# Title: "Analyse der Flügellänge: Optimierung der Flugzeit"

### author:

Siamak Goudarzi

### 2026-01-08

---

# Ziel:

Führt eine Verlängerung der Flügel zu einer längeren Flugzeit?

# Gruppen:

Wir haben zwei Gruppen: das Basismodell (Base) und das Langflügelmodell (Flügel).

# Daten:

Für jede Gruppe liegen 100 Datenpunkte (Messwerte) vor (n = 100).

# Firmenanforderung:

Das Unternehmen verlangt eine Teststärke (Power) von mindestens 90 %.

# Schritt 1:

Auswahl eines Tests und Formulierung von Hypothesen

# Hypothesen:

$H_0$:Eine Erhöhung der Flügellänge hat keinen Einfluss auf die Flugzeit.

H_1:Eine Erhöhung der Flügellänge erhöht die Flugzeit.

Das ist einseitiger Test.

# Schritt 2: Descriptive Statistics

```
> DS_Aufgabe3 <- readXL("paper_plane_wing_study.xlsx", rownames=FALSE,
+   header=TRUE, na="", sheet="Datensatz", stringsAsFactors=TRUE)
```

```
> StackedData_AUf3 <- stack(DS_Aufgabe3[, c("Base","Flügel")])
> names(StackedData_AUf3) <- c("variable", "factor")
```

```
> library(abind, pos=17)
```

```
> library(e1071, pos=18)
```

### Zusammenfassungen für numerische Variablen: StackedData_AUf3

```
> numSummary(StackedData_AUf3[,"variable", drop=FALSE],
groups=StackedData_AUf3$factor,
+   statistics=c("mean", "sd", "IQR", "quantiles"), quantiles=c(0,.25,.5,.75,1))
```

```
            mean        sd    IQR    0%      25%    50%     75%  100% variable:n
Base    2.88768 0.2154539 0.2690 2.188 2.76850 2.9055 3.03750 3.401        100
Flügel 3.20623 0.2433217 0.3835 2.623 3.03875 3.1455 3.42225 3.703        100
```

```
>>>> Erste Interpretation:

        Die durchschnittliche Flugzeit des Modells mit längeren Flügeln ist um etwa
0,31 Sekunden länger als die des Basismodells.

        Dieser Unterschied deutet auf den ersten Blick (ohne Hypothesentest) auf
eine Leistungsverbesserung hin.
```

