Statistik und Qualität - Ausarbeitung der ersten Übung

Stefan Dünser

A) TECHNISCHE FERTIGKEITEN

A-1) Handelt es sich bei den vorliegenden statistischen Gesamtheiten um Bestands- oder Bewegungsgrößen?

a) Studierende an einer Hochschule

Bestandsgröße

b) Hochzeiten am Standesamt einer Gemeinde

Bewegungsgröße

c) Bei der Behörde gemeldete Personenkraftwagen

Bestandsgröße

d) Maschinenausfälle in einer Werkstatt

Bewegungsgröße

e) Wartende Kunden vor einem Abfertigungsschalter

Bestandsgröße

A-2) Im Servicecenter eines Unternehmens werden über einen Zeitraum eines Tages die eingehenden Anrufe aufgezeichnet. Gezählt wird die Anzahl der pro 10-Minuten-Zeitintervall eingehenden Anrufe. Für 40 derartige Zeitintervalle erhält man folgende Ergebnisse:

```
# Erstellen einer Urliste
Liste.vec <- c(0, 0, 1, 3, 4, 1, 2, 2, 1, 1, 1, 2, 3, 0, 2, 0, 1, 3, 1, 2, 2,
0, 1, 1, 6, 1, 0, 2, 3, 1, 1, 4, 2, 3, 2, 0, 3, 0, 1, 2)
Liste.vec
```

```
##  [1] 0 0 1 3 4 1 2 2 1 1 1 2 3 0 2 0 1 3 1 2 2 0 1 1 6 1 0 2 3 1 1 4 2 3 2
0 3 0
## [39] 1 2
```

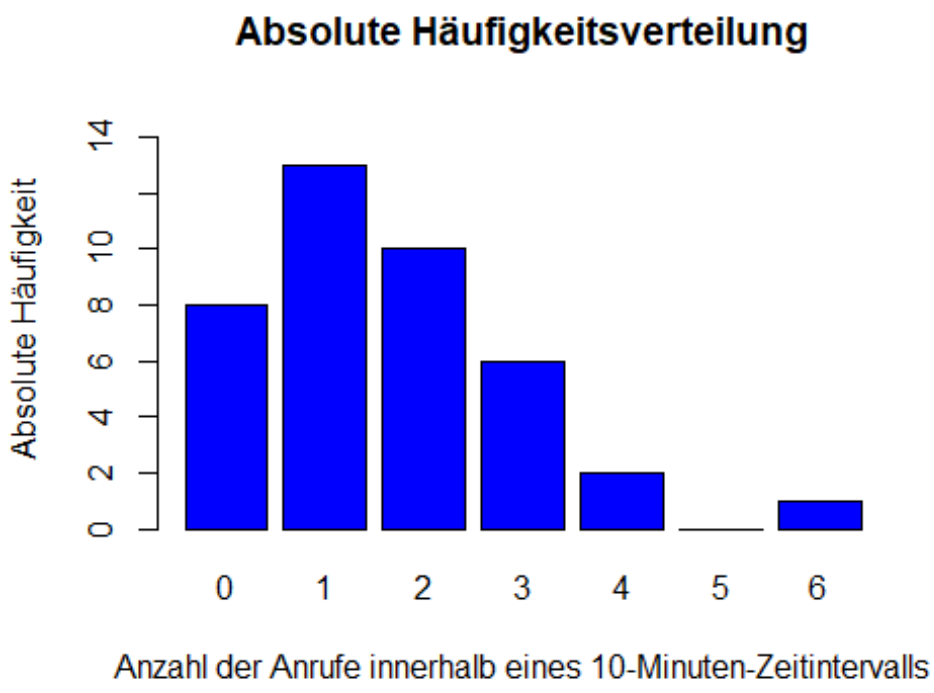
a) Was stellt bei dieser Fragestellung die statistische Grundgesamtheit dar? Was sind die beobachteten Merkmale der statistischen Einheiten und wie sind sie skaliert?

- Grundgesamtheit
  - Die Grundgesamtheit setzt sich aus den statistischen Einheiten zusammen. Die Grundgesamtheit sind die Anzahl der 10-Minuten-Zeitintervalle - (40).
- Merkmale
  - Anzahl der 10-Minuten-Zeitintervalle (40)
  - Anzahl der Anrufe über alle Zeitintervalle (65)
- Skalierung
  - Metrische Skalierung (Kardinalskala), die verhältnisskaliert ist

b) Ermittle die absolute und relative Häufigkeitstabelle der eingehenden Anrufe und stelle die Häufigkeitsverteilung und Summenhäufigkeit grafisch dar.

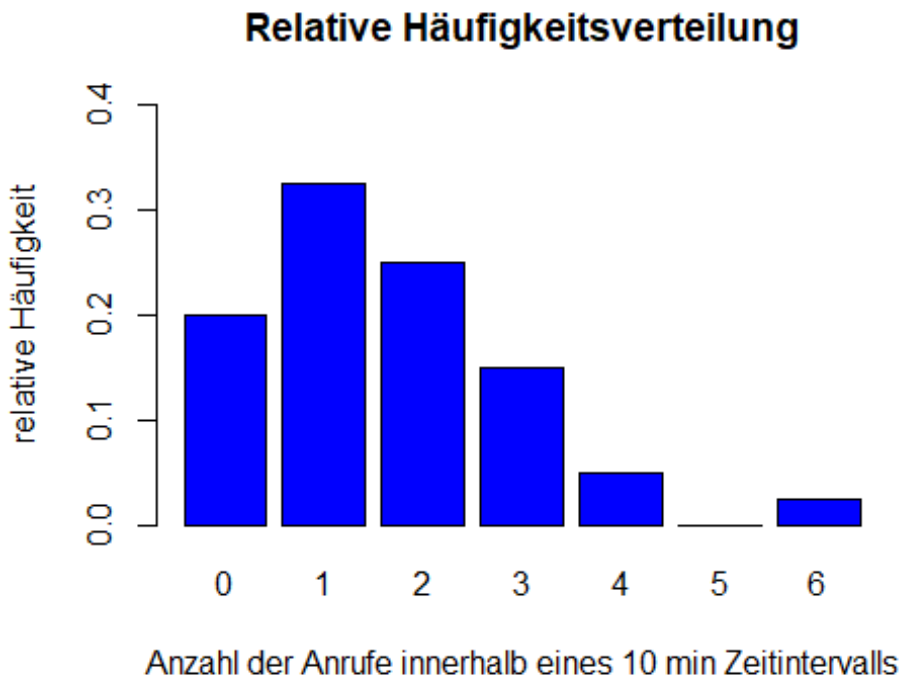
Absolute Häufigkeit:

```
table(Liste.vec)

## Liste.vec
##  0  1  2  3  4  6
##  8 13 10  6  2  1

# Beim folgenden Baplot muss die x-Achse separat noch einmal mit den Werten
von 0 bis 6 initialisiert werden (siehe Vector levels) da bei einer
automatischen Nummerierung die 5 wegfallen würde, da dieses Merkmal in der
Urliste nicht vorkommt.
barplot(table(factor(Liste.vec,levels=c(0,1,2,3,4,5,6))), ylim = c(0,15), xla
b = "Anzahl der Anrufe innerhalb eines 10-Minuten-Zeitintervalls", ylab = "Ab
solute Häufigkeit", main = "Absolute Häufigkeitsverteilung", col = "blue")
```



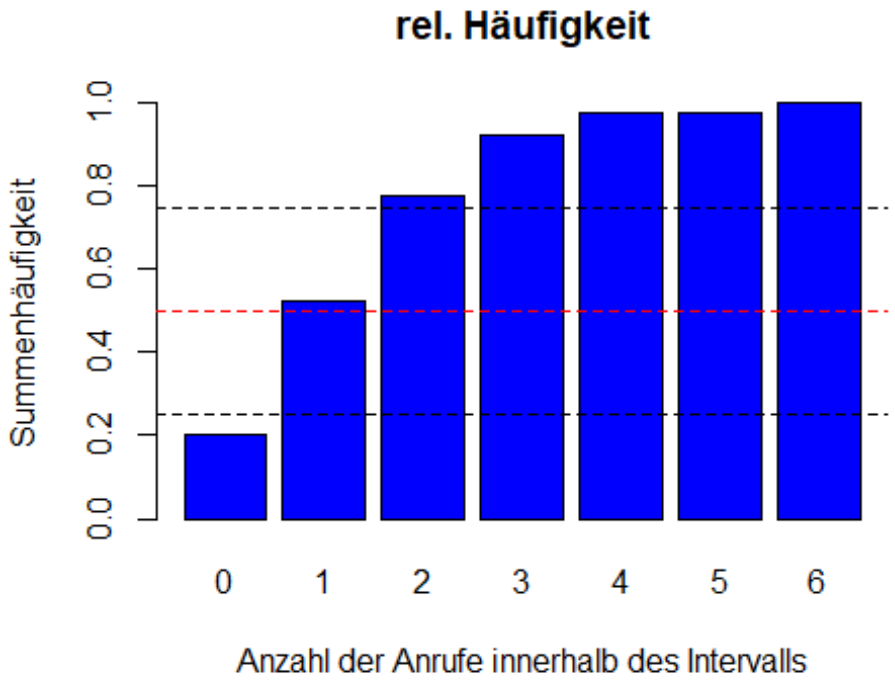
Relative Häufigkeit:

```
# Für die relative Häufigkeit wird die Absolute Häufigkeit durch die Anzahl
der Elemente im Vektor dividiert. Wahlweise könnte noch *100 gerechnet
werden, um eine %-Zahl zu erhalten.
table(Liste.vec)/length(Liste.vec)

## Liste.vec
##     0     1     2     3     4     6
## 0.200 0.325 0.250 0.150 0.050 0.025

# Auch hier wieder de separate Definition des x-Vektors für die Darstellung
mi 5.
barplot(table(factor(Liste.vec,levels=c(0,1,2,3,4,5,6)))/sum(table(Liste.vec)
), ylim = c(0,0.4), xlab = "Anzahl der Anrufe innerhalb eines 10 min Zeitinte
rvalls",ylab = "relative Häufigkeit", main = "Relative Häufigkeitsverteilung"
, col = "blue")
```



Summenhäufigkeit

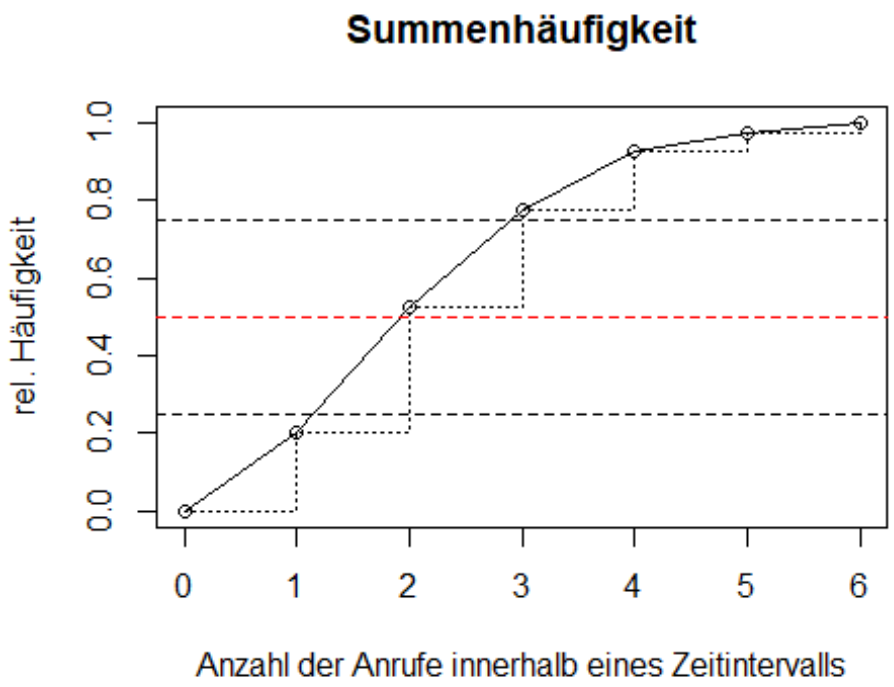
```
cumsum(table(Liste.vec))

##  0  1  2  3  4  6
##  8 21 31 37 39 40

barplot(cumsum(table(factor(Liste.vec,levels = c(0,1,2,3,4,5,6))))/sum(table(
Liste.vec)), xlab = "Anzahl der Anrufe innerhalb des Intervalls", ylab = "Sum
menhäufigkeit", main = "rel. Häufigkeit", col = "blue")
abline(0.25, 0, lty = "dashed")
abline(0.5, 0, lty = "dashed", col = "red")
abline(0.75, 0, lty = "dashed")
```



Die Darstellung der Summenhäufigkeit wird meist in einem Liniendiagramm gemacht. Eine solche Darstellung ist in der nachfolgenden Grafik ersichtlich.

Andere Darstellung der Summenhäufigkeit

```
Breaks.vec <- c(0:6)
SummHfk.vec <- cumsum(table(Liste.vec))/sum(table(Liste.vec))

# plot-Funktion erzeugt ein Punktdiagramm
# Für die bessere Lesbarkeit werden die einzelnen Punkte durch eine Linie mit
einander verbunden
plot(Breaks.vec, c(0,SummHfk.vec), main = "Summenhäufigkeit", xlab = "Anzahl
der Anrufe innerhalb eines Zeitintervalls", ylab = "rel. Häufigkeit", type =
"l", lty = 1)
# Darstellung der Werte als Punkte
points(Breaks.vec, c(0,SummHfk.vec))
# Verbindungslinie zwischen den Punkten
lines(Breaks.vec, c(0,SummHfk.vec), type = "s", lty = 3)
# unteres Quartil
abline(0.25, 0, lty = "dashed")
# oberes Quartil
abline(0.75, 0, lty = "dashed")
# Median
abline(0.5, 0, lty = "dashed", col = "red")
```



c) Schätze das arithmetische Mittel aus der grafischen Darstellung für die Häufigkeit und den Median aus der grafischen Darstellung für die Summenhäufigkeit.

Arithmetisches Mittel:

Das arithmestische Mittel kann als Schwerpunkt der Häufigkeitsverteilung angesehen werden. In diesem Fall beträgt das arithmetische Mittel nach Abschätzung rund 1,5, da somit links und rechts der x-Achse in etwa gleich viele Werte sind.

Median:

Der Median wird über die y-Achse ermittelt. Der Median befindet sich dann auf der x-Achse an dem Punkt, an dem 50% des y-Werts erreicht sind. In diesem Fall ist der Median bei 1.

d) Berechne die möglichen Lageparameter (Zentralmaße und Streumaße)

Zentralmaße:

Modus Der Modus beschreibt den Wert, der in der Werteliste am häufigsten vorkommt.

```
# Für den Modus gibt es in R keinen Befehl, weshalb hier die Ermittlung über
eine Funktion erfolgt.
getmode <- function(Liste.vec) {
   uniqv <- unique(Liste.vec)
   uniqv[which.max(tabulate(match(Liste.vec, uniqv)))]
}
mode <- getmode(Liste.vec)
mode

## [1] 1
```

Median
Der Median beschreibt "den Wert in der Mitte". Er ist der Zentralwert aller Werte in der Werteliste.

```
median(Liste.vec)
```

```
## [1] 1
```

Arithmetisches Mittel
Das arithmetische Mittel, oder Durchschnitt, bezeichnet den Mittelwert aller Werte in einer Werteliste.

```
mean(Liste.vec)
```

```
## [1] 1.625
```

Streumaße:
Minimum
Das Minimum ist das kleinste Element in einer Liste

```
Minimum <- min(Liste.vec)
Minimum
```

```
## [1] 0
```

Maximum
Das Maximum ist der größte Wert in einer Liste.

```
Maximum <- max(Liste.vec)
Maximum
```

```
## [1] 6
```

Spannweite
Die Spannweite misst die Streuung in einer Beobachtung von ordinalskalierten Merkmalen.

```
Spannweite <- range(Liste.vec)
Spannweite
```

```
## [1] 0 6
```

Quantile
Ähnlich wie der Median teilt ein Quantil die Werteliste in 100 gleich große Einheiten. Der Median an sich ist auch ein Quantil, nämlich da Qantil bei 50. Das Quartil teilt die Werte nicht in 100 sondern in 4 Einheiten.

```
quantile(Liste.vec)
```

```
##   0%  25%  50%  75% 100%
##    0    1    1    2    6
```

Mittlere absolute Abweichung

Die mittlere absolute Abweichung gibt den Wert an, um die die Stichprobe um den Median schwankt.

```
mean(abs(Liste.vec-mean(Liste.vec)))
```

```
## [1] 1.05625
```

Standardabweichung

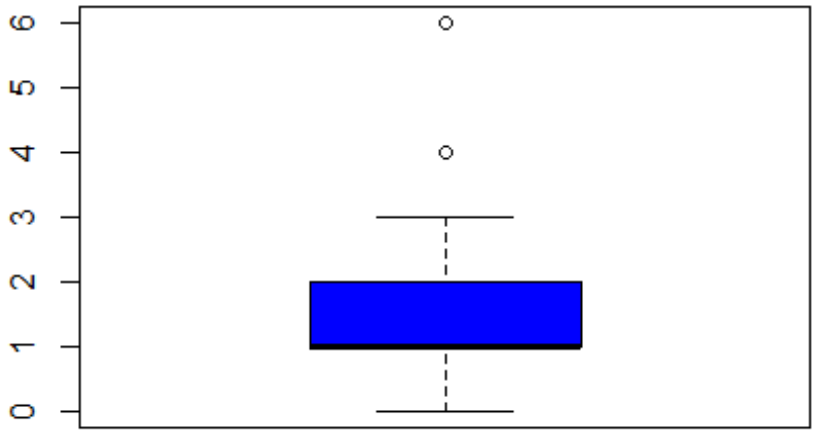
Die Standardabweichung ist ein Maß für die Streuung der Wahrscheinlichkeitsdichte um ihren Schwerpunkt.

```
sd(Liste.vec)
```

```
## [1] 1.333734
```

e) Stelle die Daten in einem Boxplot dar

```
boxplot(Liste.vec, col = "blue")
```



Besonders Auffällig ist bei diesem Boxplot bzw. den Werten aus der Liste, dass der Median und das erste Quartil (25% Quantil) zusammenfallen. Die Werte 4 Anrufe sowie 6 Anrufe innerhalb eines 10-Minuten_Zeitintervalls werden hier als Ausreißer aufgefasst und als Kreis dargestellt.

