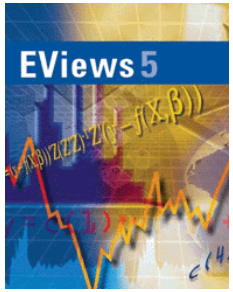
PD Dr. Matthias Fischer

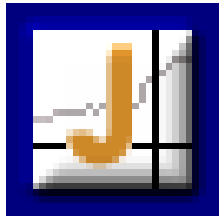
Matthias.Fischer@wiso.uni-erlangen.de

Version 2.0

Statistik-Software

Kommerzielle Software	Freeware
S-Plus www.insightful.com/products/splus/	R www.r-project.org/
SPSS www.spss.com/	PSPP www.gnu.org/software/pspp/pspp.html
NCSS www.ncss.com/	
Matlab www.mathworks.de/	Octave, Scilab www.scilab.org/
Eviews www.eviews.com	
Ox www.oxmetrics.net/	
SAS www.sas.com/	
STATA www.stata.com/	
	LIMDEP www.limdep.com/
	JMulti www.jmulti.de/



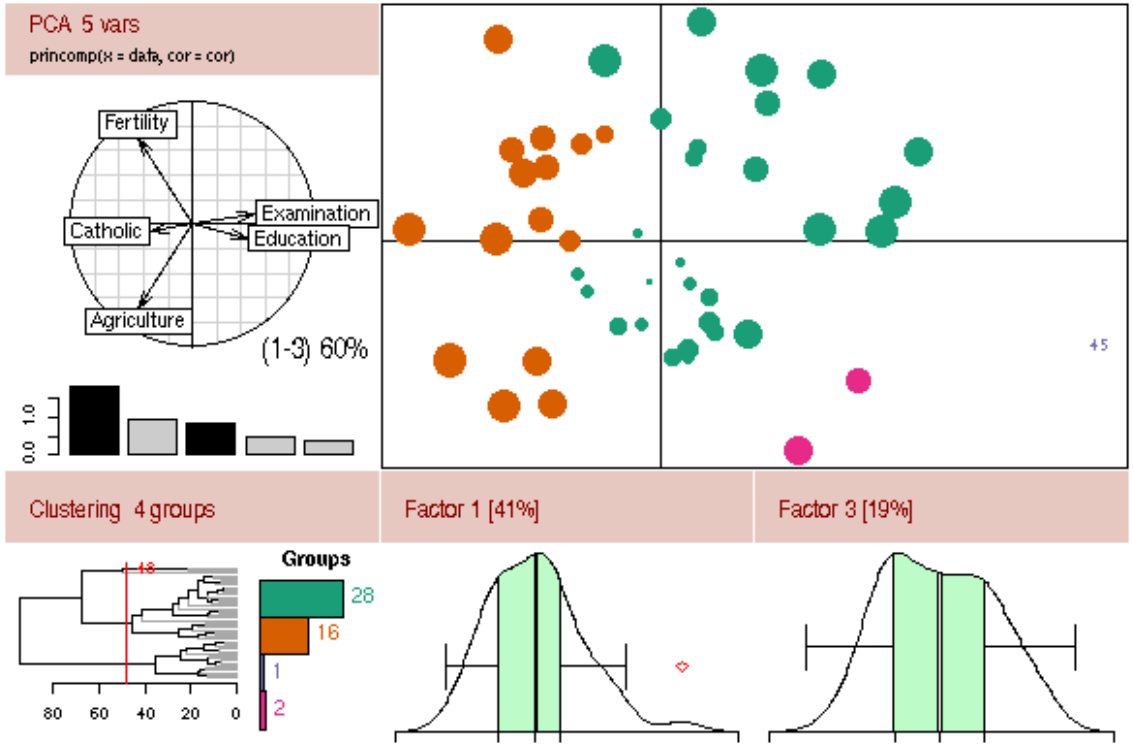



Warum R?

1. Dynamisches Tool zur (grafischen) Datenanalyse
2. Taschenrechnerfunktion
3. Programmiersprache
4. Freeware-Version von S-PLUS
5. Alternative zu MATLAB, GAUSS, OX, etc.
6. Ergänzung zu Excel oder SPSS