# Schtitt 3: Auf fehlende Daten prüfen

---

### Count Missing Cases: StackedData_AUf3

```
> sapply(StackedData_AUf3, function(x)(sum(is.na(x)))) # NA counts
```

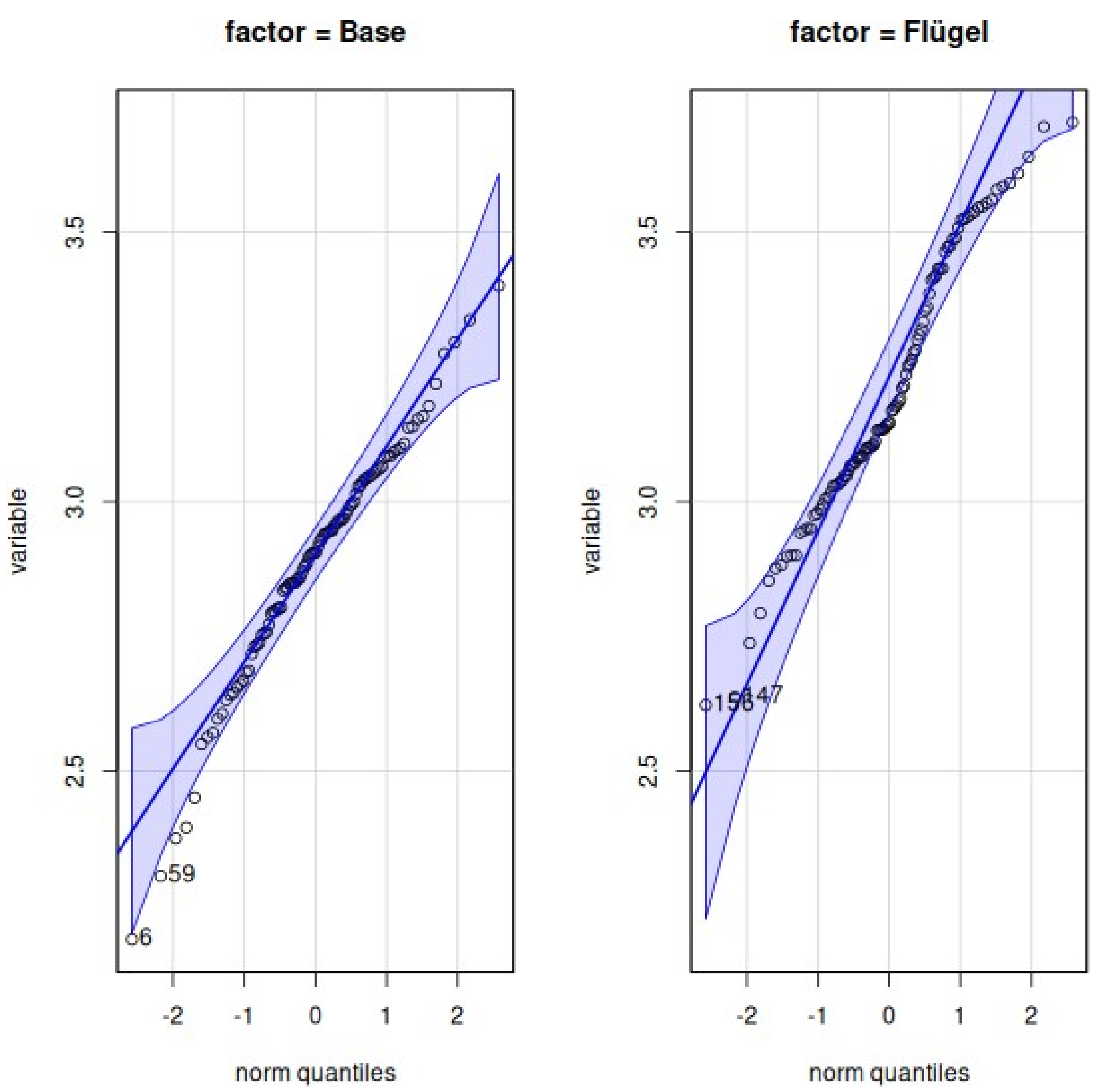
```
variable   factor
       0        0
```

# Schritt 4: Überprüfung der Normalverteilung

---

### Quantile-Comparison Plot: variable

```
> with(StackedData_AUf3, qqPlot(variable, dist="norm", id=list(method="y", n=2,
+   labels=rownames(StackedData_AUf3)), groups=factor))
```



