



# 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
<b>03.12.24</b>	<b>Deskriptive Statistik</b>	<b>(7) Häufigkeitsverteilungen</b>	<b>Seminar</b>
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

## (7) Häufigkeitsverteilungen

Motivation

Beispieldatensatz

Häufigkeitsverteilungen

Histogramme

Programmierübungen und Selbstkontrollfragen

## **Motivation**

Beispieldatensatz

Häufigkeitsverteilungen

Histogramme

Programmierübungen und Selbstkontrollfragen

## Definition und Ziele der Deskriptive Statistik

- Die Deskriptive Statistik ist die *beschreibende* Statistik.
- Ziel der Deskriptiven Statistik ist es, Daten übersichtlich darzustellen.
- Deskriptive Statistik ist insbesondere bei großen Datensätzen sinnvoll.
- Die Deskriptive Statistik berechnet zusammenfassende Maße aus Daten.

## Typische Methoden der Deskriptiven Statistik

- Häufigkeitsverteilungen und Histogramme
- Verteilungsfunktionen und Quantile
- Maße der zentralen Tendenz und der Datenvariabilität
- Zusammenhangsmaße

Die Deskriptive Statistik benutzt keine probabilistischen Modelle, aber die Methoden der Deskriptiven Statistik ergeben nur vor dem Hintergrund probabilistischer Modelle Sinn.

Motivation

## **Beispieldatensatz**

Häufigkeitsverteilungen

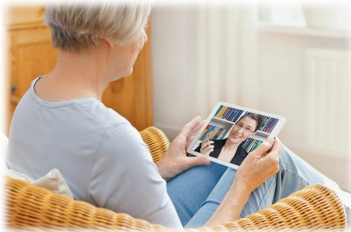
Histogramme

Programmierübungen und Selbstkontrollfragen

## Evidenzbasierte Evaluation von Psychotherapieformen bei Depression

Welche Therapieform ist bei Depression wirksamer?

### Online Psychotherapie



### Klassische Psychotherapie





# Beispieldatensatz

## Evidenzbasierte Evaluation von Psychotherapieformen bei Depression

### Becks Depressions-Inventar (BDI) zur Depressionsdiagnostik

BDI-II Fragebogen			
Name	Alter	Beobachter Nr. / Nr.	Datum
<b>Anleitung:</b> Dieser Fragebogen enthält 21 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. Kreuzen Sie die Zahl neben der Aussage an, die Sie sich herausgerufen haben (0, 1, 2 oder 3). Falls in einer Gruppe mehrere Aussagen gleichwohl zutreffend für Sie zutreffen, kreuzen Sie die Aussage mit der höchsten Zahl an. Antworten Sie bitte darauf, dass Sie in jeder Gruppe nicht mehr als eine Aussage ankreuzen, die gilt auch für Gruppe 16 (Veränderungen der Schlafgewohnheiten) oder Gruppe 18 (Veränderungen des Appetits).			
<b>1.) Traurigkeit</b>			
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.			
<b>2.) Pessimismus</b>			
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.			
<b>3.) Versagensgefühle</b>			
0 Ich fühle mich nicht als Versager. 1 Ich habe häufiger Versagensgefühle. 2 Wenn ich zurückblicke, sehe ich eine Menge Fehlgeschläge. 3 Ich habe das Gefühl, ich werde ein völliger Versager zu sein.			
<b>4.) Verlust von Freude</b>			
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 Dinge, die mir früher Freude gemacht haben, kann ich überhaupt nicht mehr genießen.			
<b>5.) Schuldgefühle</b>			
0 Ich habe keine besonderen Schuldgefühle. 1 Ich habe oft Schuldgefühle wegen Dingen, die ich so getan habe oder hätte tun sollen. 2 Ich habe die meiste Zeit Schuldgefühle. 3 Ich habe ständig Schuldgefühle.			