R-Homepage

http://www.r-project.org/

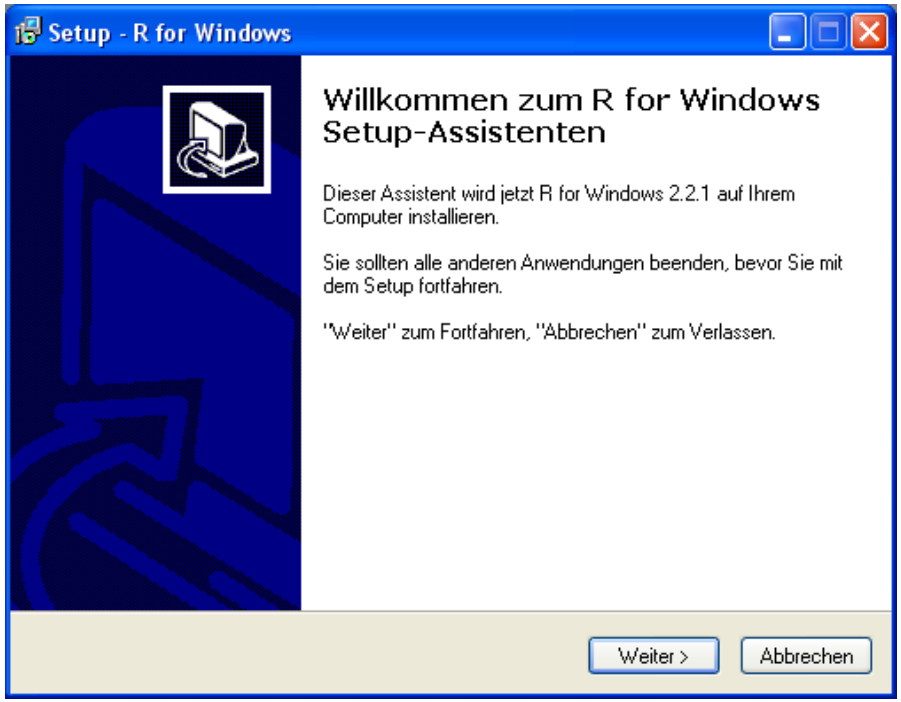


Download, **Dokumentation**, **Newsgroups**

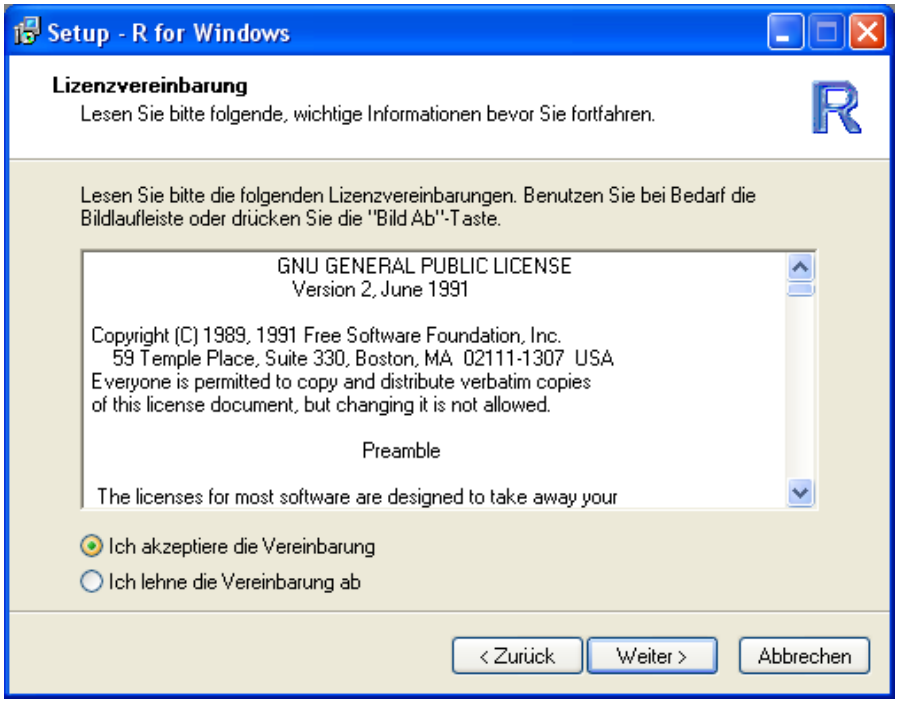
Installation

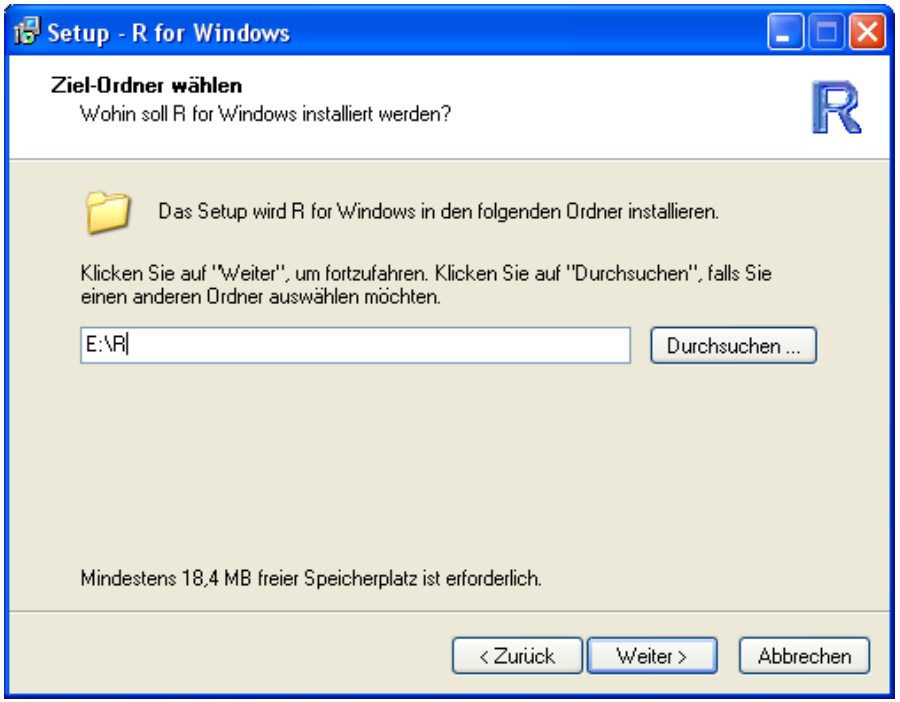
R-Installation 1/4

Start der Datei **R-2.2.1-win32.exe**

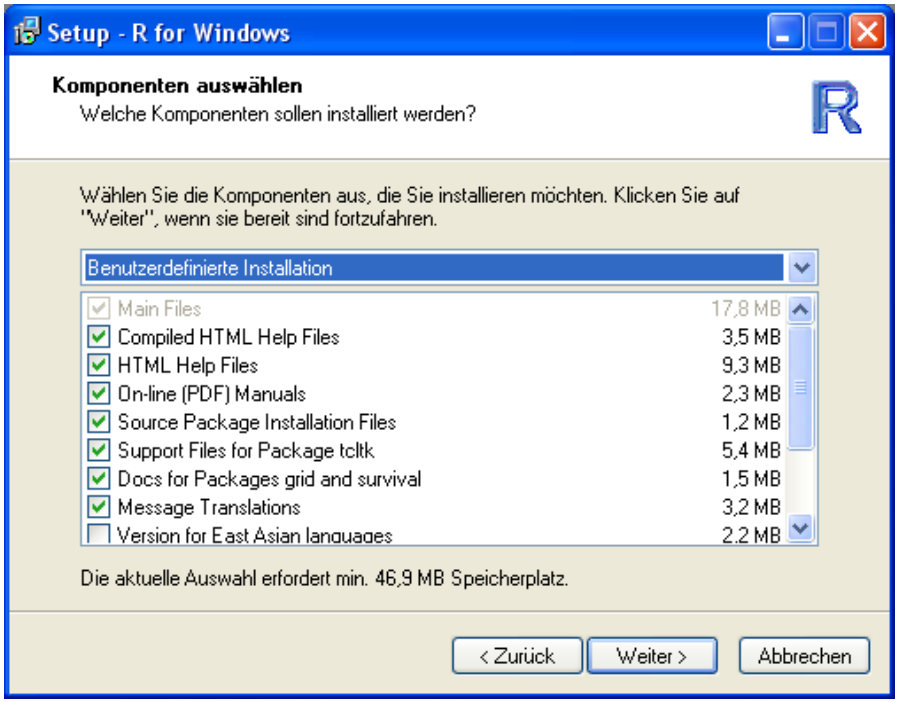


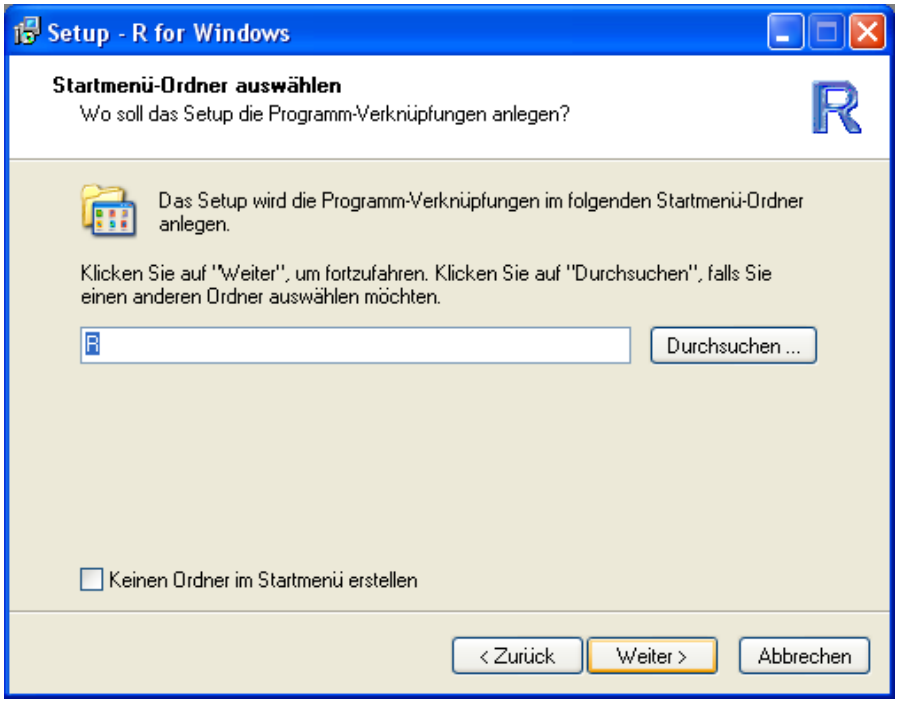
R-Installation 2/4



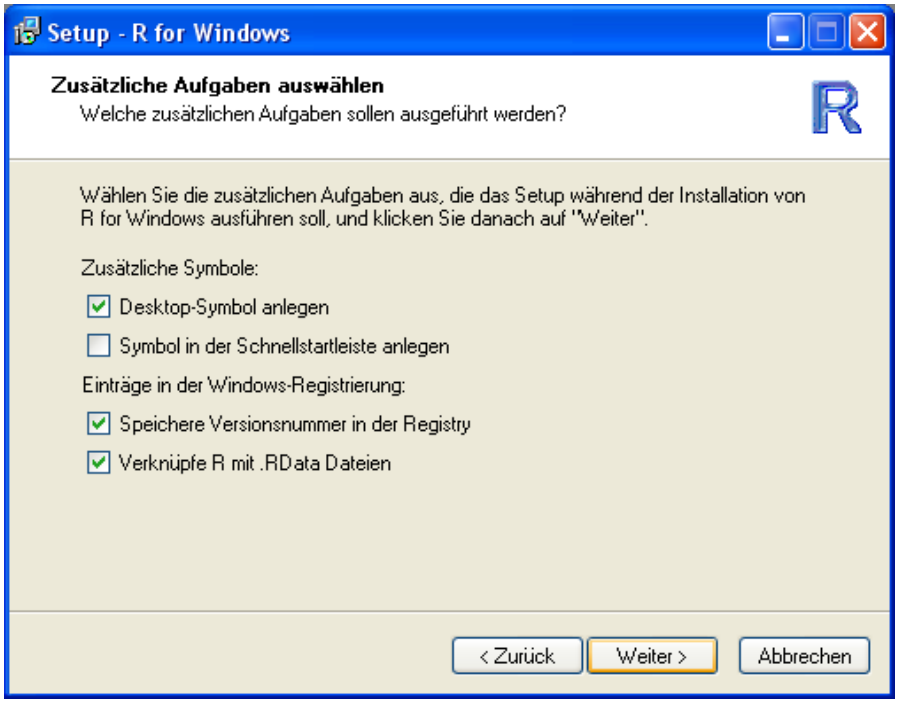


R-Installation 3/4





R-Installation 4/4



Literatur

R-Bücher

Behr

Einführung in die Statistik mit R.

Verlag Vahlen, München, 2005.

Crawley

Statistics: An Introduction using R.

Wiley, Chicester, 2005.

Dolíc

Statistik mit R.

Oldenbourg, München, 2004.

Dalgaard

Introductory Statistics with R Series: Statistics and Computing.

Springer, Berlin, 2004.

R-Bücher

Everitt

An R and S-Plus Companion to Multivariate Analysis.
Springer-Verlag, Heidelberg, 2005.

Everitt/Hothorn

A Handbook of Statistical Analyses using R.
Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 2006

Faraway

Extending Linear Models with R: Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models.
Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 2006.

Ligges

Programmieren mit R.
Springer-Verlag, Heidelberg, 2005.

R-Bücher

Maindonald/Braun

Data Analysis and Graphics Using R - An Example-Based Approach.

Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

Murrell

R Graphics.

Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 2005.

Pfaff

Analysis of Integrated and Cointegrated Time Series with R.

Springer, Heidelberg, 2006.

Verzani

Using R for Introductory Statistics.

Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 2005.

R-Skripten

Verzani (2002)
simpleR - Using R for Introductory Statistics.
http://cran.r-project.org/doc/contrib/Verzani-SimpleR.pdf.

Paradis (2002)
R for Beginners.
http://cran.r-project.org/doc/contrib/Paradis-rdebuts_en.pdf.

Faraway (2002)
Practical Regression and Anova using R.
http://cran.r-project.org/doc/contrib/Faraway-PRA.pdf.

Handl (2005)
Einführung in die Statistik mit R.
http://www.wiwi.uni-bielefeld.de/∼frohn/Lehre/Statistik1/Skript/stat12b.pdf.

R-Reference Cards

Tom Short (2002)
R Reference card.
http://cran.r-project.org/doc/contrib/Short-refcard.pdf.

John Baron (2004)
R Reference card.
http://cran.r-project.org/doc/contrib/refcard.pdf.

Diethelm Würtz (2006)
R/RMetrics Reference card.
http://www.itp.phys.ethz.ch/econophysics/R/docs/DocRefcard.pdf.

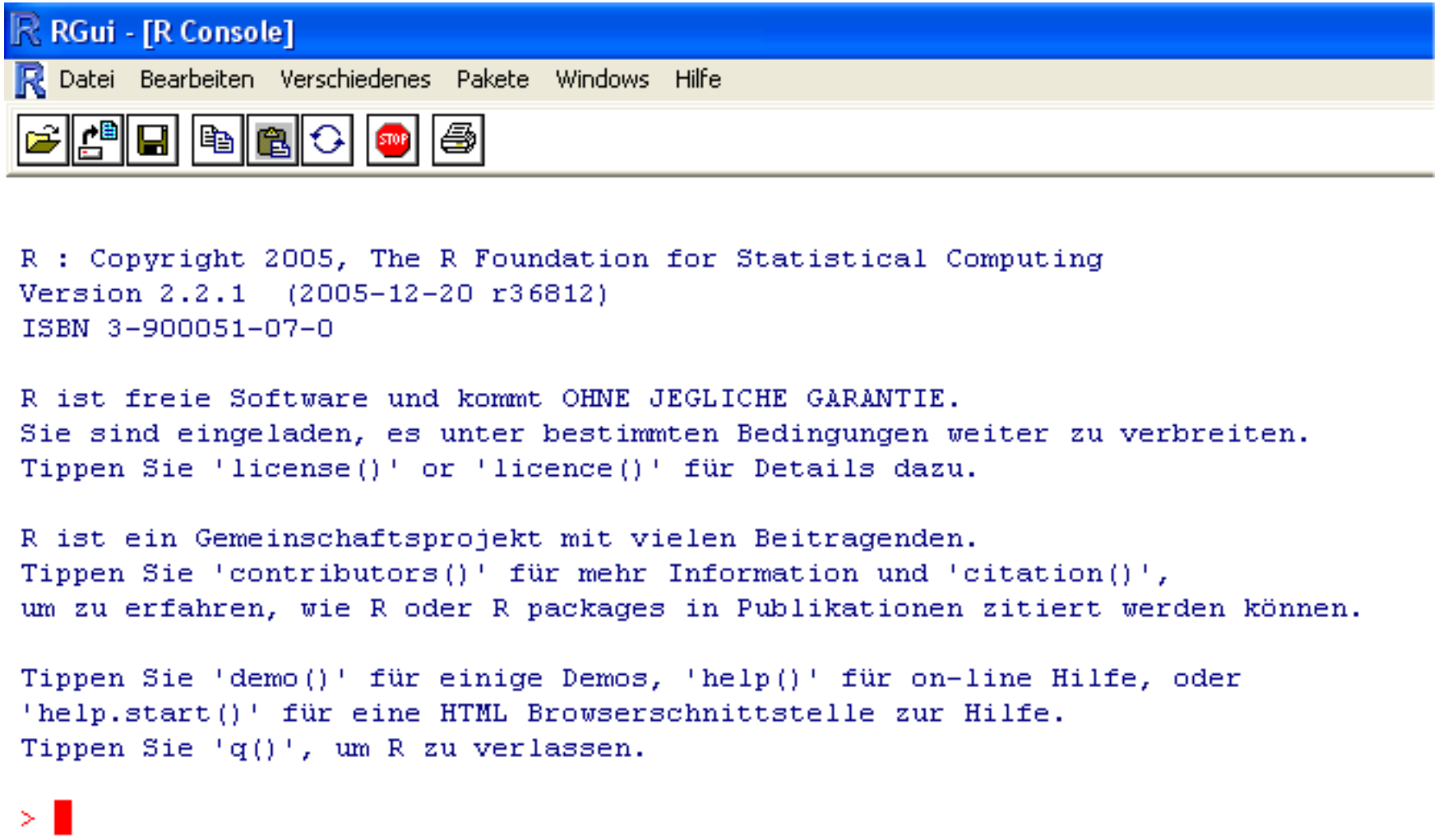
Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

Teil 1: **Besonderheiten & Bibliotheken**

Command-Window

Nach dem Programmstart ...



Besonderheiten

- **R** unterscheidet zwischen Groß- und Kleinbuchstaben.
- Variablennamen "c" bzw. "t" sind schon belegt.
- Nachkommastellen werden durch Dezimalpunkt getrennt.
- Eingabebereitschaft wird durch ">" signalisiert.
- Unvollständige Eingabe wird durch "+" signalisiert.
- Objekte werden nach Beenden von **R** nicht automatisch gespeichert.
- Befehlshistorie erhält man mittels "↑"-Taste.

Bibliotheken

- Ein "gewisser Vorrat" an Funktionen, Daten etc. ist automatisch nach dem Start verfügbar.
- Speziellere Funktionen sind in den unzähligen Zusatzpaketen (sog. "*packages*") verfügbar (`http://stat.ethz.ch/CRAN/index.html`).
- Das Anzeigen der in der aktiven Sitzung bereits eingebundenen Pakete erfolgt mittels `search()`.
- Potenzielle am Rechner zur Einbindung zur Verfügung stehende Pakete können mittels `library()` angezeigt werden.
- Nicht vorhandene Zusatz-Packages müssen zuerst installiert werden. Danach können sie durch den Befehl `library(package.name)` eingebunden werden, Information über das Paket dann durch `library(help=package.name)`.

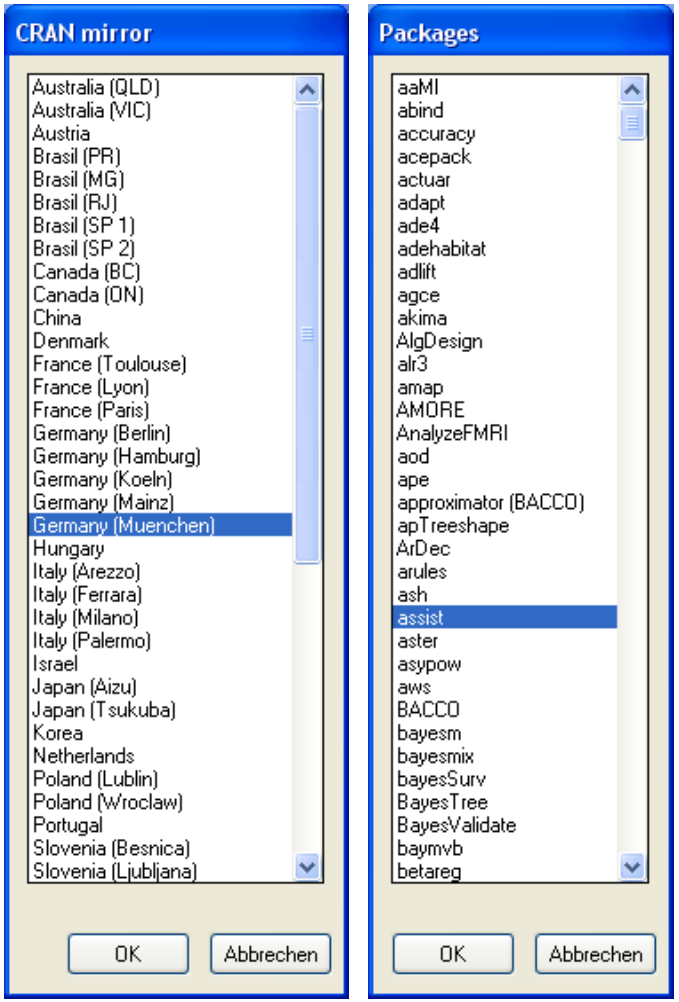
Bibliotheken

Name	Kurzbeschreibung
evd	Extremwertstatistik
lmtest	Diverse Testverfahren
matrix	Matrizen-Operationen
panel	Analyse von Paneldaten
Rcmdr	Grafische Oberfläche für **R**
uroot	Einheitswurzeltests
tseries	Zeitreihenanalyse
VaR	Value-at-Risk Berechnung