A-3) Eine Anzahl von 1000 Kleinmotoren weist folgende Lebensdauer auf:

```
# Einteilung in gleiche Klassenbreiten
Klassen.vec <- c("[0,2]", "(2,4]", "(4,6]", "(6,8]", "(8,10]")
Anzahl.vec <- c(33,276,404,237,50)

Klassen.vec; Anzahl.vec
```

```
## [1] "[0,2]"  "(2,4]"  "(4,6]"  "(6,8]"  "(8,10]"
```

```
## [1]  33 276 404 237  50
```

```
# Darstellung der Daten in einer Tabelle
Lebensdauer.df <- data.frame(Lebensdauer=Klassen.vec, Anzahl_Motoren=Anzahl.v
ec)
Lebensdauer.df
```

```
##   Lebensdauer Anzahl_Motoren
## 1       [0,2]             33
## 2       (2,4]            276
## 3       (4,6]            404
## 4       (6,8]            237
## 5      (8,10]             50
```

Ergänzung der vorgegebenen Liste um die Klassenbreite und die Klassenmitte

```
Lebensdauer.df <- data.frame(Lebensdauer=Lebensdauer.df$Lebensdauer, Klassenm
itte=c(1,3,5,7,9), Klassenbreite=rep(2,5), Anzahl_Motoren=Lebensdauer.df$Anza
hl_Motoren)
Lebensdauer.df
```

```
##   Lebensdauer Klassenmitte Klassenbreite Anzahl_Motoren
## 1       [0,2]            1             2             33
## 2       (2,4]            3             2            276
## 3       (4,6]            5             2            404
## 4       (6,8]            7             2            237
## 5      (8,10]            9             2             50
```

Ergänzung der Tabelle um die relative Häufigkeitsverteilung und die Summenhäufigkeit

```
RelHfgk.vec <- Lebensdauer.df$Anzahl_Motoren / sum(Lebensdauer.df$Anzahl_Moto
ren)
SumHfgk.vec <- cumsum(RelHfgk.vec)
Lebensdauer.df <- data.frame(Lebensdauer.df, RelHfgk.vec, SumHfgk.vec)
Lebensdauer.df
```

```
##   Lebensdauer Klassenmitte Klassenbreite Anzahl_Motoren RelHfgk.vec SumHfg
k.vec
```

```
## 1       [0,2]            1             2              33       0.033
0.033
## 2       (2,4]            3             2             276       0.276
0.309
## 3       (4,6]            5             2             404       0.404
0.713
## 4       (6,8]            7             2             237       0.237
0.950
## 5      (8,10]            9             2              50       0.050
1.000
```

Ergänzung der Tabelle um die Häufigkeitsdichte

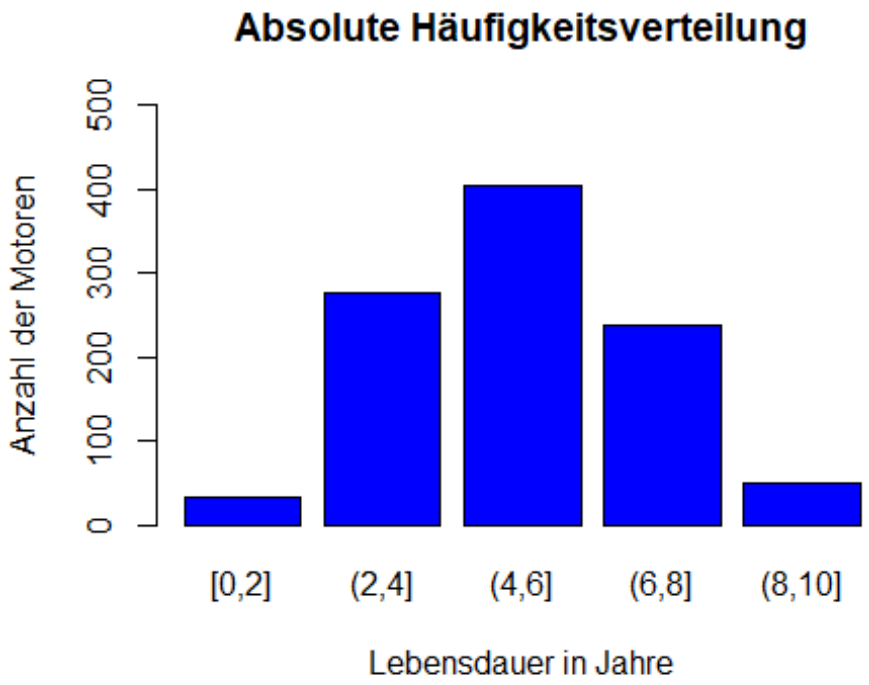
```
HfgkDichte.vec <- Lebensdauer.df$RelHfgk.vec / Lebensdauer.df$Klassenbreite
Lebensdauer.df <- data.frame(Lebensdauer.df, Dichte=HfgkDichte.vec)
Lebensdauer.df
```

```
##   Lebensdauer Klassenmitte Klassenbreite Anzahl_Motoren RelHfgk.vec SumHfg
k.vec
## 1       [0,2]            1             2              33       0.033
0.033
## 2       (2,4]            3             2             276       0.276
0.309
## 3       (4,6]            5             2             404       0.404
0.713
## 4       (6,8]            7             2             237       0.237
0.950
## 5      (8,10]            9             2              50       0.050
1.000
##   Dichte
## 1 0.0165
## 2 0.1380
## 3 0.2020
## 4 0.1185
## 5 0.0250
```

a) Stelle die Häufigkeitsverteilung und Summenhäufigkeit grafisch dar.

Absolute Häufigkeitsverteilung

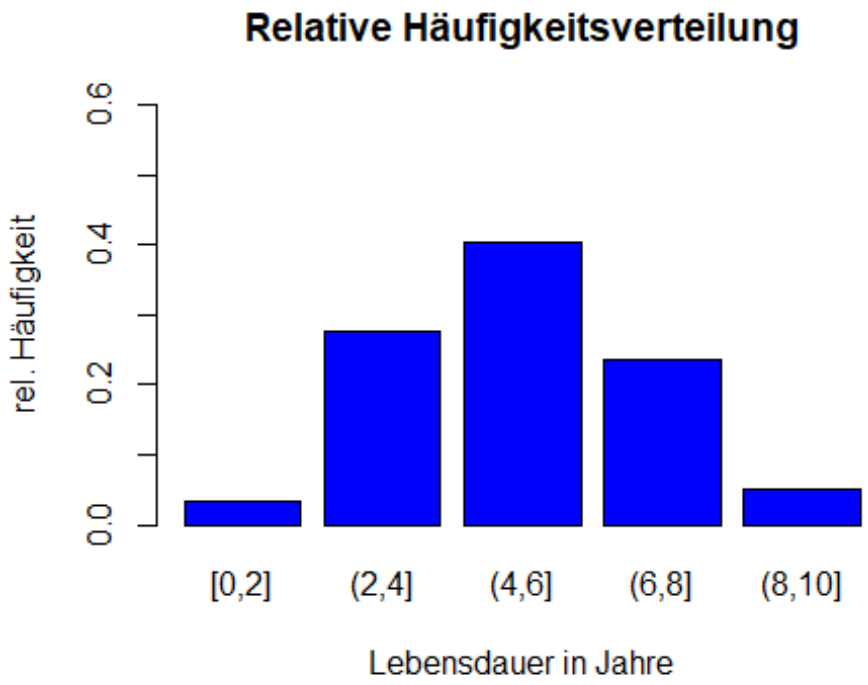
```
# Erstellung einer absoluten Häufigkeitsverteilung mit gleicher Klassenbreite
barplot(Lebensdauer.df$Anzahl_Motoren, names=Lebensdauer.df$Lebensdauer, col
= "blue", xlab = "Lebensdauer in Jahre", ylab = "Anzahl der Motoren", main =
"Absolute Häufigkeitsverteilung", ylim = c(0,500))
```




```
# Für eine bessere Lesbarkeit der Darstellung wurden die Limits der y-Achse
nicht automatisch sondern manuell geändert. Dadurch sind alle Werte unterhalb
des obersten Werts der y-Achse.
```

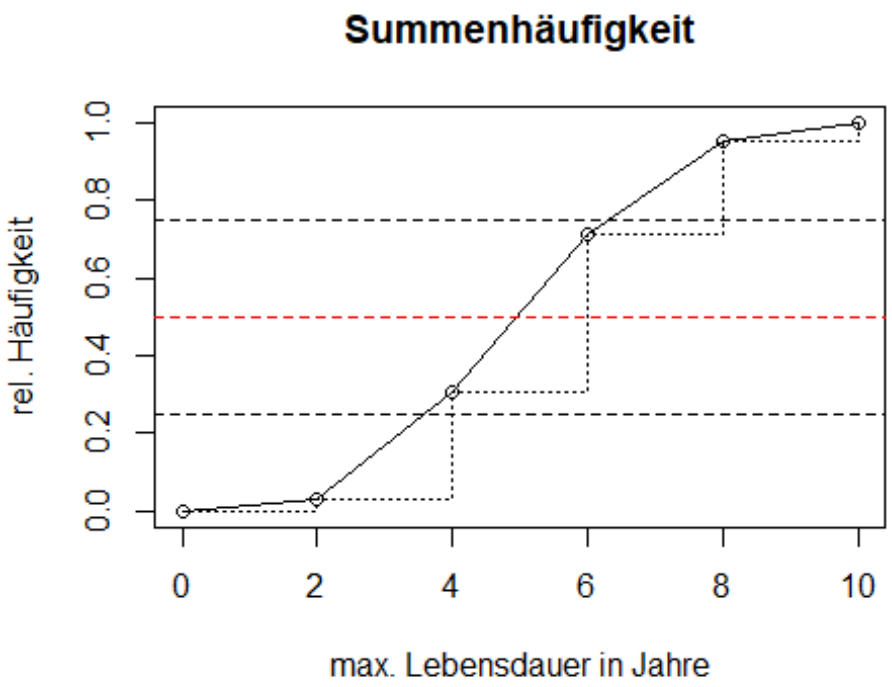
Relative Häufigkeitsverteilung

```
barplot(Lebensdauer.df$Anzahl_Motoren / sum(Lebensdauer.df$Anzahl_Motoren), n
ames=Lebensdauer.df$Lebensdauer, ylim = c(0,0.6), xlab = "Lebensdauer in Jahr
e", ylab = "rel. Häufigkeit", col = "blue", main = "Relative Häufigkeitsverte
ilung")
```



Summenhäufigkeit

```
X.vec <- c(0,2,4,6,8,10)
Y.vec <- c(0, Lebensdauer.df$SumHfgk.vec)
plot(X.vec, Y.vec, type = "l", lty = 1, main = "Summenhäufigkeit", xlab = "ma
x. Lebensdauer in Jahre", ylab = "rel. Häufigkeit")
# Darstellung der Messpunkte als Punkte

points(X.vec, Y.vec)
# Darstellung der Steigungsdreiecke
lines(X.vec, Y.vec, type = "s", lty = 3)
# unteres Quartil
abline(0.25, 0, lty = "dashed")
# Median
abline(0.5, 0, lty = "dashed", col = "red")
# oberes Quartil
abline(0.75, 0, lty = "dashed")
```



b) Schätze das arithmetische Mittel aus der grafischen Darstellung für die Häufigkeit und den Median aus der grafischen Darstellung für die Summenhäufigkeit.

Arithmetisches Mittel - geschätzt:
Das arithmestische Mittel kann als Schwerpunkt der Häufigkeitsverteilung angesehen werden. Da dieses Beispiel konstante Klassenbereiten hat, kann man das arithmetische Mittel so ablesen, dass links und rechts vom arithmetischen Mittel auf der x-Achse in etwa gleich viele Werte vorhanden sind. Das geschätzte arithmetische Mittel beträgt in dem Fall 5.
Median:
Der Median liegt bei 50% auf der y-Achse und der Wert kann auf der x-Achse abgelesen werden. Der Median beträgt schätzungsweise bei 5.

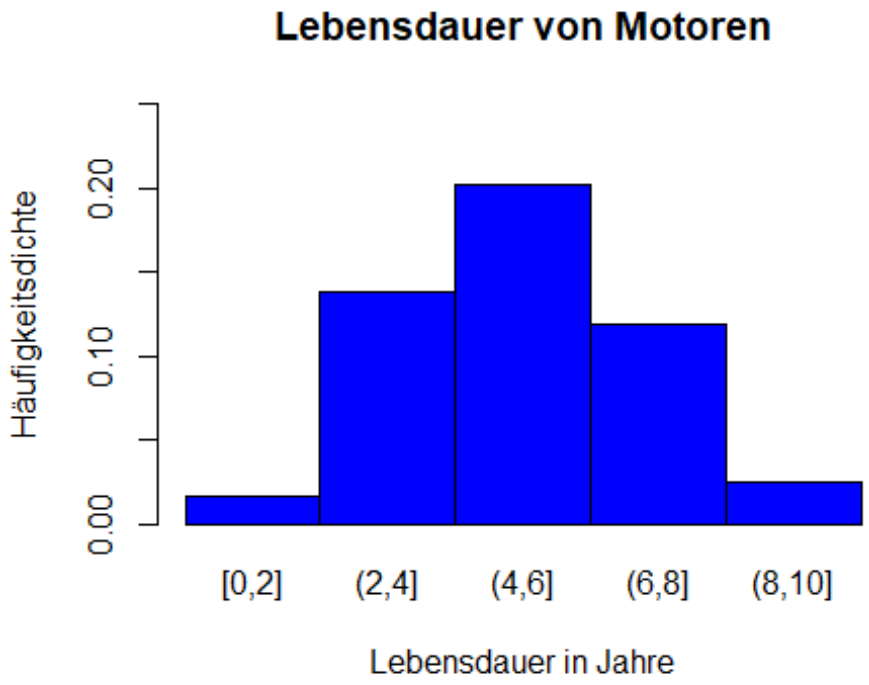
c) Bestimme der Anteil der Motoren mit über 6 Jahren Lebensdauer.

```
LangeLebensdauer.vec <- Lebensdauer.df$Anzahl_Motoren[4] + Lebensdauer.df$Anz
ahl_Motoren[5]
LangeLebensdauer.vec

## [1] 287
```

Motoren mit einer Lebensdauer über 6 Jahren befinden sich in der Liste in den letzten beiden statistischen Einheiten. Über die [] kann auf spezielle Vektorelemente/Listenelemente zugegriffen werden. In diesem Fall wird auf die Listenelemente 4 und 5 zugegriffen und für die Anzahl der Motoren, die länger als 6 Jahre laufen, addiert. Somit laufen 287 Motoren länger als 6 Jahre.

Lebensdauer von Motoren

```
# Ein Histogramm kann über eine Barplot gezeichnet werden, wenn die Abstände
zwischen den Klassen auf 0 gesetzt wird.
barplot(Lebensdauer.df$Dichte, names=Lebensdauer.df$Lebensdauer, main = "Lebe
nsdauer von Motoren", xlab = "Lebensdauer in Jahre", ylab = "Häufigkeitsdicht
e", ylim = c(0,0.25), space = 0, col = "blue")
```



d) Berechne die möglichen Lageparameter (Zentralmaße und Streumaße).

```
Lebensdauer.vec <- c(rep(1,33), rep(3,276), rep(5,404), rep(7,237), rep(9,50)
)
```

Zentralmaße:
Modus

```
getmode <- function(Lebensdauer.vec) {
   uniqv <- unique(Lebensdauer.vec)
   uniqv[which.max(tabulate(match(Lebensdauer.vec, uniqv)))]
}
Modus <- getmode(Lebensdauer.vec)
Modus

## [1] 5
```

Der Modus wird hier durch die Zahl 5 repräsentiert. Da diese Zahl innerhalb eines Intervalls liegt, beträgt der Modus (4,6].

Median

```
median(Lebensdauer.vec)
```

```
## [1] 5
```

Mittelwert

```
Mittelwert <- sum(Lebensdauer.df$RelHfgk.vec * Lebensdauer.df$Klassenmitte)
Mittelwert
```

```
## [1] 4.99
```

Streumaße:

Minimum

```
min(Lebensdauer.vec)
```

```
## [1] 1
```

Maximum

```
max(Lebensdauer.vec)
```

```
## [1] 9
```

Spannweite

```
range(Lebensdauer.vec)
```

```
## [1] 1 9
```

Quantile

```
quantile(Lebensdauer.vec)
```

```
##   0%  25%  50%  75% 100%
##    1    3    5    7    9
```

Standardabweichung

```
sd(Lebensdauer.vec)
```

```
## [1] 1.83937
```

Mittlere absolute Abweichung

```
mean(abs(Lebensdauer.vec-mean(Lebensdauer.vec)))
```

```
## [1] 1.36182
```

In diesem Beispiel ist der Modus 5. Da es 5 Jahre Lebensdauer nicht gibt, ist die richtige Antwort, dass der Modus das einseitig offene Intervall (4,6] ist.

A-4) Ein technisches Servicecenter zeichnet an 100 Tagen die Häufigkeit der Einsätze auf. Es ergibt sich folgende Tabelle:

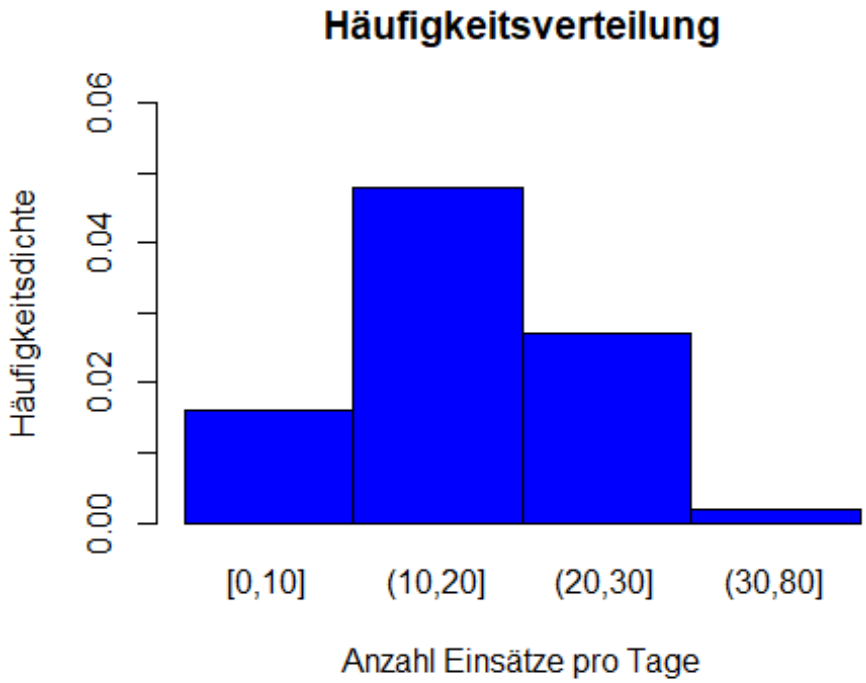
```
AnzahlTage.vec <- c(16,48,27,9)
AnzahlEinsätze.vec <- c("[0,10]", "(10,20]", "(20,30]", "(30,80]")
Service.df <- data.frame(Einsätze = AnzahlEinsätze.vec, Tage = AnzahlTage.vec
)
RelHfk.vec <- Service.df$Tage / sum(Service.df$Tage)
SumHfk.vec <- cumsum(RelHfk.vec)
# Die Tabelle wird kontinuierlich mit Werten aufgefüllt.
# In der data.frame Funktion wird immer wieder Service.df mit aufgenommen.
Dies dient dazu, die bisherigen Tabellenwerte wieder in die Tabelle
miteinzubinden, wenn neue Werte der Tabelle hinzugefügt werden.
Service.df <- data.frame(Service.df, relHfk = RelHfk.vec, sumHfk = SumHfk.vec
)
Service.df <- data.frame(Service.df, Klassenbreite=c(10,10,10,50), Klassenmit
te=c(5,15,25,55))

HfkDichte.vec <- Service.df$relHfk / Service.df$Klassenbreite
Service.df <- data.frame(Service.df, Dichte=HfkDichte.vec)
Service.df
```

```
##   Einsätze Tage relHfk sumHfk Klassenbreite Klassenmitte Dichte
## 1   [0,10]   16   0.16   0.16            10            5 0.0160
## 2  (10,20]   48   0.48   0.64            10           15 0.0480
## 3  (20,30]   27   0.27   0.91            10           25 0.0270
## 4  (30,80]    9   0.09   1.00            50           55 0.0018
```

a) Stelle die Häufigkeitsverteilung und Summenhäufigkeit grafisch dar.