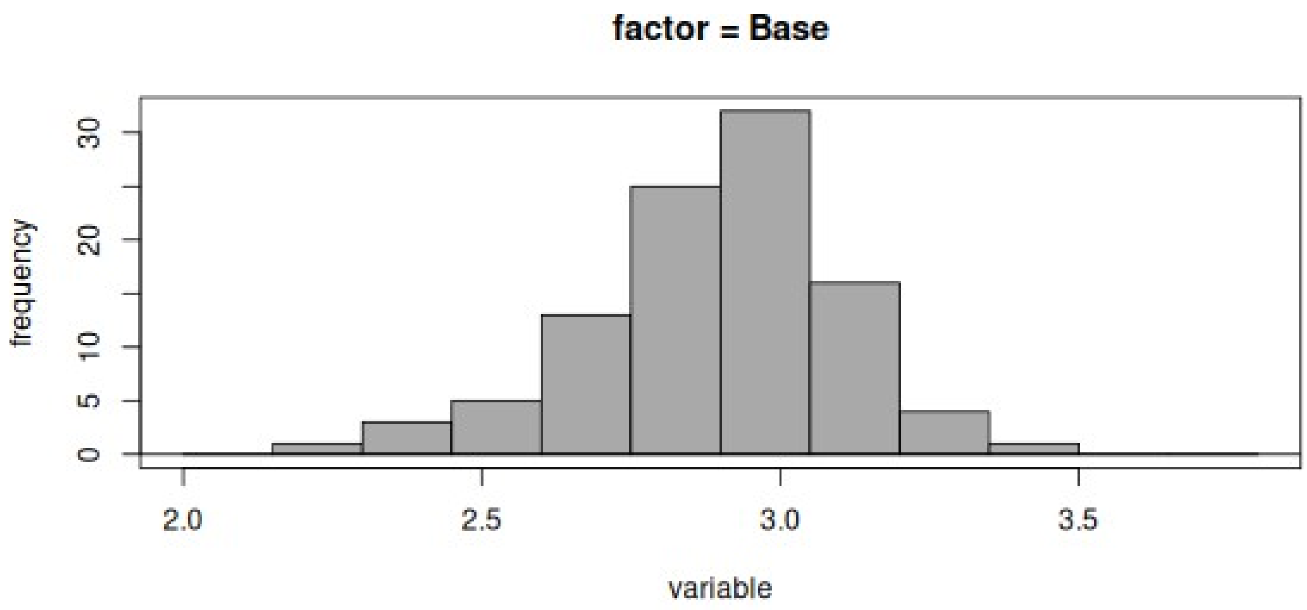

plot of chunk unnamed-chunk-8

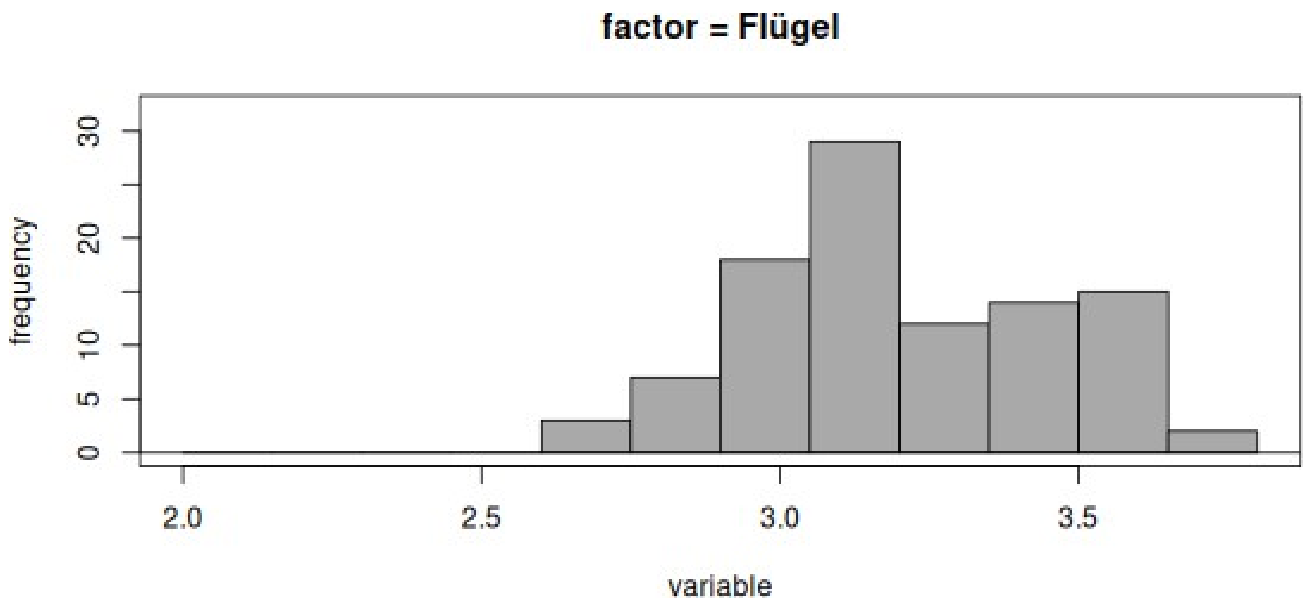
>>>> Interpretation:

Die meisten Punkte beider Gruppen (Base und Flügel) liegen genau auf der Geraden oder innerhalb des blauen Bandes (95% Konfidenzintervall).

