

## Aufgaben zu Kapitel 7:

### Aufgabe 1:

In einer Klinik sollen zwei verschiedene Therapiemethoden miteinander verglichen werden. Zur Messung des Therapieerfolges werden die vorhandenen Symptome einmal vor Beginn der Therapie, nach der Therapie und drei Monate später auf einer intervallskalierten Skala erfasst. Die Patienten werden zufällig der Therapie A oder der Therapie B zugeordnet. Vorstudien haben ergeben, dass der Zusammenhang zwischen wiederholten Messungen der Symptome relativ gering ist ( $r = 0,2$ ).

- Wie viele Patienten werden benötigt, um einen Effekt von  $f = 0,25$  einer therapeutischen Intervention mit 80%iger Sicherheit zu entdecken, unabhängig von der Art der Therapie?
- Wie viele Patienten sollten teilnehmen, um mit einer Sicherheit von 95% mittelgroße Unterschiede zwischen den Therapieformen in der Art ihres Therapieerfolgs zu entdecken, falls sie existieren?
- Welche Patientenzahl wird benötigt, um mit einer Wahrscheinlichkeit von 80% auszuschließen, dass die Patienten in einer der Therapiearten mehr Symptome aufweisen als in der anderen, unabhängig vom Messzeitpunkt? Hier wird nur ein großer Effekt als inhaltlich relevant erachtet.

### Aufgabe 2:

In einer messwiederholten Varianzanalyse gibt R folgenden Output aus:

```
library(ez)
mw.aufg2 <- ezANOVA(mw, dv = .(Sequenzen),
                    wid = .(vp),
                    within = .(FaktorA, FaktorB),
                    detailed = TRUE, type = 3)
mw.aufg2
```

```
$ANOVA
      Effect DFn DFd      Ssn      Ssd      F      p p<.05      ges
1 (Intercept)  1  18 257.1568743 16.275997 284.3957179 1.788580e-12 * 0.6518856290
2 FaktorA      3  54 11.4180193 56.835323  3.6161376 1.877871e-02 * 0.0767635465
3 FaktorB      1  18  0.1361407  9.007057  0.2720682 6.083068e-01 0.0009903965
4 FaktorA:FaktorB  3  54  4.4871250 55.206331  1.4630251 2.348858e-01 0.0316414006

$`Mauchly's Test for Sphericity`
      Effect      w      p p<.05
2 FaktorA 0.5933479 0.12102559
4 FaktorA:FaktorB 0.4829398 0.03282872 *
```

Quelle: <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zu-den-spss-r-und-gpower-aufgaben-und-ergaenzungen>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature

## Aufgaben mit R und G\*Power

Rasch, Frieze, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2* (5. Auflage). Heidelberg: Springer.

```
$`Sphericity Corrections`  
      Effect      GGe      p[GG] p[GG]<.05      HFe      p[HF] p[HF]<.05  
2      FaktorA 0.7598432 0.03060508      * 0.8759505 0.02414589      *  
4 FaktorA:FaktorB 0.6647398 0.24501356      0.7474418 0.24302509
```

- Welche Faktoren sind messwiederholt, welche nicht?
- Wie viele Stufen haben die einzelnen Faktoren?
- Für welche Faktoren tritt wahrscheinlich eine Verletzung einer Annahme der messwiederholten Varianzanalyse auf?
- Warum kann für einen der Faktoren keine Verletzung der Sphärizitätsannahme auftreten?
- Wie viele Versuchspersonen wurden untersucht?
- Welches Korrekturverfahren der Freiheitsgrade sollte man für die Testung der einzelnen Faktoren und der Wechselwirkung verwenden und warum?
- Welche Effekte sind signifikant?
- Wie groß war die Teststärke, in dieser Untersuchung einen mittleren Effekt der Wechselwirkung zu finden, falls er existieren würde ( $r = 0,73$ )?
- Ist das von R angegebene generalisierte Eta-Quadrat für den Faktor A mit einem mittleren Effekt aus einer Studie ohne Messwiederholung vergleichbar?
- Was gibt die erste Zeile („Intercept“) hier an?