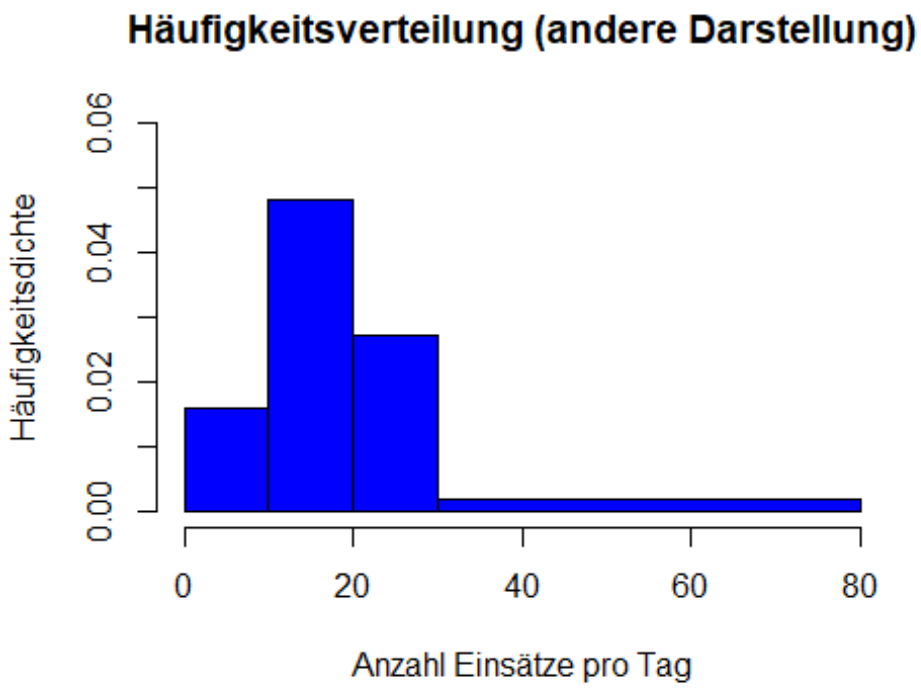
Häufigkeitsverteilung

```
barplot(Service.df$Dichte, names=Service.df$Einsätze, col = "blue", main = "H
äufigkeitsverteilung", xlab = "Anzahl Einsätze pro Tage", ylab = "Häufigkeits
dichte", space = 0, ylim = c(0,0.06))
```



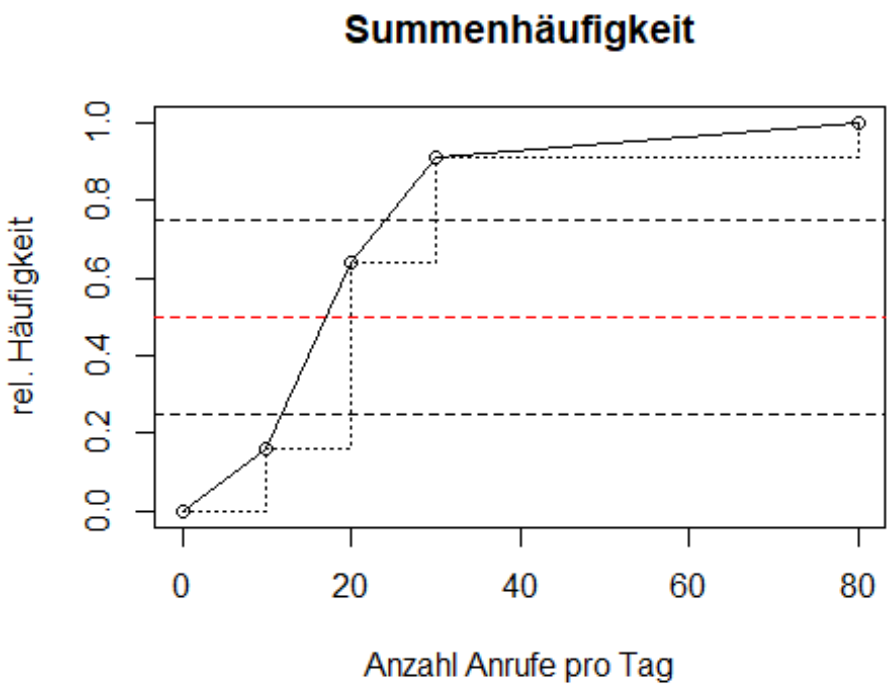
Die oben dargestellte Häufigkeitsverteilung bildet die statistischen Einheiten in einheitlichen Klassenbreiten ab. Die Darstellung lässt den Trugschluss zu, dass die letzte statistische Einheit die gleiche Breite wie die anderen Klassen aufweist. Im Gegensatz zu den anderen Einheiten ist die letzte statistische Einheit nicht 10 sondern 50 Einsätze pro Tag breit. In diesem Fall entspricht die Darstellung nicht einer Häufigkeitsdichteverteilung, was auch bedeutet, dass die y-Achse nicht richtig beschriftet ist.
In der nachfolgenden Darstellung werden die Intervalle ignoriert und die absolute Anzahl der Einsätze pro Tag angezeigt. Diese Darstellung kann einfacher verständlich und besser anschaulich zeigen, mit welcher Häufigkeit Anrufe pro Tag auftreten. Die Darstellung entspricht auch der Häufigkeitdichtefunktion.

```
Service.vec <- c(rep(5,16), rep(15,48), rep(25,27), rep(55,9))
X2a4.vec <- c(0,10,20,30,80)
hist(Service.vec, X2a4.vec, main = "Häufigkeitsverteilung (andere Darstellung
)", xlab = "Anzahl Einsätze pro Tag", ylab = "Häufigkeitsdichte", col = "blue
", ylim = c(0,0.06))
```



Summenhäufigkeit

```
Xa4.vec <- c(0,10,20,30,80)
Ya4.vec <- c(0, Service.df$sumHfk)
plot(Xa4.vec, Ya4.vec, main = "Summenhäufigkeit", xlab = "Anzahl Anrufe pro T
ag", ylab = "rel. Häufigkeit", type = "l", lty = 1)
points(Xa4.vec, Ya4.vec)
# aktivieren der Darstellung der Dreiecke für die Klassen
lines(Xa4.vec, Ya4.vec, type = "s", lty = 3)
abline(0.25, 0, lty = "dashed")                # Linie für das untere Quartil
abline(0.75, 0, lty = "dashed")                # Linie für das obere Quartil
abline(0.5, 0, lty = "dashed", col = "red")    # Linie für den Median
```



b) Schätze das arithmetische Mittel aus der grafischen Darstellung für die Häufigkeit und den Median aus der grafischen Darstellung für die Summenhäufigkeit.

Arithmetisches Mittel: Das aritmethische Mittel wird auf 19 geschätzt. Das arithmetische Mittel beschreibt den Schwerpunkt der Verteilung. Da die Klassenbreiten bei dieser Verteilung nicht konstant sind, kann das arithmetische Mittel nicht exakt durch die Methode der "gleich viele Werte links und rechts des arithmetischen Mittels auf der x-Achse" angewandt werden. Die Häufigkeitsverteilung (andere Darstellung) liefert allerdings die Möglichkeit, das arithmetische Mittel anhand der Fläche abzuschätzen. Das arithmetische Mittel liegt dort, wo die Flächen links und rechts davon gleich gorß sind. In diesem Fall kann das arithmetische Mittel auf 20 geschätzt.
Median: Der Median kann an der y-Achse ablesen werden. Genauer gesagt an der Stelle, an der die 50% Marke bei der relativen Häufigkeit im Summenhäufigkeitsdiagramm liegt. In diesem Fall wird der Median auf 16 geschätzt.

c) Bestimme der Anteil der Tage mit über 20 Einsätzen.

```
Stress.vec <- Service.df$relHfk[3] + Service.df$relHfk[4]
```

Die Fragestellung verlangt nach der expliziten Angabe der Einsätze über 20 Einsätze Pro Tage. Durch Addition der relativen Häufigkeit der dritten und vierten statistischen Einheiten kann die Häufigkeit bestimmt werden, mit der mehr als 20 Einsätze pro Tag

absolviert werden müssen. Bei der dritten statistischen Einheit wird der Intervall mit der unteren Grenze von 20 angegeben. Eine genaue Angabe, wie häufig Tage mit über 20 Einsätzen sind, kann daher an dieser Stelle nicht gemacht werden, da ebendieses Intervall auch 20 Einsätze enthält, in der Fragestellung aber explizit nach ÜBER 20 Einsätzen gefragt wird. Ohne Rücksichtnahme auf diese Unstimmigkeit beträgt die Häufigkeit von mehr als 20 Einsätzen pro Tag rund 36 %.

d) Berechne die möglichen Lageparameter (Zentralmaße und Streumaße). Welcher Aspekt könnte hier problematisch sein? Warum?

Zentralmaße:
Modus

```
getmode <- function(Service.vec) {
   uniqv <- unique(Service.vec)
   uniqv[which.max(tabulate(match(Service.vec, uniqv)))]
}
getmode(Service.vec)
```

```
## [1] 15
```

Median

```
median(Service.vec)
```

```
## [1] 15
```

Mittelwert

```
Mittelwert <- sum(Service.df$RelHfgk.vec * Service.df$Klassenmitte)
Mittelwert
```

```
## [1] 0
```

Streumaße:
Minimum

```
min(Service.vec)
```

```
## [1] 5
```

Maximum

```
max(Service.vec)
```

```
## [1] 55
```

Spannweite

```
range(Service.vec)
```

```
## [1]  5 55
```

Quantile

```
quantile(Service.vec)
```

```
##   0%  25%  50%  75% 100%
##    5   15   15   25   55
```

Standardabweichung

```
sd(Service.vec)
```

```
## [1] 12.90642
```

Mittlere absolute Abweichung

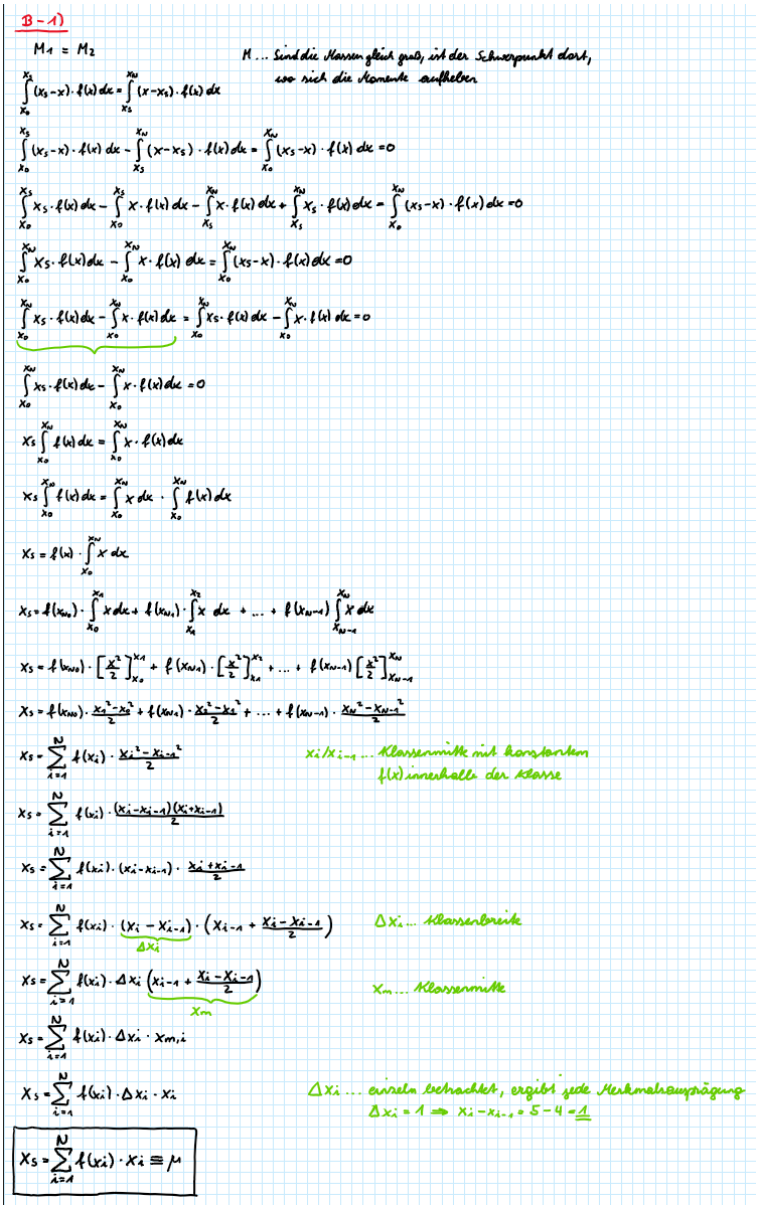
```
mean(abs(Service.vec-mean(Service.vec)))
```

```
## [1] 9.216
```

Die Aussagekraft des Medians für die Mitte der Daten ist für diese Datenreihe zielführender, da das arithmetische Mittel auch Ausreißer mit berücksichtigt, was beim Median nicht der Fall ist.

B) VERSTÄNDNISFRAGEN

B-1) Zeige, dass das arithmetische Mittel unter dem Schwerpunkt der Häufigkeitsfunktion liegt.



B-1)

$M_1 = M_2$ — M ... sind die Massen gleich groß, ist der Schwerpunkt dort, wo sich die Momente aufheben

$$\int_{x_0}^{x_s} (x_s - x)\cdot f(x)\,dx = \int_{x_s}^{x_w} (x - x_s)\cdot f(x)\,dx$$

$$\int_{x_0}^{x_s} (x_s - x)\cdot f(x)\,dx - \int_{x_s}^{x_w} (x - x_s)\cdot f(x)\,dx = \int_{x_0}^{x_w} (x_s - x)\cdot f(x)\,dx = 0$$

$$\int_{x_0}^{x_s} x_s\cdot f(x)\,dx - \int_{x_0}^{x_s} x\cdot f(x)\,dx - \int_{x_s}^{x_w} x\cdot f(x)\,dx + \int_{x_s}^{x_w} x_s\cdot f(x)\,dx = \int_{x_0}^{x_w} (x_s - x)\cdot f(x)\,dx = 0$$

$$\int_{x_0}^{x_w} x_s\cdot f(x)\,dx - \int_{x_0}^{x_w} x\cdot f(x)\,dx = \int_{x_0}^{x_w} (x_s - x)\cdot f(x)\,dx = 0$$

$$\int_{x_0}^{x_w} x_s\cdot f(x)\,dx - \int_{x_0}^{x_w} x\cdot f(x)\,dx = \int_{x_0}^{x_w} x_s\cdot f(x)\,dx - \int_{x_0}^{x_w} x\cdot f(x)\,dx = 0$$

$$\int_{x_0}^{x_w} x_s\cdot f(x)\,dx - \int_{x_0}^{x_w} x\cdot f(x)\,dx = 0$$

$$x_s \int_{x_0}^{x_w} f(x)\,dx = \int_{x_0}^{x_w} x\cdot f(x)\,dx$$

$$x_s \int_{x_0}^{x_w} f(x)\,dx = \int_{x_0}^{x_w} x\,dx \cdot \int_{x_0}^{x_w} f(x)\,dx$$

$$x_s = f(x) \cdot \int_{x_0}^{x_w} x\,dx$$

$$x_s = f(x_{w_0}) \cdot \int_{x_0}^{x_1} x\,dx + f(x_{w_1}) \cdot \int_{x_1}^{x_2} x\,dx + \ldots + f(x_{w-1}) \int_{x_{w-1}}^{x_w} x\,dx$$

$$x_s = f(x_{w_0}) \cdot \left[\frac{x^2}{2}\right]_{x_0}^{x_1} + f(x_{w_1}) \cdot \left[\frac{x^2}{2}\right]_{x_1}^{x_2} + \ldots + f(x_{w-1}) \left[\frac{x^2}{2}\right]_{x_{w-1}}^{x_w}$$

$$x_s = f(x_{w_0}) \cdot \frac{x_1^2 - x_0^2}{2} + f(x_{w_1}) \cdot \frac{x_2^2 - x_1^2}{2} + \ldots + f(x_{w-1}) \cdot \frac{x_w^2 - x_{w-1}^2}{2}$$

$$x_s = \sum_{i=1}^{n} f(x_i) \cdot \frac{x_i^2 - x_{i-1}^2}{2}$$

x_i / x_{i-1} ... Klassenmitte mit konstantem $f(x)$ innerhalb der Klasse

$$x_s = \sum_{i=1}^{n} f(x_i) \cdot \frac{(x_i - x_{i-1})(x_i + x_{i-1})}{2}$$

$$x_s = \sum_{i=1}^{n} f(x_i) \cdot (x_i - x_{i-1}) \cdot \frac{x_i + x_{i-1}}{2}$$

$$x_s = \sum_{i=1}^{n} f(x_i) \cdot \underbrace{(x_i - x_{i-1})}_{\Delta x_i} \cdot \left(x_{i-1} + \frac{x_i - x_{i-1}}{2}\right)$$