## Histogram: variable

```
> with(StackedData_AUf3, Hist(variable, groups=factor, scale="frequency",
breaks="Sturges",
+     col="darkgray"))
```




plot of chunk unnamed-chunk-9

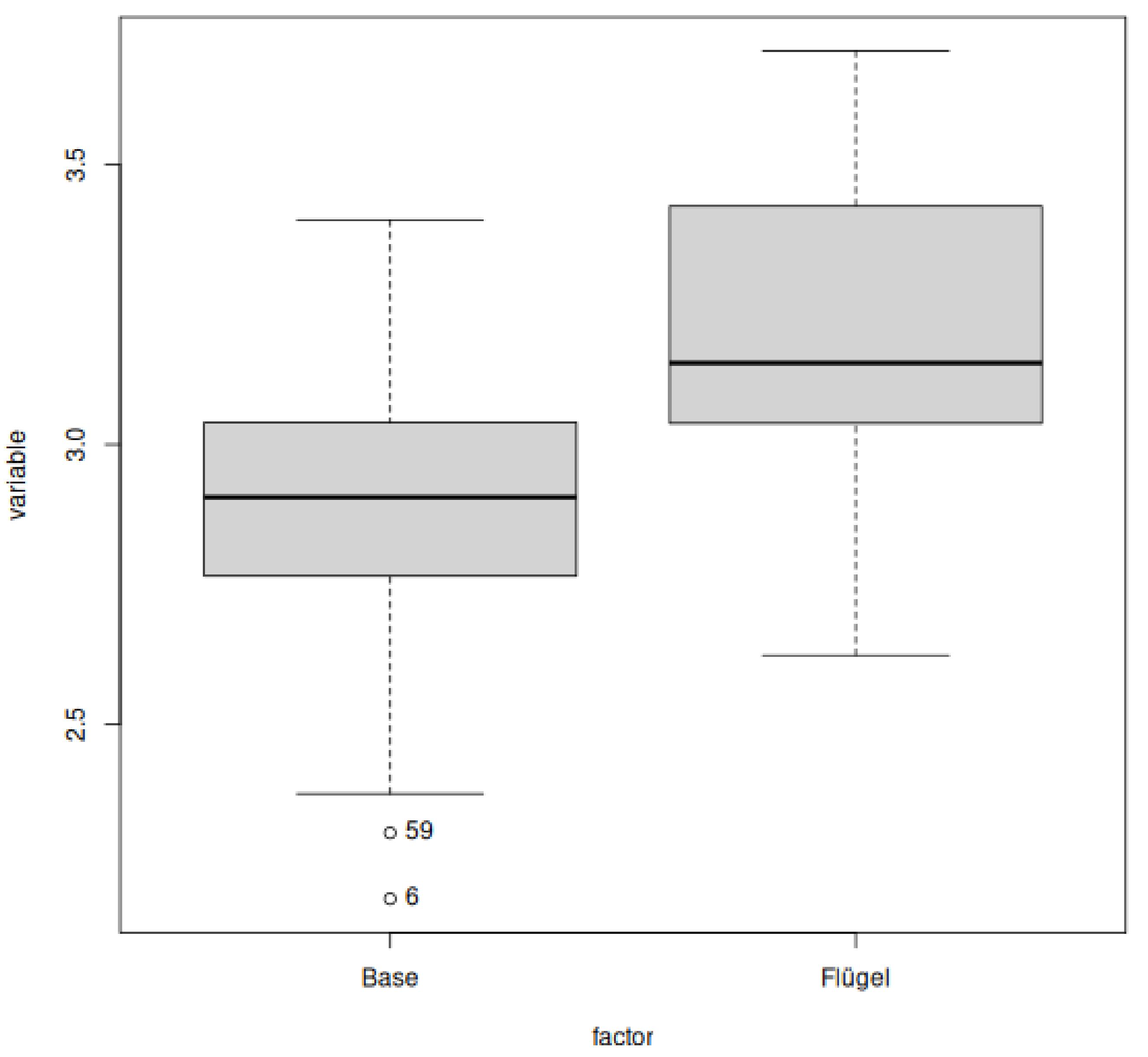
>>>> Interpretation:

Die Basisgruppe weist eine symmetrische, glockenförmige Verteilung auf, was die Normalverteilung weiter bestätigt.

Die Flügelgruppe ist etwas stärker gestreut, behält aber dennoch die allgemeine Form einer Normalverteilung bei.

