



Programmierung und Deskriptive Statistik

BSc Psychologie WiSe 2024/25

Belinda Fleischmann

Datum	Einheit	Thema	Form
15.10.24	R Grundlagen	(1) Einführung	Seminar
22.10.24	R Grundlagen	(2) R und Visual Studio Code	Seminar
29.10.24	R Grundlagen	(2) R und Visual Studio Code	Übung
05.11.24	R Grundlagen	(3) Vektoren, (4) Matrizen	Seminar
12.11.24	R Grundlagen	(5) Listen und Dataframes	Seminar
	<i>Leistungsnachweis 1</i>		
19.11.24	R Grundlagen	(6) Datenmanagement	Seminar
26.11.24	R Grundlagen	(2)-(6) R Grundlagen	Übung
03.12.24	Deskriptive Statistik	(7) Häufigkeitsverteilungen	Seminar
10.12.24	Deskriptive Statistik	(8) Verteilungsfunktionen und Quantile	Seminar
	<i>Leistungsnachweis 2</i>		
17.12.24	Deskriptive Statistik	(9) Maße der zentralen Tendenz und Datenvariabilität	Seminar
	Weihnachtspause		
07.01.25	R Grundlagen	(10) Strukturiertes Programmieren: Kontrollfluss, Debugging	Seminar
14.01.25	Deskriptive Statistik	(11) Anwendungsbeispiel	Übung
	<i>Leistungsnachweis 3</i>		
21.01.25	Deskriptive Statistik	(11) Anwendungsbeispiel	Seminar
28.01.25	Deskriptive Statistik	(11) Anwendungsbeispiel, Q&A	Seminar

(11) Anwendungsbeispiel

(Foliensatz mit Programmierübungen)

Beispieldatensatz

Datenvorverarbeitung

Deskriptive Statistiken

Visualisierung

Beispieldatensatz

Datenvorverarbeitung

Deskriptive Statistiken

Visualisierung

Evidenzbasierte Evaluation von Psychotherapieformen bei Depression

Welche Therapieform ist bei Depression wirksamer?

Online Psychotherapie



Klassische Psychotherapie



Beispiel: Evaluation von Psychotherapieformen bei Depression

Experimentelle Bedingung
(Gruppen von $n = 50$)

Psychotherapie

Klassisch

Pre-BDI



Post-BDI

Online

Pre-BDI



Post-BDI

Mittel der Datenerhebung

Becks Depressions-Inventar (BDI) zur Depressionsdiagnostik

BDI-II Fragebogen		Alter	Berufszeit in J. w.	Sexus
<p>Anleitung: Dieser Fragebogen enthält 53 Gruppen von Aussagen. Bitte lesen Sie jede dieser Gruppen von Aussagen sorgfältig durch und wählen Sie sich dann in jeder Gruppe eine Aussage heraus, die am besten beschreibt, wie Sie sich in den letzten zwei Wochen, einschließlich heute, gefühlt haben. Kennen Sie die Zeit neben der Aussage an, die Sie sich am Besten beschreiben können (1, 2 oder 3). Falls sich in einer Gruppe mehrere Aussagen gleichwohl auf Sie zurechnen lassen, so wählen Sie die Aussage mit der höheren Zahl an „Achten Sie bitte darauf, dass Sie in jeder Gruppe nicht mehr als eine Aussage ankreuzen, dies gilt auch für Gruppe 16 (Veränderungen der Schlafgewohnheiten) oder Gruppe 18 (Veränderungen des Appetits).</p>				
<p>1.) Traurigkeit</p> <p>0 Ich bin nicht traurig. 1 Ich bin oft traurig. 2 Ich bin ständig traurig. 3 Ich bin so traurig oder unglücklich, dass ich es nicht aushalte.</p>	<p>4.) Bestrahlungsgefühl</p> <p>0 Ich habe nicht das Gefühl, für etwas bestraft zu sein. 1 Ich habe das Gefühl, vielleicht bestraft zu werden. 2 Ich erwarte, bestraft zu werden. 3 Ich habe das Gefühl, bestraft zu sein.</p>			
<p>2.) pessimismus</p> <p>0 Ich sehe nicht mutlos in die Zukunft. 1 Ich sehe mutlos in die Zukunft als sonst. 2 Ich bin mutlos und erwarte nicht, dass meine Situation besser wird. 3 Ich glaube, dass meine Zukunft hoffnungslos ist und nur noch schlechter wird.</p>	<p>7.) Selbstablehnung</p> <p>0 Ich habe von mir genauso viel wie immer. 1 Ich habe Vertrauen in mich verloren. 2 Ich bin von mir enttäuscht. 3 Ich lehne mich völlig ab.</p>			
<p>3.) Versagensgefühle</p> <p>0 Ich fühle mich nicht als Versager. 1 Ich habe häufiger Versagensgefühle. 2 Wenn ich zurückblicke, sehe ich eine Menge Fehlschläge. 3 Ich habe das Gefühl, als Mensch ein völliger Versager zu sein.</p>	<p>8.) Selbstvorwürfe</p> <p>0 Ich kritisiere oder tadle mich nicht mehr als sonst. 1 Ich bin mir gegenüber kritischer als sonst. 2 Ich kritisiere mich für all meine Mängel. 3 Ich gebe mir die Schuld für alles Schlechte, was passiert.</p>			
<p>4.) Verlust von Freude</p> <p>0 Ich kann die Dinge genauso gut genießen wie früher. 1 Ich kann die Dinge nicht mehr so genießen wie früher. 2 Dinge, die mir früher Freude gemacht haben, kann ich kaum mehr genießen. 3 Ich habe keine Freude gemacht haben, kann ich überhaupt nicht mehr genießen.</p>	<p>9.) Selbstmordgedanken</p> <p>0 Ich denke nicht daran, mir etwas anzutun. 1 Ich denke manchmal an Selbstmord, aber ich würde es nicht tun. 2 Ich möchte mich am liebsten umbringen. 3 Ich würde mich umbringen, wenn ich die Gelegenheit hätte.</p>			
<p>5.) Schlafgefühle</p> <p>0 Ich habe keine besonderen Schlafgefühle. 1 Ich habe ein Schlafgefühl wegen Dingen, die ich getan habe oder hätte tun sollen. 2 Ich habe die meiste Zeit Schlafgefühle. 3 Ich habe ständig Schlafgefühle.</p>	<p>10.) Weinen</p> <p>0 Ich weine nicht öfter als früher. 1 Ich weine jetzt mehr als früher. 2 Ich weine beim geringsten Anlass. 3 Ich weine oft.</p>			