Δx_i ... Klassenbreite

$$x_s = \sum_{i=1}^{n} f(x_i) \cdot \Delta x_i \underbrace{\left(x_{i-1} + \frac{x_i - x_{i-1}}{2}\right)}_{x_m}$$

x_m ... Klassenmitte

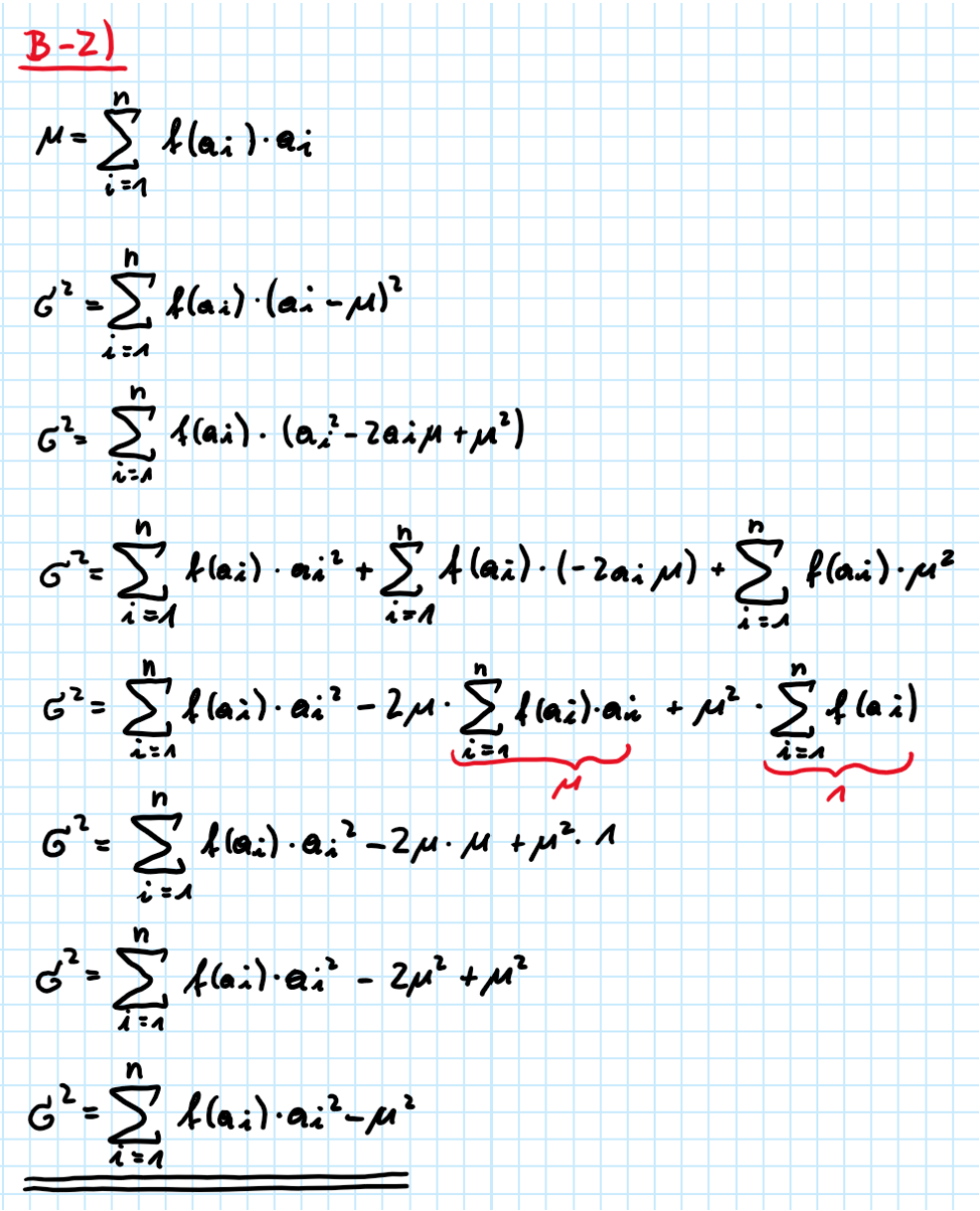
$$x_s = \sum_{i=1}^{n} f(x_i) \cdot \Delta x_i \cdot x_{m,i}$$

$$x_s = \sum_{i=1}^{n} f(x_i) \cdot \Delta x_i \cdot x_i$$

Δx_i ... einzeln betrachtet, ergibt jede Merkmalsausprägung
$\Delta x_i = 1 \Rightarrow x_i - x_{i-1} = 5 - 4 = 1$

$$\boxed{x_s = \sum_{i=1}^{n} f(x_i) \cdot x_i \equiv \mu}$$

B-2) Verschiebungssatz zur Berechnung der Standardabweichung



B-3) Das komma-separierte File “Fehlerquote.csv” enthält das Prüfergebnis von 50 Bauteilen auf Funktionstüchtigkeit. Dabei steht der Eintrag “0” für ein fehlerfreies Bauteil und “1” für ein fehlerhaftes Bauteil.

```
# Einlesen einer .csv Datei über den read.csv Befehl
Fehlerquote.df <- read.csv("Fehlerquote.csv", sep = ";", dec = ",", header =
TRUE)
```

a) Welche Skalierung hat dieses Merkmal?

Die Skalierung dieses Merkmals entspricht einem normalskalierten dichotomem Merkmal.

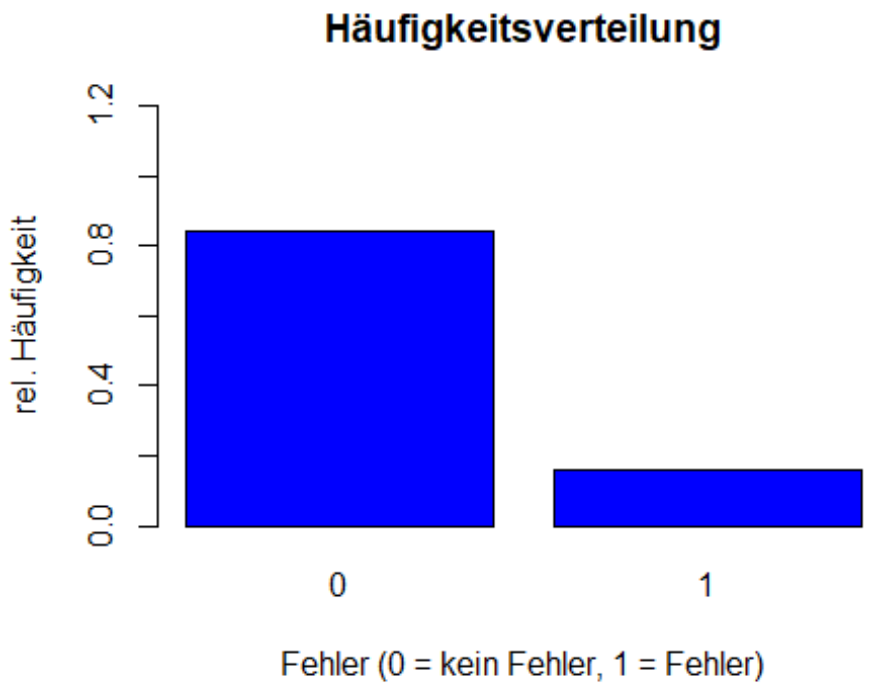
b) Stelle die Messergebnisse in einer Häufigkeitstabelle und grafisch dar.

Häufigkeitstabelle:

```
Fehlerquote.vec <- table(Fehlerquote.df$fehlerhaft)/length(Fehlerquote.df$feh
lerhaft)
# Spalte 1 - Zustand 0/1:
Zustand.vec <- c("fehlerfrei - 0","fehlerhaft - 1")
# Spalte 2 - rel. Häufigkeit
Fehlerhaft.vec <- sum(Fehlerquote.df$fehlerhaft)/length(Fehlerquote.df$Nr.)
RelHfkFehlerquote.vec <- c((1-Fehlerhaft.vec),Fehlerhaft.vec)

HfgTabelle.df <- data.frame(Zustand = Zustand.vec, rel.Häufigkeit = RelHfkFeh
lerquote.vec)
HfgTabelle.df
```

```
##          Zustand rel.Häufigkeit
## 1 fehlerfrei - 0           0.84
## 2 fehlerhaft - 1           0.16
```

```
barplot(Fehlerquote.vec, main = "Häufigkeitsverteilung", xlab = "Fehler (0 =
kein Fehler, 1 = Fehler)", ylab = "rel. Häufigkeit", ylim = c(0,1.2), col = "
blue")
```



c) Wie kann man in diesem Beispiel das arithmetische Mittel berechnen und wofür steht es in diesem Fall?

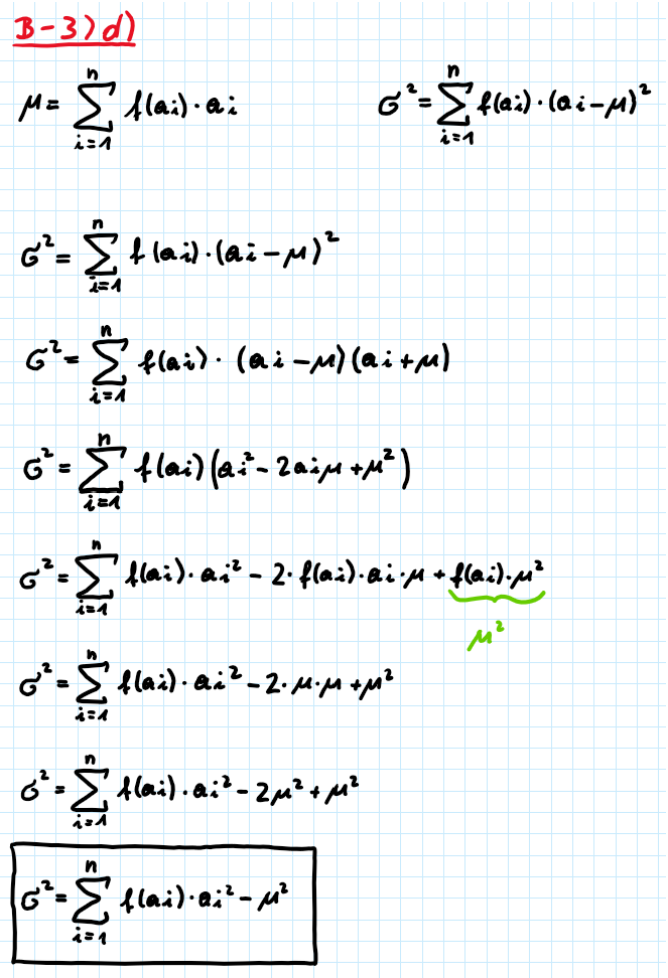
Das arithmetische Mittel gibt hier nur an, wie viele Teile fehlerhaft sind, da die Bauteile mit 0, also fehlerfreie Bauteile, nicht miteinberechnet werden.

d) Wie groß ist die Standardabweichung σ? Leite eine Formel her und zeige, wie man sie in diesem Fall einfach aus dem arithmetischen Mittel errechnen kann.

Standardabweigung

```
sd(Fehlerquote.df$fehlerhaft)
```

```
## [1] 0.370328
```



Standardabweichung über arithmetisches Mittel

```
# Anwendung der Formel, die in oben hergleitet worden ist.
Varianz.vec <- sum((Fehlerquote.df$fehlerhaft - mean(Fehlerquote.df$fehlerhaf
t))^2/length(Fehlerquote.df$fehlerhaft))

Standardabweichung.vec <- sqrt(Varianz.vec)
Standardabweichung.vec
```

```
## [1] 0.3666061
```

e) Wie müssen die Verteilungen in diesem Fall sein, damit die Streuung maximal bzw. minimal wird?

Die Streuung ist maximal, wenn gleich viele Teile fehlerhaft sind wie Teile fehlerfrei. Die Verteilung müsste also 50% fehlerhaft zu 50 % fehlerfrei sein. Dann ist die Streuung 0. Die Streuung ist minimal, wenn kein Teil fehlerhaft ist bzw. wenn alle Teile fehlerhaft sind.

B-4) Das komma-separierte File “Verteilungsvergleich.csv” enthält in 4 Spalten die Daten von folgenden Messreihen: Ergebnis von 40 Würfeln mit einem Würfel (Annahme: gleichverteilt), die Zeitspanne (in Minuten) zwischen 40 vorbeifahrenden Autos (Annahme: exponentialverteilt), die Länge von 40 Telefongesprächen in Minuten (Annahme: normalverteilt) und die Länge von 40 Holzstiften in cm (Annahme: normalverteilt). Vergleiche die vier verschiedenen Verteilungen in den folgenden Fragen:

```
Verteilungsvergleich.df <- read.csv("Verteilungsvergleich.csv", sep = ";", de
c = ",", header = TRUE)
```

a) Erstelle für jede Messreihe eine Häufigkeitstabelle sowie eine grafische Darstellung der Häufigkeitsverteilung und der Summenhäufigkeit.

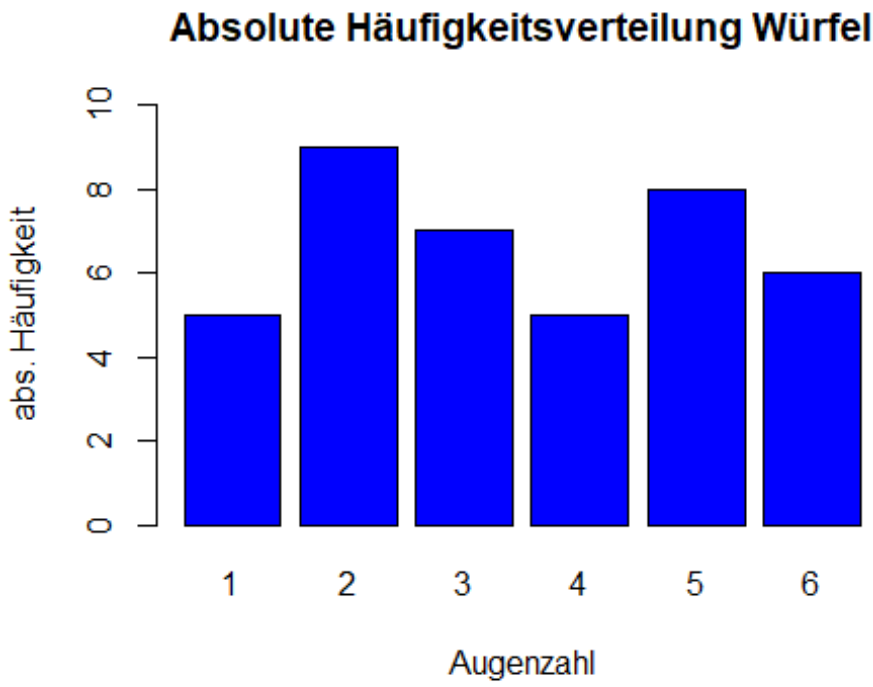
Würfel

```
Würfel.df <- data.frame(Augenzahl = (1:6), abs.Häufigkeit = tabulate(Verteilu
ngsvergleich.df$Wuerfel), rel.Häufigkeit = tabulate(Verteilungsvergleich.df$W
uerfel)/length(Verteilungsvergleich.df$Wuerfel))
Würfel.df <- data.frame(Würfel.df, Summenhfk. = cumsum(Würfel.df$rel.Häufigke
it))
Würfel.df
```

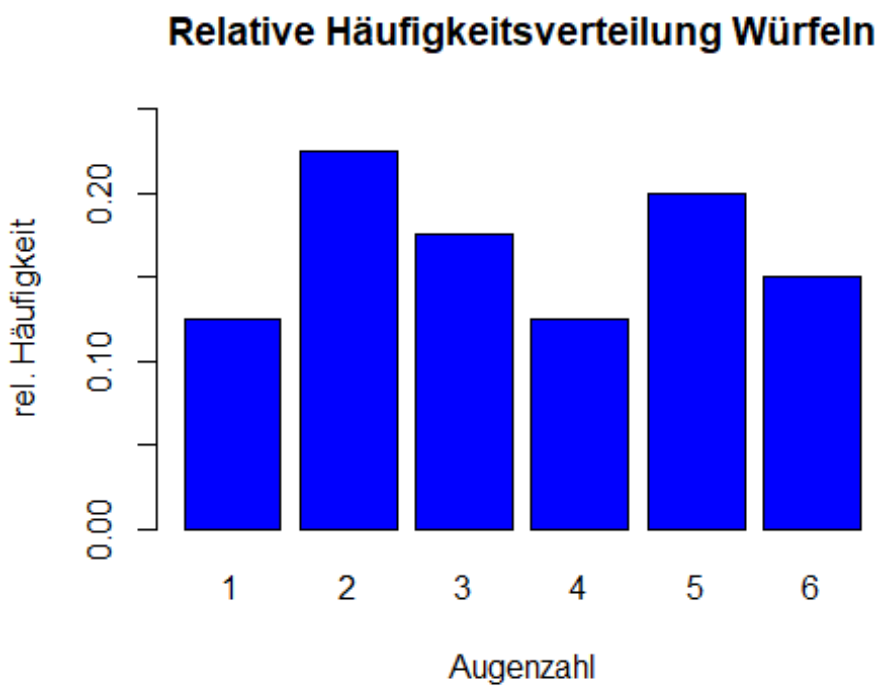
```
##   Augenzahl abs.Häufigkeit rel.Häufigkeit Summenhfk.
## 1         1              5          0.125      0.125
## 2         2              9          0.225      0.350
## 3         3              7          0.175      0.525
```

```
## 4          4                5          0.125      0.650
## 5          5                8          0.200      0.850
## 6          6                6          0.150      1.000
```

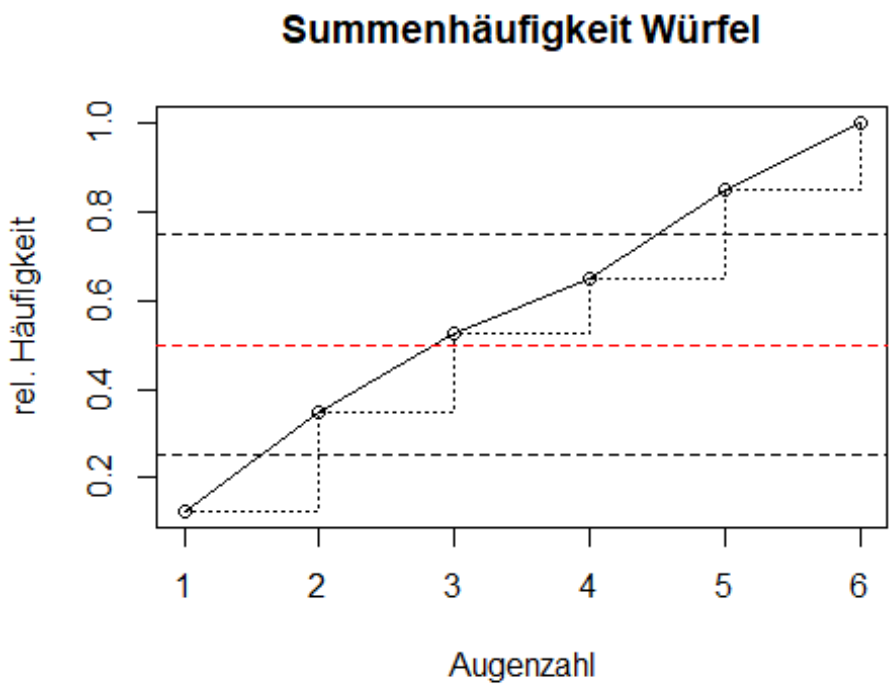
```
barplot(Würfel.df$abs.Häufigkeit, names = Würfel.df$Augenzahl, ylim = c(0,10)
, main = "Absolute Häufigkeitsverteilung Würfel", xlab = "Augenzahl", ylab =
"abs. Häufigkeit", col = "blue")
```




```
barplot(Würfel.df$rel.Häufigkeit, names = Würfel.df$Augenzahl, col = "blue",
main = "Relative Häufigkeitsverteilung Würfeln", xlab = "Augenzahl", ylab = "
rel. Häufigkeit", ylim = c(0,0.25))
```




```
plot(Würfel.df$Augenzahl, Würfel.df$Summenhfk., main = "Summenhäufigkeit Würf
el", xlab = "Augenzahl", ylab = "rel. Häufigkeit", type = "l", lty = 1)
points(Würfel.df$Augenzahl, Würfel.df$Summenhfk.)
lines(Würfel.df$Augenzahl, Würfel.df$Summenhfk., type = "s", lty = 3)
abline(0.25, 0, lty = "dashed")                # Linie für das untere Quartil
abline(0.75, 0, lty = "dashed")                # Linie für das obere Quartil
abline(0.5, 0, lty = "dashed", col = "red")    # Linie für den Median
```