<b>11.) Unruhe</b>	<b>17.) Reizbarkeit</b>
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 bewege oder etwas tun muss.	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.
<b>12.) Interessenverlust</b>	<b>18.) Veränderungen des Appetits</b>
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.	0 Mein Appetit hat sich nicht verändert. 1a Mein Appetit ist etwas schlechter als sonst. 2a Mein Appetit ist etwas größer als sonst. 3a Mein Appetit ist viel schlechter als sonst. 1b Mein Appetit ist viel größer als sonst. 2b Ich habe überhaupt keinen Appetit. 3b Ich habe ständig Heißhunger.
<b>13.) Entscheidungsfähigkeit</b>	<b>19.) Konzentrationschwierigkeiten</b>
0 Ich bin so entscheidungsfröhlich 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.	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 überhaupt nicht mehr konzentrieren.
<b>14.) Wertigkeit</b>	<b>20.) Ermüdung oder Erschöpfung</b>
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 wert. 3 Ich fühle mich völlig wertlos.	0 Ich fühle mich nicht müde oder erschöpft als sonst. 1 Ich fühle mich schneller müde oder erschöpft als sonst. 2 Für viele Dinge, die ich üblicherweise tue, bin ich so müde oder erschöpft, dass ich fast nichts mehr tun kann.
<b>15.) Energieverlust</b>	<b>21.) Verlust an sexuellem Interesse</b>
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.	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.
<b>16.) Veränderungen der Schlafgewohnheiten</b>	
0 Meine Schlafgewohnheiten haben sich nicht verändert. 1a Ich schlafe etwas mehr als sonst. 1b 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.	

0 - 8 keine Depression

9 - 13 minimale Depression

14 - 19 leichte Depression

20 - 28 mittelschwere Depression

29 - 63 schwere Depression

© 2003 Pearson

© Pearson

Beck's Depression Inventory

## Beispiel: Evaluation von Psychotherapieformen bei Depression

Experimentelle Bedingung  
(Gruppen von  $n = 50$ )

Psychotherapie

Klassisch

Pre-BDI



Post-BDI

Online

Pre-BDI



Post-BDI

# 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 = T)
```

## 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

# VSCode Interactive Viewers

## Table Viewer

The screenshot shows the VS Code interface with the 'table\_viewer\_demo.r' file open. The R code in the editor defines a script for demonstrating the VS Code Table Viewer. It sets the working directory, loads the 'data.frame' package, and reads a CSV file named 'psychotherapie\_datensatz.csv'. The data is then displayed in the Table Viewer on the right.

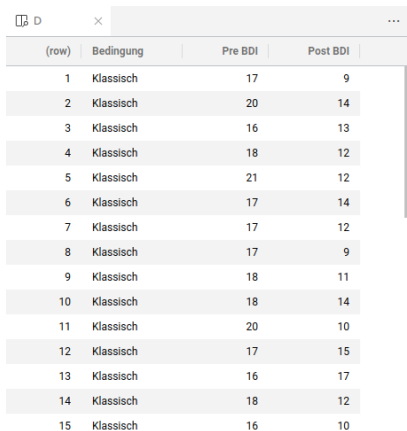
The Table Viewer displays the following data:

	Bedingung	Pro.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
9	Klassisch	18	11
10	Klassisch	18	14
11	Klassisch	20	10
12	Klassisch	17	16
13	Klassisch	16	17
14	Klassisch	18	12
15	Klassisch	16	10
16	Klassisch	18	13
17	Klassisch	17	9
18	Klassisch	14	13
19	Klassisch	18	12

Mit dem Befehl `View()` oder im R **WORKSPACE** → **Global Environment** über das View Symbol  neben entsprechendem Objekt

[VS Code Wiki - Interactive viewers](#)

## Datensatzübersicht mit View()



(row)	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
9	Klassisch	18	11
10	Klassisch	18	14
11	Klassisch	20	10
12	Klassisch	17	15
13	Klassisch	16	17
14	Klassisch	18	12
15	Klassisch	16	10

Motivation

Beispieldatensatz

## **Häufigkeitsverteilungen**

Histogramme

Programmierübungen und Selbstkontrollfragen

## Definition (Absolute und relative Häufigkeitsverteilungen)

$x := (x_1, \dots, x_n)$  mit  $x_i \in \mathbb{R}$  sei ein *Datensatz* (manchmal auch “Urliste” genannt) und  $A := \{a_1, \dots, a_k\}$  mit  $k \leq n$  seien die im Datensatz vorkommenden verschiedenen Zahlenwerte (manchmal auch “Merkmalsausprägungen” genannt). Dann heißt die Funktion

$$h : A \rightarrow \mathbb{N}, a \mapsto h(a) := \text{Anzahl der } x_i \text{ aus } x \text{ mit } x_i = a \quad (1)$$

die *absolute Häufigkeitsverteilung* der Zahlenwerte von  $x$  und die Funktion

$$r : A \rightarrow [0, 1], a \mapsto r(a) := \frac{h(a)}{n} \quad (2)$$

die *relative Häufigkeitsverteilung* der Zahlenwerte von  $x$ .

### Bemerkungen

- Absolute und relative Häufigkeitsverteilungen fassen Datensätze zusammen
- Absolute und relative Häufigkeitsverteilungen können einen ersten Datenüberblick geben

# Berechnung der Häufigkeitsverteilungen

Die **absoluten Häufigkeiten** einer kategorialen Variable können in R mit der Funktion `table()` bestimmt werden.

