Title: "Materialanalyse: Einfluss der Papiergrammatur auf die Flugdauer"

author: "Siamak Goudarzi"

2026-01-07

```
> DS_Flugzeug <-
+   readXL("paper_plane_data.xlsx",
```

```
+     rownames=FALSE, header=TRUE, na="", sheet="Papierflieger",
+   stringsAsFactors=TRUE)
```

Die Frage

```
Verbessert die Verwendung von 90g-Papier die Flugzeit?
```

Ziel und Parameter

```
Maximierung der Flugzeit.
Flugzeit (in Sekunden) für zwei Papiersorten, 80 g und 90 g.
```

Wichtige Parameter in Frage

```
Erwartete Differenz (Delta): 0.1
Standardabweichung (SD): 0.2
Signifikanzniveau (Alpha): 0.05%
1-ß: 0.90
```

Schritt 1: Berechnung des Stichprobenumfangs

```
 d = (0.1/0.2) = 0.5
 Z(1-a) = 1.64
 Z(1-ß) = 1,28
 n = 68.53 => 69  aber mit G*Power ist n = 70
```

Schritt 2: Die benötigten Daten extrahieren(n=70)

Schritt 3: Annahmen überprüfen

```
3.1. Prüfung auf fehlende Werte
3.2. Prüfung auf Normalverteilung
3.3. Prüfung auf Varianzen
3.4. Prüfung auf Ausreißer
```

3.1. Prüfung auf fehlende Daten (NA)

Summarize Data Set: DS_Flugzeug

```
> summary(DS_Flugzeug)
```

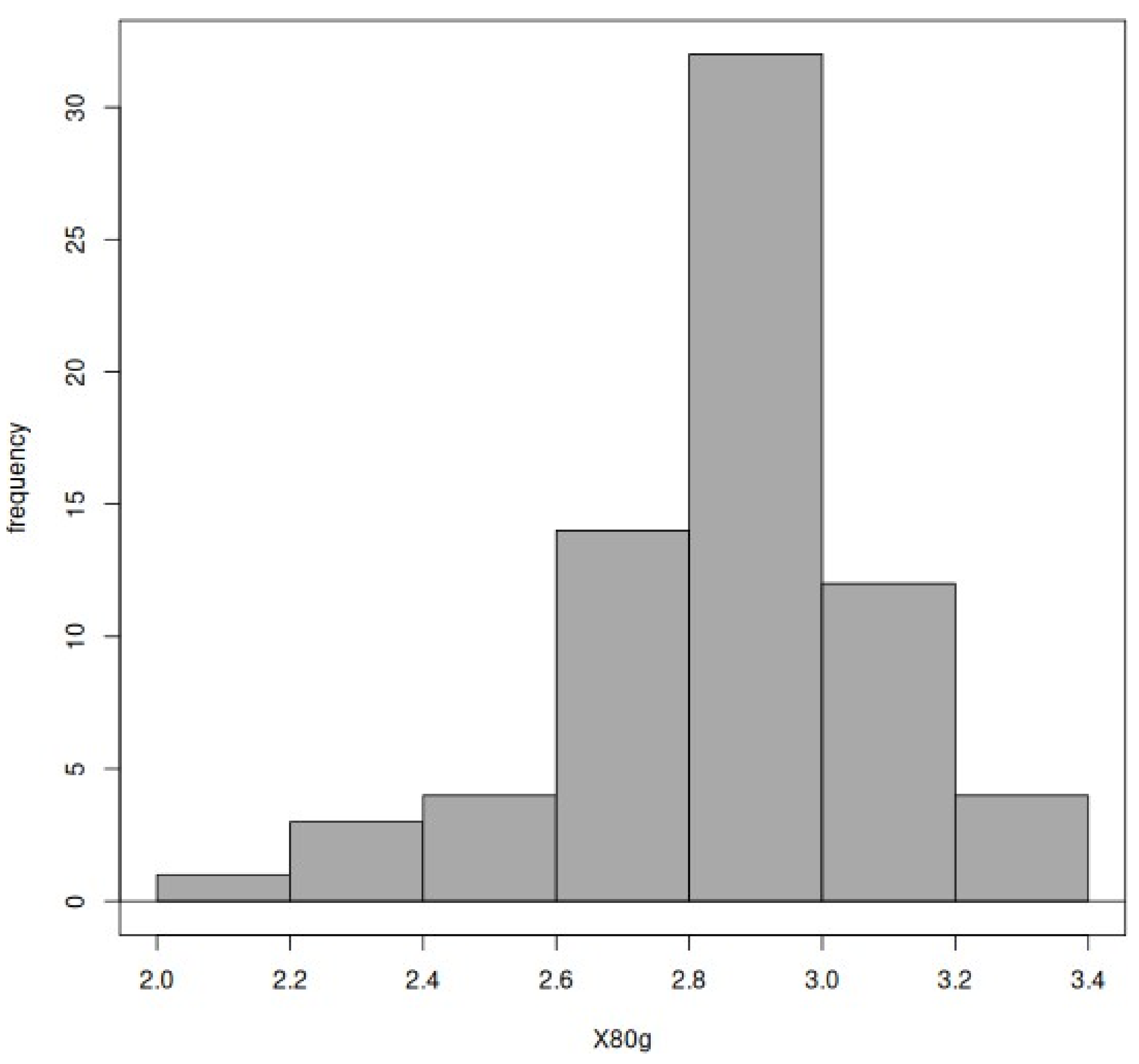
```
      X80g            X90g      
 Min.   :2.188   Min.   :2.863  
 1st Qu.:2.756   1st Qu.:3.133  
 Median :2.893   Median :3.276  
 Mean   :2.863   Mean   :3.264  
 3rd Qu.:2.994   3rd Qu.:3.393  
 Max.   :3.337   Max.   :3.916  
```

```
 Der Ausdruck NA erscheint in keiner der Spalten X80g und X90g. Alle 70 Zeilen
enthalten  gültige numerische Werte.
```