Table: Ausgewählte R-Bibliotheken

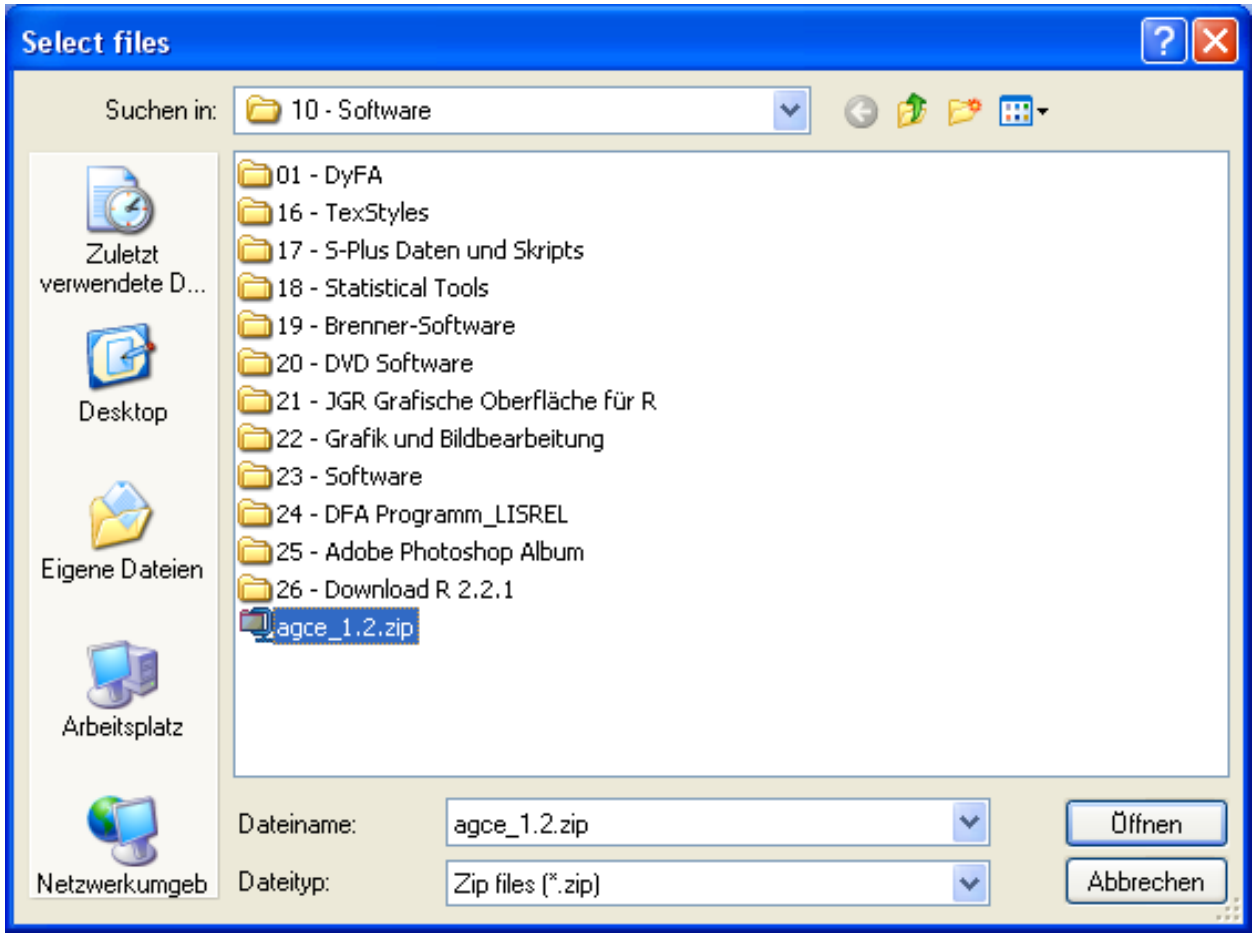
Installation von Bibliotheken (via Internet)

Menüleiste *Pakete* → *Installiere Paket(e)...*



Installation von Bibliotheken (via CD)

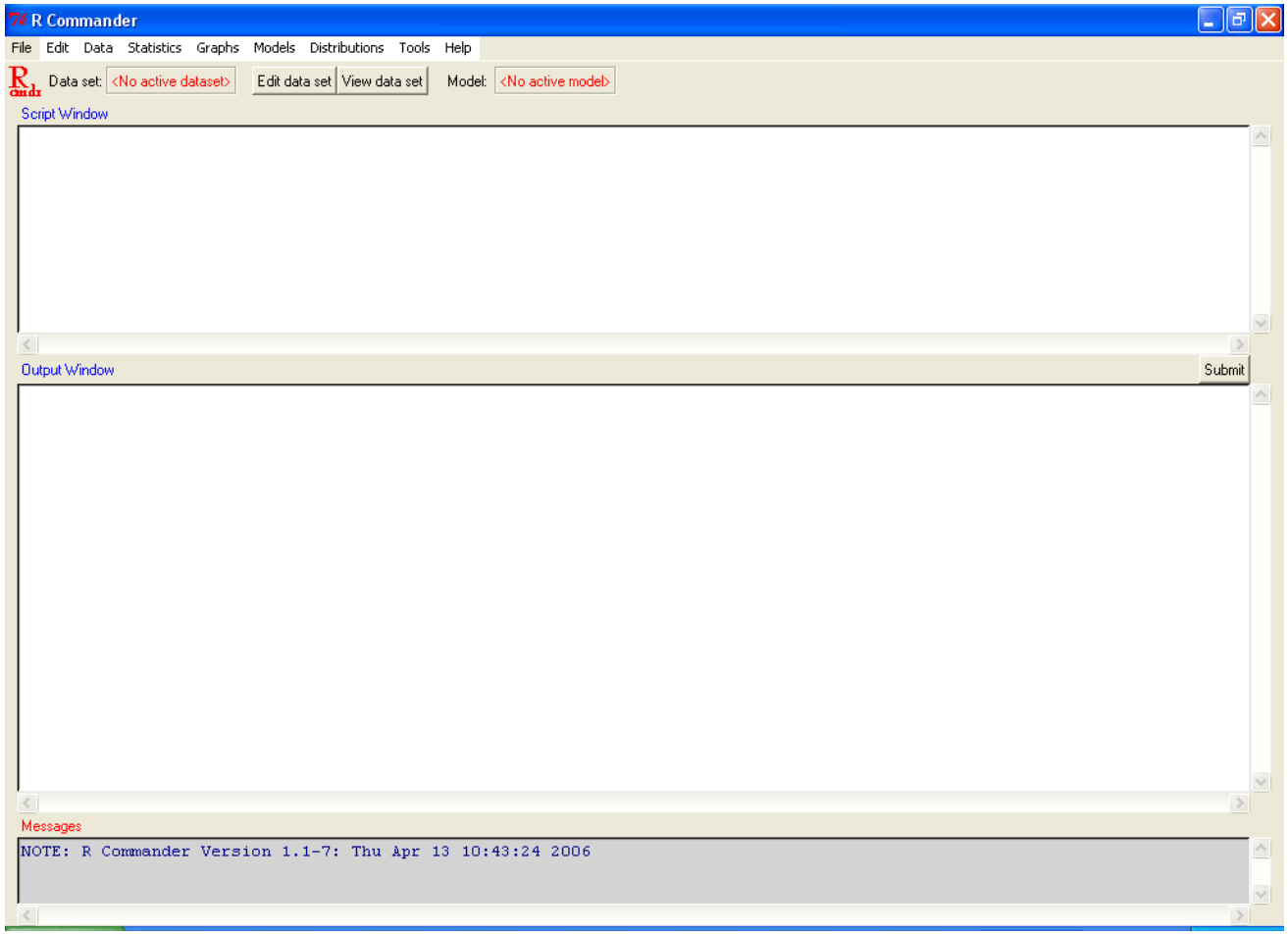
Menüleiste *Pakete* → *Installiere Paket(e) aus lokalen ZIP-Datei...*



Teil 2: Der **R-Commander**

R-Commander

Grafische Benutzeroberfläche von **R**



Installation des R-Commanders

1. Starten Sie **R**. Installieren Sie die Pakete *Rcmdr* ebenso wie *zoo*, *strucchange*, *sandwich*, *relimp*, *mvtnorm*, *multcomp*, *lmtest*, *effects*, *car* und *abind*.

2. Menüleiste "*Bearbeiten*" $\rightarrow$ "*GUI Einstellungen...*".

3. Anklicken der Option "SDI".

4. Anklicken von "*Speichern*" (2x) und "*OK*" (2x).

5. Verlassen Sie **R** und starten Sie **R** neu.

6. Geben Sie dann `library(Rcmdr)` ein. Die Oberfläche wird dann automatisch geladen.

Teil 3a: **Objekte, Datentypen, Operatoren**

Datentypen in R

- **Numerische Zahlen** ("numeric")
  $\longrightarrow$ 1.7, π (Pi), +Inf, -Inf ($\pm\infty$), NaN ("not a number")
  `numeric(length = 0)`, `as.numeric(x)`, `is.numeric(x)`

- **Komplexe Zahlen** ("complex")
  $\longrightarrow$ 1 + 2i
  `complex(length.out = 0, real = numeric(), imaginary = numeric())`,
  `as.complex(x)`, `is.complex(x)`, `Re(x)`, `Im(x)`, `Mod(x)`

- **Zeichenketten** ("string")
  $\longrightarrow$ "Hallo &7"
  `character(length = 0)`, `as.character(x)`, `is.character(x)`

- **Wahrheitswerte** ("logical")
  $\longrightarrow$ TRUE bzw. T ("wahr"), FALSE/F ("falsch"), NA ("not available")
  `logical(length = 0)`, `as.logical(x)`, `is.logical(x)`

Objekte in R

- **Vektor**: Anordnung gleichartiger Elemente (z.B. Zahlen)
  `vector(mode = "logical", length = 0)`
  `as.vector(x, mode = "any")` bzw. `is.vector(x, mode = "any")`

- **Faktor**: Kategoriale Daten
  `factor(x, levels = sort(unique.default(x), na.last = TRUE),labels = levels)`
  `is.factor(x)` bzw. `as.factor(x)`

- **Matrix**: Anordnung gleichartiger Elemente in Zeilen und Spalten
  `matrix(data = NA, nrow = 1, ncol = 1, byrow = FALSE, dimnames = NULL)`
  `as.matrix(x)` bzw. `is.matrix(x)`

- **Array**: "Matrix für höhere Dimensionen"
  `array(data = NA, dim = length(data), dimnames = NULL)`
  `as.array(x)` bzw. `is.array(x)`

- **Liste**: Anordnung evtl. unterschiedlicher Objekte
  `list(...)` bzw. `as.list(x, ...)` bzw. `is.list(x)`

Objekte in R

- **Datenframe**: Anordnung unterschiedlicher Elemente gleicher Länge
  `data.frame(...)` bzw. `is.data.frame` bzw. `as.data.frame`
- **Zeitreihe**: zeitliche Anordnung von Beobachtungen einer Variablen (in Vektor) bzw. mehrerer Variablen (in Matrix) sowie Informationen
  `ts(data = NA, start = 1, end = numeric(0), frequency = 1)`
  `as.ts(x, ...)` bzw. `is.ts(x)`
- **Ausdrücke** ("expression"): Sinnvolle Ansammlung von Zeichen
  `expression(...)` bzw. `as.expression(x, ...)` bzw. `is.expression(x)`
- **Funktion** ("function"): Sinnvolle Ansammlung von Zeichen
  `function(x, ...)` bzw. `as.function(x, ...)` bzw. `is.function(x)`
- **Formel** ("formula"): Sinnvolle Ansammlung von Zeichen
  `formula(x, ...)` bzw. `as.formula(x, ...)`

Attribute von Objekten in R

$\longrightarrow$ "spezifizieren die Art der Daten näher"

- **Datentyp**: `mode(x)`
- **Länge**: `length(x)`
- **Klasse**: `class(x)`

Variablen in R

- Der Begriff einer Variablen in **R** ist sehr flexibel gefasst: Man versteht darunter allgemein ein mit einem Namen ("Variablennamen") ansprechbares Objekt.
- Variablen werden durch ihre erste Wertzuweisung mittels "<-" oder "=" initialisiert: `a<-3` bzw. `a=3`.
- **R** unterscheidet zwischen Klein- und Großbuchstaben bei Variablennamen: `aaa=3` ungleich `AAA=3`.
- Achtung: **R** überschreibt Variablen ohne Nachfrage.

Objektverwaltung in R

- Anzeigen aller Objekte im aktuellen Workspace mittels `objects()` bzw. synonym `ls()`.
- Anzeigen aller Objekte eines Pakets XX mittels `objects("package:XX")`.
- Anzeigen aller Objekte im aktuellen Workspace mittels die ein "b" im Namen enthalten mittels `ls(pat="b")`.
- Löschen eines Objekte `X` mittels `rm(X)` bzw. `remove(X)`.
- Löschen aller Objekte im aktuellen Workspace mittels `rm(list=ls())`.

[Mathematische] Operatoren in R

→ Verknüpfung von Zahlen, Konstanten, Vektoren bzw. Matrizen.
→ Ergebnis ist wieder Zahl, Konstante, Vektor bzw. Matrix.
→ Ist Verknüpfung nicht möglich, wird `NaN` zurückgeliefert.