### Aufgabe 3:

In einer Untersuchung zum Einfluss der Belohnung auf die Reaktionszeit haben sich folgende Daten ergeben. Die Tabelle gibt die mittleren Reaktionszeiten (in Millisekunden) der einzelnen Versuchspersonen in den verschiedenen experimentellen Bedingungen wieder. Im Unterschied zu der entsprechenden Aufgabe zu Kapitel 5 nimmt eine Versuchsperson an allen vier Bedingungen teil.

vp	Keine Belohnung	5€	10€	20€
1	534 ms	493 ms	372 ms	420 ms
2	260 ms	215 ms	210 ms	299 ms
3	237 ms	283 ms	295 ms	308 ms
4	437 ms	321 ms	319 ms	222 ms
5	353 ms	258 ms	311 ms	265 ms
6	523 ms	439 ms	329 ms	273 ms
7	635 ms	248 ms	259 ms	320 ms
8	274 ms	275 ms	219 ms	267 ms

Quelle: <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zu-den-spss-r-und-gpower-aufgaben-und-ergaenzungen>

Aus: Rasch, Frieze, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature

## Aufgaben mit R und G\*Power

Rasch, Frieze, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2* (5. Auflage). Heidelberg: Springer.

---

9	320 ms	342 ms	234 ms	201 ms
10	302 ms	230 ms	190 ms	240 ms

- Geben Sie die Daten in R ein.
- Rechnen Sie eine einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung ( $\alpha = 5\%$ ). Unterscheiden sich die Gruppen signifikant voneinander? Wie groß ist der Effekt?
- Wie groß sind die Mittelwerte der einzelnen experimentellen Bedingungen?
- Welche Gruppen unterscheiden sich signifikant voneinander?
- Berechnen Sie die mittlere Korrelation zwischen den einzelnen messwiederholten Faktorstufen.
- Wie groß war die Teststärke dieser Untersuchung, einen mittleren Effekt (für unabhängige Stichproben) zu finden?
- Vergleichen Sie die gewonnenen Ergebnisse mit der Analyse aus Kapitel 5. Was ist der Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse?

Quelle: <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zu-den-spss-r-und-gpower-aufgaben-und-ergaenzungen>

Aus: Rasch, Frieze, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature

## Lösungen

### Aufgabe 1

In G\*Power müssen Sie für die folgenden Berechnungen die Optionen „F Tests“, „ANOVA: Repeated measures, within factors“ und „A priori“ auswählen.

Die Untersuchung umfasst einen messwiederholten Faktor A mit  $p = 3$  Stufen (vor der Therapie, direkt nach der Therapie und drei Monate später) und einen nicht-messwiederholten Faktor B mit  $q = 2$  Stufen (Therapie A vs. Therapie B). Die mittlere Korrelation zwischen den Stufen des messwiederholten Faktors wird mit  $r = 0,2$  angenommen.

- a) Nach Eingabe der Daten in G\*Power ergibt sich eine optimale Patientenzahl von insgesamt 44, um einen Effekt von  $f = 0,25$  bei einer mittleren Korrelation von  $r = 0,2$  des Therapieerfolgs mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 80% zu entdecken, falls er existiert. In jeder der beiden Therapiearten sollten also mindestens 22 Patienten teilnehmen.

The screenshot shows the G\*Power software interface. At the top, 'Test family' is set to 'F tests' and 'Statistical test' is 'ANOVA: Repeated measures, within factors'. The 'Type of power analysis' is 'A priori: Compute required sample size - given alpha, power, and effect size'. Under 'Input Parameters', 'Determine =>' is selected, and the following values are entered: Effect size f (0.25), alpha err prob (0.05), Power (1-beta err prob) (0.80), Number of groups (2), Number of measurements (3), Corr among rep measures (0.2), and Nonsphericity correction epsilon (1). Under 'Output Parameters', the following values are displayed: Noncentrality parameter lambda (10.3125000), Critical F (3.1051566), Numerator df (2.0000000), Denominator df (84.0000000), Total sample size (44), and Actual power (0.8133255).