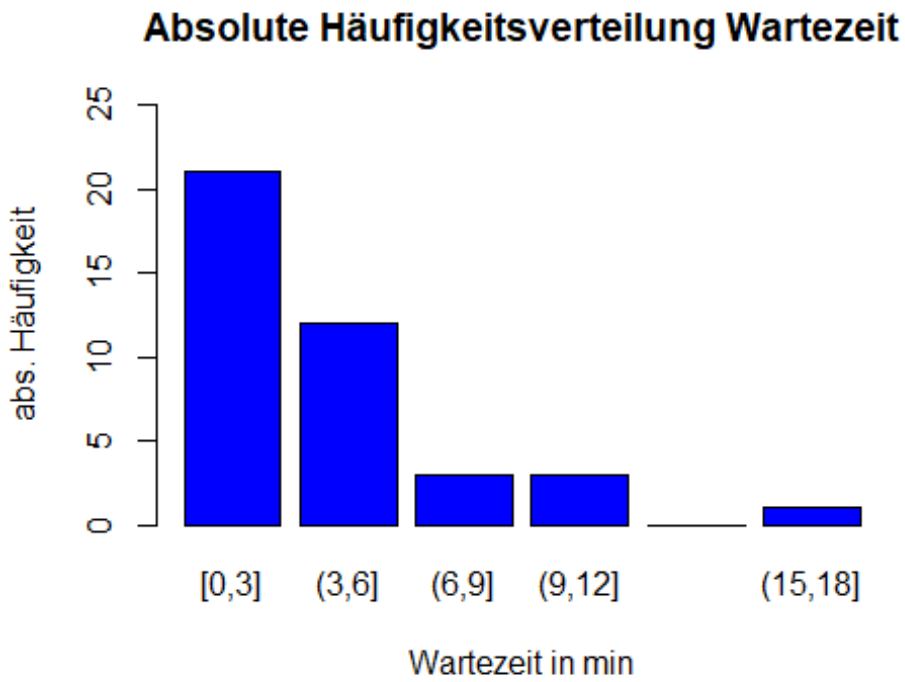
Wartezeit

```
# nachfolgende Tabelle wird kontinuierlich mit Werten aufgefüllt
Zeit.vec <- c(0,3,6,9,12,15,18)
# es werden Klassen mit derselben Klassenbreite erstellt
Zeitintervalle.vec <- c("[0,3]", "(3,6]", "(6,9]", "(9,12]", "(12,15]", "(15,
18]")
Klasse.vec <- tabulate(cut(Verteilungsvergleich.df$Wartezeit_min, breaks = Ze
it.vec))
Wartezeit.df <- data.frame(Zeit = Zeitintervalle.vec, Klassenbreite = rep(3,6
), Klassenmitte = c(1.5,4.5,7.5,10.5,13.5,16.5), abs.Häufigkeit = Klasse.vec,
rel.Häufigkeit = Klasse.vec/length(Verteilungsvergleich.df$Wartezeit_min))
Wartezeit.df <- data.frame(Wartezeit.df, Summenhfk. = cumsum(Wartezeit.df$rel
.Häufigkeit), Dichte = Wartezeit.df$rel.Häufigkeit/Wartezeit.df$Klassenbreite
)
Wartezeit.df
```

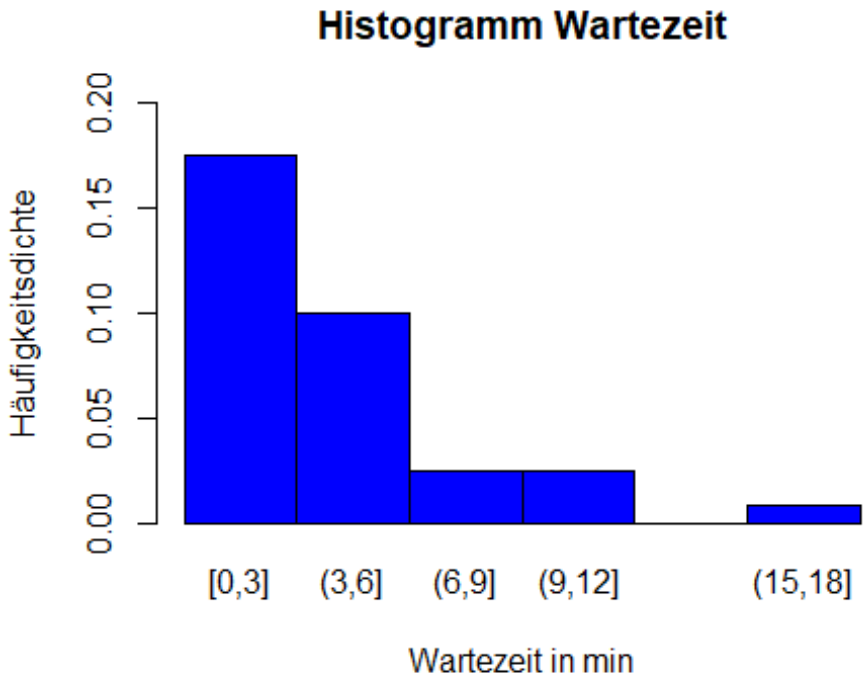
```
##      Zeit Klassenbreite Klassenmitte abs.Häufigkeit rel.Häufigkeit Summenh
fk.
## 1   [0,3]             3          1.5             21          0.525      0.
525
## 2   (3,6]             3          4.5             12          0.300      0.
825
## 3   (6,9]             3          7.5              3          0.075      0.
900
## 4  (9,12]             3         10.5              3          0.075      0.
975
## 5 (12,15]             3         13.5              0          0.000      0.
975
## 6 (15,18]             3         16.5              1          0.025      1.
```

```
000
##        Dichte
## 1 0.175000000
## 2 0.100000000
## 3 0.025000000
## 4 0.025000000
## 5 0.000000000
## 6 0.008333333
```

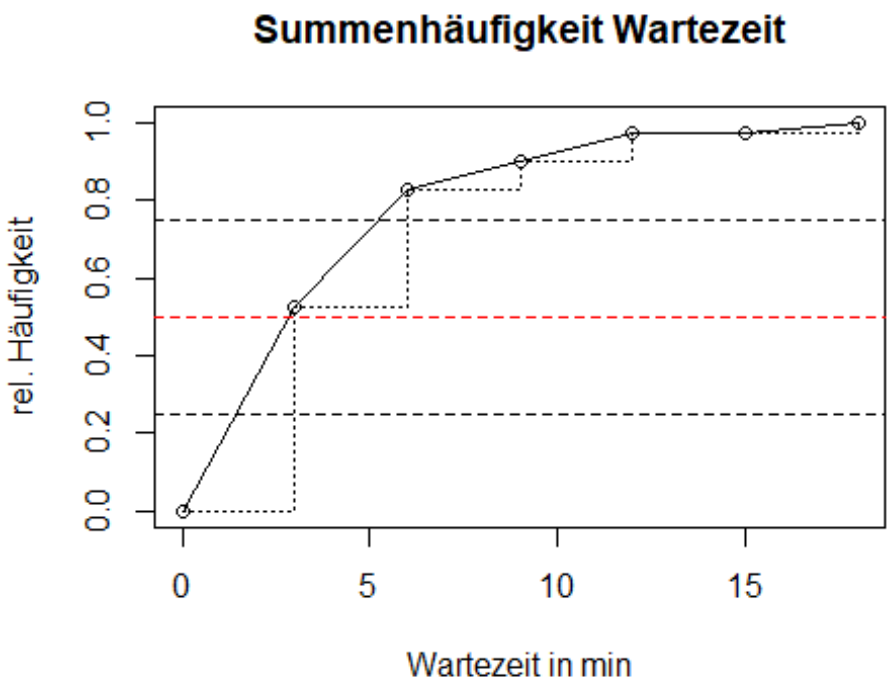
```
# Die leere Klasse wurde bereits in der Tabelle mit berücksichtigt. Daher
muss für dieses Diagramm kein separater Vektor für die x-Achsenwerte/Klassen
erstellt werden.
barplot(Wartezeit.df$abs.Häufigkeit, names = Wartezeit.df$Zeit, main = "Absol
ute Häufigkeitsverteilung Wartezeit", xlab = "Wartezeit in min", ylab = "abs.
Häufigkeit", col = "blue", ylim = c(0,25))
```




```
# Das Histogramm wurde hier wieder über einen Barplot umgesetzt, bei dem der
Abstand zwischen den Balken 0 gesetzt wird.
barplot(Wartezeit.df$Dichte, names = Wartezeit.df$Zeit, main = "Histogramm Wa
rtezeit", xlab = "Wartezeit in min", ylab = "Häufigkeitsdichte", space = 0, c
ol = "blue", ylim = c(0,0.2))
```




```
plot(c(0,3,6,9,12,15,18), c(0,Wartezeit.df$Summenhfk.), main = "Summenhäufigk
eit Wartezeit", xlab = "Wartezeit in min", ylab = "rel. Häufigkeit", type = "
l", lty = 1)
points(c(0,3,6,9,12,15,18), c(0,Wartezeit.df$Summenhfk.))
lines(c(0,3,6,9,12,15,18), c(0,Wartezeit.df$Summenhfk.), type = "s", lty = 3)
abline(0.25, 0, lty = "dashed")               # Linie für das untere Quartil
abline(0.75, 0, lty = "dashed")               # Linie für das obere Quartil
abline(0.5, 0, lty = "dashed", col = "red")   # Linie für den Median
```

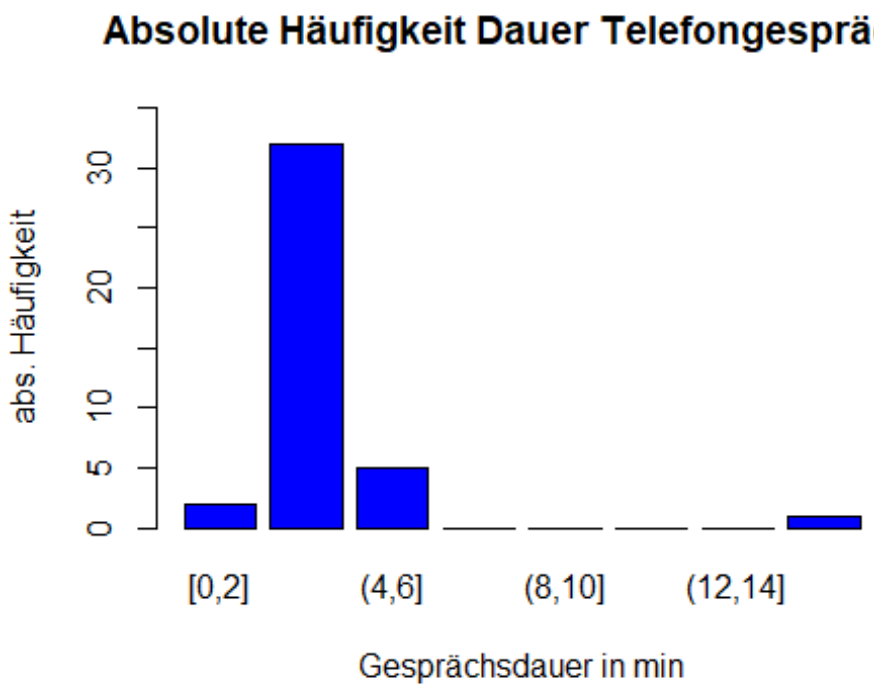


Telegespräche

```
# Die nachfolgende Tabelle wird kontinuierlich mit Werten aufgefüllt
Dauer.vec <- c(0,2,4,6,8,10,12,14,16)
# Es werden Klassen mit gleicher Breite erstellt.
Dauer_Intervall.vec <- c("[0,2]", "(2,4]", "(4,6]", "(6,8]", "(8,10]", "(10,1
2]", "(12,14]", "(14,16]")
Dauer_Klasse.vec <- tabulate(cut(Verteilungsvergleich.df$Telgesprae_min, brea
ks = Dauer.vec))
Gesprächsdauer.df <- data.frame(Gesprächsdauer = Dauer_Intervall.vec, Klassen
breite = rep(2,8), Klassenmitte = c(1,3,5,7,9,11,13,15), abs.Häufigkeit = Dau
er_Klasse.vec, rel.Häufigkeit = Dauer_Klasse.vec/length(Verteilungsvergleich.
df$Telgesprae_min))
Gesprächsdauer.df <- data.frame(Gesprächsdauer.df, Summenhfk. = cumsum(Gesprä
chsdauer.df$rel.Häufigkeit), Dichte = Gesprächsdauer.df$rel.Häufigkeit/Gesprä
chsdauer.df$Klassenbreite)

Gesprächsdauer.df

##   Gesprächsdauer Klassenbreite Klassenmitte abs.Häufigkeit rel.Häufigkeit
## 1          [0,2]             2            1              2          0.050
## 2          (2,4]             2            3             32          0.800
## 3          (4,6]             2            5              5          0.125
## 4          (6,8]             2            7              0          0.000
## 5         (8,10]             2            9              0          0.000
## 6        (10,12]             2           11              0          0.000
## 7        (12,14]             2           13              0          0.000
## 8        (14,16]             2           15              1          0.025
##   Summenhfk. Dichte
```

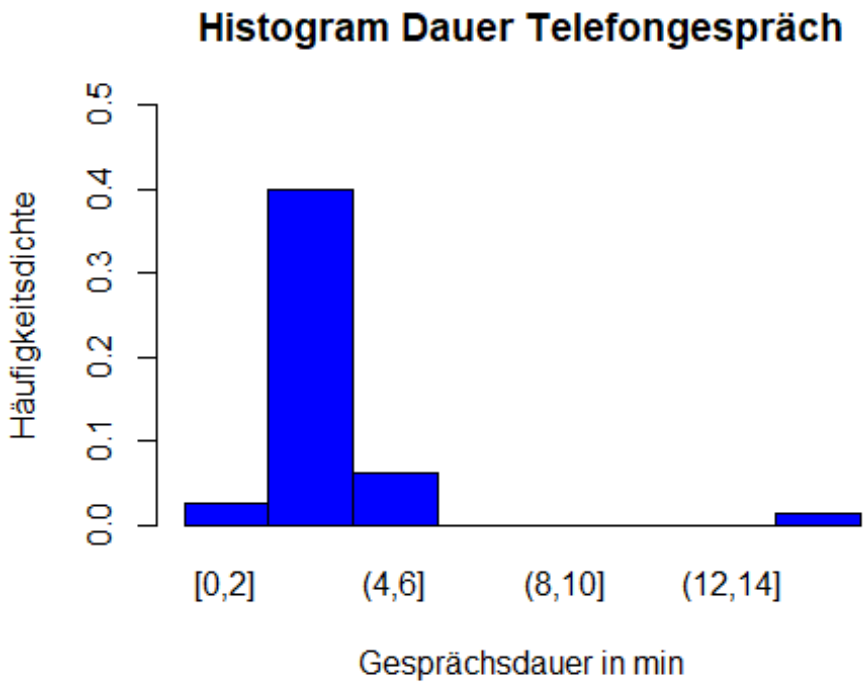
```
## 1      0.050 0.0250
## 2      0.850 0.4000
## 3      0.975 0.0625
## 4      0.975 0.0000
## 5      0.975 0.0000
## 6      0.975 0.0000
## 7      0.975 0.0000
## 8      1.000 0.0125
```

```
barplot(Gesprächsdauer.df$abs.Häufigkeit, names = Gesprächsdauer.df$Gesprächsdauer, ylim = c(0,35), col = "blue", main = "Absolute Häufigkeit Dauer Telefongespräche", ylab = "abs. Häufigkeit", xlab = "Gesprächsdauer in min")
```



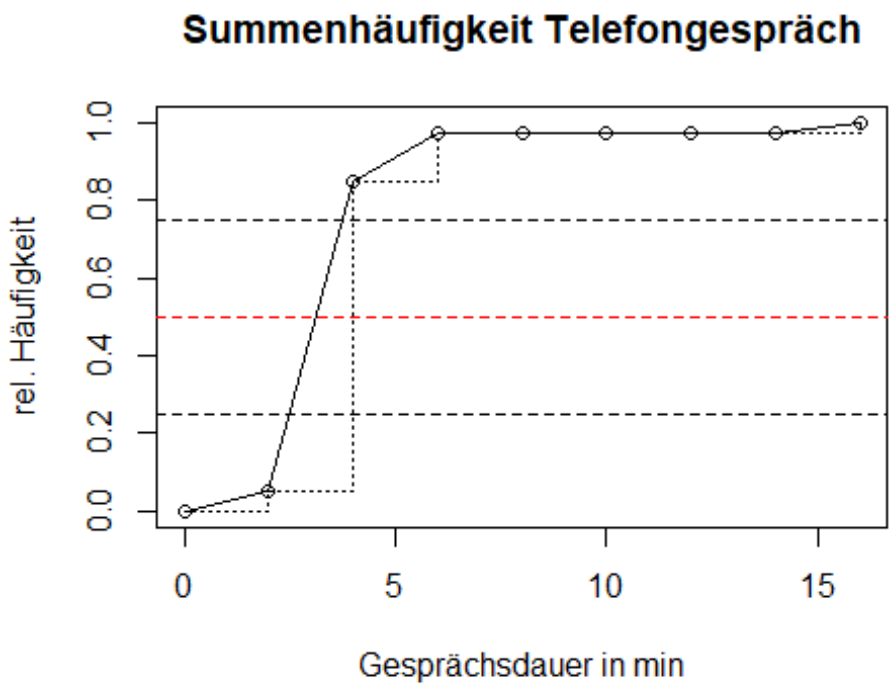
Da für die Darstellung gleiche Klassenbreiten verwendet worden sind, ist in der oberen Abbildung ersichtlich, dass es einige leere Klassen gibt. Dies liegt an einem Ausreißerwert, der in der letzten Klasse zu finden ist. Die Daten über die Gesprächsdauer sind somit nicht gleichverteilt.

```
barplot(Gesprächsdauer.df$Dichte, names = Gesprächsdauer.df$Gesprächsdauer, ylim = c(0,0.5), col = "blue", main = "Histogram Dauer Telefongespräch", ylab = "Häufigkeitsdichte", xlab = "Gesprächsdauer in min", space = 0)
```



Auch im Histogramm mit der Häufigkeitsdichte ist dieser Ausreißer gut ersichtlich, da es auch hier viele leere Klassen gibt.

```
plot(c(0,2,4,6,8,10,12,14,16), c(0,Gesprächsdauer.df$Summenhfk.), main =  "Su
mmenhäufigkeit Telefongespräch", xlab = "Gesprächsdauer in min", ylab = "rel.
Häufigkeit", type = "l", lty = 1)
points(c(0,2,4,6,8,10,12,14,16), c(0,Gesprächsdauer.df$Summenhfk.))
lines(c(0,2,4,6,8,10,12,14,16), c(0,Gesprächsdauer.df$Summenhfk.), type = "s"
, lty = 3)
abline(0.25, 0, lty = "dashed")               # Linie für das untere Quartil
abline(0.75, 0, lty = "dashed")               # Linie für das obere Quartil
abline(0.5, 0, lty = "dashed", col = "red")   # Linie für den Median
```