3.2 Prüfung auf Normalverteilung

Histogram: X80g

```
> with(DS_Flugzeug, Hist(X80g, scale="frequency", breaks="Sturges",
+   col="darkgray"))
```

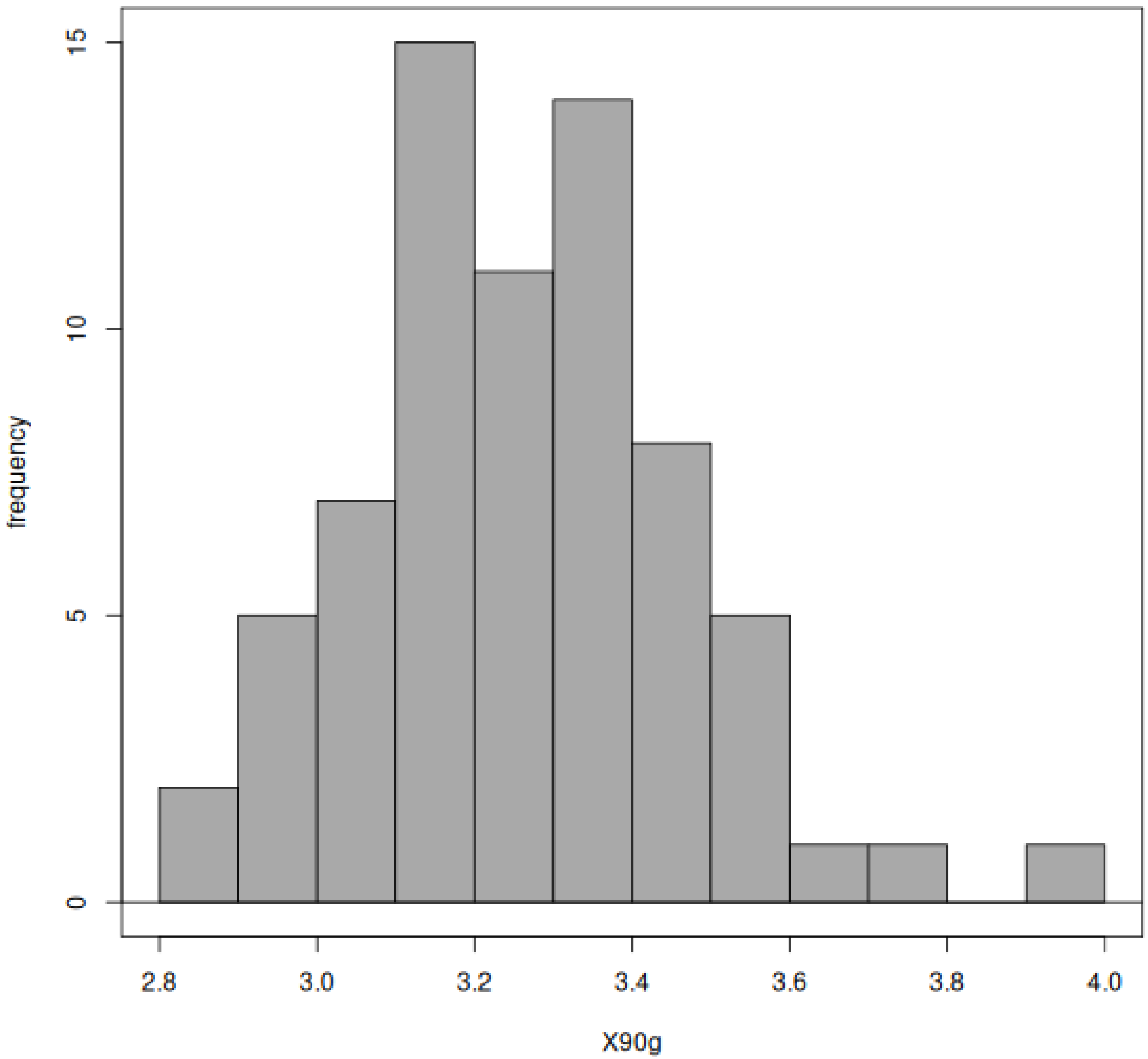


plot of chunk unnamed-chunk-4

```
Die meisten Daten liegen im Bereich von etwa 2,7 bis 3,0 Sekunden.

Die Verteilung ist annähernd normalverteilt.

Die Verteilung ist leicht linksschief.
```

Histogram: X90g

```
> with(DS_Flugzeug, Hist(X90g, scale="frequency", breaks="Sturges",
+   col="darkgray"))
```