PEARSON
© 2001 Pearson Education, Inc. oder eines ihrer Tochterunternehmen
© 2001 Pearson Education, Inc. oder eines ihrer Tochterunternehmen

<p>11.) Unruhe</p> <p>0 Ich bin nicht unruhiger als sonst. 1 Ich bin unruhiger als sonst. 2 Ich bin so unruhig, dass es mir schwerfällt, still zu sitzen. 3 Ich bin so unruhig, dass ich mich ständig bewegen oder etwas tun muss.</p>	<p>17.) Reizbarkeit</p> <p>0 Ich bin nicht reizbarer als sonst. 1 Ich bin reizbarer als sonst. 2 Ich bin viel reizbarer als sonst. 3 Ich fühle mich dauernd gereizt.</p>
<p>12.) Interessensverlust</p> <p>0 Ich habe das Interesse an anderen Menschen oder an Tätigkeiten nicht verloren. 1 Ich habe weniger Interesse an anderen Menschen oder an Dingen als sonst. 2 Ich habe das Interesse an anderen Menschen oder Dingen zum größten Teil verloren. 3 Es fällt mir schwer, mich überhaupt für irgend etwas zu interessieren.</p>	<p>18.) Veränderungen des Appetits</p> <p>0 Mein Appetit hat sich nicht verändert. 1a Mein Appetit ist viel schlechter als sonst. 1b Mein Appetit ist etwas größer als sonst. 2a Mein Appetit ist viel schlechter als sonst. 2b Mein Appetit ist viel größer als sonst. 3a Ich habe überhaupt keinen Appetit. 3b Ich habe ständig Heißhunger.</p>
<p>13.) Erschöpfungsfähigkeit</p> <p>0 Ich bin so erschöpfend wie immer. 1 Es fällt mir schwerer als sonst, Entscheidungen zu treffen. 2 Es fällt mir sehr viel schwerer als sonst, Entscheidungen zu treffen. 3 Ich habe Mühe, überhaupt Entscheidungen zu treffen.</p>	<p>19.) Konzentrationschwierigkeiten</p> <p>0 Ich kann mich so gut konzentrieren wie immer. 1 Ich kann mich nicht mehr so gut konzentrieren wie sonst. 2 Es fällt mir schwer, mich längere Zeit auf irgend etwas zu konzentrieren. 3 Ich kann mich überhaupt nicht mehr konzentrieren.</p>
<p>14.) Wertlosigkeit</p> <p>0 Ich fühle mich nicht wertlos. 1 Ich habe mich für weniger wertvoll und nützlich als sonst. 2 Vergleichen mit anderen Menschen fühle ich mich viel weniger wertlos. 3 Ich fühle mich völlig wertlos.</p>	<p>20.) Ermüdung oder Erschöpfung</p> <p>0 Ich fühle mich nicht müder oder erschöpfter als sonst. 1 Ich werde schneller müde oder erschöpft als sonst. 2 Für viele Dinge, die ich üblicherweise tue, bin ich zu müde oder erschöpft. 3 Ich bin so müde oder erschöpft, dass ich fast nichts mehr tun kann.</p>
<p>15.) Energieverlust</p> <p>0 Ich habe so viel Energie wie immer. 1 Ich habe weniger Energie als sonst. 2 Ich habe so wenig Energie, dass ich kaum noch etwas schaffe. 3 Ich habe keine Energie mehr, um überhaupt noch etwas zu tun.</p>	<p>21.) Verlust an sexuellem Interesse</p> <p>0 Mein Interesse an Sexualität hat sich in letzter Zeit nicht verändert. 1 Ich interessiere mich weniger für Sexualität als früher. 2 Ich interessiere mich jetzt viel weniger für Sexualität. 3 Ich habe das Interesse an Sexualität völlig verloren.</p>
<p>16.) Veränderungen der Schlafgewohnheiten</p> <p>0 Meine Schlafgewohnheiten haben sich nicht verändert. 1a Ich schlafe etwas weniger als sonst. 2a Ich schlafe viel mehr als sonst. 2b Ich schlafe viel weniger als sonst. 3a Ich schlafe fast den ganzen Tag. 3b Ich wache 1-2 Stunden früher auf als gewöhnlich und kann dann nicht mehr einschlafen.</p>	<p>Summe Punkte 1:</p> <p>Übersicht: Punkte 1-2: Punkte 3-5: Punkte 6-10: Punkte 11-15: Punkte 16-20: Punkte 21-53:</p>

