

# **Statistik – Projektaufgabe**

Musterlösung

# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

## 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

Zur Zeit scheint die Flugzeitverbesserung an ihre Grenzen zu stoßen, entsprechend soll zukünftig verstärkt auf die Kostenstruktur des Produktes fokussiert werden.

In einem ersten Schritt soll überprüft werden, ob für die Materialkosten vergleichbare Einflüsse gelten wie für die Flugzeitverbesserung. Der Datensatz enthält einen Vergleich von Flugzeiten und Materialkosten jeweils als Funktion verschiedener Modellparameter.

# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

Ziel der anstehenden Untersuchung ist die Überprüfung, ob für die Themen Flugzeit und Kosten gleiche Faktoren, ggf. Wechselwirkungen signifikant sind.

Kein Ziel ist es, beide Ansätze über Regressionsrechnungen zu präzisieren und ggf. zu optimieren.

## Geplantes Vorgehen

- Überprüfung der Daten mittels Deskriptivstatistik
- Prüfung der Voraussetzungen für die mehrfaktorielle ANOVA
- Durchführung der mehrfaktoriellen ANOVA
- Bewertung der Ergebnisse

# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

## Deskriptivstatistik

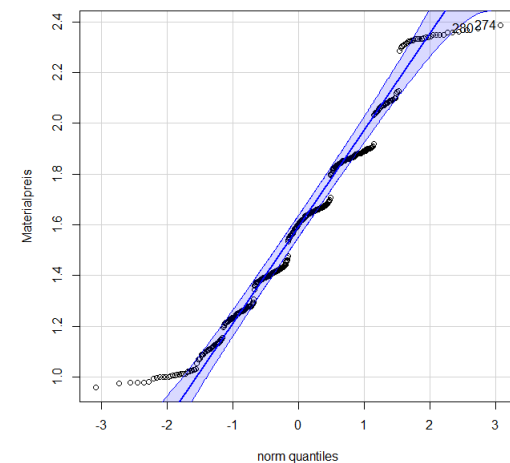
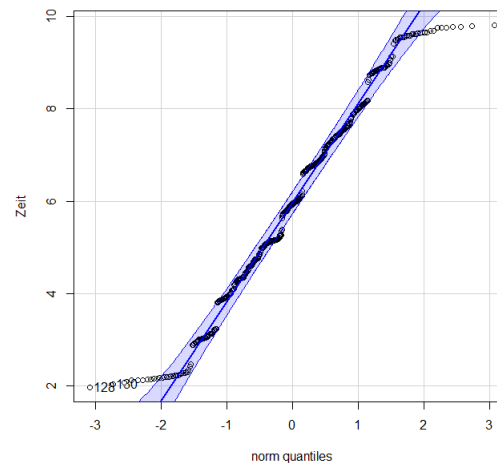
	Zeit	Materialpreis
Min.	:1.970	Min. :0.960
1st Qu.:	4.510	1st Qu.:1.335
Median	:5.930	Median :1.601
Mean	:5.950	Mean :1.585
3rd Qu.:	7.412	3rd Qu.:1.849
Max.	:9.810	Max. :2.385

	mean	sd	IQR	0%	25%	50%	75%	100%	n
Materialpreis	1.584863	0.3473838	0.5145	0.96	1.335	1.601	1.8495	2.385	480
Zeit	5.950208	2.0040752	2.9025	1.97	4.510	5.930	7.4125	9.810	480

# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

## Deskriptivstatistik

Da aus der Datenstruktur erkennbar ist, dass die jeweiligen Gesamtdaten verschiedene Faktoreinflüsse beinhalten, wird auf weitere Untersuchung in Einzelsicht verzichtet



# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

## Deskriptivstatistik – Flugzeit - Normalverteilung

```
Shapiro-Wilk normality test
data: Zeit
p-values adjusted by the Holm method:
unadjusted adjusted
130 mm 20 mm 130 mm 80 g 0.48409 1
130 mm 20 mm 130 mm 90 g 0.34374 1
130 mm 20 mm 80 mm 80 g 0.68454 1
130 mm 20 mm 80 mm 90 g 0.88156 1
130 mm 35 mm 130 mm 80 g 0.74784 1
130 mm 35 mm 130 mm 90 g 0.38912 1
130 mm 35 mm 80 mm 80 g 0.51673 1
130 mm 35 mm 80 mm 90 g 0.32365 1
80 mm 20 mm 130 mm 80 g 0.67564 1
80 mm 20 mm 130 mm 90 g 0.16919 1
80 mm 20 mm 80 mm 80 g 0.38998 1
80 mm 20 mm 80 mm 90 g 0.78455 1
80 mm 35 mm 130 mm 80 g 0.31550 1
80 mm 35 mm 130 mm 90 g 0.91560 1
80 mm 35 mm 80 mm 80 g 0.12162 1
80 mm 35 mm 80 mm 90 g 0.48918 1
```

Für *Zeit*: Alle  $p > \alpha = 0,05$

Verbleib bei der Nullhypothese, die Daten der jeweiligen Faktorkombinationen können als normalverteilt angesehen werden

# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

## Deskriptivstatistik – Flugzeit - Normalverteilung

```
Shapiro-Wilk normality test
data:  Materialpreis
p-values adjusted by the Holm method:
      unadjusted adjusted
130 mm 20 mm 130 mm 80 g 0.98349      1
130 mm 20 mm 130 mm 90 g 0.11141      1
130 mm 20 mm 80 mm 80 g  0.29891      1
130 mm 20 mm 80 mm 90 g  0.68570      1
130 mm 35 mm 130 mm 80 g 0.50831      1
130 mm 35 mm 130 mm 90 g 0.99995      1
130 mm 35 mm 80 mm 80 g  0.94942      1
130 mm 35 mm 80 mm 90 g  0.62896      1
80 mm 20 mm 130 mm 80 g  0.63792      1
80 mm 20 mm 130 mm 90 g  0.70332      1
80 mm 20 mm 80 mm 80 g  0.53933      1
80 mm 20 mm 80 mm 90 g  0.41289      1
80 mm 35 mm 130 mm 80 g  0.59298      1
80 mm 35 mm 130 mm 90 g  0.94724      1
80 mm 35 mm 80 mm 80 g  0.21377      1
80 mm 35 mm 80 mm 90 g  0.95563      1
```

Für *Materialpreis*: Alle  $p > \alpha = 0,05$

Verbleib bei der Nullhypothese, die Daten der jeweiligen Faktorkombinationen können als normalverteilt angesehen werden

# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

## Deskriptivstatistik – Zeit - Varianzhomogenität

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Zeit by interaction(Flügel.L, Körper.B, Körper.L, Papier)
Bartlett's K-squared = 7.0737, df = 15, p-value = 0.9556
```

*Zeit:*  $p = 0,9556 > \alpha = 0,05$

Verbleib bei der Nullhypothese, die Daten der jeweiligen Faktorkombinationen können als varianzhomogen angesehen werden



# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

## Deskriptivstatistik – *Materialpreis* – Varianzhomogenität

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Materialpreis by interaction(Flügel.L, Körper.B, Körper.L,  
Papier)
```

```
Bartlett's K-squared = 10.41, df = 15, p-value = 0.7932
```

*Materialpreis*:  $p = 0,7932 > \alpha = 0,05$

Verbleib bei der Nullhypothese, die Daten der jeweiligen Faktorkombinationen können als varianzhomogen angesehen werden

# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

Voraussetzungen mehrfaktorielle ANOVA		
	Zeit	Materialpreis
Intervallskalierung	✓	✓
Unabhängigkeit	✓	✓
Normalverteilung	✓	✓
Varianzhomogenität	✓	✓

Alle Voraussetzungen sind erfüllt, der Anwendung der mehrfaktoriellen ANOVA steht nichts im Wege

# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

## ANOVA – Zeit

Anova Table (Type II tests)