- b) Hier ist nach einer Stichprobenumfangsplanung der Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Messzeitpunkten und der Therapieform gefragt. Dies lässt sich unter „Statistical test“ bei G\*Power angeben. Es ergibt sich eine optimale Stichprobengröße von 68 Patienten (34 pro Therapieform), um einen mittleren Effekt der Wechselwirkung mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 95% zu finden, falls er existiert.

Quelle: <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zu-den-spss-r-und-gpower-aufgaben-und-ergaenzungen>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

## Aufgaben mit R und G\*Power

Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2* (5. Auflage). Heidelberg: Springer.

The screenshot shows the G\*Power software interface. The 'Test family' is set to 'F tests' and the 'Statistical test' is 'ANOVA: Repeated measures, within-between interaction'. The 'Type of power analysis' is 'A priori: Compute required sample size - given  $\alpha$ , power, and effect size'. The 'Input Parameters' section includes: 'Determine =>', 'Effect size f' (0.25), ' $\alpha$  err prob' (0.05), 'Power (1- $\beta$  err prob)' (0.95), 'Number of groups' (2), 'Number of measurements' (3), 'Corr among rep measures' (0.2), and 'Nonsphericity correction  $\epsilon$ ' (1). The 'Output Parameters' section includes: 'Noncentrality parameter  $\lambda$ ' (15.9375000), 'Critical F' (3.0647607), 'Numerator df' (2.0000000), 'Denominator df' (132), 'Total sample size' (68), and 'Actual power' (0.9516947).

- c) In der Stichprobenumfangsplanung für den nicht-messwiederholten Faktor B macht sich die Korrelation zwischen den Messzeitpunkten negativ bemerkbar: Je höher die Korrelation, desto mehr Versuchspersonen werden benötigt. In der Frage wird ein großer Effekt für unabhängige Stichproben  $f = 0,40$  ( $\Omega^2 = 0,14$ ) als inhaltlich relevant erachtet und wiederum eine Korrelation von  $r = 0,2$  zwischen den Messzeitpunkten angenommen. Wenn man die entsprechenden Daten bei G\*Power eingibt, ergibt sich, dass mindestens 26 Patienten (13 pro Gruppe) benötigt werden, um einen großen Effekt bei einer mittleren Korrelation von  $r = 0,2$  mit mindestens 80%iger Sicherheit auszuschließen, falls ein nicht signifikantes Ergebnis auftritt.

The screenshot shows the G\*Power software interface. The 'Test family' is set to 'F tests' and the 'Statistical test' is 'ANOVA: Repeated measures, between factors'. The 'Type of power analysis' is 'A priori: Compute required sample size - given  $\alpha$ , power, and effect size'. The 'Input Parameters' section includes: 'Determine =>', 'Effect size f' (0.40), ' $\alpha$  err prob' (0.05), 'Power (1- $\beta$  err prob)' (0.80), 'Number of groups' (2), 'Number of measurements' (3), and 'Corr among rep measures' (0.2). The 'Output Parameters' section includes: 'Noncentrality parameter  $\lambda$ ' (8.9142857), 'Critical F' (4.2596773), 'Numerator df' (1.0000000), 'Denominator df' (24.0000000), 'Total sample size' (26), and 'Actual power' (0.8171095).

Quelle: <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zu-den-spss-r-und-gpower-aufgaben-und-ergaenzungen>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature

### Aufgabe 2:

- Faktor A und Faktor B sind messwiederholt. Zusätzliche nicht-messwiederholte Faktoren treten in dieser Analyse nicht auf.
- Faktor A hat  $p = 4$  Stufen ( $df_A = 3$ ), Faktor B hat  $q = 2$  Stufen ( $df_B = 1$ ).
- Der Mauchly Test auf Sphärizität kann zur Überprüfung einer möglichen Verletzung der mathematischen Voraussetzung der Sphärizität nur unter Vorbehalten herangezogen werden. Allerdings liefert er in diesem Beispiel für die Wechselwirkung einen sehr geringen  $p$ -Wert unter der Nullhypothese, die Annahme der Sphärizität ist also mit großer Sicherheit verletzt. Für den Haupteffekt A wird der Mauchly Test nicht signifikant ( $p = 0,121$ ). Trotzdem ist es hier ratsam, auf Grund der relativ geringen Versuchspersonenzahl ebenfalls von einer Verletzung der Sphärizität auszugehen.
- Die Sphärizitätsannahme verlangt, dass die Varianzen der Differenzen zwischen zwei Faktorstufen homogen sind. Bei lediglich zwei Faktorstufen gibt es dementsprechend nur eine solche Varianz. Deshalb kann für den messwiederholten Faktor B mit zwei Stufen keine Verletzung der Sphärizität auftreten. Bei nur zwei Messzeitpunkten ist die Annahme der Sphärizität immer erfüllt.
- Die Anzahl der Versuchspersonen kann hier aus jedem der Nennerfreiheitsgrade der drei Prüfvarianzen für die einzelnen Effektarten berechnet werden.

$$df_{A \times V_{pn}} = (p - 1) \cdot (n - 1) \rightarrow 54 = (4 - 1) \cdot (n - 1) \leftrightarrow n = (54 / 3) + 1 = 19$$

$$df_{B \times V_{pn}} = (q - 1) \cdot (n - 1) \rightarrow 18 = (2 - 1) \cdot (n - 1) \leftrightarrow n = (18 / 1) + 1 = 19$$

$$df_{A \times B \times V_{pn}} = (p - 1) \cdot (q - 1) \cdot (n - 1) \rightarrow 54 = (4 - 1) \cdot (2 - 1) \cdot (n - 1) \\ \leftrightarrow n = (54 / 3) + 1 = 19$$

Es wurden insgesamt 19 Versuchspersonen untersucht, die an acht verschiedenen Messzeitpunkten jeweils einen Messwert abgegeben haben.

- Für den Faktor B ist keine Korrektur der Freiheitsgrade notwendig, da keine Verletzung der Sphärizität auftreten kann (siehe Aufgabe d). Für die Wechselwirkung sollte das mit Greenhouse-Geisser bezeichnete Korrekturverfahren verwendet werden, da hier eine starke Verletzung der Sphärizität vorliegt ( $\epsilon_{\text{Greenhouse-Geisser}} < 0,75$ ). Für den Haupteffekt A könnte auch die liberalere Freiheitsgradkorrektur nach Hyundt-Feldt gewählt werden ( $\epsilon_{\text{Greenhouse-Geisser}} > 0,75$ ). Allerdings ist es in der Praxis unüblich, in derselben Analyse zwei unterschiedliche Korrekturverfahren zu verwenden. Deshalb sollten Sie auch hier die mit Greenhouse-Geisser bezeichnete Korrektur verwenden.
- Der Haupteffekt des Faktors A ist signifikant ( $F_{(3;54)} = 3,62; p < 0,04$ ). Dies gilt nicht für den Faktor B ( $F_{(1;18)} < 1$ ). Die Wechselwirkung ist ebenfalls nicht signifikant ( $F_{(3;54)} = 1,46; p = 0,245$ ).
- Die Teststärke, einen mittleren Effekt der Wechselwirkung (für unabhängige Stichproben) in der Untersuchung zu finden, war nahezu 100%. Die Nullhypothese, dass kein mittlerer Effekt

Quelle: <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zu-den-spss-r-und-gpower-aufgaben-und-ergaenzungen>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature

## Aufgaben mit R und G\*Power

Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2* (5. Auflage). Heidelberg: Springer.

(für unabhängige Stichproben) existiert, kann also mit sehr hoher Sicherheit angenommen werden.

The screenshot shows the G\*Power software interface. At the top, 'Test family' is set to 'F tests' and 'Statistical test' is 'ANOVA: Repeated measures, within factors'. Below this, 'Type of power analysis' is 'Post hoc: Compute achieved power - given  $\alpha$ , sample size, and effect size'. The 'Input Parameters' section includes: 'Effect size f' (0.25), ' $\alpha$  err prob' (0.05), 'Total sample size' (19), 'Number of groups' (1), 'Number of measurements' (8), 'Corr among rep measures' (0.73), and 'Nonsphericity correction  $\epsilon$ ' (1). The 'Output Parameters' section includes: 'Noncentrality parameter  $\lambda$ ' (35.1851852), 'Critical F' (2.0830373), 'Numerator df' (7.0000000), 'Denominator df' (126), and 'Power (1 -  $\beta$  err prob)' (0.9961424).