0 - 8 keine Depression

9 - 13 minimale Depression

14 - 19 leichte Depression

20 - 28 mittelschwere Depression

29 - 63 schwere Depression

Beispieldatensatz

Einlesen des Datensatzes mit read.table()

```
file_path <- file.path(data_dir_path, "psychotherapie_datensatz.csv")  
  
# file_path könnte beispielsweise so aussehen:  
# "/home/username/uni/progr-und-deskr-stat-24/Daten/psychotherapie_datensatz.csv"  
  
D <- read.table(file_path, sep = ",", header = TRUE)
```

Daten der ersten acht Proband:innen jeder Gruppe

	Bedingung	Pre.BDI	Post.BDI
1	Klassisch	17	9
2	Klassisch	20	14
3	Klassisch	16	13
4	Klassisch	18	12
5	Klassisch	21	12
6	Klassisch	17	14
7	Klassisch	17	12
8	Klassisch	17	9
51	Online	22	16
52	Online	19	15
53	Online	21	13
54	Online	18	15
55	Online	19	13
56	Online	17	16
57	Online	20	13
58	Online	19	16

Bonus: Datensimulation

```
# Seed setzen
set.seed(5) # Startwert für den Zufallsgenerator setzen

# Simulationsparameter
n <- 50 # Proband:innen pro Gruppe
mu <- c( # Erwartungswertparameter
  18, 12, # Pre und Post der Gruppe Klassisch
  19, 14) # Pre und Post der Gruppe Online
sigsqr <- 3 # Varianzparameter (gleich für alle Gruppen)

# Datensimulation
D <- data.frame(
  "Bedingung" = c(
    rep("Klassisch", n), rep("Online", n)), # n-mal "Klassisch", n-mal "Online"
  "Pre BDI" = c(
    round(rnorm(n, mu[1], sqrt(sigsqr))), # n Zufallswerte aus Normalverteilung mit mu[1]
    round(rnorm(n, mu[3], sqrt(sigsqr))), # n Zufallswerte aus Normalverteilung mit mu[3]
  "Post BDI" = c(
    round(rnorm(n, mu[2], sqrt(sigsqr))), # n Zufallswerte aus Normalverteilung mit mu[2]
    round(rnorm(n, mu[4], sqrt(sigsqr)))) # n Zufallswerte aus Normalverteilung mit mu[4]
)

# Datenspeicherung
fname <- file.path(data_path, "psychotherapie_datensatz.csv")
write.csv(D, file = fname)
```

Beispieldatensatz

Datenvorverarbeitung

Deskriptive Statistiken

Visualisierung

Überlegungen für die Datenvorverarbeitung

- Studienfokus ist die **Veränderung** der Depressionsymptomatik durch Therapieformen.
- Für jede Proband:in ergibt sich diese Veränderung als **Differenz** zwischen Post.BDI und Pre.BDI.
- Eine Reduktion der Depressionssymptomatik ergibt dabei einen **negativen Wert**.
- Es ist intuitiver, Verbesserungen mit **positiven Zahlen** zu repräsentieren.
- Als Quantifizierung des Therapieeffekts bei Proband:in i bietet sich also folgendes Maß an

$$\Delta\text{BDI}[i] := -(\text{Post.BDI}[i] - \text{Pre.BDI}[i]) \quad (1)$$

- Wir betrachten in der Folge also das ΔBDI Maß mit folgenden Interpretationen

$\Delta\text{BDI} > 0$	Verminderung der Depressionsymptomatik	Wirksame Therapie
$\Delta\text{BDI} = 0$	Keine Veränderung der Depressionsymptomatik	Wirkungslose Therapie
$\Delta\text{BDI} < 0$	Verstärkung der Depressionsymptomatik	Schädigende Therapie

Programmierübung 1) Datenvorverarbeitung

Aufgabe: Berechnung einer neuen Variablen im Datensatz

Füge dem Datensatz eine neue Spalte Delta.BDI hinzu, die den Unterschied Δ zwischen dem Prä- und Post-Wert darstellt. Nutze dafür die entsprechenden Spalten Pre.BDI und Post.BDI. Achte darauf, dass das Delta so berechnet wird, dass ein positiver Wert eine Verbesserung (Reduktion der Depressionswerte) widerspiegelt.