Operator	**Operation**	**Beispiel**
+	Addition	1+3
-	Subtraktion	1-3
*	Multiplikation	1*3
∧	Potenzierung	1∧3
/	Division	4/3
%%	Divisionsrest	4%%3
%/%	Ganzzahlige Division (ohne Rest)	4%/%3

Table: (**Operator.R**)

Vergleichsoperatoren in R

→ (Komponentenweise) Vergleich zweier Objekte.
→ Ergebnis ist ein (Vektor) boolescher Wert(e), d.h. `TRUE` oder `FALSE`.

Operator	**Operation**	**Beispiel** (`a=2,b=1`)
`>`	größer als	`3>5` → `FALSE`
`<`	kleiner als	`4<4` → `FALSE`
`==`	genau gleich	`a==4` → `FALSE`
`!=`	ungleich	`b!=5` → `TRUE`
`>=`	größer gleich	`a>=b` → `TRUE`
`<=`	größer gleich	`a<=3` → `TRUE`

Table: (**Operator.R**)

Logische bzw. Boolsche Operatoren in R

→ Ergebnis ist ein (Vektor) boolescher Wert(e), d.h. `TRUE` oder `FALSE`.
→ 0 hat den Wert `FALSE`, alle anderen Zahlen den Wert `TRUE`.

Operator	**Operation**	**Beispiel** (`a=2,b=0`)
`!`	nicht	`!b` → `TRUE`
`&`	und	`a&b` → `FALSE`
`|`	oder	`a|b` → `TRUE`
`xor`	oder (ausschließlich)	`xor(a,b)` → `TRUE`
`isTRUE`	Prüfung auf WAHR	`isTRUE(a)` → `FALSE`

Table: (**Operator.R**)

Teil 3b: **Elementare Funktionen**

Elementare mathematische Funktionen

Funktion	*Beschreibung*
`sqrt(x)`	Wurzelfunktion $f(x) = \sqrt{x}$
`abs(x)`	Betragsfunktion $f(x) = \|x\|$
`exp(x)`	Exponentialfunktion $f(x) = e^x$
`log(x,base = exp(1))`	Logarithmus
`log10(x)/log2(x)`	Logarithmus
`sin(x)/cos(x)/tan(x)`	Sinus/Kosinus/Tangens (SKT)
`asin(x)/acos(x)/atan(x)`	Arcus SKT
`sinh(x)/cosh(x)/tanh(x)`	SKT Hyperbolicus
`asinh(x)/acosh(x)/atanh(x)`	Arcus SKT Hyperbolicus
`gamma(x)/lgamma(x)`	(logarithmierte) Gamma-Funktion
`psigamma(x,deriv=0)`	Psigamma-Funktion
`digamma(x)`	Digamma-Funktion
`beta(a,b)/lbeta(a,b)`	(logarithmierte) Beta-Funktion
`besselI(x,nu)/besselJ(x,nu)`	Modifizierte Bessel-Funktion
`besselK(x,nu)/besselY(x,nu)`	Modifizierte Bessel-Funktion

Table: Mathematische Funktionen (**Mathe.R**).

Elementare Funktionen

R-Funktion	*Beschreibung*
`choose(n, k)`	Binomialkoeffizient $\binom{n}{k}$
`lchoose(n, k)`	$\log \binom{n}{k}$
`factorial(x)`	Fakultät $n!$
`lfactorial(x)`	$\log n!$

Table: Mathematische Funktionen (**Mathe.R**).

R-Funktion	*Beschreibung*
`round(x,digits=0)`	Mathematische Rundung
`signif(x,digits=0)`	Mathematische Rundung
`zapsmall(x)`	Mathematische Rundung
`ceiling(x)`	Nächstgrößere ganze Zahl
`floor(x)`	Nächstkleinere ganze Zahl
`trunc(x)`	Abschneiden der Nachkommastellen

Table: Funktionen zur Rundung von Zahlen (**Rundung.R**).

Erzeugung von Vektoren

- Mittels des **Combine-Befehls** `c`:
  `x=c(1,4,3,5)` oder `x=c(1,2,3,4)`

- Mittels des **`:`-Operators**:
  `x=1:4` oder `x=10:1`

- Mittels des `sequence`-**Befehls**:
  `seq(-2,4,2)` oder `seq(-2,4,,2)`

- Mittels des `rep`-**Befehls**:
  `rep(1,10)` oder `rep(c(1,3),c(2,4))`

- Durch **Kombination der obigen Befehle**:
  `c(1:10,rep(2,3),seq(0,1,,200))`

Selektion von Elementen eines Vektors

R-Befehl	*Beschreibung*
`x[3]`	Element 3
`x[c(1,3)]`	Element 1 und 3
`x[3:5]`	drittes bis fünftes Element
`x[-3]`	Vektor ohne drittes Element
`x[-c(1,3)]`	Vektor ohne erste und drittes Element
`x[x>3]`	Alle Elemente größer als 3
`x[x<1|x>3]`	Alle Elemente größer als 3 oder kleiner als 1
`x[x<1&x>3]`	Alle Elemente größer als 3 und kleiner als 1
R-Funktion	*Beschreibung*
`any(x>0)`	`TRUE`, falls ein Element positiv, sonst `FALSE`
`all(x>0)`	`TRUE`, falls alle Element positiv, sonst `FALSE`
`which(x>0)`	Indizes der Elemente, die größer als 0 sind
`append(x,values,after)`	Verketten von Vektoren

Table: Selektion einzelner Elemente (**Vektor.R**).

Funktionen für Vektoren I

R-Funktion	*Beschreibung*
`length(x)`	Länge des Vektors
`sum(x)`	Summe der Elemente
`mean(x)/median(x)`	Mittelwert/Median der Elemente
`var(x)`	Varianz der Elemente mit $1/(n-1)$
`cumsum(x)`	Laufende Summe
`prod(x)`	Produkt der Elemente
`cumprod(x)`	Laufendes Produkt
`max(x)`	Größtes Element
`cummax(x)`	Laufendes Maximum
`min(x)/cummin(x)`	Minimum/Laufendes Minimum
`range(x)`	Minimum und Maximum
`sort(x,decreasing = FALSE)`	Sortierung der Elemente
`rank(x)`	Rangbildung
`rev(x)`	Vektor in umgekehrter Reihenfolge
`unique(x)`	Vektor "ohne Ties"

Table: Funktionen zur Manipulation von Vektoren ( **Vektor.R**).

Funktionen für Vektoren II

R-Funktion	*Beschreibung*
`diff(x)`	Vektor der ersten Differenzen
`sgn(x)`	Vektor der Vorzeichen
`which.max(x)`	Index des Maximums
`which.min(x)`	Index des Minimums
`is.vector(x)`	TRUE falls Objekt x ein Vektor
`na.omit(x)`	Vektor ohne NA's
`na.fail(x)`	Fehlermeldung falls NA in Vektor

Table: Funktionen zur Manipulation von Vektoren (**Vektor.R**).

Erzeugung von Matrizen

- Erzeugung einer Matrix mit dem **R**-Befehl `matrix`

```
elemente=c(1,1,1,2,3,4,6,7,3) # Eingabe als Vektor!
matrix(elemente,ncol=3,nrow=3,byrow=FALSE)
```

  Spaltenweise Anordnung der Elemente in drei Spalten und drei Zeilen.

- **Diagonal-Matrizen**: `diag(a)` bzw. `diag(c(1,2,3))`
- Operatoren für Matrizen

Operator	Operation
`+,-`	Elementweise Addition/Subtraktion
`*,/`	Elementweise Multiplikation/Division
`%*%`	Matrix-Multiplikation
`%x%`	Kroneckerprodukt, vgl. auch `kronecker`
`%o%`	Äußeres Produkt, vgl. auch `outer`
`t(x)`	Transponierung
`solve(x)`	Invertierung

Table: (**Matrix.R**)

Selektion von Elementen einer Matrix

R-Befehl	*Beschreibung*
`A[1,3]`	Element in Zeile 1 und Spalte 3
`A[1,]`	erste Zeile
`A[,2]`	zweite Spalte
`A[c(1,4),]`	erste und vierte Zeile
`A[-c(1,4),]`	Matrix ohne erste und vierte Zeile
R-Funktion	*Beschreibung*
`crossprod(A,B)`	Berechne $A'A$ bzw. $A'B$
`colSums(A)`	Spaltensumme der Matrix A
`rowSums(A)`	Zeilensumme der Matrix A
`colnames(A)`	Spaltennamen übergeben
`rownames(A)`	Zeilennamen übergeben
`rbind(A,B)/cbind(A,B)`	Verbinde Matrizen "zeilenweise"/"spaltenweise"
`lower.tri/upper.tri(A)`	TRUE/FALSE falls im unteren/oberen Bereich
`apply(A,1,mean)`	Mittelwert über alle Zeilen
`apply(A,2,mean)`	Mittelwert über alle Spalten

Table: Selektion einzelner Elemente ( **Matrix.R**).

Funktionen für Matrizen

R-Funktion	*Beschreibung*
`ncol(x)`	Anzahl der Spalten
`nrow(x)`	Anzahl der Zeilen
`length(x)`	Anzahl der Elemente
`dim(x)`	Dimension
`diag(x)`	Hauptdiagonale
`diag(a)`	Einheitsmatrix ($a \in \mathbb{N}$)
`solve(x)`	Inverse Matrix
`chol2inv(x)`	Inverse Matrix (mittels Cholesky)
`det(x)`	Determinante der Matrix
`eigen(x)`	Eigenwerte/vektoren der Matrix
`t(x)`	transponierte Matrix
`qr(x)`	QR-Zerlegung
`svd(x)`	Singulärwert-Zerlegung
`chol(x)`	Cholesky-Zerlegung

Table: Funktionen zur Manipulation von Matrizen (**Matrix.R**).

Funktionen für Zeichenketten (Strings)

Funktion	Beschreibung
`cat`	Ausgabe von Objekten
`paste`	Fusion von Zeichenketten
`nchar`	Anzahl der Zeichen
`charmatch`	Matchen von Zeichenketten
`substr(x, start, stop)`	Teile einer Zeichenkette

Table: Funktionen für Zeichenketten (**String.R**)

Teil 4: **Datenmanagement: Eingabe, Austausch, Import & Export**

Dateneingabe über Tastatur

- Geringe Datenmengen können über Tastatur mittels `scan` eingegeben werden, z.B. `datenneu=scan()`.

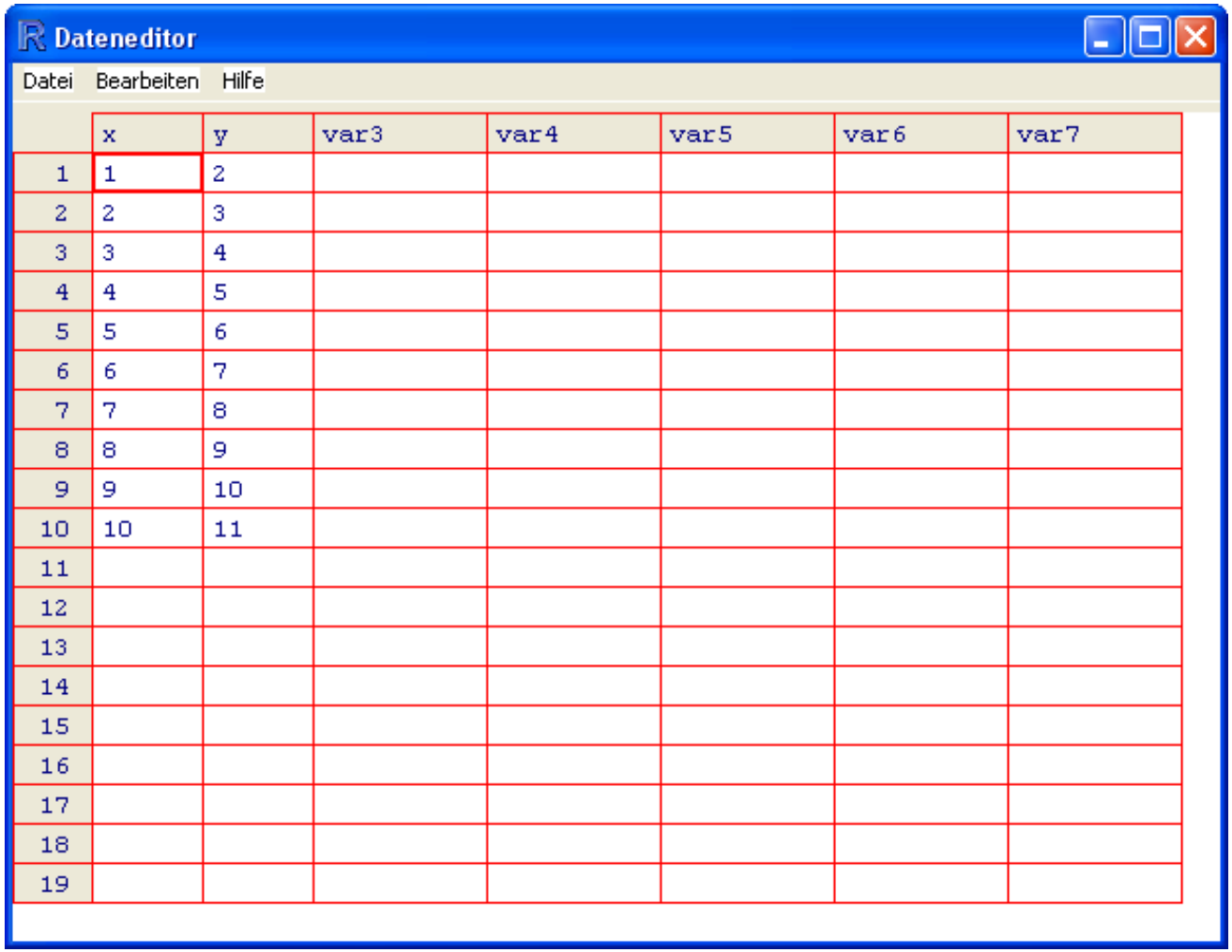
  Ein Leerzeichen oder das Betätigen der *Return*-Taste markieren einen neuen Datenpunkt. Der "Eingabemodus" wird durch zweimaliges Betätigen der *Return*-Taste verlassen.