Response: Zeit

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)	
Flügel.L	987.28	1	92071.2551	< 2.2e-16	***
Körper.B	531.51	1	49567.5071	< 2.2e-16	***
Körper.L	71.13	1	6633.6456	< 2.2e-16	***
Papier	328.62	1	30645.9680	< 2.2e-16	***
Flügel.L:Körper.B	0.03	1	2.4623	0.117289	
Flügel.L:Körper.L	0.08	1	6.9943	0.008454	**
Körper.B:Körper.L	0.00	1	0.1437	0.704809	
Flügel.L:Papier	0.02	1	2.1674	0.141644	
Körper.B:Papier	0.05	1	5.0931	0.024486	*
Körper.L:Papier	0.00	1	0.0252	0.873990	
Flügel.L:Körper.B:Körper.L	0.01	1	0.8732	0.350557	
Flügel.L:Körper.B:Papier	0.02	1	1.7253	0.189656	
Flügel.L:Körper.L:Papier	0.03	1	3.2025	0.074176	.
Körper.B:Körper.L:Papier	0.03	1	2.7467	0.098129	.
Flügel.L:Körper.B:Körper.L:Papier	0.03	1	2.3800	0.123579	
Residuals	4.98	464			

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

## ANOVA – *Materialpreis*

Anova Table (Type II tests)

Response: Materialpreis

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)	
Flügel.L	21.3844	1	49343.5810	< 2.2e-16	***
Körper.B	16.9501	1	39111.5309	< 2.2e-16	***
Körper.L	13.8577	1	31976.0545	< 2.2e-16	***
Papier	4.1631	1	9606.0678	< 2.2e-16	***
Flügel.L:Körper.B	0.0000	1	0.0001	0.9930063	
Flügel.L:Körper.L	0.0006	1	1.4968	0.2217873	
Körper.B:Körper.L	1.0168	1	2346.1826	< 2.2e-16	***
Flügel.L:Papier	0.0875	1	201.9807	< 2.2e-16	***
Körper.B:Papier	0.0785	1	181.2293	< 2.2e-16	***
Körper.L:Papier	0.0568	1	131.0888	< 2.2e-16	***
Flügel.L:Körper.B:Körper.L	0.0053	1	12.2450	0.0005115	***
Flügel.L:Körper.B:Papier	0.0001	1	0.1772	0.6739748	
Flügel.L:Körper.L:Papier	0.0008	1	1.9323	0.1651756	
Körper.B:Körper.L:Papier	0.0003	1	0.7387	0.3905238	
Flügel.L:Körper.B:Körper.L:Papier	0.0003	1	0.7387	0.3905238	
Residuals	0.2011	464			

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

Die Hauptfaktoren sind für beide Größen signifikant

Hauptfaktoren	Zeit	Materialpreis
FL	✓	✓
KB	✓	✓
KL	✓	✓
P	✓	✓

# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

2-fach Wechselwirkungen sind für beide Größen nicht gleich signifikant  
Es fällt auf, dass für die Materialkosten alle WW mit Papier wichtig sind

2-fach WW	Zeit	Materialkosten
FL:KB	✗	✗
FL:KL	✓	✗
KB:KL	✗	✓
FL:P	✗	✓
KB:P	✓	✓
KL:P	✗	✓

# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

3- und 4-fach Wechselwirkungen sind in erster Linie nicht signifikant  
Nur für die Materialkosten gibt es eine 3-fach WW

3-/4-fach WW	Zeit	Materialkosten
FL:KB:KL	×	×
FL:KB:P	×	×
FL:KL:P	×	×
KB:KL:P	×	✓
FL:KB:KL:P	×	×

# 4\_Flugzeit\_vs\_Preis

## Fazit

Für das vorliegende Problem sind für beide Größen in erster Linie die Hauptfaktoren verantwortlich.

Betrachtet man für alle Wechselwirkungen die Sum of Squares, erkennt man, dass diese überwiegend um mehrere Größenordnungen kleiner sind als die Hauptfaktoren.

Auch bei möglicher Signifikanz heißt das, die für Wechselwirkungen in einer möglichen Regression errechneten Koeffizienten werden deutlich kleiner sein. Ausnahme bildet hier die Wechselwirkung KB:KL für den Materialpreis.

Es ist davon auszugehen, dass für die Größen Zeit und Materialpreis in erster Linie die Hauptfaktoren zu betrachten sind (Ausnahme KB:KL).

Für weitergehende Untersuchungen sollten Regressionsrechnungen durchgeführt werden. Die sich damit ergebenden Gleichungen können dann hinsichtlich ihrer Erwünschtheit optimiert werden.