Nachfolgend wird am Beispiel der Daten der ersten acht Proband:innen gezeigt, wie das Ergebnis in etwa aussehen sollte.

	Bedingung	Pre.BDI	Post.BDI	Delta.BDI
1	Klassisch	17	9	8
2	Klassisch	20	14	6
3	Klassisch	16	13	3
4	Klassisch	18	12	6
5	Klassisch	21	12	9
6	Klassisch	17	14	3
7	Klassisch	17	12	5
8	Klassisch	17	9	8
51	Online	22	16	6
52	Online	19	15	4
53	Online	21	13	8
54	Online	18	15	3
55	Online	19	13	6
56	Online	17	16	1
57	Online	20	13	7
58	Online	19	16	3

Beispieldatensatz

Datenvorverarbeitung

Deskriptive Statistiken

Visualisierung

Aufgabe 2a): Berechnung bedingungsunabhängiger deskriptiver Statistiken

Berechne die deskriptiven Statistiken für die Variable `Delta.BDI`. Erstelle hierfür einen neuen Dataframe, der die folgenden statistischen Kennzahlen enthält: die Stichprobengröße, das Maximum, das Minimum, den Median, den Mittelwert, die Varianz und die Standardabweichung. Der resultierende Dataframe sollte in etwa so aussehen:

```
      n Max Min Median Mean      Var      Std
1 100  12  -1      6 5.54 5.826667 2.413849
```

Aufgabe 2b): Berechnung bedingungsabhängiger deskriptiver Statistiken

Berechne die deskriptiven Statistiken für die Variable `Delta.BDI`, getrennt nach den zwei Therapiebedingungen `Klassisch` und `Online`. Erstelle dazu einen Dataframe `deskr_stat` mit zwei Zeilen (jeweils eine pro Bedingung) und den statistischen Kennzahlen als Spalten. Gehe wie folgt vor.

1. Lege eine Variable `th_bed` an, die die Namen der beiden Therapiebedingungen enthält.
2. Initialisiere einen leeren Dataframe mit den genannten Kennzahlen als Spalten und den Therapiebedingungen als Zeilen.
3. Verwende eine `for`-Schleife, um über `th_bed` zu iterieren.
4. Filter in jeder Iteration die Daten für die entsprechende Bedingung und berechne die Statistiken für `Delta.BDI` und trage die berechneten Werte in den entsprechenden Zeilen des Dataframes ein.

Der resultierende Dataframe sollte in etwa so aussehen:

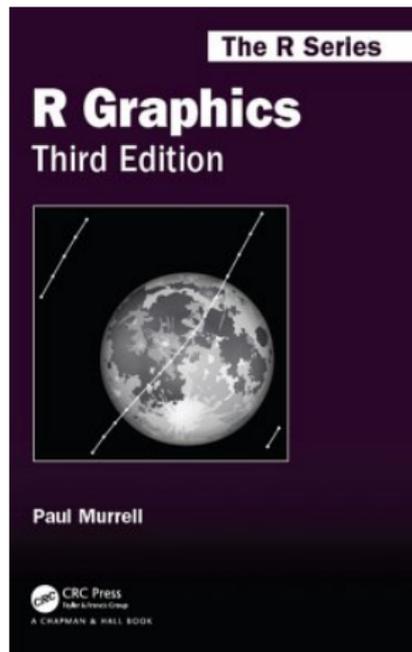
	n	Max	Min	Median	Mean	Var	Std
Klassisch	50	12	-1	6	6.16	7.075918	2.660060
Online	50	9	1	5	4.92	3.911837	1.977836

Beispieldatensatz

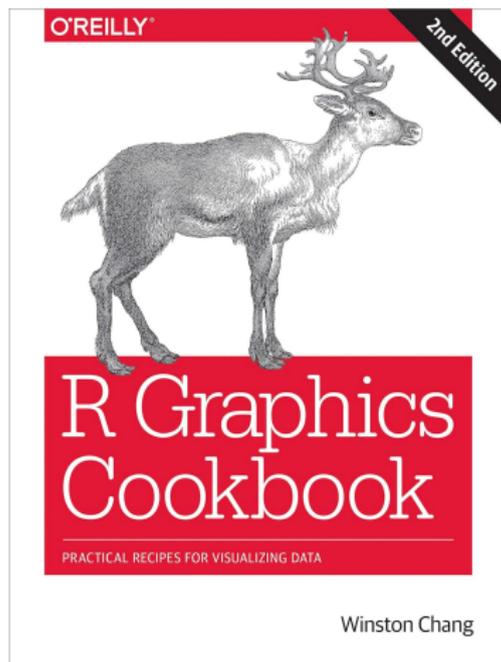
Datenvorverarbeitung

Deskriptive Statistiken

Visualisierung



Murrell (2019)