- Ist ein Datensatz bzw. sind mehrere Datensätze bereits definiert, so können diese bequem mittels `data.entry` modifiziert bzw. erweitert werden.

```
> x=1:10
> y=2:11
> data.entry(x,y)
```

Dateneingabe über Tastatur

Der Daten-Editor



	x	y	var3	var4	var5	var6	var7
1	1	2					
2	2	3					
3	3	4					
4	4	5					
5	5	6					
6	6	7					
7	7	8					
8	8	9					
9	9	10					
10	10	11					
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							

Einlesen von Daten aus externen Dateien

- Datenimport mittels `scan` (für gleiche Datentypen!)

$$\texttt{scan}(\texttt{file} = "", \texttt{what} = \texttt{double}(0), \texttt{sep} = "", \texttt{dec} = ".", \texttt{skip} = 0)$$

Es können u.a. folgende Spezifikation festgelegt werden: Pfad inkl. Dateinamen (*file*), Dateityp (*what*), Trennzeichen zwischen den Datenpunkten (*sep*), Trennzeichen für Dezimalstellen (*dec*) und Anzahl der Zeilen, die übersprungen werden sollen (*skip*), z.B. weil Überschriften enthalten sind.

$\longrightarrow$ erzeugt einen Vektor in **R**.

- *Beispiel*: `bmw=scan("d:/rkurs/bmw.txt",skip=1)`.

Einlesen von Daten aus externen Dateien

- Datenimport mittels `read.table` (für unterschiedliche Datentypen!)

$$\texttt{read.table}(\texttt{file}, \texttt{header} = \texttt{FALSE}, \texttt{sep} = "", \texttt{dec} = ".")$$

Es können u.a. folgende Spezifikation festgelegt werden: Pfad inkl. Dateinamen (*file*), Trennzeichen zwischen den Datenpunkten (*sep*), Trennzeichen für Dezimalstellen (*dec*) und das Vorhandensein einer Überschrift (*header*). Weitere Optionen: Spaltenüberschriften (*col.nomes*) bzw. Zeilenüberschriften (*row.names*).

$\longrightarrow$ erzeugt einen Data.frame in **R**.

- *Beispiel*: `kdat=read.table("d:/rkurs/kontodaten.dat",TRUE)`.

Einlesen von Daten aus externen Dateien

- **Modifikationen** des read.table-Befehls (library "*foreign*")

  1. `read.csv`: Einlesen von CSV-Dateien (amerikanische Version)
  2. `read.csv2`: Einlesen von CSV-Dateien (europäische Version)
  3. `read.spss`: Einlesen von SPSS-Dateien
  4. `read.dta`: Einlesen von STATA-Dateien
  5. `read.ssd`: Einlesen von SAS-Dateien
  6. `read.octave`: Einlesen von Octave/Matlab-Dateien

Analoge Funktionen stehen zum Auslesen zur Verfügung.

Auslesen von Daten in externen Dateien

- mittels `write.table`
- mittels `cat`
- mittels `write`
- mittels `sink`
- mittels `save`

Austausch von R-Objekten

- **Austausch einzelner R-Objekte** mittels `dump` und `source`.

```
> x=1:10; y=c("Marco","Ruth")
> dump(c("x","y"),file="d:/rkurs/austausch.R")
> rm(x,y) # Loescht die Objekte x und y
> source("d:/rkurs/austausch.R")
> ls()
```

- **Austausch aller R-Objekte** mittels `save.image` und `load`.

```
> save.image(file="d:/rkurs/14042006.RData")
> rm(list=ls()) # Loescht alle Objekte im Verzeichnis
> load(file="d:/rkurs/14042006.RData")
> ls()
```

Einbinden von Datensätzen aus R-Bibliotheken

- Ein "gewisser Vorrat" an Datensätzen ist automatisch nach dem Start verfügbar. Die können mit `data()` angezeigt werden.
- Datensätze, die in einem Paket *pname* zur Verfügung stehen, können mit `data(package="pname")` erfragt werden.
- Ein spezieller Datensatz *dname* kann mittels `data("dname")` eingebunden werden.
- Weitere nützliche Befehle sind außerdem:
  `names(dname)`
  `attach(dname)`
  `detach(dname)`

Teil 5: **Grafiken**

Der Plot-Befehl

- **R** stellt umfangreiche Grafikmöglichkeiten zur Verfügung, starte z.B. `demo(graphics)`.

- Der wichtigste Befehl zur Erzeugung von Grafiken ist `plot`.

```
> x=seq(-4,4,,200)
> y=x^2
> windows() # Nicht unbedingt notwendig
> plot(x,y)
```

- Grafiken werden gemäß fest definierter Grafikparameter erzeugt. Diese können mittels `par` verändert werden.

- Weitere Packages: *grid*, *lattice*, *xgr*

Der Plot-Befehl

→ Ausgewählte Optionen des Plot-Befehls: `plot(x,y,option)`.

option	*Beschreibung*	*Beispiel*
add	Überlagerung der letzten Plots	add=TRUE
axes	Anzeigen der Achsen	axes=FALSE
col	Farbe	col=2
type	Art des Plots	col="l"/"p"/"b"/"o"/"h"/"s"
lwd	Linienstärke	lwd=2
main	Überschrift	main="Histogramm"
sub	Unterschrift	sub="Werte"
xlab	Titel für x-Achse	xlab="x"
ylab	Titel für y-Achse	ylab="f(x)"
xlim	Ober-/Untergrenze für x-Achse	xlim=c(0,2)
ylim	Ober-/Untergrenze für y-Achse	ylim=range(x)
pch	Symbol für Punktgröße	pch=1.2
cex	Symbolgröße	cex=1.2

Table: Optionen des Plot-Befehls (**Grafik.R**)

Grafik-Parameter

→ Ausgewählte Grafikparameter: `par(parameter)`.

parameter	*Beschreibung*	*Beispiel*
`adj`	Textanordnung (linksbündig=0)	`adj=0`
`bg`	Farbe des Hintergrunds	`bg="yellow"`
`bty`	Kontrolle der Umrandung des Plots	`bty="o"`
`cex.xx`	Text und Symbolgröße	`cex.lab=1.3`
`col.xx`	Farbe der Schrift etc.	`col.axis=2`
`font.xx`	Schriftart	`font.main=2`
`las`	Ausrichtung der Achsenbeschriftung	`las=1`
`lty`	Kontrolle des Linientyps	`lty=1`
`lwd`	Kontrolle der Linienstärke	`lwd=2`
`mar`	Abstände zwischen Rand und Plot	`las=c(5,4,4,2)`
`mfrow`	Aufteilung in Subfenster	`mfrow=c(2,3)`
`pch`	Plot-Symbol	`pch=8`
`tck`	Länge der Tickmarks	`tck=-0.5`

Table: Grafik-Parameter (**Grafik.R**)

High-level-Grafikfunktionen

→ zur Darstellung **eindimensionaler Daten**.

R-Befehl	*Beschreibung*
`plot`	Indexplot, Stabdiagramm, empirische CDF
`curve`	Erzeugung mathematischer Kurven
`boxplot`	Boxplot
`barplot`	Säulendiagramm
`dotchart`	Cleveland-Dot-Chart
`hist`	Histogramm
`pie`	Kreisdiagramm
`qqnorm`	Quantil-Plot für Normalverteilung
`qqplot`	Quantil-Quantil-Plot
`stripchart`	Eindimensionales Streudiagramm
`stem`	Stem&Leaf-Diagramm

Table: Befehle zur Erstellung von Grafiken ( **Grafik.R**)

Plot-Befehl

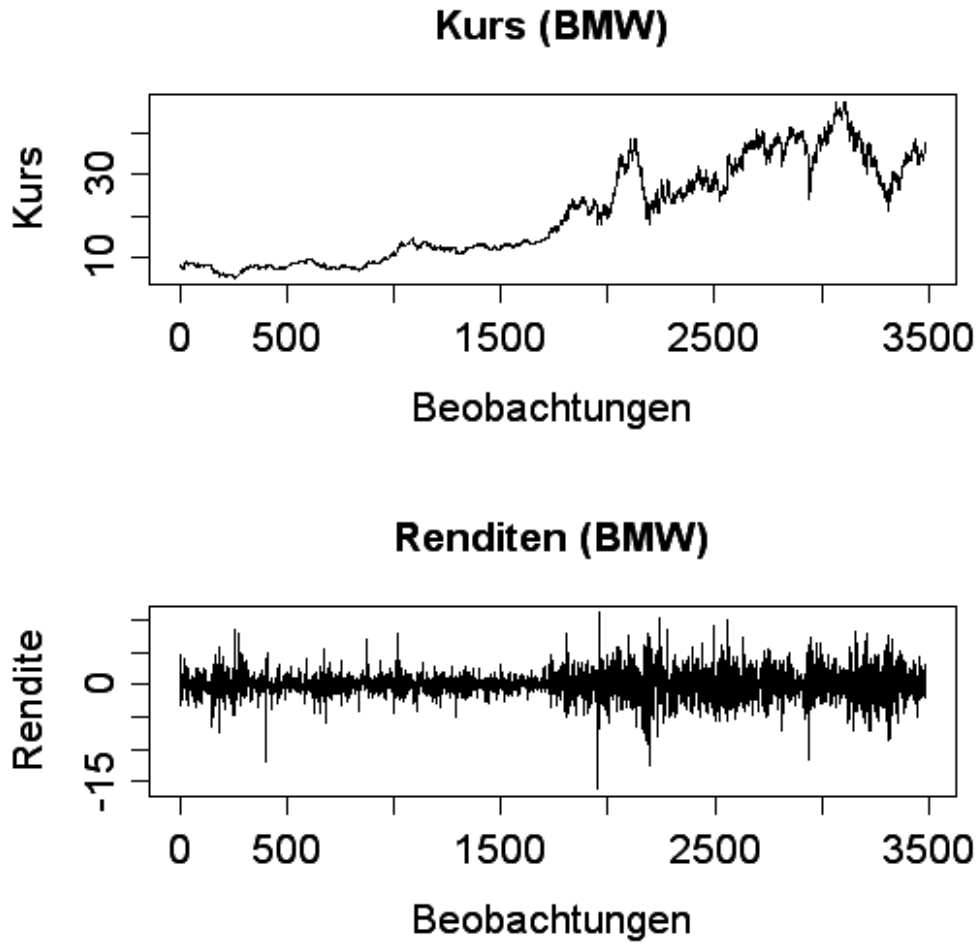


Figure: Plot (**Grafik.R**)

Histogramm

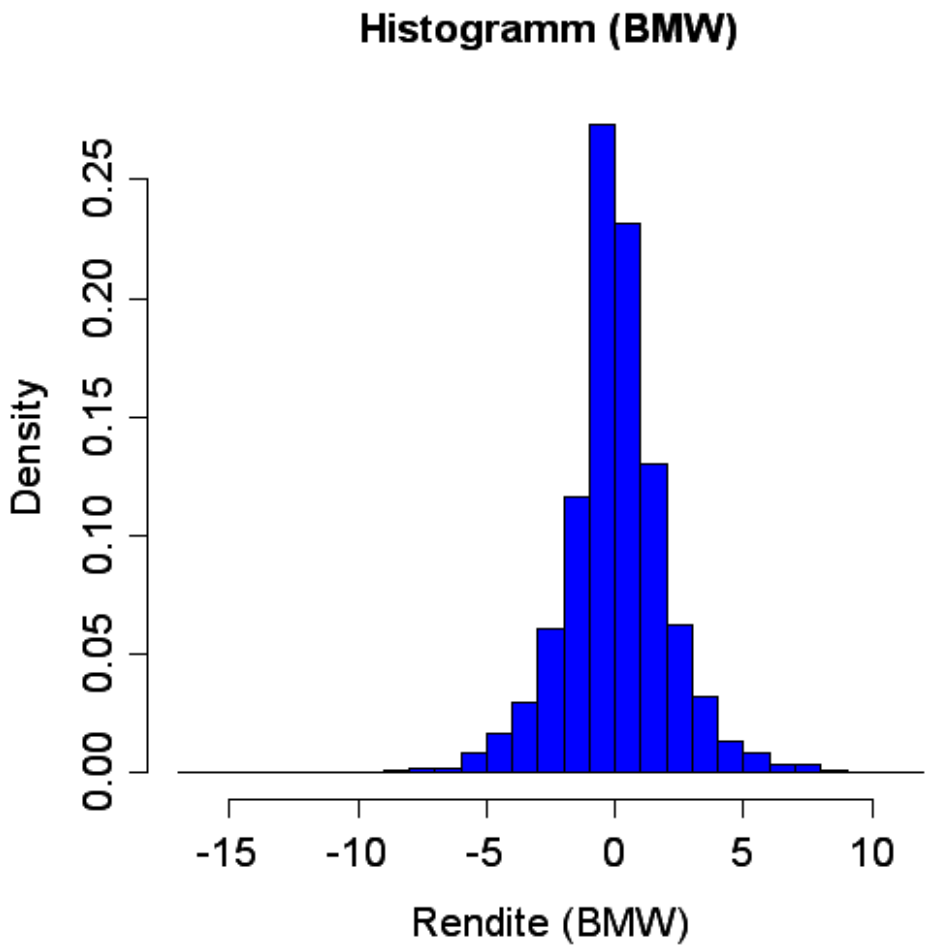


Figure: Histogramm (**Grafik.R**)