- i) Die empirische Effektstärke  $\eta_G^2$  aus einer messwiederholten Untersuchung kann nicht mit der Effektstärke aus einer Analyse ohne Messwiederholung verglichen werden, da die Anzahl der Faktoren, die Stufen der Faktoren und die Korrelation zwischen den Messwiederholungen einen Einfluss auf die Größe des Effekts haben. Deshalb ist es auch nicht möglich, die empirische Effektstärke einer messwiederholten Analyse anhand der Konventionen von Cohen (1988) zu bewerten, da diese für unabhängige Stichproben formuliert wurden.
- j) In dem Beispiel zeigt diese Zeile an, dass der Gesamtmittelwert aller Versuchspersonen über alle Bedingungskombinationen signifikant von Null verschieden ist (entspricht einer Testung der Größe der Konstanten in einer multiplen Regression).

Quelle: <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zu-den-spss-r-und-gpower-aufgaben-und-ergaenzungen>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

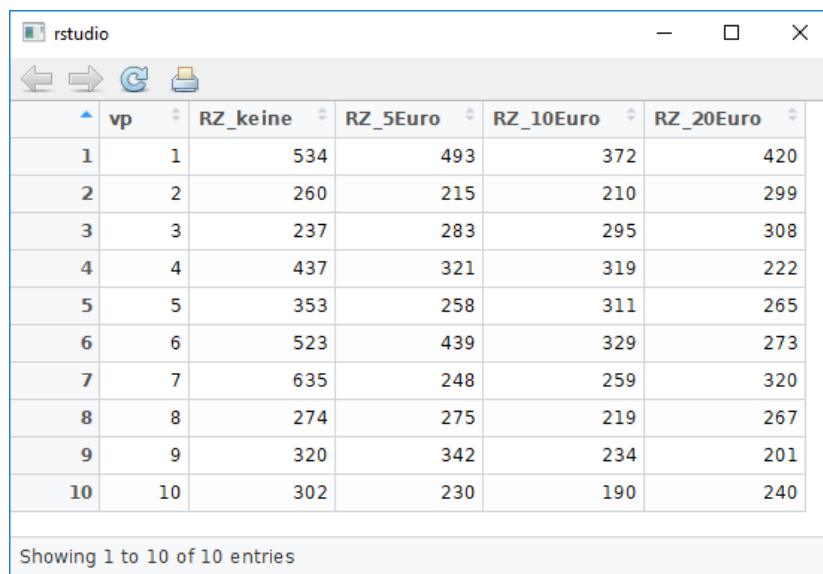
© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature

### Aufgabe 3:

- a) Für die Eingabe der Daten müssen Sie in R einen Datensatz mit fünf neue Variablen erstellen. Eine Versuchsperson gibt in dieser Untersuchung vier Werte ab, die alle in derselben Zeile stehen müssen, um die Messwiederholung deutlich zu machen.

```
vp <- 1:10
RZ_keine <- c(534, 260, 237, 437, 353, 523, 635, 274, 320, 302)
RZ_5Euro <- c(493, 215, 283, 321, 258, 439, 248, 275, 342, 230)
RZ_10Euro <- c(372, 210, 295, 319, 311, 329, 259, 219, 234, 190)
RZ_20Euro <- c(420, 299, 308, 222, 265, 273, 320, 267, 201, 240)
aufgabe3 <- data.frame(vp, RZ_keine, RZ_5Euro, RZ_10Euro, RZ_20Euro)
```

Nach der Eingabe sollte Ihr R Datenfenster in etwa wie folgt aussehen:



	vp	RZ_keine	RZ_5Euro	RZ_10Euro	RZ_20Euro
1	1	534	493	372	420
2	2	260	215	210	299
3	3	237	283	295	308
4	4	437	321	319	222
5	5	353	258	311	265
6	6	523	439	329	273
7	7	635	248	259	320
8	8	274	275	219	267
9	9	320	342	234	201
10	10	302	230	190	240