```
x      <- D$Pre.BDI           # double vector der Pre BDI Werte
n      <- length(x)           # Anzahl der Datenwerte (hier: 100)
H      <- as.data.frame(table(x)) # absolute Häufigkeitsverteilung als Dataframe
names(H) <- c("a", "h")       # Benennen der Spalten im Dataframe
```

Die **relativen Häufigkeiten** erhält man, indem man die absoluten Häufigkeiten durch die Stichprobengröße  $n$  teilt.

```
H$r     <- H$h / n           # Neue Spalte mit relativen Häufigkeiten
print(H)                       # Ausgabe des Dataframes
```

	a	h	r
1	14	1	0.01
2	15	3	0.03
3	16	6	0.06
4	17	17	0.17
5	18	21	0.21
6	19	20	0.20
7	20	17	0.17
8	21	12	0.12
9	22	2	0.02
10	23	1	0.01



## Visualisierung der absoluten Häufigkeitsverteilung mit barplot()

```
h          <- H$h          # Kopie der absoluten Häufigkeiten in einen Vektor
names(h)   <- H$a          # Den Häufigkeitswerten die entsprechenden Kategorien zuweisen
barplot(h, # Balkendiagramm
        h,  # absolute Häufigkeiten
        col = "gray90",  # Balkenfarbe
        xlab = "a",      # x Achsenbeschriftung
        ylab = "h(a)",   # y Achsenbeschriftung
        ylim = c(0, 25), # y Achsengrenzen
        las = 2,         # x Tick Orientierung (2: perpendicular to the axis)
        main = "Pre BDI" # Titel
)
```

### Anmerkungen

- Allgemeine **R Graphics** Plot Parameter können mit `?par` und Plotspezifische Parameter auf der jeweiligen Plot Help Page (z.B. `?barplot`) nachgeschlagen werden

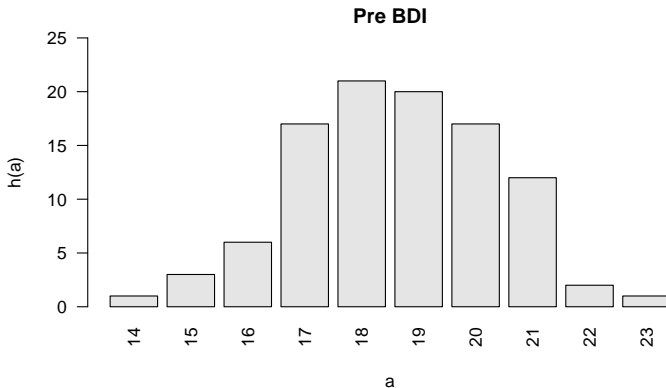
## Speichern von Abbildungen mit `dev.copy2pdf()`

