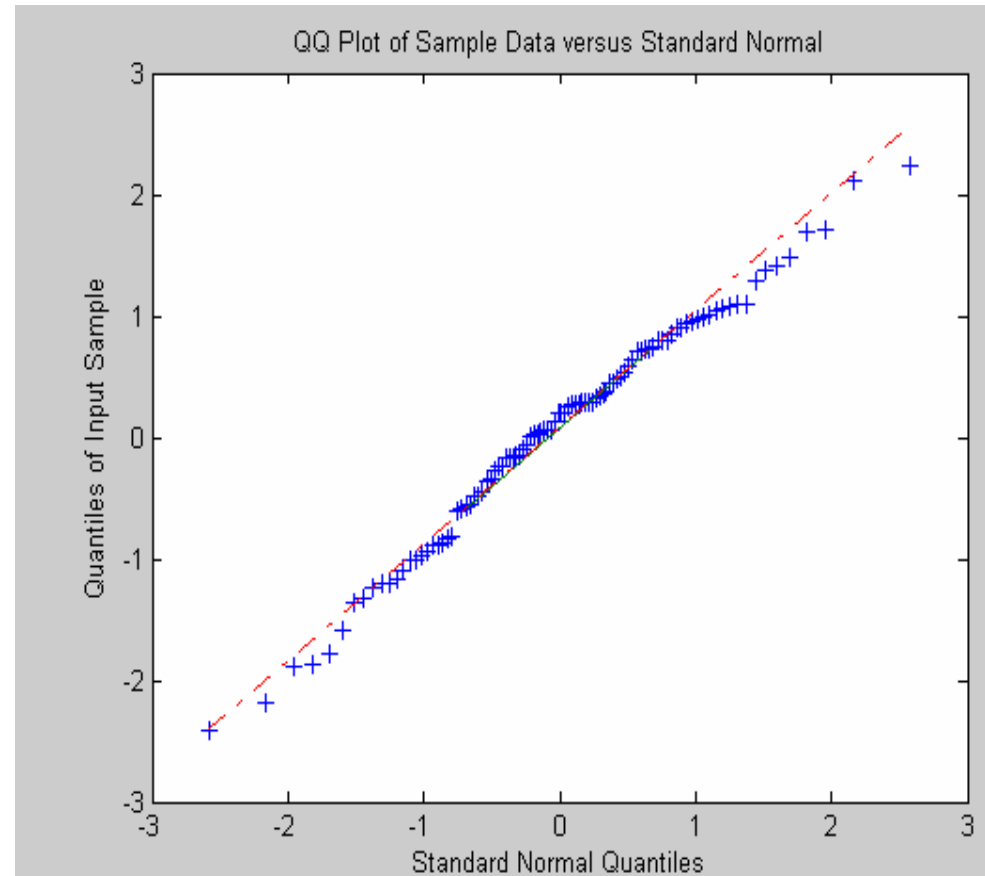
$$\text{contour3}(X, Y, Z, 20) + 3 ;$$



8.9 QQ-Plots

- **Beispiel:** QQ-Plot für 100 normalverteilte Zufallszahlen

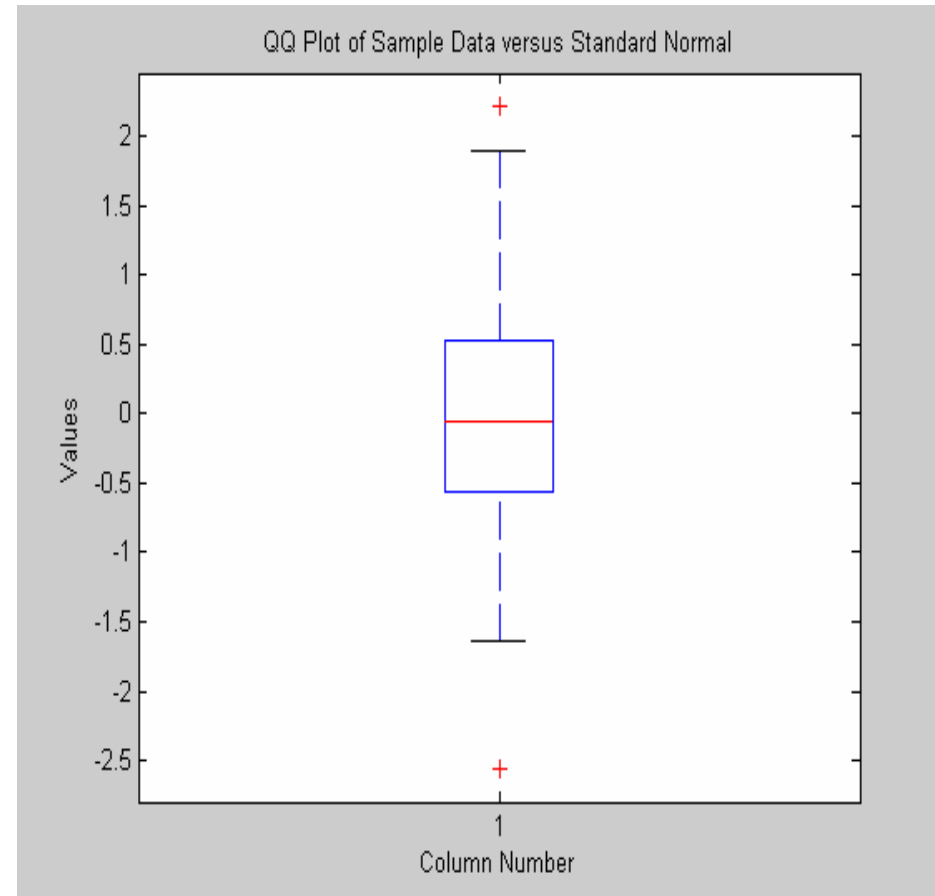
```
x = randn(100, 1);  
qqplot(x);
```



8.10 Box-Plots

- **Beispiel:** Box-Plot für 100 normalverteilte Zufallszahlen

```
x = randn(100, 1);  
boxplot(x);
```



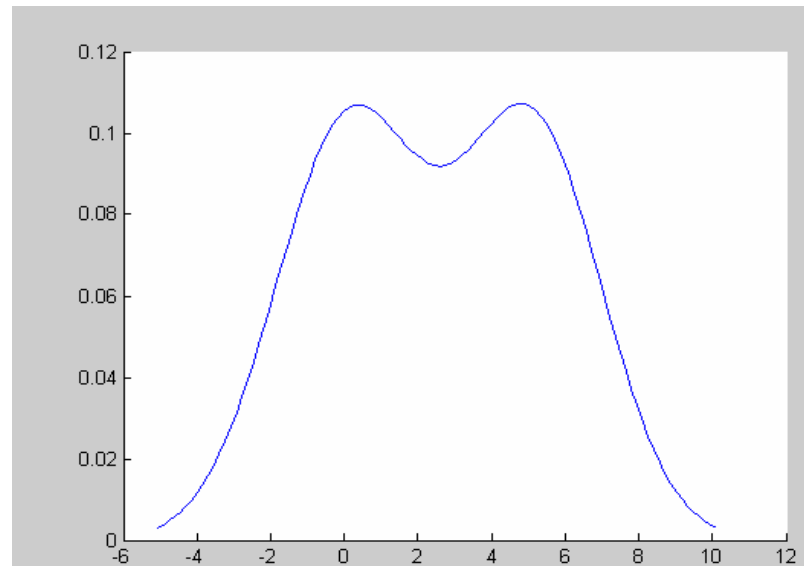
8.11 Kerndichteschätzung

- **Beispiel:** Durchführung einer Kerndichteschätzung für 60 gemischt normalverteilte Zufallszahlen

```
x = [randn(30, 1); 5+randn(30, 1)];
```

```
[f, xi] = ksdensity(x);
```