Online-Buch, Chang (2013)

R Funktionalitäten für Abbildungen

Base Graphics

- Erstellung und bedarfsgerechte Anpassung von Abbildungen
- Eher low-level, fine tuning orientiert

Lattice und ggplot2

- Erstellung und bedarfsgerechte Anpassung von Abbildungen
- Eher high level, an der eigenen Philosophie orientiert

Base Graphics, lattice und ggplot2 können ähnliche Abbildungen generieren

LaTeX Typesetting ist in allen Paketen unterentwickelt

R Funktionalitäten für Abbildungen

Base Graphics

- **Erstellung und bedarfsgerechte Anpassung von Abbildungen**
- **Eher low-level, fine tuning orientiert**

Lattice und ggplot2

- Erstellung und bedarfsgerechte Anpassung von Abbildungen
- Eher high level, an der eigenen Philosophie orientiert

Base Graphics, lattice und ggplot2 können ähnliche Abbildungen generieren

LaTeX Typesetting ist in allen Paketen unterentwickelt

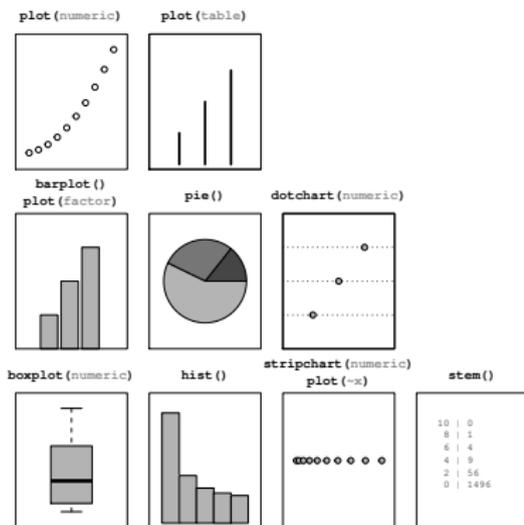


Figure 2.5
High-level base graphics plotting functions for producing plots of a single variable. Where the function can be used to produce more than one type of plot, the relevant data type is shown (in gray). For example, `plot(numeric)` means that this is what the `plot()` produces when it is given a single numeric argument.

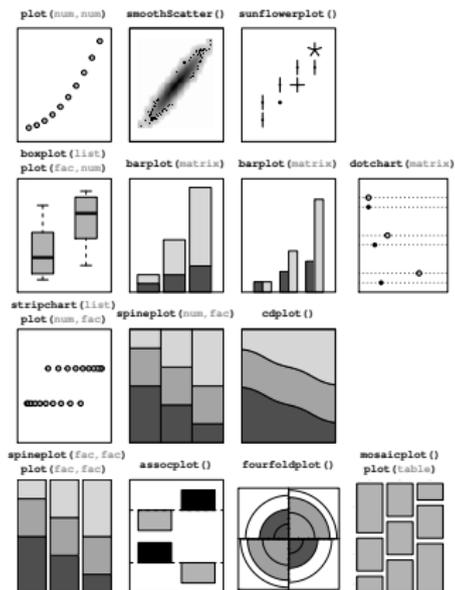


Figure 2.6
High-level base graphics plotting functions for producing plots of two variables. Where the function can be used to produce more than one type of plot, the relevant data type is shown (in gray). For example `plot(num, fac)` represents calling the `plot()` function with a numeric vector as the first argument and a factor as the second argument.

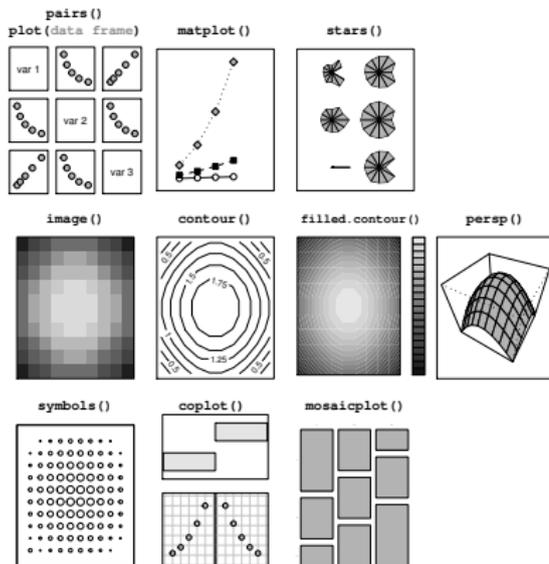


Figure 2.7

High-level base graphics plotting functions for producing plots of many variables. Where the function can be used to produce more than one type of plot, the relevant data type is shown (in gray).