```
# Variante 1: Dateinamen im selben Verzeichnis wie das Skript erstellen
skript_dir_path <- sys.frame(1)$ofile # Verzeichnis des aktuellen Skripts ermitteln
abb_fname      <- file.path(          # Absoluter Pfad zur Zieldatei im Skriptverzeichnis
  skript_verzeichnis,
  "pds_7_ha_prebdi.pdf"
)

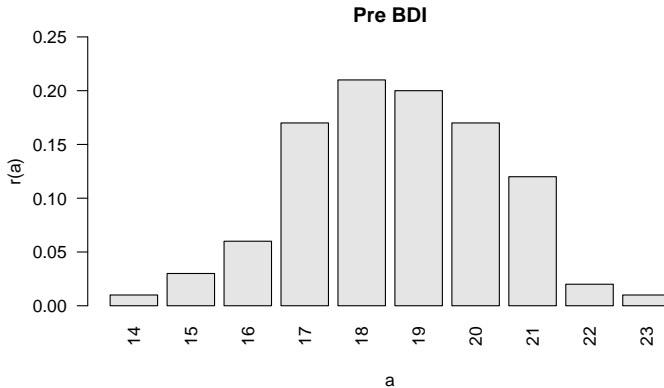
# Variante 2: Dateinamen in einem Unterverzeichnis "Abbildungen" erstellen
abb_dir_path   <- file.path(          # Absoluter Pfad zum Unterverzeichnis "Abbildungen"
  getwd(),      # Im Beispiel hier: im aktuellen working directory
  "Abbildungen"
)
abb_fname      <- file.path(          # Absoluter Pfad zur Zieldatei im Abbildungsverzeichnis
  abb_verzeichnis,
  "pds_7_ha_prebdi.pdf"
)