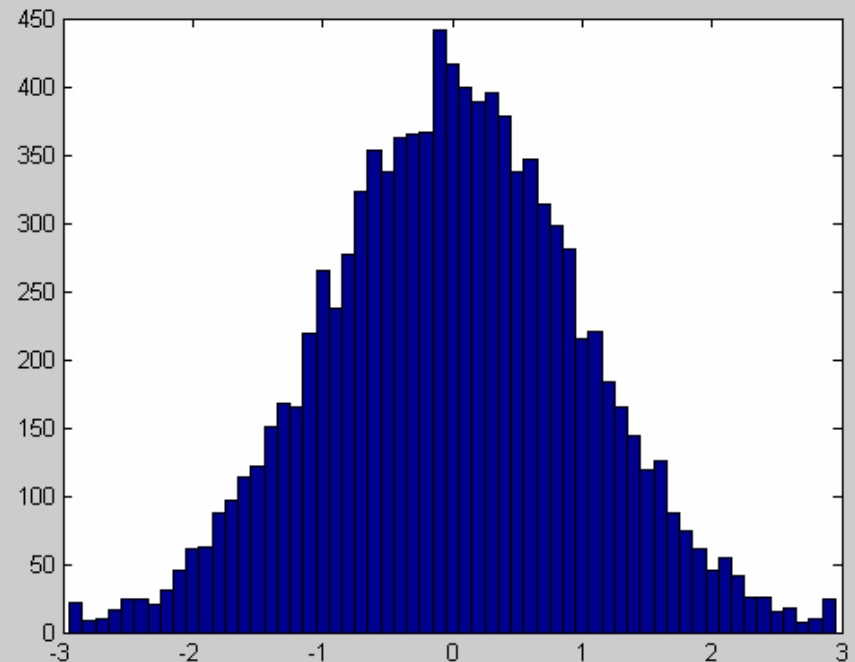
```
plot(xi, f);
```



8.12 Histogramm

- **Beispiel:** Plot eines Histogramms für 10.000 normalverteilte Zufallszahlen

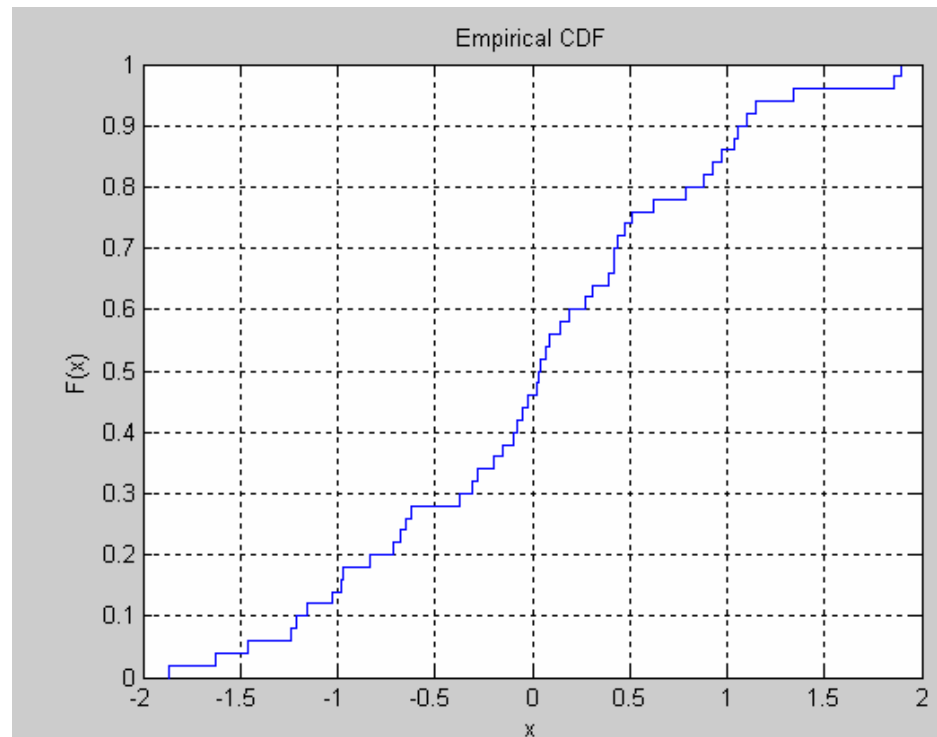
```
x = -2.9:0.1:2.9;  
y = randn(10000, 1);  
hist(y, x);
```



8.13 Empirische Verteilungsfunktion

- **Beispiel:** Plot der EDF für 10.000 normalverteilte Zufallszahlen

```
x = -2.9:0.1:2.9;  
y = randn(10000, 1);  
hist(y, x);
```



9.1 Freenet-Pendant: **scilab**

- Wo? <http://scilabsoft.inria.fr/>
- „**Scilab** is a scientific software package for numerical computations providing a powerful open computing environment for engineering and scientific applications. Developed since 1990 by [researchers](#) from [INRIA](#) and [ENPC](#), it is now maintained and developed by [Scilab Consortium](#) since its creation in May 2003. Distributed freely via the Internet since 1994, Scilab is currently being used in educational and industrial environments around the world.“

9.2 Funktionen in **scilab**

- 2-D and 3-D graphics, animation
- Linear algebra, sparse matrices
- Polynomials and rational functions
- Simulation: ODE solver and DAE solver
- Scicos: a hybrid dynamic systems modeler and simulator
- Classic and robust control, LMI optimization
- Differentiable and non-differentiable optimization
- Metanet: graphs and networks
- Statistics
- Interface with Computer Algebra (Maple, MuPAD)
- And a large number of contributions for various domains.

9.3 Toolboxes in matlab

- Econometric Toolbox von **James P. LeSage**
- <http://www.spatial-econometrics.com/>
- Download von Funktionen und Datensätzen zu verschiedenen Gebieten der Ökonometrie
- http://www.mathtools.net/MATLAB/Finance_and_Economics/

9.4 Toolboxes in matlab

- [arfima functions](#) arfima (new 11/03)
- [Regression Diagnostics](#) regression diagnostics (updated 7/98)
- [co-integration tests](#) co-integration functions (updated 11/2003)
- [Data sets](#) demo data sets (updated 4/2001)
- [Distributions](#) distribution function library (updated 4/2001)
- [Gibbs Sampling](#) Gibbs sampling function library (updated 4/2001)
- [optimization library](#) optimization functions (added 7/98)
- [Graphing/plotting](#) graphing function library (updated 11/2003)
- [Regress](#) regression function library (updated 11/2003)
- [Spatial](#) spatial econometrics function library (updated 11/2003)
- [Time-series aggregation](#) ts-aggregation function library (updated 11/2003)
- [VAR/BVAR](#) vector autoregressive function library (updated 7/98)
- [Utilities](#) Utility function library (updated 11/2003)
- [UCSD Garch](#) UCSD Garch toolbox (updated 3/2003)