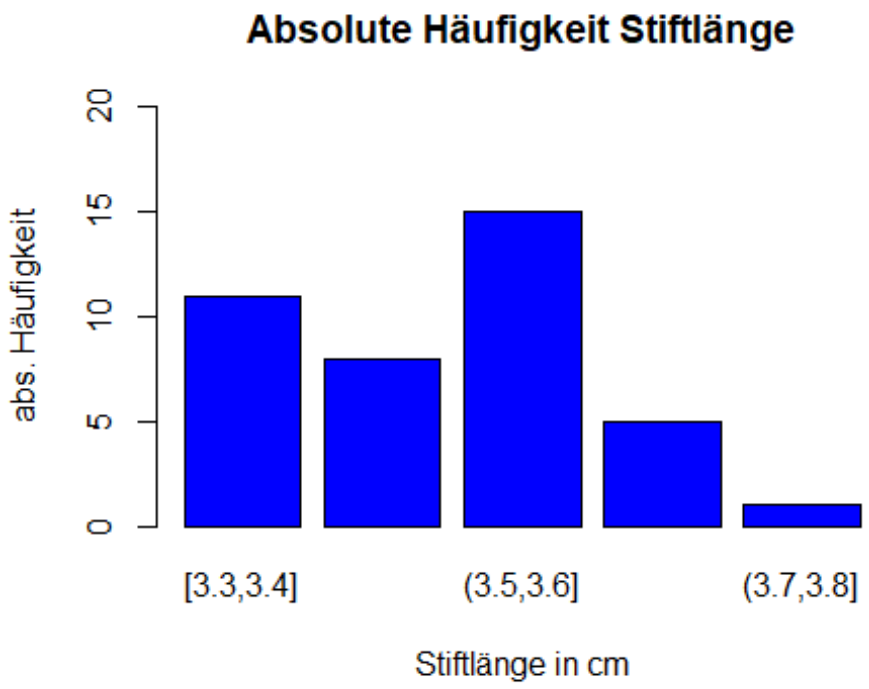


Stiftlänge

```
Länge.vec <- c(3.3,3.4,3.5,3.6,3.7,3.8)
# Es werden gleiche Klassenbreiten gewählt. Die Klassenbreite wird in einem
Intervall dargestellt.
Länge_Intervall.vec <- c("[3.3,3.4]", "(3.4,3.5]", "(3.5,3.6]", "(3.6,3.7]",
"(3.7,3.8]")
Länge_Klasse.vec <- tabulate(cut(Verteilungsvergleich.df$Stiftlaenge_cm, brea
ks = Länge.vec))
Stiftlänge.df <- data.frame(Stiftlänge = Länge_Intervall.vec, Klassenbreite =
rep(0.1,5), Klassenmitte = c(3.35,3.45,3.55,3.65,3.75), abs.Häufigkeit = Läng
e_Klasse.vec, rel.Häufigkeit = Länge_Klasse.vec/length(Verteilungsvergleich.d
f$Stiftlaenge_cm))
Stiftlänge.df <- data.frame(Stiftlänge.df, Summenhfk. = cumsum(Stiftlänge.df$
rel.Häufigkeit), Dichte = Stiftlänge.df$rel.Häufigkeit/Stiftlänge.df$Klassenb
reite)

Stiftlänge.df

##   Stiftlänge Klassenbreite Klassenmitte abs.Häufigkeit rel.Häufigkeit
## 1  [3.3,3.4]          0.1         3.35             11          0.275
## 2  (3.4,3.5]          0.1         3.45              8          0.200
## 3  (3.5,3.6]          0.1         3.55             15          0.375
## 4  (3.6,3.7]          0.1         3.65              5          0.125
## 5  (3.7,3.8]          0.1         3.75              1          0.025
##   Summenhfk. Dichte
## 1      0.275   2.75
## 2      0.475   2.00
## 3      0.850   3.75
```

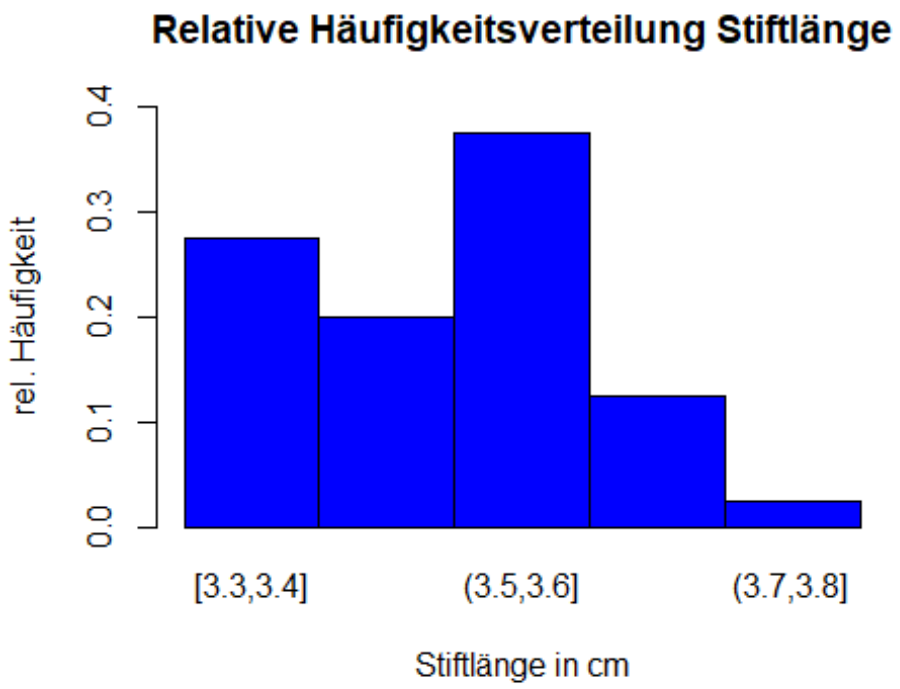
```
## 4      0.975   1.25
## 5      1.000   0.25
```

```
barplot(Stiftlänge.df$abs.Häufigkeit, names = Länge_Intervall.vec, main = "Ab
solute Häufigkeit Stiftlänge", ylab = "abs. Häufigkeit", ylim = c(0,20), xlab
= "Stiftlänge in cm", col = "blue")
```

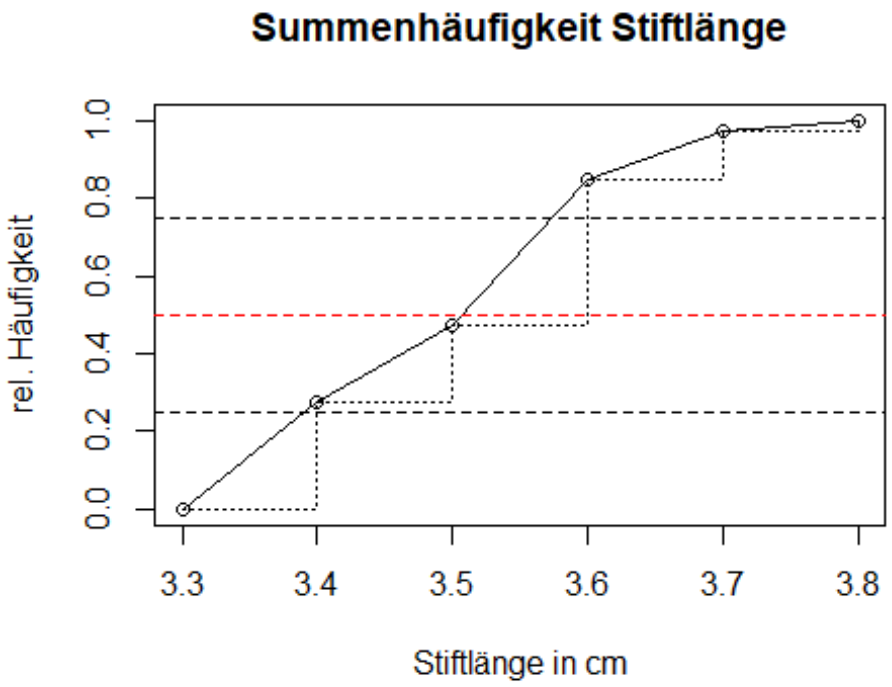


Aufgrund der unglücken Wahl der Maße in cm und der geringen Steuung sowie der folglichen geringen Klassenbreite, wird hier kein Diagramm der Häufigkeitsdichte, sondern ein Diagramm der rel. Häufigkeit erstellt.

```
# Das Histogramm wird mittels Barplot und 0 Abstand zwischen den Balken
erstellt
barplot(Stiftlänge.df$rel.Häufigkeit, names = Länge_Intervall.vec, space = 0,
col = "blue", ylim = c(0,0.4), xlab = "Stiftlänge in cm", ylab = "rel. Häufig
keit", main = "Relative Häufigkeitsverteilung Stiftlänge")
```




```
plot(c(3.3,3.4,3.5,3.6,3.7,3.8), c(0,Stiftlänge.df$Summenhfk.), main = "Summe
nhäufigkeit Stiftlänge", xlab = "Stiftlänge in cm", ylab = "rel. Häufigkeit",
type = "l", lty = 1)

points(c(3.3,3.4,3.5,3.6,3.7,3.8), c(0,Stiftlänge.df$Summenhfk.))
lines(c(3.3,3.4,3.5,3.6,3.7,3.8), c(0,Stiftlänge.df$Summenhfk.), type = "s",
lty = 3)
abline(0.25, 0, lty = "dashed")                # Linie für das untere Quartil
abline(0.75, 0, lty = "dashed")                # Linie für das obere Quartil
abline(0.5, 0, lty = "dashed", col = "red")    # Linie für den Median
```



b) Schätze das arithmetische Mittel aus der grafischen Darstellung für die Häufigkeit und den Median aus der grafischen Darstellung für die Summenhäufigkeit.

Die Schätzung erfolgte nach derselben Vorgehensweise, wie sie bereits mehrfach in den Übungen zuvor erwähnt worden ist (siehe A-3). Daher wird auf eine ausführliche Beschreibung der Durchführung der Schätzung an dieser Stelle verzichtet.

Würfel:
arithmetisches Mittel: 3,5
Median: 3

Wartezeit:
arithmetisches Mittel: liegt im Intervall [0,3] und beträgt geschätzt 3
Median: 2,8

Telefongespräche:
arithmetisches Mittel: liegt im Intervall (2,4] und beträgt geschätzt 3
Median: 3,5

Stiftlänge:
arithmetisches Mittel: liegt im Intervall (3.5,3.6] und beträgt geschätzt 3,55
Median: 3,51

c) Bestimme für jede Messreihe jene Merkmalsausprägung, unter welcher die kleinsten 25 % zu finden sind.

Würfel

```
quantile(Verteilungsvergleich.df$Wuerfel, probs = c(0,0.25))
```

```
##  0% 25%
##   1   2
```

Wartezeit

```
quantile(Verteilungsvergleich.df$Wartezeit_min, probs = c(0,0.25))
```

```
##    0%   25%
## 0.102 0.743
```

Telefongespräche

```
quantile(Verteilungsvergleich.df$Telgesprae_min, probs = c(0,0.25))
```

```
##     0%    25%
## 1.6200 2.8425
```

Stiftlänge

```
quantile(Verteilungsvergleich.df$Stiftlaenge_cm, probs = c(0,0.25))
```

```
##   0%  25%
## 3.34 3.40
```

d) Berechne die möglichen Lageparameter (Zentralmaße und Streumaße). Versuche die Lage und die Größe der Lageparameter aufgrund der Eigenschaften der Verteilungen zu verstehen. (z.B.: Worauf deutet die verschiedenen Lage von Median und arithmetischem Mittel, wie verhält sich die Standardabweichung zu Streuparametern wie Spannweite oder Interquartilsabstand?)

Würfel - Zentralmaße:
Modus

```
Modus_Wuerfel.vec <- Verteilungsvergleich.df$Wuerfel
getmode <- function(Modus_Wuerfel.vec) {
   uniqv <- unique(Modus_Wuerfel.vec)
   uniqv[which.max(tabulate(match(Modus_Wuerfel.vec, uniqv)))]
}
getmode(Modus_Wuerfel.vec)
```

```
## [1] 2
```

Median

```
median(Verteilungsvergleich.df$Wuerfel)
```

```
## [1] 3
```

Mittelwert

```
mean(Verteilungsvergleich.df$Wuerfel)
```

```
## [1] 3.5
```

Würfel - Streumaße

Minimum

```
min(Verteilungsvergleich.df$Wuerfel)
```

```
## [1] 1
```

Maximum

```
max(Verteilungsvergleich.df$Wuerfel)
```

```
## [1] 6
```

Spannweite

```
range(Verteilungsvergleich.df$Wuerfel)
```

```
## [1] 1 6
```

Quantile

```
quantile(Verteilungsvergleich.df$Wuerfel)
```

```
##   0%  25%  50%  75% 100%
##    1    2    3    5    6
```

Standardabweichung

```
sd(Verteilungsvergleich.df$Wuerfel)
```

```
## [1] 1.679438
```

Mittlere absolute Abweichung

```
mean(abs(Verteilungsvergleich.df$Wuerfel-mean(Verteilungsvergleich.df$Wuerfel
)))
```

```
## [1] 1.475
```

Wartezeit - Zentralmaße:
Modus

```
Modus_Wartezeit.vec <- Verteilungsvergleich.df$Wartezeit_min
getmode <- function(Modus_Wartezeit.vec) {
   uniqv <- unique(Modus_Wartezeit.vec)
   uniqv[which.max(tabulate(match(Modus_Wartezeit.vec, uniqv)))]
}
getmode(Modus_Wartezeit.vec)
```

```
## [1] 3.138
```

Median

```
median(Verteilungsvergleich.df$Wartezeit_min)
```

```
## [1] 2.745
```

Mittelwert

```
mean(Verteilungsvergleich.df$Wartezeit_min)
```

```
## [1] 3.5
```

Wartezeit - Streumaße
Minimum

```
min(Verteilungsvergleich.df$Wartezeit_min)
```

```
## [1] 0.102
```

Maximum

```
max(Verteilungsvergleich.df$Wartezeit_min)
```

```
## [1] 15.788
```

Spannweite

```
range(Verteilungsvergleich.df$Wartezeit_min)
```

```
## [1]  0.102 15.788
```

Quantile

```
quantile(Verteilungsvergleich.df$Wartezeit_min)
```

```
##     0%    25%    50%    75%   100%
##  0.102  0.743  2.745  5.652 15.788
```

Standardabweichung

```
sd(Verteilungsvergleich.df$Wartezeit_min)
```

```
## [1] 3.493427
```

Mittlere absolute Abweichung

```
mean(abs(Verteilungsvergleich.df$Wartezeit_min-mean(Verteilungsvergleich.df$W
artezeit_min)))
```

```
## [1] 2.66165
```

Telefongespräch - Zentralmaße:
Modus

```
Modus_Telefongespräch.vec <- Verteilungsvergleich.df$Telgesprae_min
getmode <- function(Modus_Telefongespräch.vec) {
   uniqv <- unique(Modus_Telefongespräch.vec)
   uniqv[which.max(tabulate(match(Modus_Telefongespräch.vec, uniqv)))]
}
getmode(Modus_Telefongespräch.vec)
```

```
## [1] 3.56
```

Median

```
median(Verteilungsvergleich.df$Telgesprae_min)
```

```
## [1] 3.295
```

Mittelwert

```
mean(Verteilungsvergleich.df$Telgesprae_min)
```

```
## [1] 3.49975
```

Telefongespräche - Streumaße:
Minimum

```
min(Verteilungsvergleich.df$Telgesprae_min)
```

```
## [1] 1.62
```

Maximum

```
max(Verteilungsvergleich.df$Telgesprae_min)
```

```
## [1] 14.21
```

Spannweite

```
range(Verteilungsvergleich.df$Telgesprae_min)
```

```
## [1]  1.62 14.21
```

Quantile

```
quantile(Verteilungsvergleich.df$Telgesprae_min)
```

```
##      0%     25%     50%     75%    100% 
##  1.6200  2.8425  3.2950  3.7925 14.2100
```

Standardabweichung

```
sd(Verteilungsvergleich.df$Telgesprae_min)
```

```
## [1] 1.882077
```

Mittlere absolute Abweichung

```
mean(abs(Verteilungsvergleich.df$Telgesprae_min-mean(Verteilungsvergleich.df$
Telgesprae_min)))
```

```
## [1] 0.8622
```

Stiftlänge - Zentralmaße:
Modus

```
Modus_Stiftlänge.vec <- Verteilungsvergleich.df$Stiftlaenge_cm
getmode <- function(Modus_Stiftlänge.vec) {
   uniqv <- unique(Modus_Stiftlänge.vec)
   uniqv[which.max(tabulate(match(Modus_Stiftlänge.vec, uniqv)))]
}
getmode(Modus_Stiftlänge.vec)
```

```
## [1] 3.4
```

Median

```
median(Verteilungsvergleich.df$Stiftlaenge_cm)
```

```
## [1] 3.51
```

Mittelwert

```
mean(Verteilungsvergleich.df$Stiftlaenge_cm)
```

```
## [1] 3.5
```

Stiftlänge - Streumaße:
Minimum

```
min(Verteilungsvergleich.df$Stiftlaenge_cm)
```

```
## [1] 3.34
```

Maximum

```
max(Verteilungsvergleich.df$Stiftlaenge_cm)
```

```
## [1] 3.75
```

Spannweite

```
range(Verteilungsvergleich.df$Stiftlaenge_cm)

## [1] 3.34 3.75
```

Quantile

```
quantile(Verteilungsvergleich.df$Stiftlaenge_cm)

##   0%  25%  50%  75% 100%
## 3.34 3.40 3.51 3.57 3.75
```

Standardabweichung

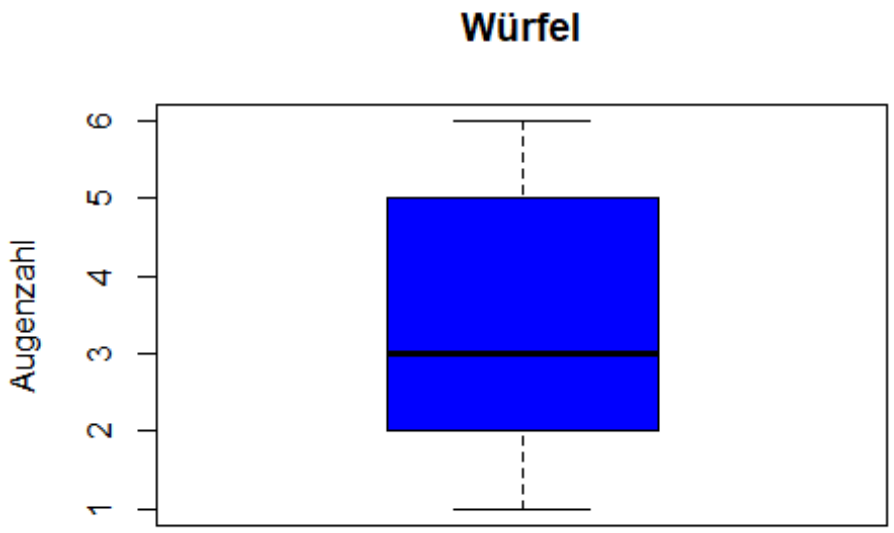
```
sd(Verteilungsvergleich.df$Stiftlaenge_cm)

## [1] 0.1059511
```