# Speichern der Abbildung als PDF
dev.copy2pdf(  # PDF Kopierfunktion
  file = abb_fname, # Dateiname
  width = 7,        # Breite (inch)
  height = 4         # Höhe (inch)
)
```

## Absolute Häufigkeitsverteilung aller Pre-BDI Werte



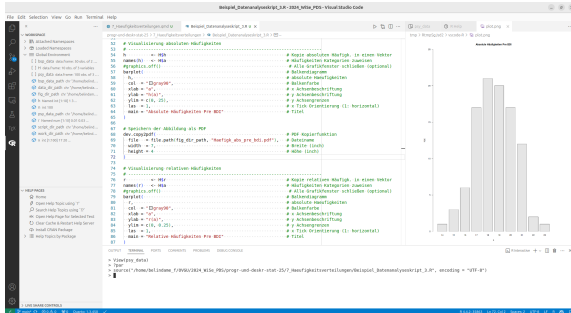
## Relative Häufigkeitsverteilung aller Pre-BDI Werte



# Grafikfenster und Plot Viewer in VS Code

## Der base VSCode-R plot viewer (png device)

Wenn Visualisierungen in R erstellt werden, öffnet sich standardmäßig ein Grafikfenster (graphical device). Dieses Fenster wird verwendet, um die Plots anzuzeigen.



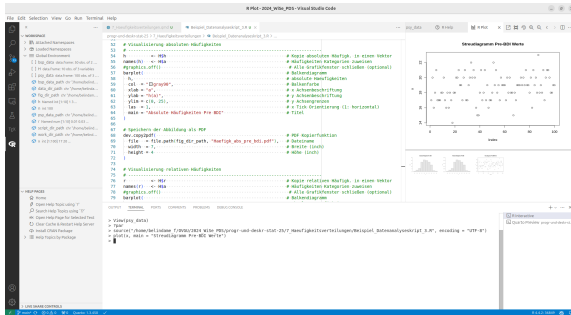
In Theorie können Grafikfenster mit `dev.new()` neu geöffnet und mit `dev.off()` geschlossen werden. Allerdings ist dieses Verhalten in VS Code nicht immer konsistent. Mit `graphics.off()` können jedoch alle noch offenen Grafikfenster geschlossen werden, bevor eine neue erstellt werden soll.

Für eine optimierte Anzeige von Grafiken innerhalb der VS Code-Umgebung ist es empfehlenswert, den [httpgd-based Plot Viewer](#) zu verwenden.

# Grafikfenster und Plot Viewer in VS Code

## httpgd-based Plot Viewer

Das R-Paket [httpgd](#) vereinfacht die Arbeit mit Grafiken über den VS Code [Plot viewer](#).



- Nach der Installation des Pakets kann dieser Plot Viewer in den VS Code-Einstellungen über die Option **r.plot.useHttpgd** aktiviert werden.
- Nach dem Ausführen eines Plot-Befehls öffnen sich die Grafiken automatisch im Plot Viewer.
- Nacheinander erstellte Grafiken werden nicht überschrieben, sondern als separate Ansichten hintereinander angezeigt und können durchgescrollt werden.

[VS Code Wiki - Interactive viewers](#)

Motivation

Beispieldatensatz

Häufigkeitsverteilungen

**Histogramme**

Programmierübungen und Selbstkontrollfragen

## Definition (Histogramm)

Ein *Histogramm* ist ein Diagramm, in dem zu einem Datensatz  $x = (x_1, \dots, x_n)$  mit verschiedenen Zahlenwerten  $A := \{a_1, \dots, a_m\}$ ,  $m \leq n$  über benachbarten Intervallen  $[b_{j-1}, b_j[$ , welche *Klassen* oder *Bins* genannt werden, für  $j = 1, \dots, k$  Rechtecke mit

$$\text{Breite} \quad d_j = b_j - b_{j-1}$$

$$\text{Höhe} \quad h(a) \text{ oder } r(a) \text{ mit } a \in [b_{j-1}, b_j[$$

abgebildet sind, wobei  $b_0 := \min A$  und  $b_k := \max A$  angenommen werden soll.

## Bemerkungen

- Das Aussehen eines Histogramms ist stark von der Anzahl  $k$  der Klassen abhängig.
- Im Folgenden sind einige konventionelle Methoden zur Bestimmung von  $k$  aufgeführt ( $\lceil \cdot \rceil$  ist die Aufrundungsfunktion).

$$k := \left\lceil \frac{b_k - b_0}{h} \right\rceil \quad \text{Bestimmung der Anzahl der Klassen aus gewünschter Klassenbreite } h$$

$$k := \lceil \sqrt{n} \rceil \quad \text{Klassenanzahl in Excel}$$

$$k := \lceil \log_2 n + 1 \rceil \quad \text{Implizite Normalverteilungsannahme (Sturges, 1926)}$$

$$h := 3.49 \cdot \frac{S_n}{\sqrt[3]{n}} \quad \text{Berechnung } h \text{ nach Scott (1979): Min. MSE Dichteschätzung bei Normalverteilung}$$



# Berechnung und Visualisierung von Histogrammen

## Berechnung und Visualisierung von Histogrammen mit `hist()`

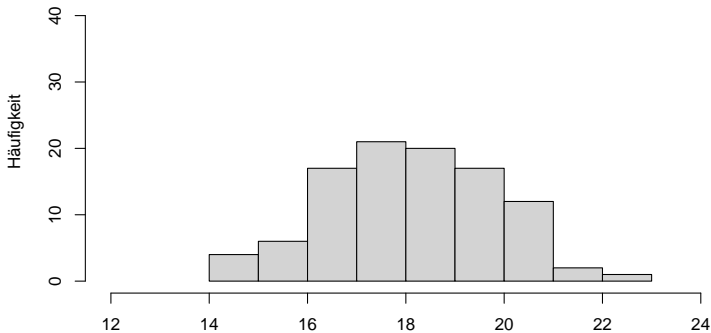
- Die Klassen  $[b_{j-1}, b_j[, j = 1, \dots, k$  werden als Argument `breaks` festgelegt
- `breaks` ist der atomic vector  $c(b_0, b_1, \dots, b_k)$  mit Länge  $k + 1$
- Per default benutzt `hist()` eine Modifikation der Sturges Empfehlung  $k = \lceil \log_2 n + 1 \rceil$
- `hist()` bietet eine Vielzahl weiterer Spezifikationsmöglichkeiten

```
# Default Histogramm
x      <- D$Pre.BDI          # Datensatz
x_min <- 12                  # x Achsengrenze (links)
x_max <- 25                  # x Achsengrenze (rechts)
y_min <- 0                   # y Achsengrenze (unten)
y_max <- 45                  # y Achsengrenze (oben)

hist(                        # Histogramm
  x,                         # Datensatz
  xlim = c(x_min, x_max),    # x Achsengrenzen
  ylim = c(y_min, y_max),    # y Achsengrenzen
  ylab = "Häufigkeit",       # y-Achsenbezeichnung
  xlab = "",                  # x-Achsenbezeichnung
  main = "Pre-BDI, R Default" # Titel
)
```

### Visualisierung

**Pre-BDI, R Default**



# Histogramm mit hist() und default breaks - Beispiel

## Ausgabe der Ergebnisse

```
# Histogrammdaten berechnen, ohne Plot auszugeben
histogram_data <- hist(      # Speichert die Ergebnisse von hist()
  x,                        # Datensatz
  plot = FALSE              # Verhindert die direkte Darstellung des Plots
)

print(histogram_data)       # Ausgabe der Ergebnisse
```

\$breaks

```
[1] 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
```

\$counts

```
[1]  4  6 17 21 20 17 12  2  1
```

\$density

```
[1] 0.04 0.06 0.17 0.21 0.20 0.17 0.12 0.02 0.01
```

\$mids

```
[1] 14.5 15.5 16.5 17.5 18.5 19.5 20.5 21.5 22.5
```

\$xname

```
[1] "x"
```

\$equidist

```
[1] TRUE
```

attr(,"class")

```
[1] "histogram"
```

# Histogramme mit alternativen Klassengrößen

## Berechnung von Klassenanzahlen und breaks Argument

```
# Histogramm mit gewünschter Klassenbreite
h  <- 1                                # gewünschte Klassenbreite
b_0 <- min(x)                          # b_0
b_k <- max(x)                          # b_k
k  <- ceiling((b_k - b_0) / h)         # Anzahl der Klassen
b  <- seq(b_0, b_k, len = k + 1)      # Klassen [b_{j-1}, b_j[

# Excelstandard
n  <- length(x)                        # Anzahl Datenwerte
k  <- ceiling(sqrt(n))                 # Anzahl der Klassen
b  <- seq(b_0, b_k, len = k + 1)      # Klassen [b_{j-1}, b_j[
h  <- b[2] - b[1]                     # Klassenbreite

# Sturges
n  <- length(x)                        # Anzahl Datenwerte
k  <- ceiling(log2(n)+1)               # Anzahl der Klassen
b  <- seq(b_0, b_k, len = k + 1)      # Klassen [b_{j-1}, b_j[
h  <- b[2] - b[1]                     # Klassenbreite

