

## Aufgaben zu Kapitel 6:

### Aufgabe 1:

In einem Unternehmen wird zur Fortbildung der Mitarbeiter eine Vortragsreihe zu fachspezifischen Themen angeboten. Die Vortragsreihe besteht aus vier Veranstaltungen, und sie wird in drei Standorten des Unternehmens durchgeführt. Nach jeder Veranstaltung füllen die Teilnehmer einen Fragebogen aus, in dem sie unter anderem die Relevanz des jeweiligen Vortragsthemas auf einer 8-stufigen Skala angeben.

Wie viele Personen müssen mindestens an den Veranstaltungen teilnehmen, damit die Personalabteilung (bei einem Signifikanzniveau von 5%)...

- ... einen mittleren Effekt zwischen den vier Veranstaltungen mit 80%iger Wahrscheinlichkeit entdecken kann, falls er existiert (unabhängig von den Standorten)?
- ... einen großen Unterschied in der Relevanzbewertung der gesamten Vortragsreihe zwischen den drei Unternehmenstandorten mit 90%iger Sicherheit ausschließen kann?
- ... selbst kleine Unterschiede in der Relevanzeinschätzung der einzelnen Veranstaltungen zwischen den Standorten mit 80%iger Sicherheit aufdecken kann?

### Aufgabe 2:

Für eine zweifaktorielle Varianzanalyse ohne Messwiederholung hat sich folgender SPSS Output ergeben:

Tests der Zwischensubjekteffekte

Abhängige Variable: AV

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>b</sup>
Korrigiertes Modell	112.698 <sup>a</sup>	8	14.087	5.150	.000	.433	41.199	.997
Konstanter Term	1409.587	1	1409.587	515.304	.000	.905	515.304	1.000
FaktorA	37.556	2	18.778	6.865	.002	.203	13.729	.908
FaktorB	8.984	2	4.492	1.642	.203	.057	3.284	.332
FaktorA * FaktorB	66.159	4	16.540	6.046	.000	.309	24.186	.978
Fehler	147.714	54	2.735					
Gesamt	1670.000	63						
Korrigierte Gesamtvariation	260.413	62						

a. R-Quadrat = .433 (korrigiertes R-Quadrat = .349)

b. Unter Verwendung von Alpha = .05 berechnet

- Welche Effekte sind signifikant ( $\alpha = 5\%$ )?
- Wie viele Stufen hat der Faktor A, wie viele der Faktor B?
- Wie viele Versuchspersonen wurden untersucht?
- Wie groß ist der aus den Daten geschätzte Effekt  $\omega_p^2$  für den Faktor A? Was unterscheidet diesen Wert von dem von SPSS verwendeten partiellen Eta-Quadrat?
- Ist es möglich, für die in der Untersuchung nicht signifikant gewordenen Effekte die Existenz von großen Effektstärken mit einer ausreichenden Sicherheit von 80% auszuschließen?
- Was bedeutet im Fall des Faktors B die „Beobachtete Schärfe“?

Quelle: <http://www.quantitative-methoden.de>

## Lösungen

### Aufgabe 1

In G\*Power müssen Sie für die folgenden Berechnungen unter Test family „F tests“, unter Statistical test „ANOVA: Fixed effects, special, main effects and interactions“ auswählen.

- a) Der Faktor A (Veranstaltungen) hat  $p = 4$  Stufen. Der Faktor B (Standorte) hat  $q = 3$  Stufen. Die Teststärkeberechnung erfolgt für den Haupteffekt A (allgemeiner Unterschied zwischen Veranstaltungen, unabhängig von den Standorten). Die Freiheitsgrade des Haupteffekts A berechnen sich aus  $df_A = p - 1 = 3$ .

Um einen mittleren Effekt von  $f = 0,25$  ( $\Omega^2 = 0,06$ ) mit einer Wahrscheinlichkeit von 80% zu finden, falls er existiert, sind insgesamt  $N = 179$  Versuchspersonen notwendig. Da es insgesamt 12 Bedingungskombinationen gibt, wäre es in diesem Fall ratsam, 180 Personen teilnehmen zu lassen ( $n = 15$  pro Bedingungskombination).

The screenshot shows the G\*Power software interface with the following settings:

- Test family: F tests
- Statistical test: ANOVA: Fixed effects, special, main effects and interactions
- Type of power analysis: A priori: Compute required sample size - given  $\alpha$ , power, and effect size
- Input Parameters:
  - Effect size f: 0.25
  - $\alpha$  err prob: 0.05
  - Power ( $1 - \beta$  err prob): 0.80
  - Numerator df: 3
  - Number of groups: 12
- Output Parameters:
  - Noncentrality parameter  $\lambda$ : 11.1875000
  - Critical F: 2.6587233
  - Denominator df: 167
  - Total sample size: 179
  - Actual power: 0.8010397

- b) Die Stichprobenumfangsplanung für den Haupteffekt des Faktors B (Standorte) erfolgt für einen großen Effekt von  $f = 0,40$  ( $\Omega^2 = 0,14$ ) und einer Teststärke von 90%. Die Zählerfreiheitsgrade des Faktors B sind  $df_B = q - 1 = 2$ . Um bei einem nicht signifikanten Ergebnis für den Faktor B mit einer Sicherheit von mindestens 90% ausschließen zu können, dass keine großen Unterschiede zwischen den Stufen des Faktors B bestehen, müssen mindestens 83 Personen an den Veranstaltungen teilnehmen. Auch hier wäre es sinnvoll, gleich viele Personen pro Gruppe zu erheben. Dies erhöht die Teilnehmerzahl auf 84 (7 pro Gruppe).