Mittlere absolute Abweichung

```
mean(abs(Verteilungsvergleich.df$Stiftlaenge_cm-mean(Verteilungsvergleich.df$
Stiftlaenge_cm)))

## [1] 0.0875
```

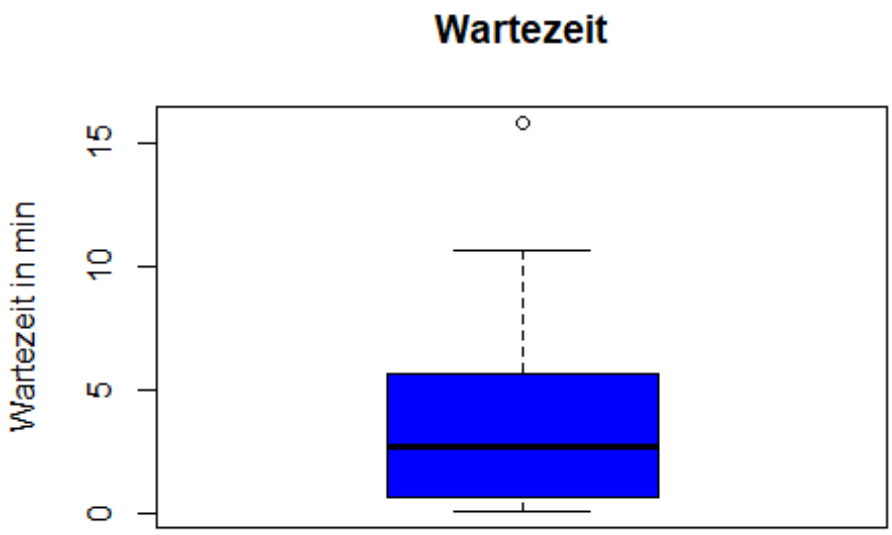
e) Zeichne für jede Messreihe einen Boxplot

```
boxplot(Verteilungsvergleich.df$Wuerfel, col = "blue", main = "Würfel", ylab
= "Augenzahl")
```



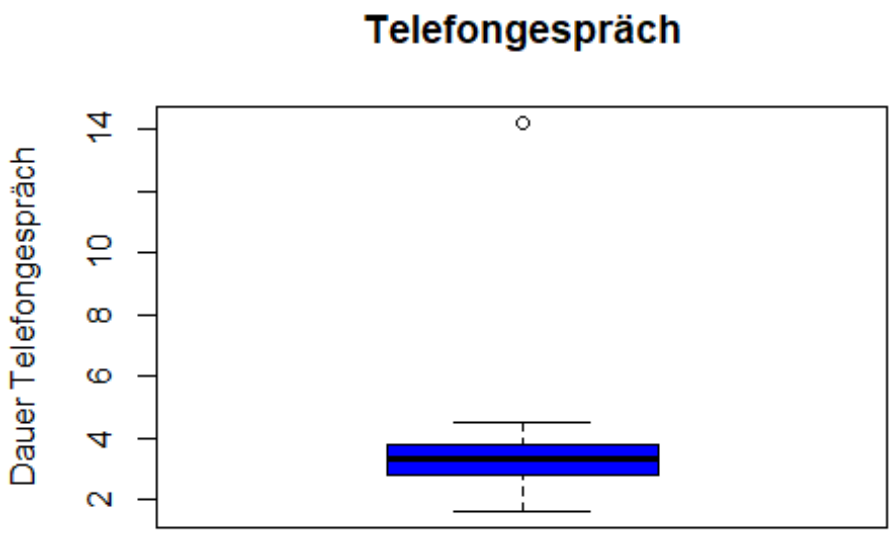
Der Median liegt hier genau beim arithmetischen Mittel von 3. Die Flächen der einzelnen Quartile sind nicht genau gleich aber annähernd gleich groß. Es kann daher auf eine Gleichverteilung geschlossen werden.

```
boxplot(Verteilungsvergleich.df$Wartezeit_min, col = "blue", ylab = "Wartezei
t in min", main = "Wartezeit")
```



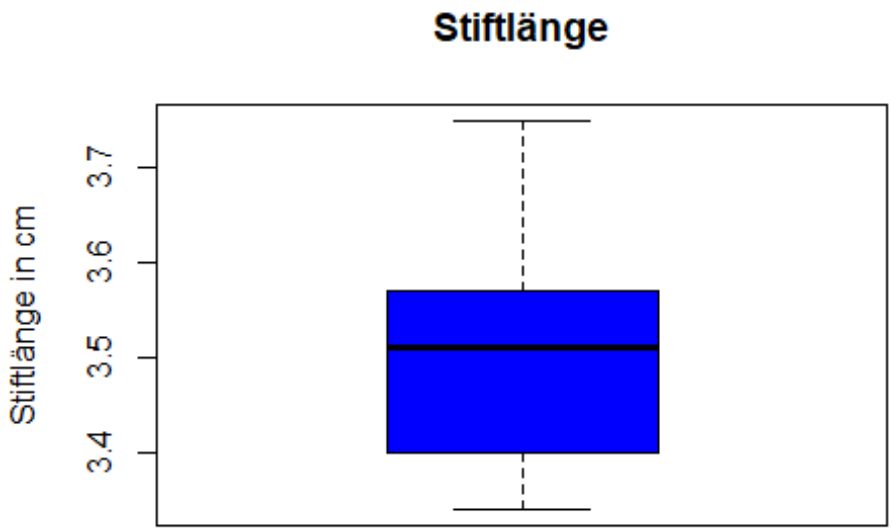
Auch abgesehen von dem einen Ausreißer (Punkt) sind die Quartile nicht gleich groß (vertikale Ausdehnung in diesem Fall). Speziell das erste und das vierte Quartil unterscheiden sich deutlich. Die Messgrößen sind daher nicht gleichverteilt.

```
boxplot(Verteilungsvergleich.df$Telgesprae_min, main = "Telefongespräch", yla
b = "Dauer Telefongespräch", col = "blue")
```



Wird der Ausreißer außer Acht gelassen, sind die Daten annähernd gleichverteilt, auch wenn speziell das erste Quartil größer ist als die anderen drei.

```
boxplot(Verteilungsvergleich.df$Stiftlaenge_cm, main = "Stiftlänge", ylab = "
Stiftlänge in cm", col = "blue")
```



B-5) Lageparameter als Sicherheitskennzahlen. Eine Fluggesellschaft wirbt damit, dass pro 489 Millionen Passagierkilometer lediglich 1 Todesfall zu beklagen war. (Das klingt sehr gut, wenn man nur 800 km fliegen will). Mit dieser Statistik, so die Fluggesellschaft, ist die Reise mit ihr 10-mal sicherer als eine Autofahrt. (m.a.W.: Im Autoverkehr gibt es 10 Tote auf 48 Millionen Passagierkilometer, oder 1 Toten auf 4,8 Mio. Passagierkilometer.) Allerdings fliegt das Flugzeug im Durchschnitt auch 10-mal schneller als ein Auto fährt. Welche Kennzahlen würde eine Pro-Auto-Initiative dieser Werbung entgegenstellen? (Beachte die effektiven Reisezeiten.)

Wie sich aus der Statistik ableiten lässt, ist laut Fluggesellschaft das Fliegen rund 10 Mal sicherer als eine Autofahrt. Gleichzeitig wird aber auch angegeben, dass ein Flugzeug im Durchschnitt auch 10 Mal so schnell fliegt, als ein Auto fährt. Innerhalb eines gleichen Zeitabschnitts legt ein Flugzeug 48 Mio. Kilometer zurück, ein Auto hingegen nur 4,8 Mio Kilometer. Aus der Angabe geht hervor, dass für beide Strecken jeweils ein Todesopfer zu beklagen ist. Das Sterberisiko ist zwar pro Kilometer Flugstrecke geringer als pro Kilometer Autofahrt, Für eine bestimmte Reisezeit ist das Risiko zu Sterben allerdings gleich groß. Die Pro-Auto-Initiative könnte also angeben, dass pro Reisestunde das Sterberisiko bei einer Autofahrt gleich groß ist wie bei der Reise mit einem Flugzeug.

B-6) Will Rogers Phänomen.

Das Will Rogers Phänomen beschreibt eine Gegebenheit, bei der durch geschicktes Verschieben von Elementen zwischen Gruppen der Mittelwert in beiden Gruppen verändert werden kann. Je nach Ausgangssituation kann dabei der Mittelwert in beiden Gruppen gesteigert oder wenn gewünscht auch verringert werden.
Die bei dieser Untersuchung erhobenen Daten sind alle korrekt. Durch das Zusammenlegen der Senioren und der Kinder ergeben sich für den Hersteller allerding bessere Lebensdauerergebnisse. Aufgrund der unterschiedlichen Lebenserwartung von Kindern und Jugendlichen dürfen diese nicht in derselben Gruppe ausgewertet werden.

B-7) Simpsons Paradoxon.

Beim Simpson Paradoxon wird offensichtlich, dass Ergebnisse von Studien, je nach dem wie sie aufbereitet werden, völlig unterschiedliche Ergebnisse liefern, auch wenn die beiden Verfahren korrekt sind und an den Daten keine Manipulation vorgenommen wurde. So ist in diesem Beispiel ersichtlich, dass die Ergebnisse des Versuchs mit dem neuen Fertigungsverfahren einzeln betrachtet deutlich schlechter abschneidet, als bei gemeinsamer Betrachtung.
So werden bei den zusammengefassten Ergebnissen einzelne Teile und Einzelheiten des Produktionsablaufs und Gründe für das schlechtere Abschneiden des neuen Verfahrens nicht mit berücksichtigt. Die Daten über die Durchführung bei der Studie zum neuen Produktionsverfahren werden beim Zusammenfassen also unter den Tisch fallen gelassen. Ein möglicher Grund für das schlechtere Abschneiden des neuen Fertigungsprozesses könnte in diesem Beispiel sein, dass die Ausschüsse nicht gleichverteilt waren, sondern am Anfang aufgrund der Umstellung viel höher ausfielen. Aus den vorliegenden Daten kann allerdings kein Rückschluss auf diese Behauptung gezogen werden. Ein weiterer Grund könnte sein, dass die Unterschiede in den beiden Werken darauf zurückgefürht werden könne, dass in den Unterschiedlichen Produktionsstätten unterschiedliche Maschinen zum Einsatz kommen. Ältere Maschinen in einem der Werke könnte z.B. dazu führen, dass der Ausschuss größer ist, da sie mit dem neuen Fertigungsverfahren nicht so gut arbeiten können.
Zusammengefasst beschreibt das Simpson Paradoxon, dass Studienergebnisse oftmals durch “für die Studienautoren günstige Auslegung” so präsentiert werden könne, dass das Ergebnis ein anderes ist, als würde man die einzelnen Studien für sich betrachten.

B-8) Studienplatz an einer Hochschule

Bei dieser Untersuchung kommt wieder das Simpson Paradoxon zum Einsatz. Betrachtet man die Zahlen der ersten Tabelle genauer, erkennt man, dass sich deutlich mehr Studenten für einen Studienplatz an der Hochschule beworben haben als Studentinnen. Diese Tatsache wirkt sich schlussendlich netagiv auf das Gesamtergebnis aus. In diesem Studiengang werden jeweil 10 Bewerberinnen und Bewerber aufgenommen. Die Erfolgsquote liegt bei den Bewerberinnen höher, da sich Absolut betrachtet mehr Bewerber für diesen Studienplatz gefunden haben. Auch muss berücksichtigt werden, dass der Studiengang STG-

4 mit Abstand am meisten Bewerberinnen und Bewerber hat, in diesem Studiengang allerdings die wenigsten Studienplätze vergeben werden. Schlüsselt man die Daten für diesen Studiengang genauer auf, wird deutlich, dass knapp 74 % aller Studentinnen sich für diesen Studiengang beworben haben. Bei den Bewerbern liegt dieser Anteil nur bei nicht einmal 53 %. Da dieser Unterschied bei der Gesamtbetrachtung vernachlässigt wird, hat es den Anschein, dass Bewerberinnen die schlechteren Chancen haben, einen Studienplatz an dieser Hochschule zu bekommen als Bewerber. Betrachtet man jedoch alle Einflussfaktoren, wie es die QM der Hochschule durch die Aufschlüsselung der Erfolgsquote auf die einzelnen Studiengäng gemacht hat, kommt man zu dem Ergebnis, dass die Chancen von Bewerberinnen höher ist als jene von Bewerbern.

C) Offene Untersuchung

C-1) Das komma-separierte File „Unternehmensumsaetze.csv“ enthält Daten zu den 97 weltweit größten und börsennotierten Konzernen. In dieser Tabelle sind die Umsätze und Gewinne in Mrd. $ angegeben. Untersuche die Daten mit den bekannten Methoden. Beantworte damit Fragen, wie z.B.: „Wie verteilen sich die Unternehmen auf Länder und Branchen?“, „Wie verteilen sich Gewinne, Umsätze und Mitarbeiter?“, „Welche Branchen generieren besonders viele Umsätze oder Gewinne pro Mitarbeiter?“, und andere mehr. Verwende dazu geeignete Häufigkeitsdarstellungen und Lageparameter. Lege eine passende Regressionsgerade durch die Merkmale „Mitarbeiter“ und „Gewinn“. Wo gibt es Ausreißer. Erkundige Dich nach der Lorenzkurve und wende sie auf die Werte der Merkmale „Umsätze“ und „Mitarbeiter“ an.

Verteilung der Unternehmen nach den Branchen

```
# Einlesen der Daten aus einer .csv Datei
Unternehmensumsätze.df <- read.csv("Unternehmensumsaetze.csv", sep = ";", dec = ",", header = TRUE)
```

Verteilung der Unternehmen nach den jeweiligen Länder in dem das Unternehmen seinen Hauptwohnsitz hat

```
Land.df <- data.frame(table(Unternehmensumsätze.df$Land))
names(Land.df) <- c("Staat" , "Anzahl")
Land.df[order(Land.df$Anzahl, decreasing = TRUE),]
```

```
##                  Staat Anzahl
## 18                 USA     31
## 20 Volksrepublik China     13
## 2          Deutschland     10
```

```
## 3           Frankreich      9
## 7                Japan      8
## 6              Italien      4
## 4      Grossbritannien      3
## 12             Russland      3
## 5                Indien      2
## 10         Niederlande      2
## 13             Schweiz      2
## 15           Suedkorea      2
## 1            Brasilien      1
## 8             Malaysia      1
## 9                Mexiko      1
## 11             Norwegen      1
## 14              Spanien      1
## 16              Taiwan      1
## 17            Thailand      1
## 19           Venezuela      1
```

Verteilung der Unternehmen nach Branchen

```
Branche.df <- data.frame(table(Unternehmensumsätze.df$Branche))
names(Branche.df) <- c("Branche", "Anzahl")
Branche.df[order(Branche.df$Anzahl, decreasing = TRUE),]
```

```
##                                    Branche Anzahl
## 16                            Oel und Gas     22
## 3                                  Banken     15
## 1                               Automobile      9
## 6                              Einzelhandel      6
## 20                             Technologie      6
## 21                       Telekommunikation      5
## 22                          Versicherungen      5
## 23                               Versorger      5
## 14                            Mischkonzern      3
## 17                            Pharmahandel      3
## 7                             Eisenbahnbau      2
## 8                      Finanzdienstleister      2
## 12                            Konsumgueter      2
## 15                         Nahrungsmittel      2
## 19                         Rohstoffhandel      2
## 2       Automotive Telecom, IT & Tourismus      1
## 4                        Bauhauptgewerbe      1
## 5                                  Chemie      1
## 9                             Flugzeugbau      1
## 10                            Grosshandel      1
## 11                     Informationstechnik      1
## 13 Logistik, Bankwesen, Versicherungswesen      1
## 18                               Pharmazie      1
```

Verteilung der Unternehmen nach Hauptsitz

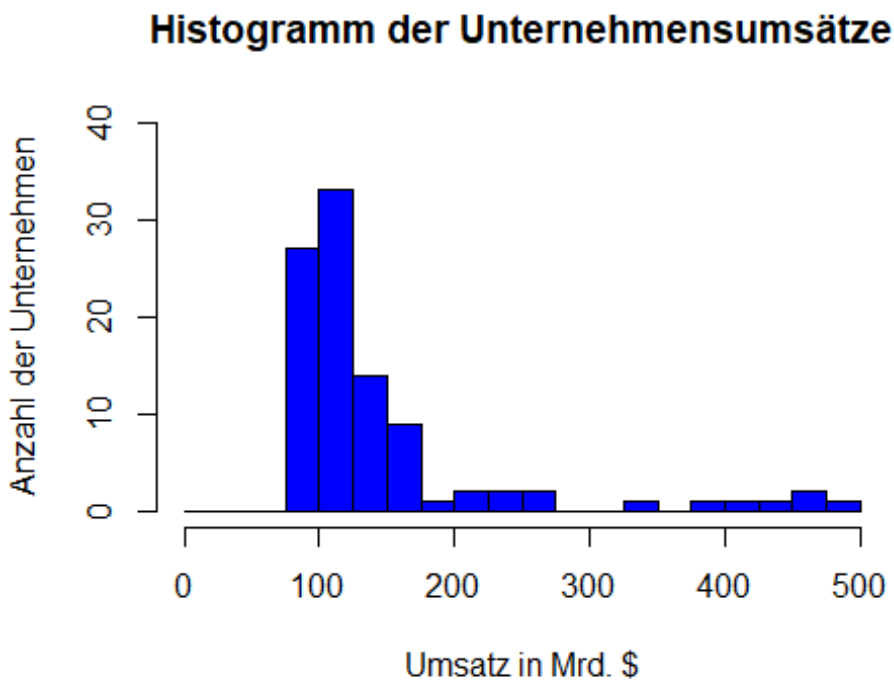
```
Hauptsitz.df <- data.frame(table(Unternehmensumsätze.df$Hauptsitz))
names(Hauptsitz.df) <- c("Hauptsitz" , "Anzahl")
Hauptsitz.df[order(Hauptsitz.df$Anzahl, decreasing = TRUE),]
```

```
##                       Hauptsitz Anzahl
## 41                       Peking     12
## 40                        Paris      8
## 52                        Tokio      6
## 34                     Muenchen      4
## 33                       Moskau      3
## 37                     New York      3
## 12                    Cincinnati     2
## 20                   Duesseldorf     2
## 28                        London     2
## 43                           Rom     2
## 44                   San Antonio     2
## 45                 San Francisco     2
## 47                         Seoul     2
## 1                      Amsterdam     1
## 2                         Armonk     1
## 3                        Baar ZG     1
## 4                        Bangkok     1
## 5                    Bentonville     1
## 6                           Bonn     1
## 7                        Caracas     1
## 8                      Charlotte     1
## 9                       Cheshunt     1
## 10                  Chesterbrook     1
## 11                       Chicago     1
## 13                     Courbevoie     1
## 14                     Cupertino     1
## 15                      Dearborn     1
## 16                       Decatur     1
## 17                      Den Haag     1
## 18                       Detroit     1
## 19                        Dublin     1
## 21                      Fairfield     1
## 22                      Hongkong     1
## 23                       Houston     1
## 24                         Irving     1
## 25                       Issaquah     1
## 26 Kasumigaseki, Chiyoda, Tokio     1
## 27                    Kuala Lumpur     1
## 29                    Ludwigshafen     1
## 30                          Madrid     1
## 31                  Mexiko-Stadt     1
## 32                     Minnetonka     1
```

```
## 35                       Mumbai      1
## 36                    Neu-Delhi      1
## 38                        Omaha      1
## 39                    Palo Alto      1
## 42                Rio de Janeiro     1
## 46                    San Ramon      1
## 48         St. Louis (Missouri)      1
## 49                    Stavanger      1
## 50                    Stuttgart      1
## 51                       Taipeh      1
## 53                       Toyota      1
## 54                       Triest      1
## 55                        Turin      1
## 56                Tysons Corner      1
## 57                        Vevey      1
## 58             Washington, D.C.      1
## 59                    Wolfsburg      1
## 60                   Woonsocket      1
```