# Scott
n  <- length(x)                        # Anzahl Datenwerte
S  <- sd(x)                           # Stichprobenstandardabweichung
h  <- ceiling(3.49*S/(n^(1/3)))        # Klassenbreite
k  <- ceiling((b_k - b_0)/h)           # Anzahl der Klassen
b  <- seq(b_0, b_k, len = k + 1)      # Klassen [b_{j-1}, b_j[
```

## Berechnung und Visualisierung von Histogrammen mit `hist()`

- Die Klassen  $[b_{j-1}, b_j], j = 1, \dots, k$ , die in der Variable `b` gespeichert sind, werden als Argument mit `breaks` festgelegt
- `breaks` ist der atomic vector  $c(b_0, b_1, \dots, b_k)$  mit Länge  $k + 1$

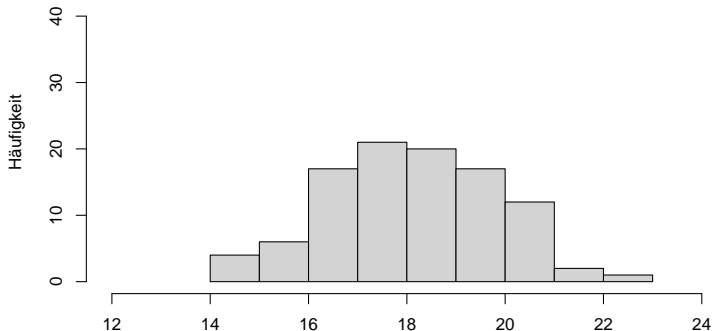
```
# Default Histogramm
x      <- D$Pre.BDI
x_min  <- 12
x_max  <- 25
y_min  <- 0
y_max  <- 30
hist(
  x,
  breaks = b,
  xlim   = c(x_min, x_max),
  ylim   = c(y_min, y_max),
  ylab   = "Häufigkeit",
  xlab   = "",
  main   = sprintf("Pre-BDI, k = %.0f, h = %.2f", k, h)
)