plot of chunk unnamed-chunk-5

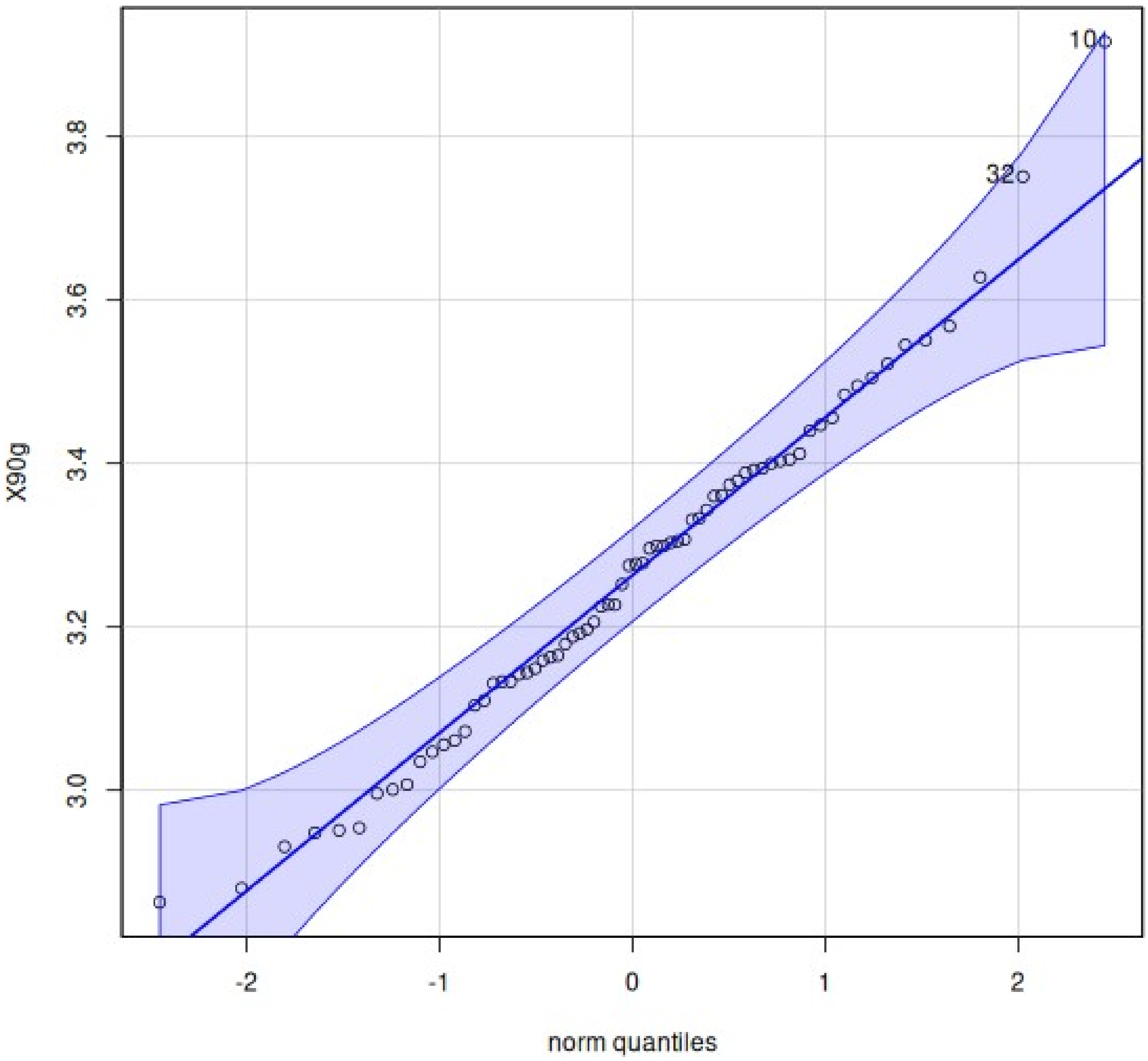
Die meisten Daten liegen zwischen 3,0 und 3,5.

```
 Die Verteilung ist annähernd normalverteilt.

 Sie ist rechtsschief.

 Es gibt einige wenige höhere Werte (nahe 4,0), die jedoch nicht sehr weit
voneinander entfernt liegen.
```

Quantile-Comparison Plot: X90g

```
> with(DS_Flugzeug, qqPlot(X90g, dist="norm", id=list(method="y", n=2,
```

```
+    labels=rownames(DS_Flugzeug))))
```



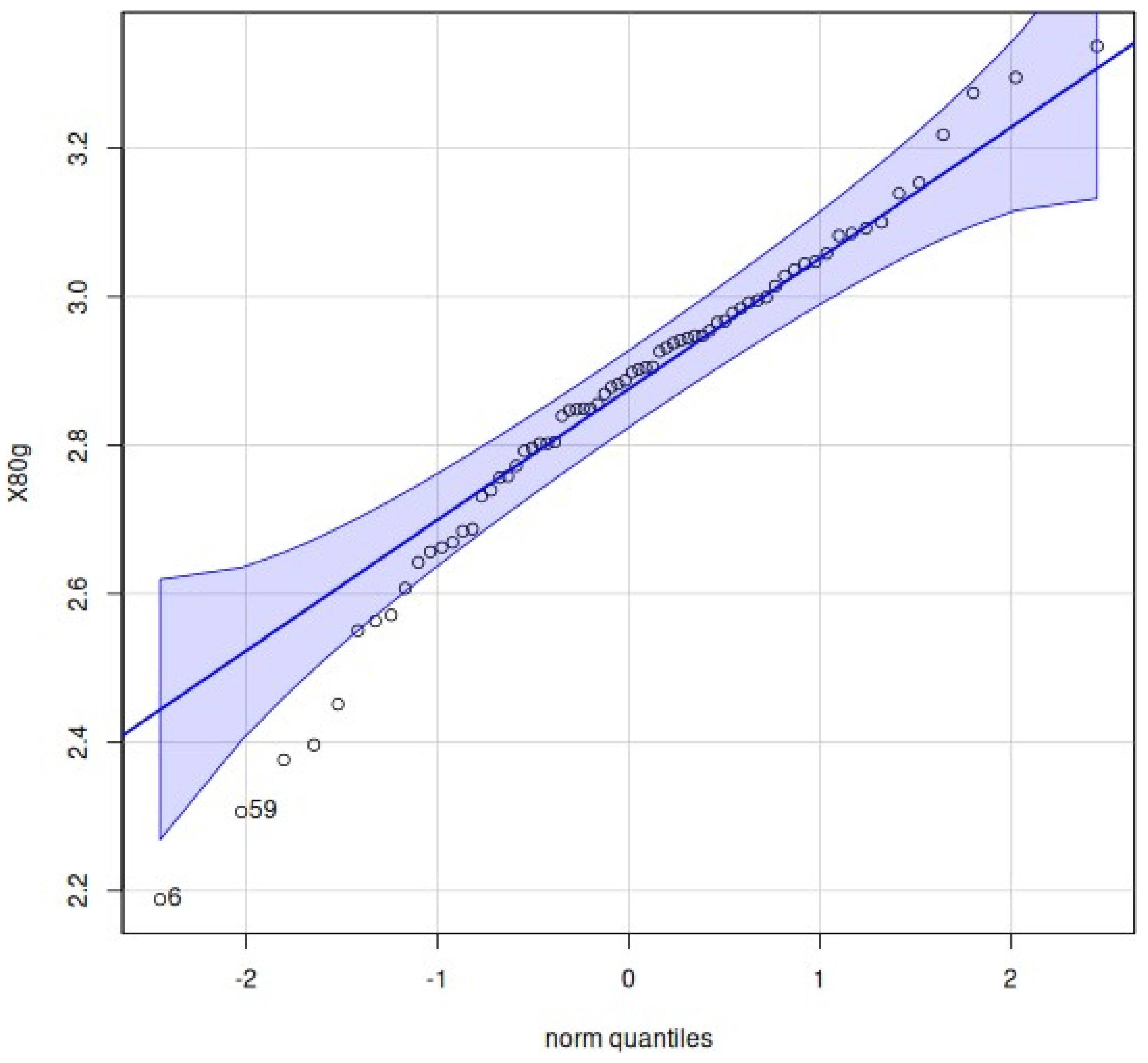
plot of chunk unnamed-chunk-6

```
[1] 10 32
```

```
 Einige wenige Werte, wie beispielsweise 10 und 32, stellen Ausreißer dar. Da jedoch
der Großteil der Daten auf der Geraden liegt, ist die Annahme einer Normalverteilung
erfüllt.
```

Quantile-Comparison Plot: X80g

```
> with(DS_Flugzeug, qqPlot(X80g, dist="norm", id=list(method="y", n=2,
+   labels=rownames(DS_Flugzeug))))
```