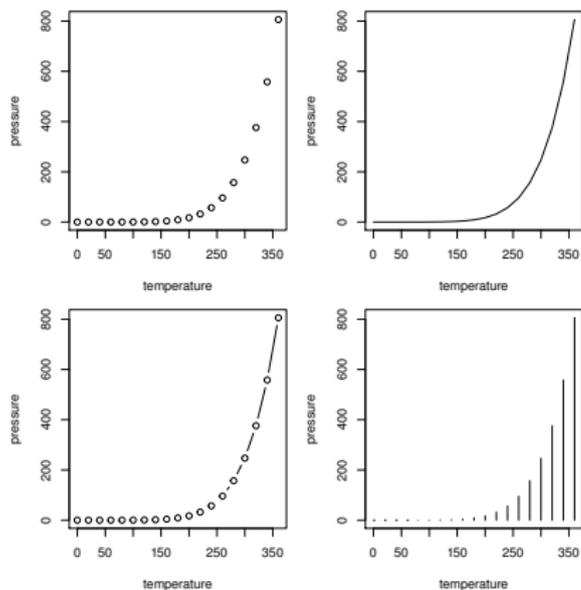


Figure 2.2

Four variations on a scatterplot. In each case, the plot is produced by a call to the `plot()` function with the same data; all that changes is the value of the `type` argument. At top-left, `type="p"` to give points (data symbols), at top-right, `type="l"` to give lines, at bottom-left, `type="b"` to give both, and at bottom-right, `type="h"` to give histogram-like vertical lines.

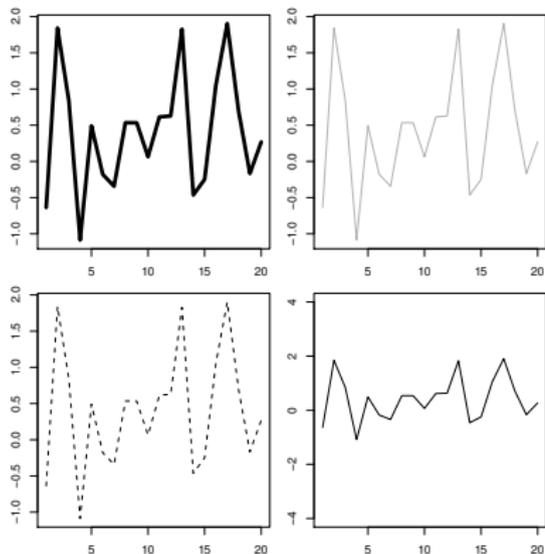


Figure 2.9

Standard arguments for high-level functions. All four plots are produced by calls to the `plot()` function with the same data, but with different standard plot function arguments specified: the top-left plot makes use of the `lwd` argument to control line thickness; the top-right plot uses the `col` argument to control line color; the bottom-left plot makes use of the `lty` argument to control line type; and the bottom-right plot uses the `ylim` argument to control the scale on the y-axis.

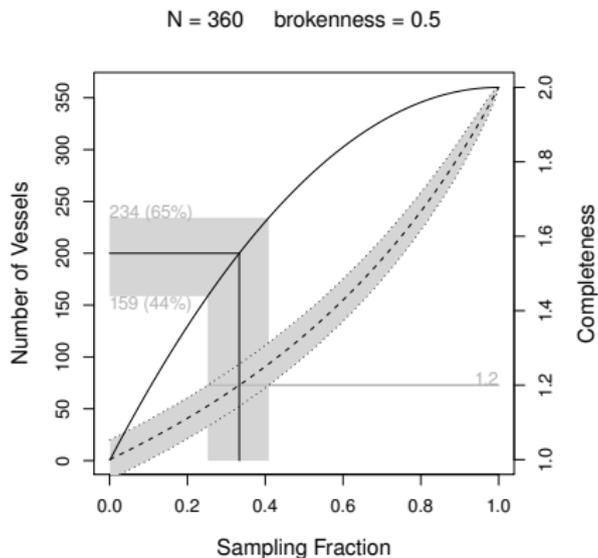


Figure 1.3

A customized scatterplot produced using R. This is created by starting with a simple scatterplot and augmenting it by adding an additional y-axis and several additional sets of lines, polygons, and text labels.

Murrell (2019)

Code Outline

```
# Initialisierung einer neuen Abbildung
dev.new()

# Abbildungsparameter
par(
  z.B. Arrangement von Panels, Begrenzungsstile, Schriftfonts, etc
)

# Higher-level Abbildungsfunktion wie plot(), hist(), barplot(), ...
plot(
  z.B. x- und y-Daten, Achsenlimits, Achsenbeschriftungen, Titel, Farben, etc.
  Jeder Aufruf einer higher-level Graphikfunktion belegt ein neues Subpanel!
)

# Hinzufügen weiterer Daten mit lower-level Abbildungsfunktionen zum aktuellen Panel
z.B. points(), lines(), abline()

# Weitere Graphikannotation zu aktuellem Panel
z.B. legend(), text()

# Speichern der Abbildung (Größenverhältnisse erst hier final festgelegt)
z.B. dev.copy2pdf()
```