Aufteilung nach Unternehmensumsätze

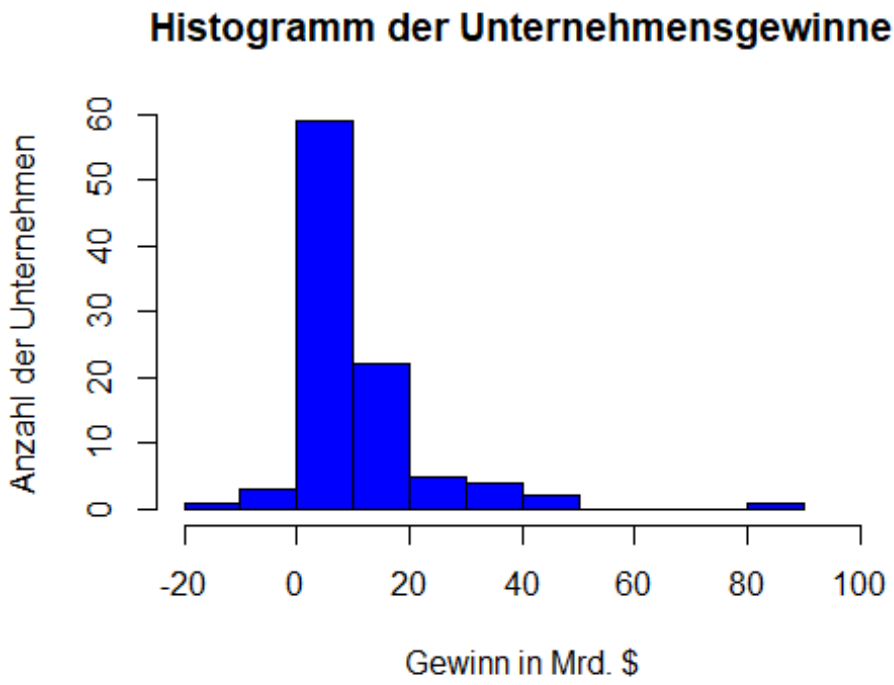
```
summary(Unternehmensumsätze.df$Umsatz)

##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##   79.83   98.53  114.30  143.97  146.90  476.29

hist(Unternehmensumsätze.df$Umsatz, c(0,25,50,75,100,125,150,175,200,225,250,
275,300,325,350,375,400,425,450,475,500), col = "blue", main = "Histogramm de
r Unternehmensumsätze", xlab = "Umsatz in Mrd. $", ylab = "Anzahl der Unterne
hmen", ylim = c(0,40))
```



Das Histogramm macht deutlich, dass die Meisten Unternehmen einen Umsatz zwischen 80 und 150 Mrd. US-Dollar haben. Es gibt aber auch ein paar Unternehmne, die wesentlich mehr Unternehmensumsatz von bis zu knapp 500 Mrd. US-Dollar generieren können.

Aufteilung nach Unternehmensgewinnen

```
summary(Unternehmensumsätze.df$Gewinn)

##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
## -12.300   2.700   6.076  10.049  13.700  83.900

Breaks.vec <- c(-20,-10,0,10,20,30,40,50,60,70,80,90)

hist(Unternehmensumsätze.df$Gewinn, Breaks.vec, main = "Histogramm der Untern
ehmensgewinne", xlab = "Gewinn in Mrd. $", ylab = "Anzahl der Unternehmen", c
ol = "blue", xlim = c(-20,100))
```



Sortierung nach Umsatz je Mitarbeiter in $

```
Mitarbeit_Bran.vec <- aggregate(Unternehmensumsätze.df$Mitarbeiter, by = list
(Branche = Unternehmensumsätze.df$Branche), FUN = sum)

Umsatz_Bran.vec <- aggregate(Unternehmensumsätze.df$Umsatz, by = list(Branche
= Unternehmensumsätze.df$Branche), FUN = sum)

Umsatz_Mitarbeit_Bran.df <- data.frame(Bran = Umsatz_Bran.vec$Branche, Ums_Mi
t = 1000000000*Umsatz_Bran.vec$x/Mitarbeit_Bran.vec$x)

names(Umsatz_Mitarbeit_Bran.df) <- c("Branche", "Umsatz_je_Mitarbeiter")
Umsatz_Mitarbeit_Bran.df[order(Umsatz_Mitarbeit_Bran.df$Umsatz_je_Mitarbeiter
, decreasing = TRUE),]
```

```
##                                    Branche Umsatz_je_Mitarbeiter
## 19                          Rohstoffhandel              4591305.6
## 17                            Pharmahandel              4130774.1
## 18                               Pharmazie              3462518.6
## 13 Logistik, Bankwesen, Versicherungswesen              1382954.5
## 22                          Versicherungen              1034492.8
## 16                             Oel und Gas               997392.1
## 5                                   Chemie               883562.3
## 8                     Finanzdienstleister               702052.8
## 14                           Mischkonzern               683145.9
## 1                              Automobile               612787.8
```

```
## 4                            Bauhauptgewerbe              587860.8
## 12                              Konsumgueter              570462.8
## 15                            Nahrungsmittel              527599.7
## 9                                Flugzeugbau              496691.5
## 21                         Telekommunikation              487441.5
## 3                                    Banken              470430.1
## 23                              Versorger              385077.2
## 7                              Eisenbahnbau              370829.4
## 10                              Grosshandel              345464.9
## 20                              Technologie              313889.9
## 6                              Einzelhandel              277279.8
## 11                       Informationstechnik              231324.7
## 2       Automotive Telecom, IT & Tourismus              156818.2
```

Im Rohstoffsektor und im Pharmaunternehmen sind die vergleichsweise größten Gewinne je Mitarbeiter zu erzielen. Im Rohstoffhandel betragen die Umsätze rund 4,6 Mio. $ je Mitarbeiter.

Sortierung nach Gewinn je Mitarbeiter nach Branche in $

```
Gewinn_Bran.vec <- aggregate(Unternehmensumsätze.df$Gewinn, by = list(Branche
= Unternehmensumsätze.df$Branche), FUN = sum)

Gewinn_Mitarbeit_Bran.df <- data.frame(Bran = Gewinn_Bran.vec$Branche, Gew_Mi
t = 1000000000*Gewinn_Bran.vec$x/Mitarbeit_Bran.vec$x)

names(Gewinn_Mitarbeit_Bran.df) <- c("Branche", "Gewinn_je_Mitarbeiter")
Gewinn_Mitarbeit_Bran.df[order(Gewinn_Mitarbeit_Bran.df$Gewinn_je_Mitarbeiter
, decreasing = TRUE),]
```

```
##                                    Branche Gewinn_je_Mitarbeiter
## 18                                Pharmazie            565944.068
## 3                                    Banken             97682.986
## 16                               Oel und Gas             58023.869
## 5                                     Chemie             57584.510
## 14                               Mischkonzern             52040.403
## 22                              Versicherungen             48601.021
## 13 Logistik, Bankwesen, Versicherungswesen              43472.727
## 21                         Telekommunikation             41031.404
## 11                       Informationstechnik             38264.241
## 15                            Nahrungsmittel             33732.924
## 20                              Technologie              30803.964
## 1                                Automobile              30706.404
## 9                                Flugzeugbau             26290.138
## 17                              Pharmahandel             26028.949
## 8                        Finanzdienstleister             23404.317
## 12                              Konsumgueter             18909.839
## 2       Automotive Telecom, IT & Tourismus              13484.848
## 4                            Bauhauptgewerbe              9550.085
```

```
## 6                                Einzelhandel              7482.463
## 7                                Eisenbahnbau              4980.159
## 23                                  Versorger              3512.645
## 10                                Grosshandel              2016.379
## 19                              Rohstoffhandel            -99416.667
```

Die höchsten Gewinne je Mitarbeiter können mit rund 570.00 $ je Mitarbeiter die Unternehmen in der Pharmazie aufweisen.

Sortierung nach Gewinn je Mitarbeiter nach Unternehmen in $

```
Mitarbeit_Firma.vec <- aggregate(Unternehmensumsätze.df$Mitarbeiter, by = lis
t(Firma = Unternehmensumsätze.df$Name), FUN = sum)

Gewinn_Firma.vec <- aggregate(Unternehmensumsätze.df$Gewinn, by = list(Firma
= Unternehmensumsätze.df$Name), FUN = sum)

Gewinn_Mitarbeit_Firma.df <- data.frame(Firma = Gewinn_Firma.vec$Firma, Gew_M
it = 1000000000*Gewinn_Firma.vec$x/Mitarbeit_Firma.vec$x)

names(Gewinn_Mitarbeit_Firma.df) <- c("Firma", "Gewinn_je_Mitarbeiter")
Gewinn_Mitarbeit_Firma.df[order(Gewinn_Mitarbeit_Firma.df$Gewinn_je_Mitarbeit
er, decreasing = TRUE),]
```

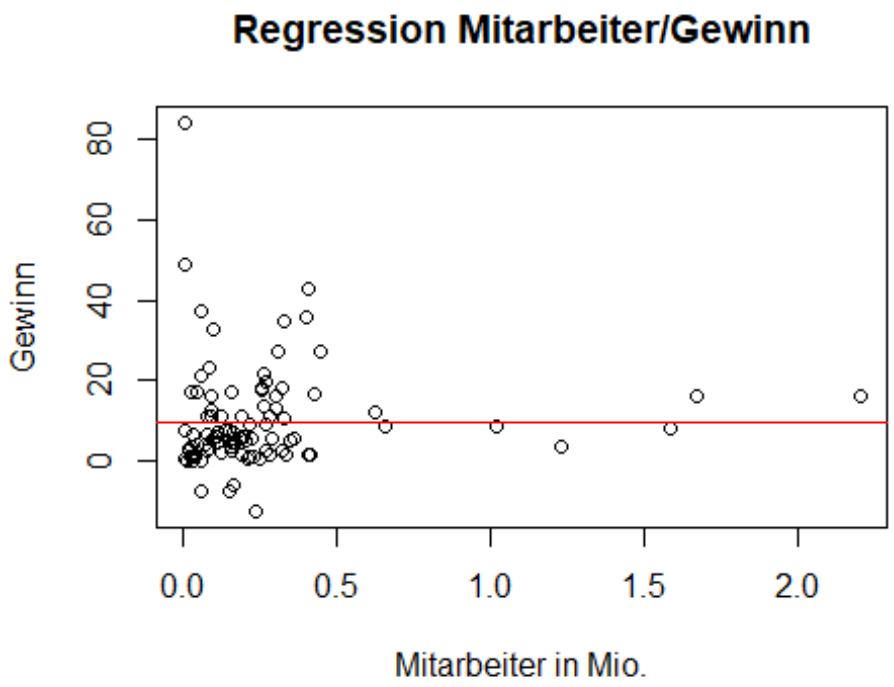
```
##                                    Firma Gewinn_je_Mitarbeiter
## 42                            Fannie Mae          11985714.286
## 44                           Freddie Mac           9959100.204
## 23          China National Offshore Oil           1432025.293
## 4                                 Apple            585102.686
## 40             Express Scripts Holding            565944.068
## 74                             Petronas            391700.866
## 20                              Chevron            350111.948
## 41                           ExxonMobil            328758.829
## 17                                   BP            281187.050
## 87                              Statoil            214409.585
## 79                    Royal Dutch Shell            181900.000
## 77                  PTT Public Company             168859.649
## 71                               PDVSA            140295.164
## 73                            Petrobras            135428.111
## 29                       ConocoPhillips            125033.557
## 93                        Valero Energy            123051.682
## 90                                Total            116582.036
## 78                          Rosneft Oil            107625.689
## 21             China Construction Bank            105937.991
## 55                                ICBC             104436.982
## 65                           Munich Re              93208.490
## 45                             Gazprom              89199.501
## 80                 Samsung Electronics              88745.928
## 75                    Procter & Gamble              87596.899
```

```
## 38                              Eni            87054.876
## 97                      Wells Fargo            82891.749
## 13                Berkshire Hathaway           71904.836
## 7                             AT&T             71367.288
## 59                  JPMorgan Chase             68804.606
## 14                       BMW Group             63887.051
## 1       Agricultural Bank of China             60348.546
## 94                         Verizon             58793.192
## 57                       ING Groep             58188.644
## 12                            BASF             57584.510
## 37                            Enel             57059.448
## 92                     UnitedHealth             56565.657
## 91                     Toyota Motor             55783.127
## 2                           Allianz             55658.104
## 54                             HSBC             52943.945
## 62                           Lukoil             52000.000
## 28                         Citigroup             51503.759
## 60                     JX Holdings             45387.028
## 3                  AmerisourceBergen             44060.914
## 43                        Ford Motor             43902.439
## 67                     Nippon Yuesei             43472.727
## 47                  General Electric             43378.738
## 22                     China Mobile             42459.513
## 5           Archer Daniels Midland              42345.277
## 10                  Bank of America             40565.526
## 58  International Business Machines             38264.241
## 31                  Credit Agricole             37735.418
## 35                            E.ON              36037.977
## 63                         McKesson             34482.759
## 8                             AXA              33837.349
## 33                          Daimler             33470.907
## 66                          Nestle              32926.829
## 56          Indian Oil Corporation              32322.228
## 15                      BNP Paribas             32254.325
## 6           Assicurazioni Generali              30976.743
## 53                      Honda Motor             30465.969
## 9                 Banco Santander               29997.569
## 36           Electricite de France              29903.693
## 32                    CVS Caremark              28220.859
## 16                          Boeing              26290.138
## 70                             NTT              25865.260
## 48                  General Motors              25826.087
## 68                    Nissan Motor              24840.764
## 11                    Bank of China             19658.494
## 95                       Volkswagen             19262.344
## 84                 Societe Generale             17542.101
## 69                      Noble Group             17428.571
## 30                 Costco Wholesale             15625.000
## 81                          Siemens             15555.556
## 50                  Hewlett-Packard             14588.101
## 88                             Tata             13484.848
```

```
## 18                       Cardinal Health             10470.219
## 39                                  Exor             10122.139
## 24              China National Petroleum              9781.952
## 27 China State Construction Engineering              9550.085
## 82                                Sinopec              8739.906
## 51                                Hitachi              8036.101
## 96                                Walmart              7272.727
## 34                     Deutsche Telekom                5406.400
## 26                   China Railway Group               5366.197
## 86                             State Grid              5042.325
## 25           China Railway Construction                4481.818
## 83                           SK Holdings               4460.686
## 61                                Kroger               4424.779
## 19                              Carrefour              4049.044
## 76                   PSA Peugeot Citroen               3913.520
## 89                                Tesco                3767.656
## 52 Hon Hai Precision Industry (Foxconn)                2922.078
## 64                                Metro                2016.379
## 85                                 Sony              -35550.092
## 72                                PEMEX              -48765.939
## 46                              GDF Suez              -51185.378
## 49                              Glencore             -127620.690
```

Regressionsgerade durch die Merkmale “Mitarbeiter” und “Gewinn”

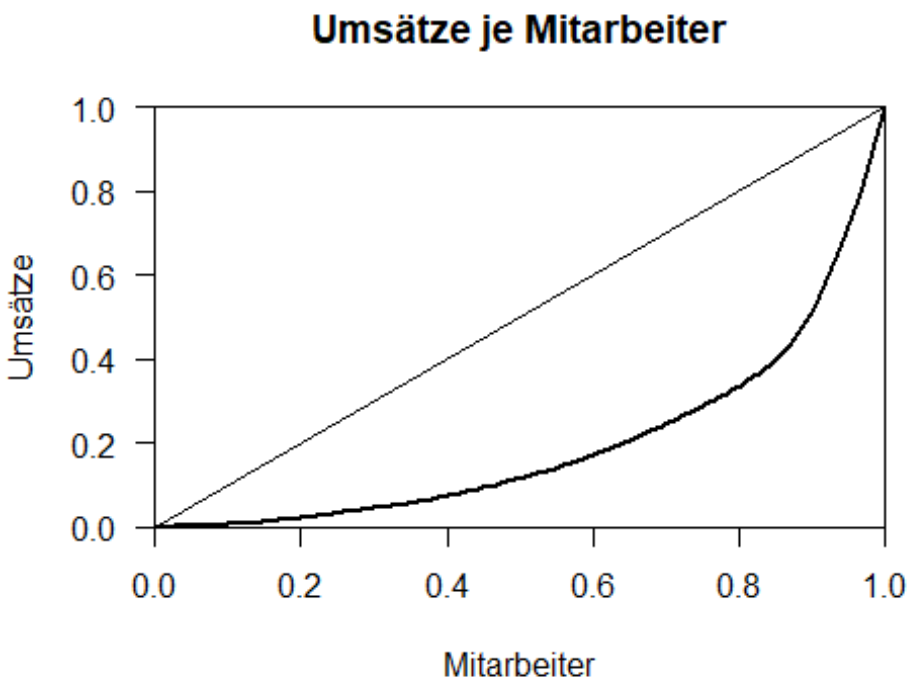
```
plot(Unternehmensumsätze.df$Mitarbeiter/1000000, Unternehmensumsätze.df$Gewin
n, main = "Regression Mitarbeiter/Gewinn", xlab = "Mitarbeiter in Mio.", ylab
= "Gewinn")
abline(lm(Unternehmensumsätze.df$Gewinn~Unternehmensumsätze.df$Mitarbeiter),
col = "red")
```



Den größten Ausreißer, also das Unternehmen, das den größten Gewinn je Mitarbeiter erzielt, gibt es bei der Firma Fanni Mae mit fast 12 Mrd. $ Gewinn je Mitarbeiter. Berechnet wird dieser Ausreißer in der vorherigen Berechnung bei "Sortierung nach Gewinn je Mitarbeiter nach Unternehmen in $"

Lorenzkurve angewandt auf die Merkmale "Umsätze" und "Mitarbeiter"

```
#"ineq" %in% installed.packages()
#install.packages("ineq")
library(ineq)

plot(Lc(Unternehmensumsätze.df$Mitarbeiter, Unternehmensumsätze.df$Umsatz), m
ain = "Umsätze je Mitarbeiter", xlab = "Mitarbeiter", ylab = "Umsätze")
```


Umsätze je Mitarbeiter
Umsätze
Mitarbeiter
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0