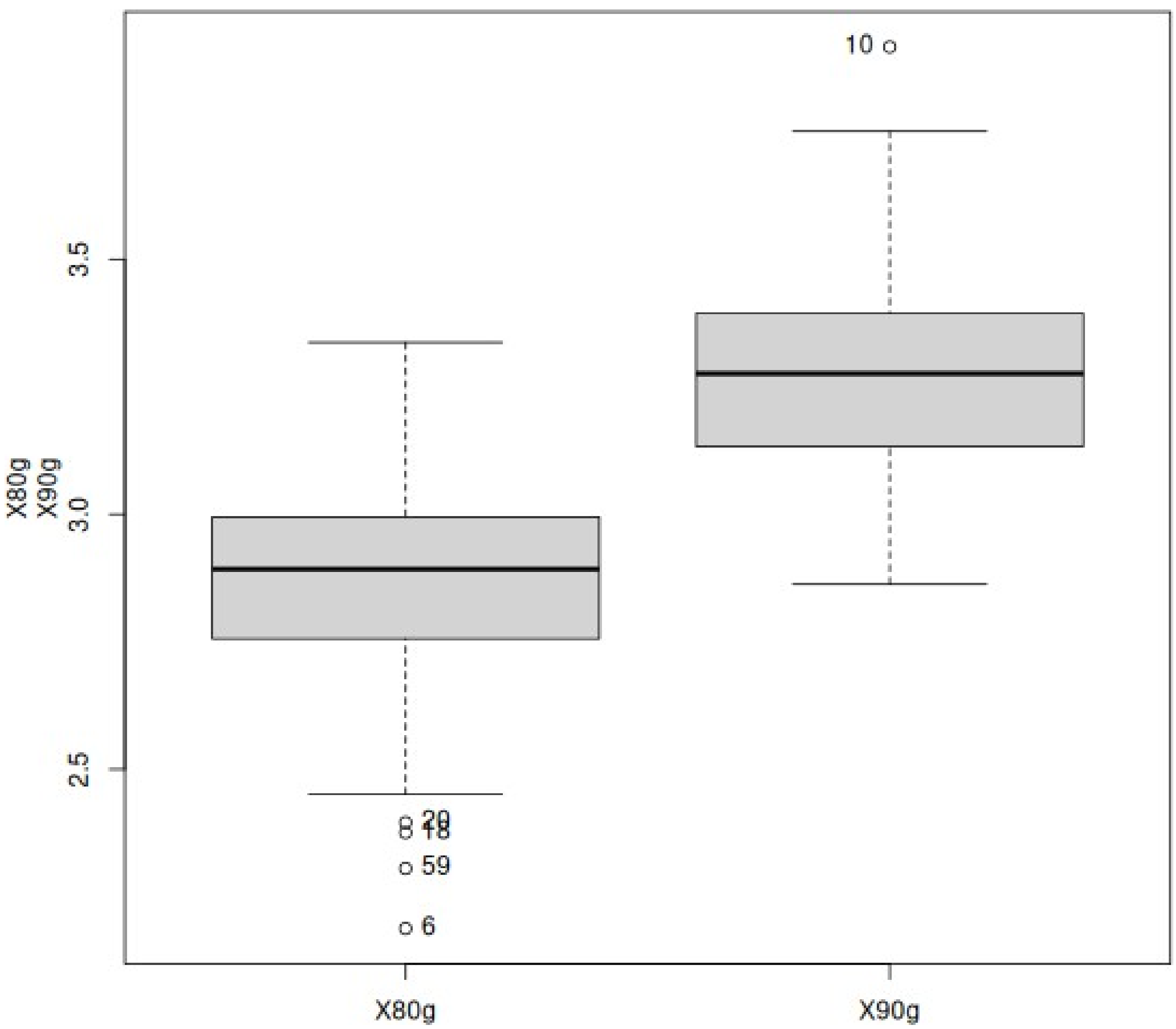
plot of chunk unnamed-chunk-7

```
[1]  6 59
```

Die fünf Punkte unterhalb und rechts des blauen Konfidenzintervalls deuten auf eine Abweichung von der Normalverteilung im unteren (linken) Randbereich hin. Dies ist die im Histogramm erkennbare „Linksschiefe".
Punkte außerhalb des blauen Bereichs stellen die Annahme der Normalverteilung in Frage.

Boxplot: ~ X80g + X90g

```
> Boxplot( ~ X80g + X90g, data=DS_Flugzeug, id=list(method="y"))
```



plot of chunk unnamed-chunk-8

```
[1] "6"  "18" "20" "59" "10"
```

```
 Punkt Nummer 10, der oberhalb der Whisker liegt, ist ein potenzieller Ausreißer.
 Die Punkte 6, 18, 20 und 59, die sich unterhalb der Whisker befinden, stellen
Streudaten dar, die eine sehr kurze Flugzeit hatten.
  Diese Punkte können den Durchschnitt beeinflussen.
```

```
 Die Tatsache, dass die 90-g-Box deutlich höher ist als die 80-g-Box, deutet auf
einen klaren Unterschied im Durchschnitt hin.
```