Boxplot

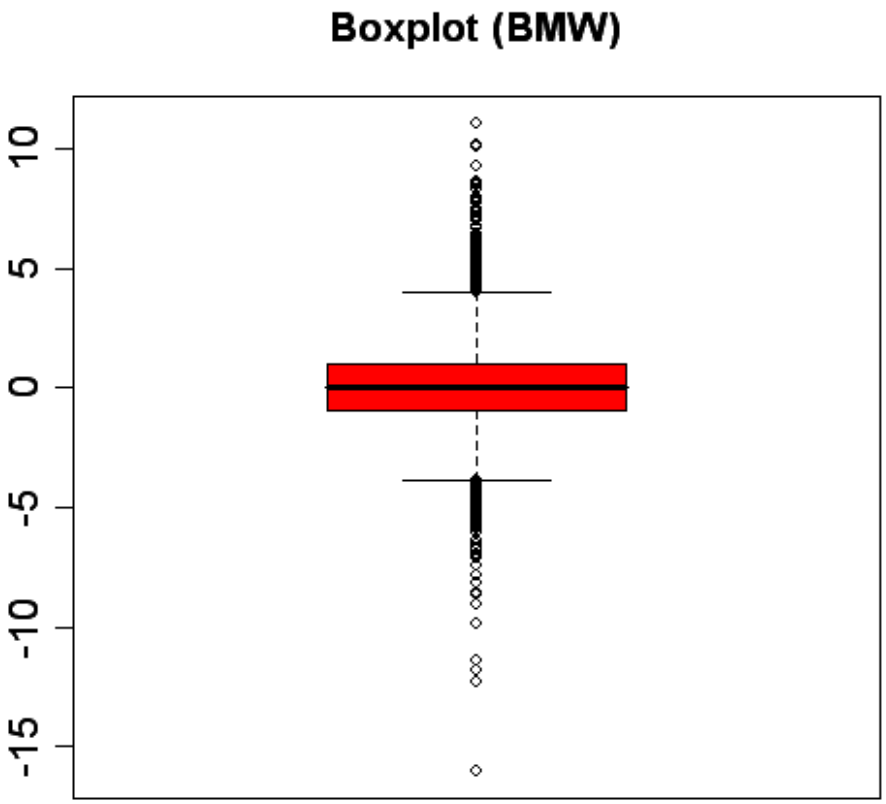


Figure: Boxplot (**Grafik.R**)

Tortendiagramm

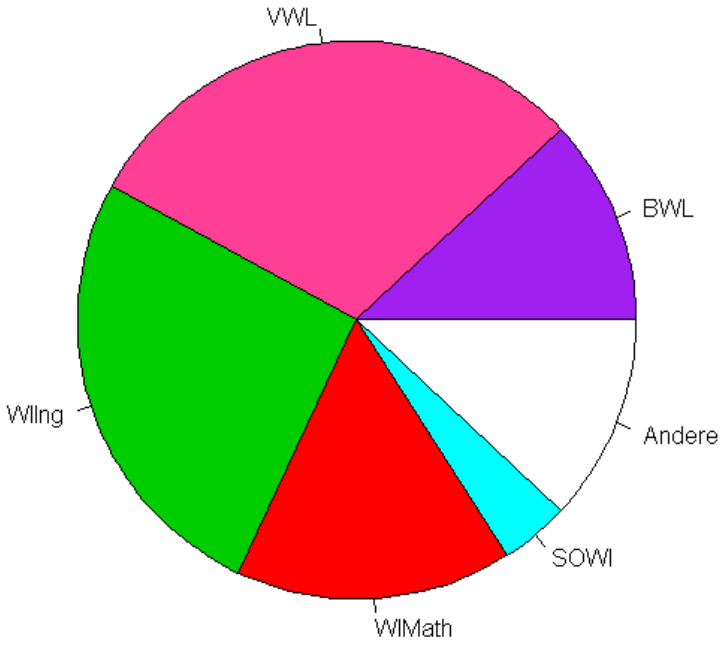


Figure: Tortendiagramm (**Grafik.R**)

Balkendiagramm

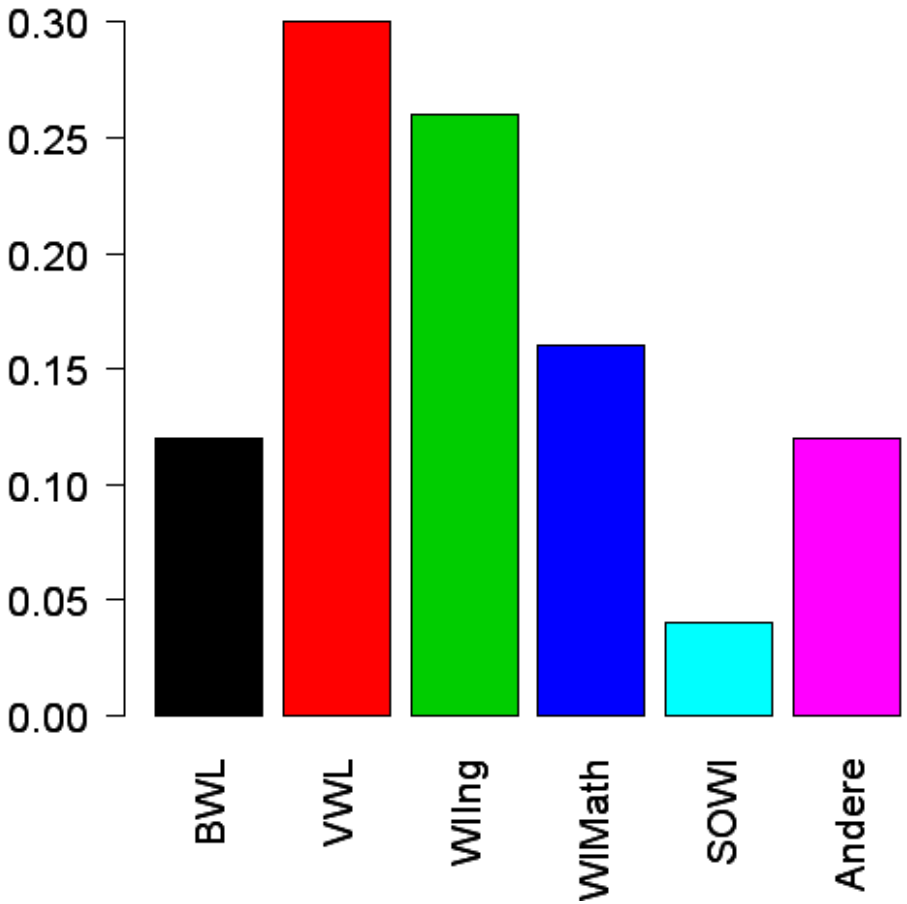


Figure: Barplot (**Grafik.R**)

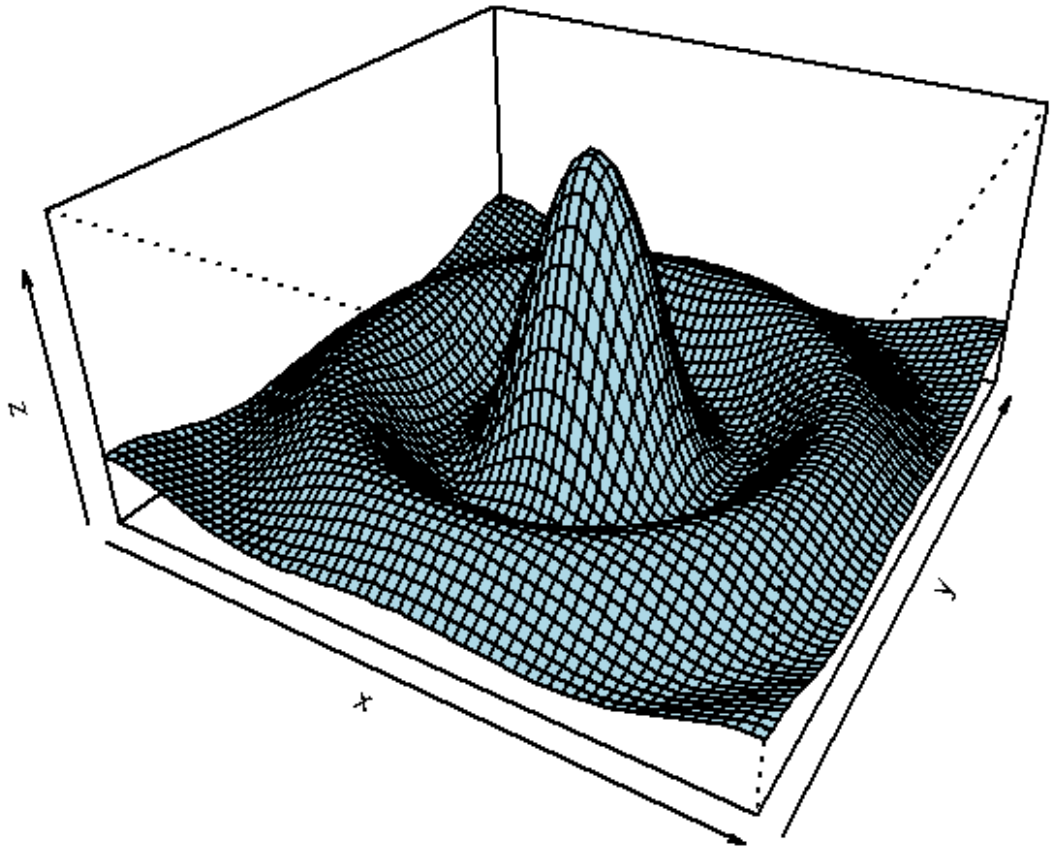
High-level-Grafikfunktionen

→ zur Darstellung **höherdimensionaler Daten**.

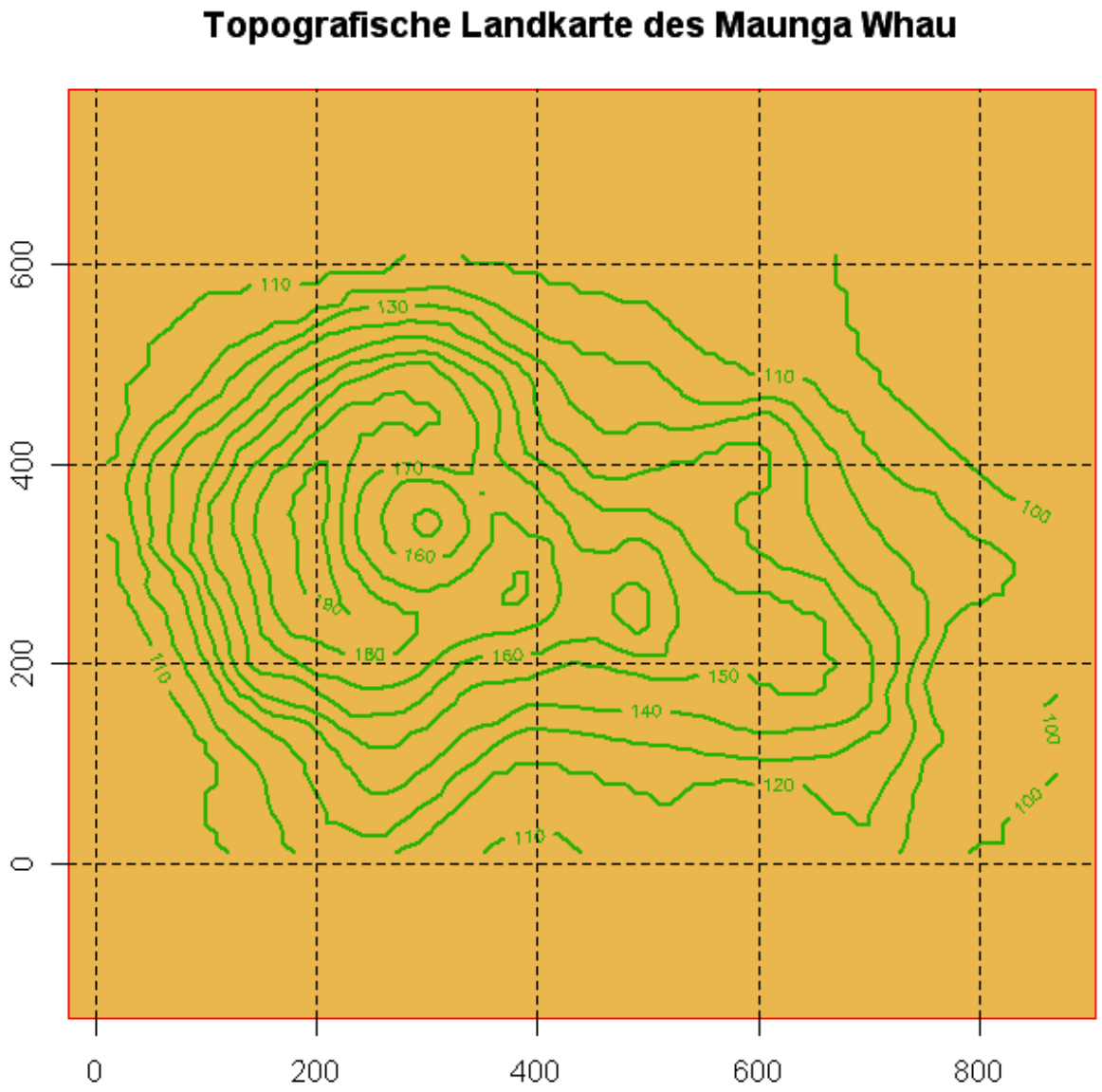
R-Befehl	*Beschreibung*
`plot`	Streudiagramme bzw. Linienzüge
`matplot`	Darstellung der Spalten einer Matrix gegen die anderen Spalten
`stars`	Sternendiagramm multivariater Daten
`persp`	3-D Plot
`contour`	Plot der Höhenlinien
`coplot`	Bedingte Streudiagramme
`image`	Image Plots
`pairs`	Streudiagramm-Matrix

Table: Befehle zur Erstellung von Grafiken (**Grafik.R**)

3-D Plot



Contour-Plot



Low-level-Grafikfunktionen

→ erzeugen keine Grafiken sondern verändern vorhandene Grafiken nur.