- b) Zur Berechnung einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung müssen Sie zunächst mit der Funktion `melt()` des Pakets `reshape` die Messwiederholungen in einer Variablen zusammenfassen, sodass Sie jede Person viermal in Ihrem Datensatz haben.

```
library(reshape)
aufgabe3.mw <- melt(aufgabe3, id = c("vp"),
                   measured = c("RZ_keine", "RZ_5Euro",
                                "RZ_10Euro", "RZ_20Euro"))
names(aufgabe3.mw) <- c("vp", "Belohnung", "Reaktionszeit")
aufgabe3.mw <- aufgabe3.mw[order(aufgabe3.mw$vp),]
```

Ihr Datensatz müsste folgendermaßen aussehen:

Quelle: <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zu-den-spss-r-und-gpower-aufgaben-und-ergaenzungen>

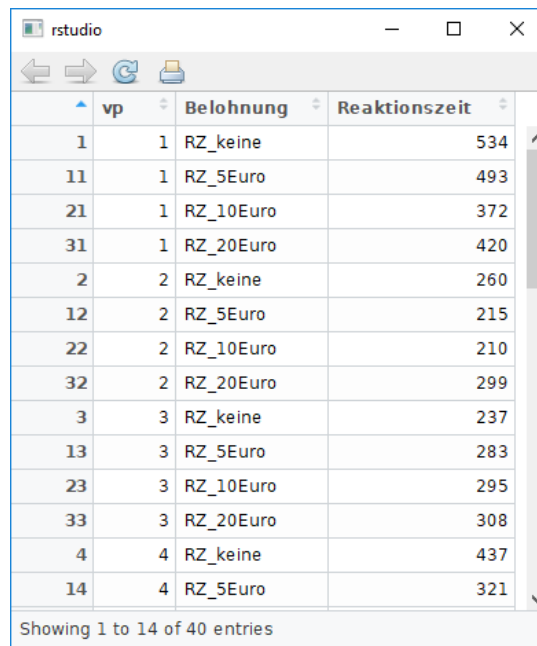
Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature



## Aufgaben mit R und G\*Power

Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2* (5. Auflage). Heidelberg: Springer.



	vp	Belohnung	Reaktionszeit
1	1	RZ_keine	534
11	1	RZ_5Euro	493
21	1	RZ_10Euro	372
31	1	RZ_20Euro	420
2	2	RZ_keine	260
12	2	RZ_5Euro	215
22	2	RZ_10Euro	210
32	2	RZ_20Euro	299
3	3	RZ_keine	237
13	3	RZ_5Euro	283
23	3	RZ_10Euro	295
33	3	RZ_20Euro	308
4	4	RZ_keine	437
14	4	RZ_5Euro	321

Als nächstes kann die messwiederholte Varianzanalyse mit der Funktion `ezANOVA()` des Pakets `ez` durchgeführt werden.

```
library(ez)
aufgabe3.mw.anova <- ezANOVA(aufgabe3.mw, dv = .(Reaktionszeit),
                             wid = .(vp),
                             within = .(Belohnung),
                             detailed = TRUE, type = 3)
aufgabe3.mw.anova
```

```
$ANOVA
      Effect DFn DFd      SSn      SSd      F      p p<.05      ges
1 (Intercept)  1   9 3926275.6 178257.9 198.232339 1.952881e-07 * 0.9268201
2  Belohnung   3  27  80855.4 131753.1   5.523199 4.330784e-03 * 0.2068620

$`Mauchly's Test for Sphericity`
      Effect      w      p p<.05
2 Belohnung 0.3813156 0.1927457

$`Sphericity Corrections`
      Effect      GGe      p[GG] p[GG]<.05      HFe      p[HF] p[HF]<.05
2 Belohnung 0.6540094 0.01408005 * 0.8345341 0.007581769 *
```