## Boxplot: variable ~ factor

```
> Boxplot(variable ~ factor, data=StackedData_AUf3, id=list(method="y"))
```




plot of chunk unnamed-chunk-10

```
[1] "6"  "59"
```

>>>> Interpretation:

In der Basisgruppe liegen die beiden unteren Punkte (Nummer 6 und 59) außerhalb des Diagramms. Diese werden als Ausreißer betrachtet.

Man kann deutlich sehen, dass die gesamte Flügelbox höher liegt als die Basisbox, was auf eine höhere durchschnittliche Flugzeit hindeutet.

### Test auf Normalverteilung: variable ~ factor

```
> normalityTest(variable ~ factor, test="shapiro.test", data=StackedData_AUf3)
```

```
 ---------
 factor = Base

        Shapiro-Wilk normality test

data:  variable
W = 0.97644, p-value = 0.06994

 ---------
 factor = Flügel

        Shapiro-Wilk normality test

data:  variable
W = 0.97014, p-value = 0.02267

 ---------

 p-values adjusted by the Holm method:
       unadjusted adjusted
Base     0.069942   0.069942
Flügel   0.022674   0.045348
```

```
>>>> Interpretation:

                Basisgruppe: p-Wert = 0,069. Da dieser Wert größer als 0,05 ist, wird die Nullhypothese (Normalverteilung) nicht verworfen. Dies bedeutet, dass diese Gruppe normalverteilt ist.

                Flügelgruppe: p-Wert = 0,022. Da dieser Wert kleiner als 0,05 ist, wird die Nullhypothese verworfen. Dies bedeutet, dass diese Gruppe nicht statistisch vollständig normalverteilt ist.
```

# Schritt 5: F-Test (Vergleich der Varianzen)

---

### F-Test auf Gleichheit zweier Varianzen: variable ~ factor

```
> Tapply(variable ~ factor, var, na.action=na.omit, data=StackedData_AUf3)
```

```
      Base     Flügel
0.04642038 0.05920543
```

```
>   # variances by group
> var.test(variable ~ factor, alternative="two.sided", conf.level=.95,
+   data=StackedData_AUf3)
```

```

        F test to compare two variances

data:  variable by factor
F = 0.78406, num df = 99, denom df = 99, p-value = 0.2279
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.5275456 1.1652907
sample estimates:
ratio of variances
         0.7840561
```

>>>> Interpretation:

p-Wert = 0,2279 => Da dieser Wert viel größer ist als das Signifikanzniveau von 0,05, verwerfen wir die Nullhypothese (H_0) der Gleichheit der Varianzen nicht.

Die Varianzen der beiden Gruppen Base und Flügel unterscheiden sich nicht signifikant und sind homogen.

# Schritt 6: Durchführung eines Wilcoxon-Mann-Whitney-Tests (einseitig)

---

### Wilcoxon-Mann-Whitney-Test: variable~factor

```
> Wilcoxon rank sum test with continuity correction
W = 1584, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true location shift is less than 0
```

>>>> Interpretation:

Da p < 0.05 ist, wird die Nullhypothese verworfen.
Der Median der Flugzeit des Flügelmodells ist signifikant höher.
Die Flügelverlängerung verbessert die Flugzeit.

***** Ergebnis *****

Die Vergrößerung der Flügellänge hat die Flugzeit also verbessert.

# Schritt 7: Berechnung der Teststärke

```
wo-sample t test power calculation

          n = 100
      delta = 0.318
         sd = 0.23
  sig.level = 0.05
      power = 1
alternative = one.sided

NOTE: n is number in *each* group
```

>>>> Interpretation: power = 1 =>

**** Da der Effekt sehr groß ist (Δ = 0.318), ergibt sich eine Teststärke von 1.
Damit wird die geforderte Power von 90 % deutlich übertroffen.

****

Da der p-Wert im Wilcoxon-Test (< 2.2e-16) deutlich unter dem Signifikanzniveau von 0,05 liegt, wird die Nullhypothese verworfen. **Ergebnis:** Es gibt einen hochsignifikanten Unterschied in der Flugzeit. Das Modell mit längeren Flügeln ("Flügel") erzielt eine systematisch höhere Flugzeit im Vergleich zum Basismodell. Eine Optimierung des Designs durch längere Flügel ist somit statistisch belegt und wird empfohlen.