R-Befehl	*Beschreibung*
`abline`	Hinzufügen einer Gerade in vorhandene Grafik
`legend`	Hinzufügen einer Legende in vorhandene Grafik ein
`lines`	Hinzufügen einer Linie in vorhandene Grafik
`points`	Hinzufügen einer Punkte in vorhandene Grafik
`polygon`	Hinzufügen eines Polygonzuges, auch ausgefüllt
`rug`	Hinzufügen eines ergänzenden Stabdiagramms
`segment`	Hinzufügen von Linien-Segmenten zwischen Punktenpaaren
`text`	Hinzufügen von Text an beliebigen Stellen in einer Grafiken
`mtext`	Hinzufügen von Text im Randbereich
`title`	Hinzufügen einer Überschrift

Table: Befehle zur Modifikation von Grafiken (**Grafik.R**)

Ergänzungen zu Grafiken

- Befehle `device`, `dev.list`, `dev.cur`, `dev.off`
- Partitionierung einer Grafik mit `split.screen`, `erase.screen`, `screen`
- Partitionierung einer Grafik mit `layout`, `layout.show`

```
> m=matrix(1:4,2,2)
> layout(m,width=c(1,3),heights=c(3,1))
> layout.show(4)
> test=rnorm(100)
> hist(test,col=2)
> hist(test,col=3)
> hist(test,col=4)
> hist(test,col=5)
```

Partitonierung einer Grafik

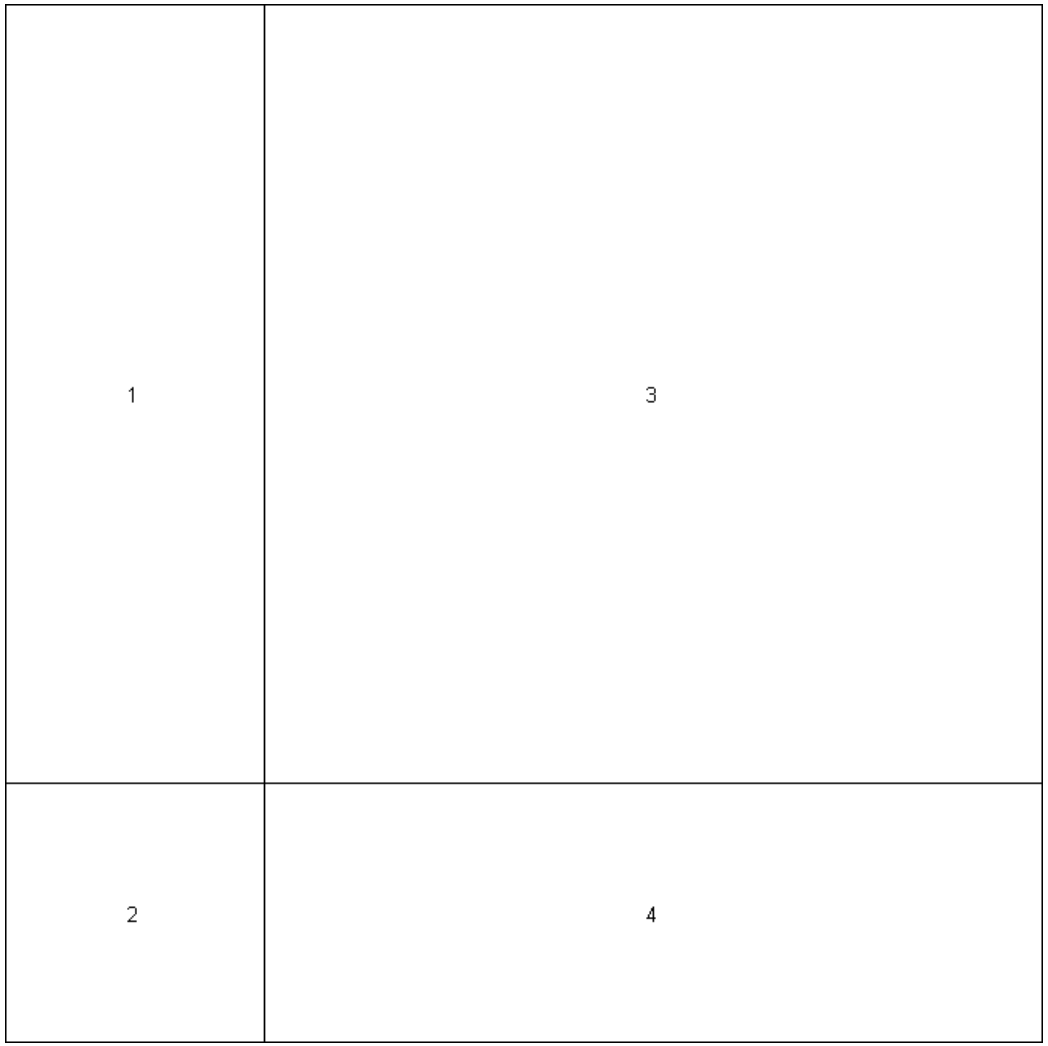


Figure: Paritionierung (**Grafik.R**)

Partitonierung einer Grafik

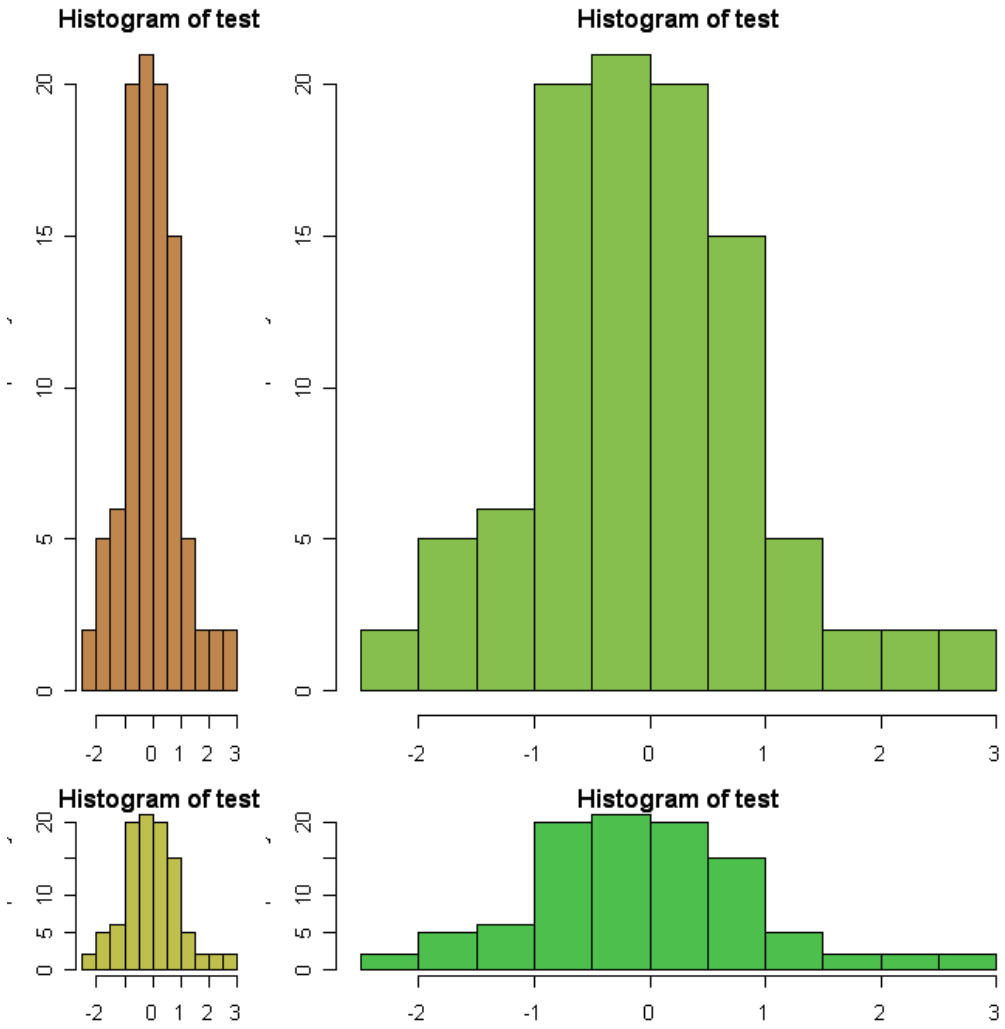


Figure: Paritionierung (**Grafik.R**)

Teil 6: **Verteilungen & Zufallszahlen**

Ziehung von Stichproben mit `sample`

- Ziehung von Stichproben mittels `sample`, Syntax:

  `sample(x, size, replace = FALSE, prob = NULL)`

  Erklärung: `x` enthält die Objekte, aus denen Stichproben gezogen werden sollen, `size` gibt die Anzahl der Stichproben an, `replace=TRUE` entspricht einer Ziehung mit Zurücklegen und mittels `prob` kann eine Gewichtung der Objekte festgelegt werden.

- *Beispiel*: `sample(1:3,10,TRUE)`.

- Weitere Beispiele im R-Skript **Verteilung.R**.

Verteilungen

- **R** bieten Funktionen für **Dichten** (**d**ensity function), **Verteilungsfunktionen** (**p**robability function) und der **Quantile** (**q**uantile function) von diversen Verteilungen sowie zur Erzeugung von **Zufallszahlen** (**r**andom number) aus diversen Verteilungen.

- Jede Funktion hat zwei Bestandteile
  Funktionskürzel (`d,p,q,r`) + **Verteilungskürzel** (`norm,t,f,...`)

- *Beispiele*:

Funktion	Beschreibung
`dnorm(1,0,2)`	Normaldichte ($\mu = 0, \sigma = 2$) an der Stelle $x = 0$
`rnorm(10)`	10 Zufallszahlen aus Standard-Normalverteilung
`pt(0.5,1)`	t(1)-Verteilungsfunktion an Stelle $x = 0.5$
`qbinom(0.9,10,0.5)`	90%-Quantile (Binomialvert.) mit $n = 10, p = 0.5$

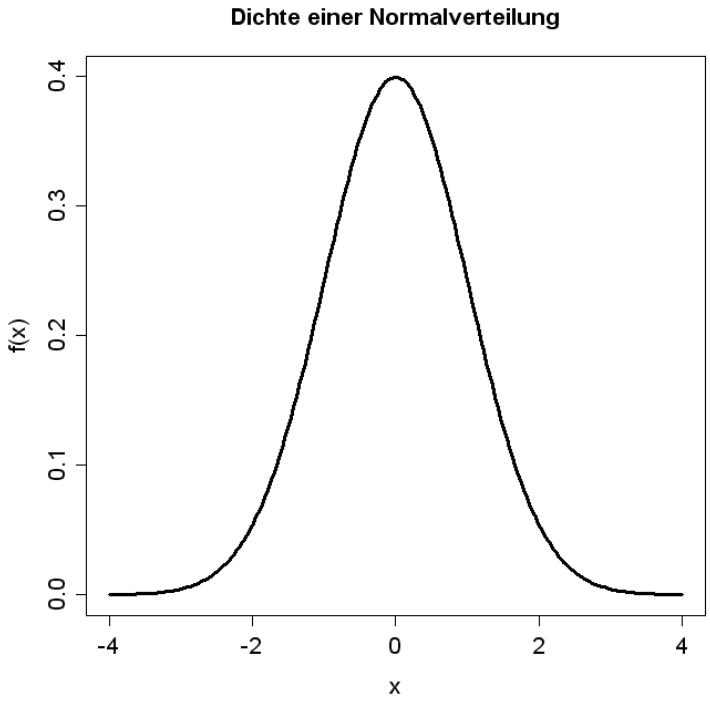
Table: Funktionen zu Verteilungen ( **Verteilung.R**)

Verteilungen in R (Auszug)

Kürzel	Verteilung	Paket
`exp`	Exponential-Verteilung	
`norm`	Normalverteilung	
`t`	Student-t-Verteilung	
`f`	F-Verteilung	
`chisq`	χ^2-Verteilung	
`logis`	Logistische Verteilung	
`binom`	Binomialverteilung	
`pois`	Poissonverteilung	
`lnorm`	Lognormalverteilung	
`symstb`	Symmetrische Stabile Verteilung	*fBasics*
`stable`	Schiefe Stabile Verteilung	*fBasics*
`gh`	Verallg. hyperbolische Verteilungen	*fBasics*
`hyp`	Hyperbolische Verteilung	*fBasics*
`nig`	Normal inverse Gauss Verteilung	*fBasics*

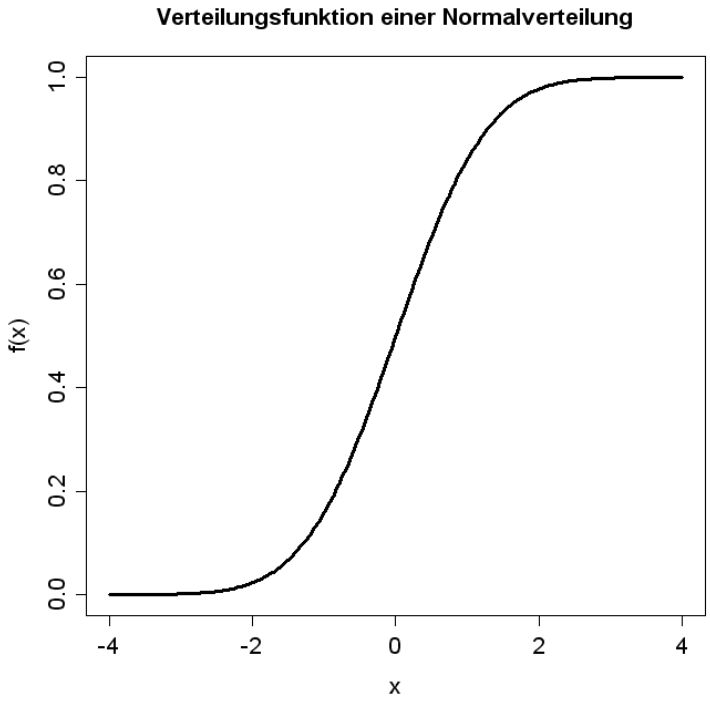
Table: Ausgewählte Verteilungen in **R**

Verteilungen in R



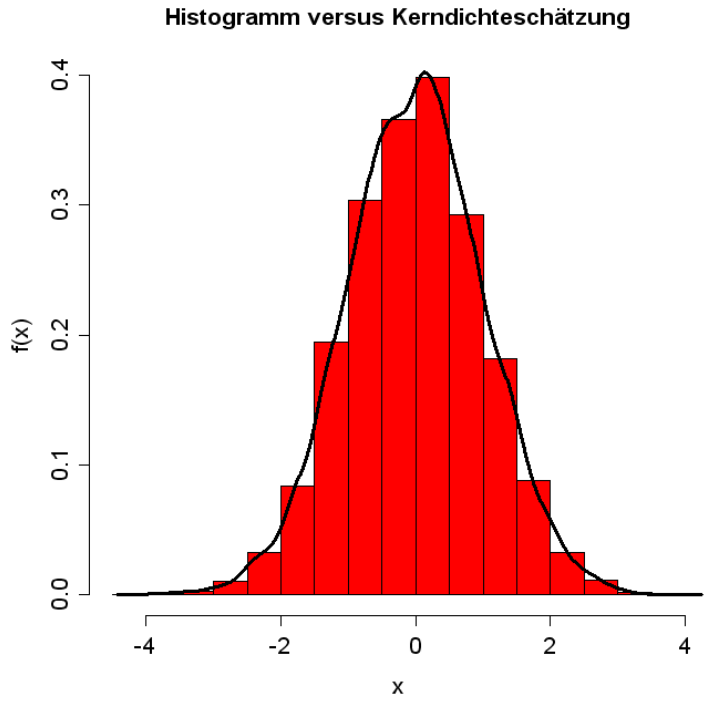

```
# Dichtefunktionsplot einer Standard-Normalverteilung
x=seq(-4,4,,200)
par(cex.axis=1.3,cex.lab=1.3,cex.main=1.3)
titel="Dichte einer Normalverteilung"
plot(x,dnorm(x),type="l",main=titel,xlab="x",ylab="f(x)",lwd=3)
```

Verteilungen in R




```
# Plot der Verteilungsfunktion einer Standard-Normalverteilung
x=seq(-4,4,,200)
par(cex.axis=1.3,cex.lab=1.3,cex.main=1.3)
titel="Verteilungsfunktion einer Normalverteilung"
plot(x,pnorm(x),type="l",main=titel,xlab="x",ylab="f(x)",lwd=3)
```

Verteilungen in R




```
# KDE/Histogramm fuer normalverteilte Zufallszahlen
par(cex.axis=1.3,cex.lab=1.3,cex.main=1.3)
zufallszahlen=rnorm(10000)
titel="Histogramm versus Kerndichteschaetzung"
hist(zufallszahlen,prob=T,col=2,xlab="x",ylab="f(x)",main=titel)
lines(density(zufallszahlen),lwd=3)
```

Verteilungen

- Schätzung der Dichtefunktion mittels `density`

```
density(x, bw = "nrd0", adjust = 1, kernel = "gaussian")
```

- Schätzung der Verteilungsfunktion `ecdf`

```
ecdf(x)
```

- Schätzung der Quantilsfunktion `quantile`

```
quantile(x, probs = seq(0, 1, 0.25))
```

- Beispiele im R-Skript **Verteilung.R**.

Teil 7: **Lineare Regression**

Einfache lineare Regression

Geschätzt werden soll das nachfolgende einfache, lineare Regressionsmodell

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + U_t, \quad t = 1, \ldots, T.$$

- Lineare Regression mittels `lm` ("linear model") und `summary`
- Lineare Regression mittels `lsfit` "veraltet"

Beispiel:

```
> data(cars);attach(cars);plot(speed,dist)
> lm.ergeb=lm(speed~dist)
> summary(lm.ergeb)
```

Einfache lineare Regression

- Zusammenfassung der Regressionsergebnisse: `summary(reg.ergeb)`
- Geschätzte Koeffizienten mittels `coeff(reg.ergeb)`
- Prognose mittels `predict(reg.ergeb)`
- Grafische Analyse mittels `plot(reg.ergeb)`
- Ausreißeranalyse mittels `influence.measure`
- Ausreißeridentifikation mittels `identify`

Exkurs: Testverfahren

Funktion	Operation	Package
Testverfahren auf Normalverteilung		
`jarque.bera.test`	Jarque-Bera Test (1980)	`tseries`
`shapiro.test`	Shapiro/Wilk/Royston Test (1982)	`stats`
`ks.test`	Kolmogorov-Smirnov Test (1950)	`stats`
`chisq.test`	χ^2-Anpassungsteststest	`stats`
`t3plot`	T_3-Plot von Gosh (1996)	HOMEPAGE
`qqnorm`	Quantil-Quantil-Plot	`stats`
Testverfahren auf Autokorrelation		
`dwtest`	Durbin-Watson Test (1950)	`lmtest`
`bgtest`	Breusch-Godfrey Test (1978)	`lmtest`

Table: Ausgewählte Testverfahren

Exkurs: Testverfahren

Funktion	Operation	Package
	Testverfahren auf Linearität	
`harvtest`	Harvey-Collier Test (1977)	`lmtest`
`resettest`	RESET Test von Ramsey (1969)	`lmtest`
	Testverfahren auf Heteroskedastie	
`bptest`	Breusch-Pagan Test (1978)	`lmtest`
`qgtest`	Goldfeld-Quandt Test (1965)	`lmtest`
`hmctest`	Harrison-McCabe Test (1979)	`lmtest`
	Testverfahren auf Unabhängigkeit	
`runsTest`	Run Test	`fBasics`

Table: Ausgewählte Testverfahren

Teil 8: **Entwicklung eigener Funktionen**

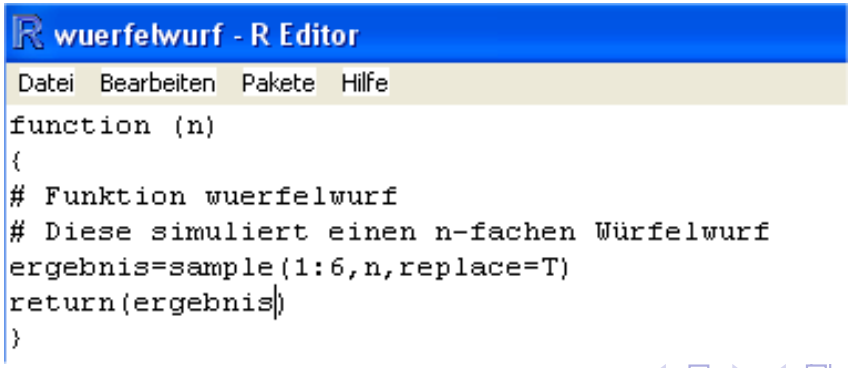
R Coding Conventions: www.maths.lth.se/help/R/RCC/

Schreiben eigener Funktionen

- Nicht alle gewünschten Funktionen stehen in **R** standardmäßig zur Verfügung. Es können jedoch sehr einfach eigene/individuelle Funktionen (=Objekte) erstellt werden.

- Kleinere Funktionen können direkt im Command-Window erstellt werden, z.B. `summe=function(a,b){a+b}`. Anschließend stehen Sie dem Benutzer zur Verfügung.

- Umfangreichere Funktion sollten in einem Editor (z.B. WinEdt) erstellt werden. Der erstmaligen Aufruf einer Funktion geschieht mit `fix(wuerfelwurf)`. Danach Funktion abspeichern



Schreiben eigener Funktionen

- Der **grundlegende Aufbau einer R-Funktion**
  `function_name = function (function_argument){`
  function_body
  function_return_value
  }
- Mit dem `function_name` wird die Funktion angesprochen.
- Das Keyword `function` signalisiert **R**, dass es sich um ein Objekt der Klasse "function" handelt.
- Generell können einer Funktion bei Aufruf Informationen im sog. `function_argument` übergeben werden.
- Der `function_body` steht stellvertretend für die **R**-Befehle, die abgearbeitet werden.
- Am Ende wird der `function_return_value` zurückgegeben.

Kontrollstrukturen: For next-Schleife

```
for (variable in sequence){
R-Befehle
}
next
```

wuerfelwurf - R Editor

Datei Bearbeiten Pakete Hilfe

```
function (n)
{
# Funktion wuerfelwurf
# Diese simuliert einen n-fachen Würfelwurf


for(i in 1:n) {
    x=sample(1:6,1,replace=T)
    cat("Wurf ",i,":", x,"\n")
     }
return()
}
```

Kontrollstrukturen: While-Schleife

```
while (expression){
R-Befehle
}
next
```

wuerfelwurf2 - R Editor

Datei Bearbeiten Pakete Hilfe

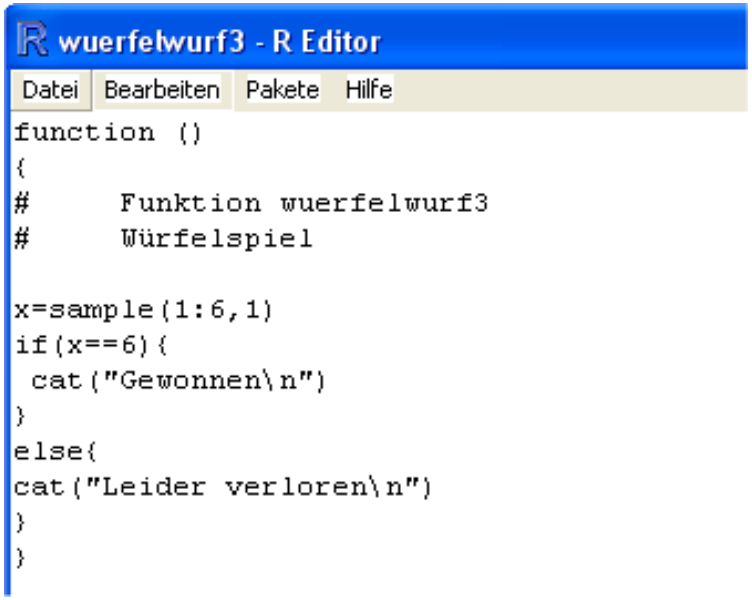
```
function ()
{
#    Funktion wuerfelwurf2
#    Würfelwurf bis zur ersten Sechs

i=0;
x=1;

while(x!=6){
    i=i+1
    x=sample(1:6,1,replace=T)
    cat("Wurf ",i,":", x,"\n")
          }
return()
}
```

Kontrollstrukturen: Bedingte Anweisungen

```
if (condition){ R-Befehle }
else{R-Befehle }
end
```



Teil 9: **Hilfe in R**

Hilfe in R

- Mit dem Befehl `help.start()` bzw. mittels **Hilfe/HTML Hilfe** aus der Menüleiste wird die Hilfefunktion gestartet.
- Der Aufruf `help(`*such.begriff*`)` bzw. *?such.begriff* liefert Hilfe/Dokumentation zu dem (exakten!) Begriff *such.begriff*.
- Mit dem Befehl `apropos(`*such.begriff*`)` werden alle Objekte gelistet, die auf den Begriff bzw. auf die Funktion *such.begriff* zurückgreifen.
- Mit dem Befehl `help(library=`*package.name*`)` werden alle Objekte der Bibliothek *package.name* angezeigt.