# Datensatz
# x Achsengrenze (unten)
# x Achsengrenze (oben)
# y Achsengrenze (oben)
# y Achsengrenze (unten)
# Histogramm
# Datensatz
# breaks
# x Achsengrenzen
# y Achsengrenzen
# y-Achsenbezeichnung
# x-Achsenbezeichnung
# Titel
```

# Histogramme - Beispiel

Gewünschte Klassenbreite  $h := 1$

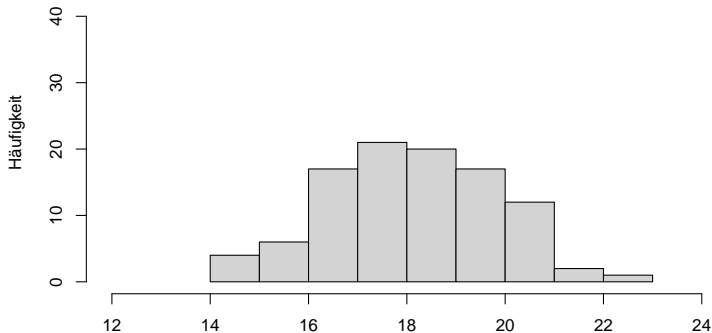
**Pre-BDI,  $k = 9$ ,  $h = 1.00$**



## Histogramme - Beispiel

Gewünschte Klassenbreite  $h := 1.5$

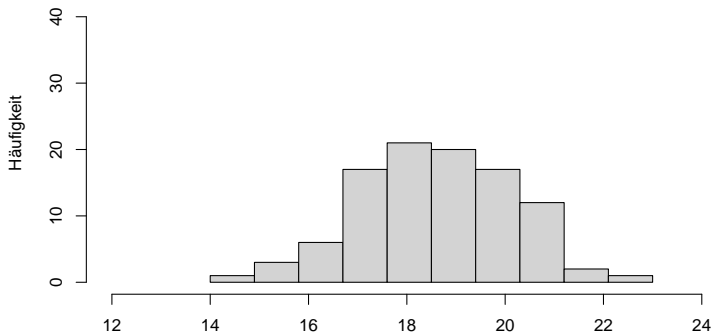
**Pre-BDI,  $k = 9$ ,  $h = 1.00$**



## Histogramme - Beispiel

Excelstandard  $k := \lceil \sqrt{n} \rceil$

**Pre-BDI, k = 10, h = 0.90**

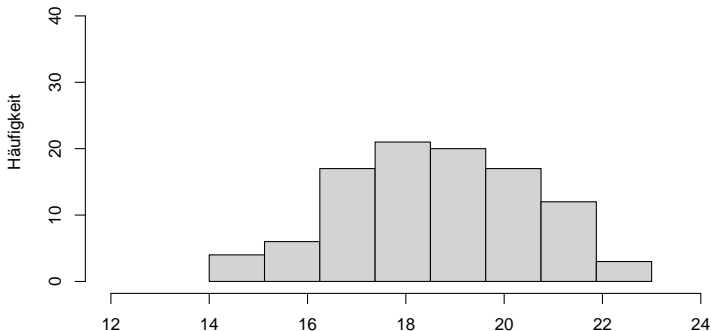




## Histogramme - Beispiel

nach Sturges (1926) ,  $k := \lceil \log_2 n + 1 \rceil$

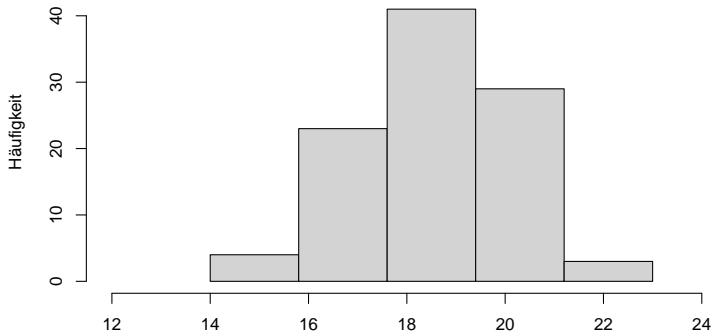
**Pre-BDI, k = 8, h = 1.12**



## Histogramme - Beispiel

nach Scott (1979) ,  $h := 3.49S_n / \sqrt[3]{n}$

**Pre-BDI, k = 5, h = 1.80**



Motivation

Beispieldatensatz

Häufigkeitsverteilungen

Histogramme

**Programmierübungen und Selbstkontrollfragen**

1. Visualisiere die absoluten und relativen Häufigkeitsverteilungen der Post-BDI-Daten des Beispieldatensatzes *psychotherapie\_datensatz.csv*. Speichere die erstellten Diagramme als PDF-Dateien im gleichen Verzeichnis, in dem das Skript für diese Aufgabe liegt. Stelle sicher, dass sowohl die Achsentitel als auch die Legenden klar und beschreibend sind.
2. Visualisiere die Häufigkeitsverteilungen der Differenzen zwischen Post- und Pre-BDI-Daten. Speichere die Diagramme in einem Abbildungsverzeichnis und achte darauf, dass die Darstellung für spätere Vergleiche konsistent ist.
3. Visualisiere die Häufigkeitsverteilungen der Differenzen zwischen Post- und Pre-BDI-Daten getrennt nach den experimentellen Bedingungen („Klassisch“ und „Online“). Nutze dein Wissen zu Indizierung in R, um die Daten korrekt zu filtern, und beschrifte die Diagramme und PDF-Dateien entsprechend.
4. Beschreibe die in den vorherigen Aufgaben erstellten Häufigkeitsverteilungen. Gehe dabei auf Unterschiede in Form, Lage und Streuung ein.

5. Erstelle Histogramme der Differenzen zwischen Post- und Pre-BDI-Daten mithilfe verschiedener Methoden zur Bestimmung der Klassengröße. Beschrifte alle Diagramme klar und lege sie im Abbildungsverzeichnis ab.
6. Vergleiche und beschreibe die Unterschiede zwischen den in Aufgabe 5 erstellten Histogrammen. Diskutiere insbesondere, wie die Wahl der Klassengrößen und -anzahlen die Form und die Interpretation der Verteilungen beeinflusst.

1. Definiere die Begriffe der absoluten und relativen Häufigkeitsverteilungen.
2. Definiere den Begriff des Histogramms.
3. Erläutere die Bedeutung der Klassenanzahl für das Erscheinungsbild eines Histogramms.

# References

---

Scott, David W. 1979. "On Optimal and Data-Based Histograms," 6.

Sturges, Herbert A. 1926. "The Choice of a Class Interval." *Journal of the American Statistical Association* 21 (153): 65–66. <https://doi.org/10.1080/01621459.1926.10502161>.