Test auf Normalverteilung: ~X80g

```
> normalityTest(~X80g, test="shapiro.test", data=DS_Flugzeug)
```

```


        Shapiro-Wilk normality test

data:  X80g
W = 0.9686, p-value = 0.07592
```

```
> normalityTest(~X90g, test="shapiro.test", data=DS_Flugzeug)
```

```


        Shapiro-Wilk normality test

data:  X90g
W = 0.98319, p-value = 0.4705
```

```
 Die Nullhypothese (H_0) in diesem Test lautet: "Die Daten sind normalverteilt."
 *** Für 80-g-Papier: p-Wert = 0,075
                Da dieser Wert größer als 0,05 ist, wird die Nullhypothese nicht
verworfen.
 *** Für 90-g-Papier: p-Wert = 0,470
                Dieser Wert ist signifikant größer als 0,05, und wir können mit
hoher Wahrscheinlichkeit sagen, dass die Daten normalverteilt sind.
 >>>>>> Ergebnis: Die erste Voraussetzung für die Durchführung des t-Tests
(Normalverteilung) ist erfüllt.
```

3.3. Prüfung auf Varianzen

F test to compare two variances

data: DS_Flugzeug$X80g and DS_Flugzeug$X90g

F = 1.1862, num df = 69, denom df = 69, p-value = 0.4801

alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1

95 percent confidence interval:

0.7370552 1.9089575

sample estimates:

ratio of variances

1.186173

```
 *** Der p-Wert = 0,480
                  Da dieser Wert größer als 0,05 ist, wird die Annahme gleicher
Varianzen akzeptiert.
 >>>>>> Ergebnis: Auch die zweite Bedingung ist erfüllt. Wir sollten den klassischen
t-Test verwenden (bei Annahme gleicher Varianzen).
```

3.4. Prüfung auf Ausreißer

```
 Da die Gesamtzahl der Daten 70 Zeilen beträgt und wir nur 4 oder 5 potenzielle
Ausreißer haben, können diese Daten die Ergebnisse nicht stark beeinflussen, daher
habe ich auf den Grub-Test verzichtet.
```

Schritt 5: t-Test

```
  Einseitig oder zweiseitig?
        Der Kunde möchte wissen, ob schwereres Papier die Flugzeit verlängert. Daher
müssen wir den Test in eine Richtung durchführen.
```

```
> StackedData_Flugzeug <- stack(DS_Flugzeug[, c("X80g","X90g")])
> names(StackedData_Flugzeug) <- c("variable", "factor")
```

Independent-Samples t-Test: variable~factor

```
> t.test(variable~factor, alternative='less', conf.level=.95, var.equal=TRUE,
+   data=StackedData_Flugzeug)
```

```

        Two Sample t-test

data:  variable by factor
t = -11.031, df = 138, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true difference in means between group X80g and group X90g
is less than 0
95 percent confidence interval:
       -Inf -0.3408031
sample estimates:
```

```
mean in group X80g mean in group X90g
          2.862586            3.263586
```

```
 p-value < 2.2e-16
        ### Hypothese Null: 90g-Papier hat keinen Einfluss auf die Verlängerung der
Flugzeit.
        ### Alternativhypothese (H_1): 90g-Papier verlängert die Flugzeit deutlich
im Vergleich zu 80g-Papier.
        Dies ist eine sehr, sehr kleine Zahl (nahezu null). Da dieser Wert viel
kleiner ist als das Signifikanzniveau (alpha = 0,05), wird die Nullhypothese (H_0)
stark verworfen.
        Der Durchschnitt beträgt bei 80-g-Papier 2,86 Sekunden und bei 90-g-Papier
3,26 Sekunden. Der tatsächliche Unterschied beträgt 0,4 Sekunden.
```

Abschluss des Projekts

```
        >>>>>> Mit 95-prozentiger Sicherheit können wir sagen, dass 90g-Papier die
Flugzeit deutlich verlängert.Der Wechsel auf 90-Gramm-Papier hat einen positiven
Effekt.
```