## Aufgaben mit SPSS und G\*Power

Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2010). *Quantitative Methoden. Band 1* (3. Auflage). Heidelberg: Springer.

Input Parameters		Output Parameters		
Determine =>	Effect size f	0.40	Noncentrality parameter $\lambda$	13.2800000
	$\alpha$ err prob	0.05	Critical F	3.1257642
	Power (1- $\beta$ err prob)	0.90	Denominator df	71
	Numerator df	2	Total sample size	83
	Number of groups	12	Actual power	0.9017153

- c) In der Stichprobenumfangplanung für die Wechselwirkung geht es um die Entdeckung von kleinen Effekten ( $f = 0,10$  bzw.  $\Omega^2 = 0,01$ ). Die Zählerfreiheitsgrade der Wechselwirkung sind  $df_{A \times B} = (p - 1) \cdot (q - 1) = 6$ . Um selbst einen kleinen Effekt der Wechselwirkung mit einer 80%igen Sicherheit zu entdecken, müssten mindestens  $N = 1369$  Personen an der Vortragsreihe teilnehmen. Um für gleiche Zellenbesetzung zu sorgen, wären 1380 Personen notwendig (115 pro Veranstaltung).

Input Parameters		Output Parameters		
Determine =>	Effect size f	0.10	Noncentrality parameter $\lambda$	13.6900000
	$\alpha$ err prob	0.05	Critical F	2.1052512
	Power (1- $\beta$ err prob)	0.80	Denominator df	1357
	Numerator df	6	Total sample size	1369
	Number of groups	12	Actual power	0.8000821

### Aufgabe 2

- a) Der Haupteffekt A ( $F_{(2,54)} = 6,87$ ;  $p < 0,01$ ) und die Wechselwirkung  $A \times B$  ( $F_{(4,54)} = 6,05$ ;  $p < 0,001$ ) sind signifikant. Der Haupteffekt B ist nicht signifikant ( $p > 0,20$ ).
- b) Die Faktoren A und B haben beide jeweils 3 Stufen (errechnet aus  $df_A = p - 1 = 2$  und  $df_B = q - 1 = 2$ ).
- c) In dem SPSS Output ist die Anzahl der Nennerfreiheitsgrade mit  $df_{Res} = 54$  angegeben. Aus der Formel  $df_{Res} = p \cdot q \cdot (n - 1)$  ergibt sich folgende Anzahl Personen pro Zelle:

$$n = \frac{df_{Res}}{p \cdot q} + 1 = \frac{54}{3 \cdot 3} + 1 = 7.$$

Insgesamt wurden 63 Versuchspersonen untersucht.

- d) Die Formel zur Berechnung von  $\omega_p^2$  finden Sie in Kapitel 6.3.1.

Quelle: <http://www.quantitative-methoden.de>

## Aufgaben mit SPSS und G\*Power

Rasch, Frieze, Hofmann & Naumann (2010). *Quantitative Methoden. Band 1* (3. Auflage). Heidelberg: Springer.

$$f^2 = \frac{(F-1) \cdot df_A}{N} = \frac{(6,87-1) \cdot 2}{63} = 0,1863 \quad \rightarrow \quad \omega_p^2 = \frac{f^2}{1+f^2} = \frac{0,1863}{1+0,1863} = 0,157$$

Auf der Populationsebene klärt der Faktor A 15,7% der verbleibenden Gesamtvariation auf. Das von SPSS verwendete partielle Eta-Quadrat gibt die Varianzaufklärung auf der Ebene der Stichprobe an ( $\eta_p^2 = 0,203$ ). Dieser Wert überschätzt das Ausmaß der Varianzaufklärung auf der Ebene der Population.

- e) Zur Beantwortung dieser Frage ist eine a posteriori Teststärkeberechnung für den nicht signifikanten Haupteffekt B notwendig. Die Teststärke, einen großen Effekt ( $f = 0,40$  bzw.  $\Omega^2 = 0,14$ ) des Faktors B mit einer Versuchspersonenzahl von  $N = 63$  auszuschließen, ist fast genau 80%. Mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 80% liegt also für den Faktor B kein Effekt von  $f = 0,40/\Omega^2 = 0,14$  (oder größer) vor. Kleinere Effekte können nicht mit ausreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

The screenshot shows the G\*Power software interface. The 'Test family' is set to 'F tests' and the 'Statistical test' is 'ANOVA: Fixed effects, special, main effects and interactions'. The 'Type of power analysis' is 'Post hoc: Compute achieved power - given alpha, sample size, and effect size'. Under 'Input Parameters', the 'Determine =>' button is selected, and the parameters are: Effect size f = 0.40, alpha err prob = 0.05, Total sample size = 63, Numerator df = 2, and Number of groups = 9. Under 'Output Parameters', the results are: Noncentrality parameter lambda = 10.0800000, Critical F = 3.1682460, Denominator df = 54, and Power (1-beta err prob) = 0.7954302.

- f) Die Beobachtete Schärfe gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit der in der Analyse errechnete Effekt von  $\eta_p^2 = 0,057$  in der Untersuchung mit der gegebenen Anzahl von Versuchspersonen gefunden werden konnte. Wie immer bei nicht signifikanten Ergebnissen hat die Beobachtete Schärfe einen unbefriedigend kleinen Wert (hier: 33,2%). Für Effekte dieser Größenordnung hatte die Untersuchung keine ausreichende Teststärke. Große Effekte dagegen können mit ausreichender Sicherheit ausgeschlossen werden (siehe Lösung zu e). Das einzige Mittel, um für Effekte von inhaltlich relevanter Größe eine ausreichende Teststärke zu garantieren, ist eine a priori Stichprobenumfangsplanung.