Der Mauchly-Test auf Sphärizität zeigt keine signifikante Verletzung der Sphärizitätsannahme an. Es ist allerdings trotzdem ratsam, von einer Verletzung der Annahme auszugehen, da der

Quelle: <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zu-den-spss-r-und-gpower-aufgaben-und-ergaenzungen>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature

Mauchly-Test bei nur zehn Versuchspersonen keine hinreichende Teststärke besitzt, um eine Verletzung der Sphärizitätsannahme zu entdecken. Das unter Greenhouse-Geisser angegebene  $\epsilon$  ist kleiner als 0,75. Sie sollten für die Signifikanztestung die mit Greenhouse-Geisser bezeichnete Korrektur der Freiheitsgrade verwenden.

Der Effekt der Höhe der Belohnung ist signifikant ( $F_{(3;27)} = 5,52; p < 0,02$ ). R gibt die Schätzung der Effektgröße mit  $\eta_G^2 = 0,21$  an. Allerdings kann dieser Effekt nicht anhand der Konventionen von Cohen (1988) bewertet werden, da sich die Konventionen auf Effekte aus Studien ohne Messwiederholung beziehen.

- c) Mittelwerte in den einzelnen experimentellen Bedingungen:

```
aggregate(aufgabe3.mw$Reaktionszeit,  
          list(aufgabe3.mw$Belohnung), mean)  
  Group.1      x  
1 RZ_keine 387.5  
2 RZ_5Euro 310.4  
3 RZ_10Euro 273.8  
4 RZ_20Euro 281.5
```

- d) Für die Entscheidung, welche experimentellen Bedingungen sich signifikant voneinander unterscheiden, ist eine Post Hoc Testung erforderlich. Allerdings ist die von R angebotene Post Hoc Testung mittels paarweiser Einzelvergleiche mit Bonferroni Korrektur äußerst konservativ. Zusätzlich haben Einzelvergleiche eine geringere Teststärke, da nur die Werte aus jeweils zwei experimentellen Bedingungen in den Vergleich eingehen. Mit dieser Art der Post-Hoc Analyse ergibt sich zwischen keiner der Gruppen ein signifikanter Unterschied:

```
pairwise.t.test(aufgabe3.mw$Reaktionszeit,  
               aufgabe3.mw$Belohnung,  
               paired = TRUE, p.adjust.method = "bonferroni")
```

Quelle: <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zu-den-spss-r-und-gpower-aufgaben-und-ergaenzungen>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature

Pairwise comparisons using paired t tests

data: aufgabe3.mw\$Reaktionszeit and aufgabe3.mw\$Belohnung

	RZ_keine	RZ_5Euro	RZ_10Euro
RZ_5Euro	0.446	-	-
RZ_10Euro	0.075	0.526	-
RZ_20Euro	0.152	1.000	1.000

P value adjustment method: bonferroni

Alternativ empfehlen wir, die Post Hoc Testung mit Hilfe des Tukey HSD Tests. Allerdings darf dieser Test nicht ohne weiteres angewendet werden, wenn die Zirkularitätsannahme nicht erfüllt ist (siehe Kap. 7.1.9). Wir gehen hier zur Veranschaulichung des Vorgehens von einer erfüllten Sphärizitätsannahme aus. Der für den Tukey HSD Test erforderliche kritische  $q$ -Wert ist bei vier zu vergleichenden Mittelwerten, 27 Nennerfreiheitsgraden und einem Signifikanzniveau von 5%  $q_{krit} = 3,9$  (Tabelle F, Band 1).

$$HSD = q_{krit} \cdot \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_{Res}^2}{N}} = 3,9 \cdot \sqrt{\frac{4879,744}{10}} = 86,15$$

Group.1	x
1 RZ_keine	387.5
2 RZ_5Euro	310.4
3 RZ_10Euro	273.8
4 RZ_20Euro	281.5

Die kritische Differenz von  $HSD = 86,15$  wird zwischen den Gruppen „keine Belohnung“ und „10 Euro“ bzw. „20 Euro“ überschritten. Andere signifikante Unterschiede treten nicht auf. Hier zeigt sich deutlich die größere Teststärke des Tukey HSD Tests im Gegensatz zu Einzelvergleichen mit Bonferroni Korrektur.

e) Verwenden Sie die Funktion `cor()`.

```
cor(aufgabe3[, c("RZ_keine", "RZ_5Euro",
                "RZ_10Euro", "RZ_20Euro")],
    use = "pairwise.complete.obs")
```

Quelle: <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zu-den-spss-r-und-gpower-aufgaben-und-ergaenzungen>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature

## Aufgaben mit R und G\*Power

Rasch, Frieze, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2* (5. Auflage). Heidelberg: Springer.