Histogramme

```
# Histogrammparameter
h         <- 1
b_0      <- min(D$Delta.BDI)
b_k      <- max(D$Delta.BDI)
k        <- ceiling((b_k - b_0) / h)
b        <- seq(b_0, b_k, by = h)
ylimits  <- c(0, .25)
xlimits  <- c(-2, 14)
therapie <- c("Klassisch", "Online")
labs     <- c("Klassische Therapie", "Online Therapie")

# Abbildungsparameter
par(
  mfcol      = c(1, 2),
  family     = "sans",
  pty       = "m",
  bty       = "l",
  las       = 1,
  xaxs     = "i",
  yaxs     = "i",
  font.main = 1,
  cex      = 1,
  cex.main = 1
)

# Iteration über Therapiebedingungen
for(i in 1:2){
  hist(
    D$Delta.BDI[D$Bedingung == therapie[i]],
    breaks = b,
    freq   = F,
    xlim   = xlimits,
    ylim   = ylimits,
    xlab   = TeX("$\\Delta$ BDI"),
    ylab   = "",
    main   = labs[i])
}

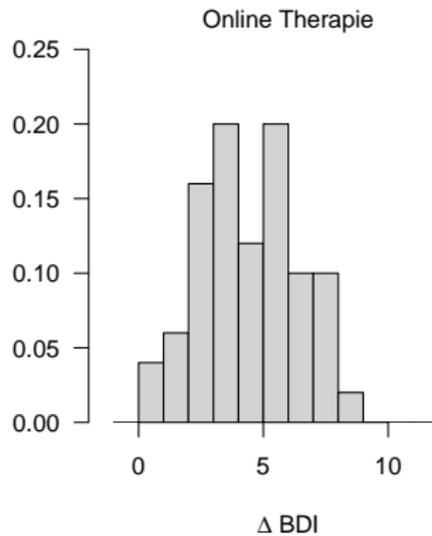
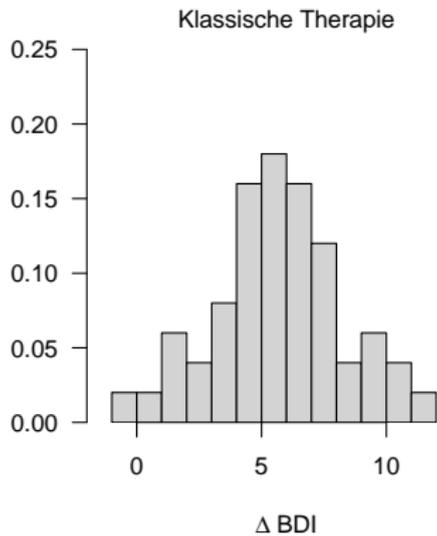
# PDF Speicherung
dev.copy2pdf(
  file = file.path(abb_dir, "pds_11_histogramm.pdf"),
  width = 8,
  height = 4
)
```

```
# gewünschte Klassenbreite
# b_0
# b_0
# Anzahl der Klassen
# Klassen [b_{j-1}, b_j[
# y-Achsenlimits
# x-Achsenlimits
# Therapiebedingungen
# Abbildungslabel

# für Details siehe ?par
# 1 x 2 Panelstruktur
# Serif-freier Fonttyp
# Maximale Abbildungsregion
# L förmige Box
# Horizontale Achsenbeschriftung
# x-Achse bei y = 0
# y-Achse bei x = 0
# Non-Bold Titel
# Textvergrößerungsfaktor
# Titeltextvergrößerungsfaktor

# Delta.BDI Werte von Therapiebedingung i
# Histogrammklassen
# normierte relative Häufigkeit
# x-Achsenlimits
# y-Achsenlimits
# x-Achsenbeschriftung
# y-Achsenbeschriftung
# Titelbeschriftung
```

Histogramme



Aufgabe 3a): Balkendiagramme

Erstelle ein Balkendiagramm mit Fehlerbalken, das die Mittelwerte und Standardabweichungen für die beiden Therapiebedingungen (Klassisch und Online) der Variable `Delta.BDI` zeigt. Gehe wie folgt vor.

1. Extrahiere die Mittelwerte und Standardabweichungen aus dem Dataframe `deskr_stat` und speichere sie in den Variablen `mw` bzw. `sd`.
2. Verwende die Funktion `barplot()`, um die Mittelwerte als Balken darzustellen.
3. Füge Fehlerbalken hinzu, die die Standardabweichungen anzeigen, indem du die Funktion `arrows()` verwendest.
4. Wähle passende Achsenbeschriftungen und einen Titel für das Diagramm.

Programmierübung 3a) Bedingungsabhängige Visualisierung

Als Bearbeitungshilfe seien folgende Befehle gegeben. Beachte, dass eine oder mehrere hierin verwendeten Variablen zuerst noch erstellt werden müssen, und dem `barplot()`-Befehl noch Funktionsargumente fehlen, um die Aufgabe vollständig zu erfüllen (z.B. Achsenlimits und -beschriftung).

```
x <- barplot(                                     # Speichern der x-Ordinaten (?barplot für Details)
  height = mw,                                    # Mittelwerte als Balkenhöhe
)

arrows(
  x0 = x,                                         # arrow start x-ordinate
  y0 = mw - sd,                                   # arrow start y-ordinate
  x1 = x,                                         # arrow end x-ordinate
  y1 = mw + sd,                                   # arrow end y-ordinate
  code = 3,                                       # Pfeilspitzen beiderseits
  angle = 90,                                     # Pfeilspitzenwinkel -> Linie
  length = 0.05                                   # Linielänge
)
```

Aufgabe 3 b): Boxplots

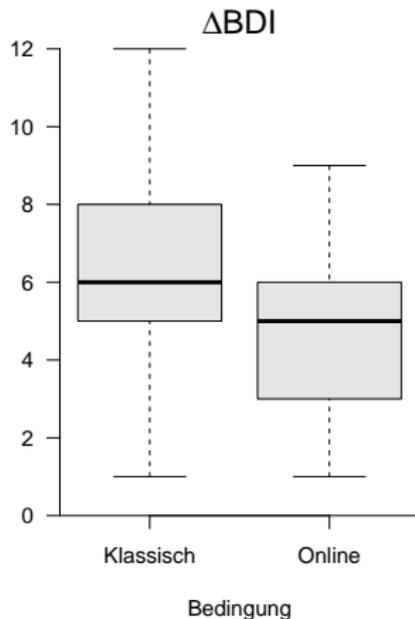
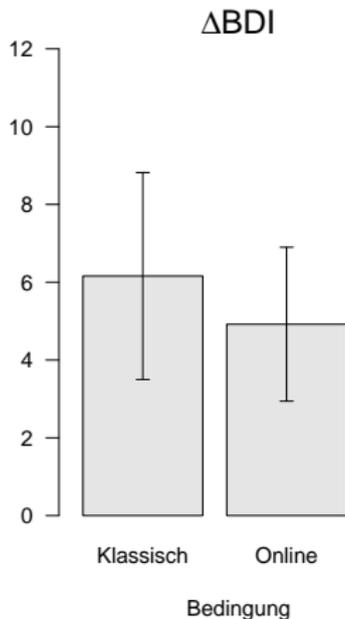
Erstelle Boxplots, die Verteilung der Delta.BDI-Werte für die beiden Therapiebedingungen Klassisch und Online visualisieren. Verwende dazu die Funktion `boxplot()` und das Funktionsargument `formula`, um mit einem einzigen Plot-Befehl beide Boxplots in einem Diagramm nebeneinander darzustellen.

Nutze den Befehl `?boxplot`, um die Argumente der Funktion genauer zu verstehen. Schau auch in die **Examples** hinein, um ein besseres Verständnis für die Anwendung der Funktion unter Hinzunahme des Arguments `formula` zu bekommen.

Programmierübung 3) Bedingungsabhängige Visualisierung

Der resultierenden Diagramme sollten in etwa so aussehen:

Bedingungsabhängige Visualisierung deskriptiver Statistiken



Lösung zu Programmierübung 2b)

```
# Initialisierung eines Dataframes
th_bed      <- c("Klassisch", "Online")           # Therapiebedingungen
n_th_bed    <- length(th_bed)                   # Anzahl Therapiebedingungen
deskr_stat  <- data.frame(                      # Dataframeerzeugung
  n          = rep(NaN, n_th_bed),              # Stichprobengrößen
  Max        = rep(NaN, n_th_bed),              # Maxima
  Min        = rep(NaN, n_th_bed),              # Minima
  Median     = rep(NaN, n_th_bed),              # Mediane
  Mean       = rep(NaN, n_th_bed),              # Mittelwerte
  Var        = rep(NaN, n_th_bed),              # Varianzen
  Std        = rep(NaN, n_th_bed),              # Standardabweichungen
  row.names = th_bed                           # Zeilenbenennung
)

# Iterationen über Therapiebedingungen
for (i in seq_along(th_bed)){
  data      <- D$Delta.BDI[D$Bedingung == th_bed[i]] # Daten filtern
  deskr_stat$n[i]      <- length(data)                # Stichprobengröße
  deskr_stat$Max[i]    <- max(data)                   # Maxima
  deskr_stat$Min[i]    <- min(data)                   # Minima
  deskr_stat$Median[i] <- median(data)                # Mediane
  deskr_stat$Mean[i]   <- mean(data)                  # Mittelwerte
  deskr_stat$Var[i]    <- var(data)                   # Varianzen
  deskr_stat$Std[i]    <- sd(data)                    # Standardabweichungen
}
```

Chang, Winston. 2013. *R Graphics Cookbook*. Beijing Cambridge Farnham Köln Sebastopol Tokyo: O'Reilly.
Murrell, Paul. 2019. *R Graphics*. Third edition. The R Series. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.