---

	RZ_keine	RZ_5Euro	RZ_10Euro	RZ_20Euro
RZ_keine	1.0000000	0.4986545	0.5433424	0.4059216
RZ_5Euro	0.4986545	1.0000000	0.7570978	0.4142809
RZ_10Euro	0.5433424	0.7570978	1.0000000	0.4872096
RZ_20Euro	0.4059216	0.4142809	0.4872096	1.0000000

Nach der Umwandlung der Korrelationen in Fishers Z-Werte ergibt sich folgender mittlerer Fishers Z-Wert (siehe Tabelle D, Band 1).

$$\bar{Z} = \frac{0,549 + 0,611 + 0,43 + 0,984 + 0,442 + 0,53}{6} = 0,591 \quad \rightarrow \quad \bar{r} = 0,53$$

Die mittlere Korrelation zwischen den messwiederholten Faktorstufen ist  $r = 0,53$ .

Quelle: <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zu-den-spss-r-und-gpower-aufgaben-und-ergaenzungen>

Aus: Rasch, Frieze, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature

## Aufgaben mit R und G\*Power

Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2* (5. Auflage). Heidelberg: Springer.

- f) Die Teststärke, einen mittleren Effekt für unabhängige Stichprobe in der Untersuchung zu finden, lag nur bei etwa 41%.

The screenshot shows the G\*Power software interface. The 'Test family' is set to 'F tests' and the 'Statistical test' is 'ANOVA: Repeated measures, within factors'. The 'Type of power analysis' is 'Post hoc: Compute achieved power - given alpha, sample size, and effect size'. The 'Input Parameters' section includes: 'Effect size f' (0.25), 'alpha err prob' (0.05), 'Total sample size' (10), 'Number of groups' (1), 'Number of measurements' (4), 'Corr among rep measures' (0.53), and 'Nonsphericity correction epsilon' (1). The 'Output Parameters' section includes: 'Noncentrality parameter lambda' (5.3191489), 'Critical F' (2.9603513), 'Numerator df' (3.0000000), 'Denominator df' (27.0000000), and 'Power (1 - beta err prob)' (0.4090252).

- g) Trotz identischer Mittelwerte ist der resultierende  $F$ -Wert in der messwiederholten Analyse größer als in der nicht-messwiederholten Analyse ( $F_{(3;27)} = 5,52$  vs.  $F_{(3;36)} = 3,13$ ) und hat dementsprechend eine niedrigere Wahrscheinlichkeit unter der Nullhypothese, selbst unter Berücksichtigung der Korrektur der Freiheitsgrade ( $p < 0,02$  vs.  $p < 0,04$ ). Der Grund für die höhere Teststärke des messwiederholten Verfahrens liegt in der positiven Korrelation zwischen den wiederholten Messungen. Diese systematische Abhängigkeit zwischen den Messzeitpunkten lässt sich auf Unterschiede zwischen Versuchspersonen zurückführen, und kann als Personenvarianz einen Teil der Residualvarianz erklären, den die Varianzanalyse ohne Messwiederholung nicht erklären kann. So reduziert sich die Residualvarianz im Fall der Messwiederholung, und dies führt zu einer Erhöhung des  $F$ -Bruchs bei sonst gleichen Bedingungen.

Quelle: <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zu-den-spss-r-und-gpower-aufgaben-und-ergaenzungen>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature

## Literatur

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NY: Erlbaum.

Quelle: <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zu-den-spss-r-und-gpower-aufgaben-und-ergaenzungen>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 2*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature