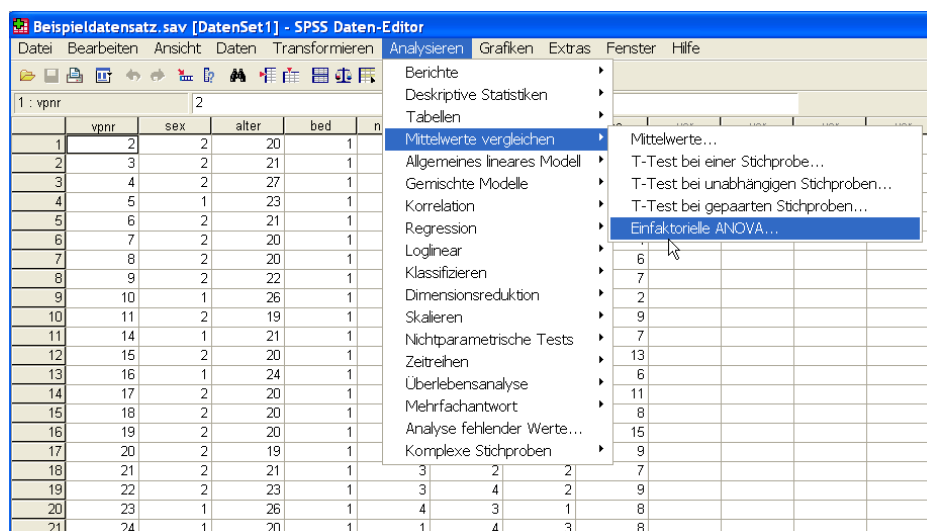


Kapitel 5: Einfaktorielle Varianzanalyse

Durchführung einer einfaktoriellen Varianzanalyse ohne Messwiederholung

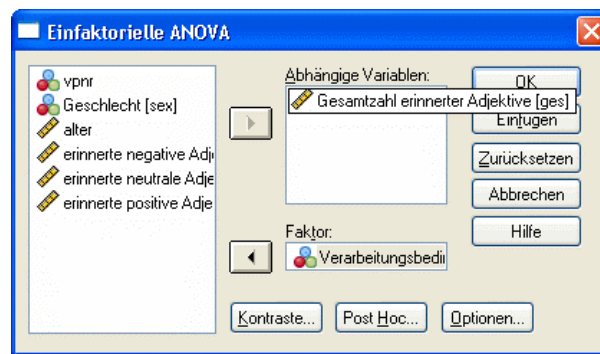
Dieser Abschnitt zeigt die Durchführung der in Kapitel 5 vorgestellten einfaktoriellen Varianzanalyse ohne Messwiederholung mit SPSS. Das Beispiel im Buch beschäftigte sich mit der Frage, wie der Unterschied zwischen den drei Verarbeitungsbedingungen „strukturell“, „bildhaft“ und „emotional“ in der Erinnerungsleistung zu Stande gekommen ist. Handelt es sich um einen zufälligen Unterschied, oder gibt es Grund zu der Annahme, dass sich die drei Gruppen systematisch unterscheiden? Die Varianzanalyse vergleicht diese drei Bedingungen simultan miteinander, es ist also nur ein statistischer Test notwendig um zu entscheiden, ob die Unterschiede zwischen den drei Gruppen zufällig oder systematisch sind. Damit wird das Problem der α -Fehlerkumulierung vermieden (Kap. 5.1.1).

Gehen Sie in SPSS zu „Analysieren“ → „Mittelwerte vergleichen“ → „Einfaktorielle ANOVA“.

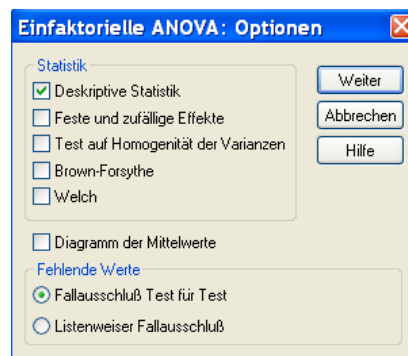


Dort können Sie auswählen, für welche Variable(n) SPSS eine einfaktorielle Varianzanalyse durchführen soll (hier: „Gesamtzahl erinnertes Adjektive“). Außerdem müssen Sie spezifizieren, welche Gruppen oder experimentelle Bedingungen das Verfahren miteinander vergleichen soll. Dazu bewegen Sie die Variable „Verarbeitungsbedingung“ in das Feld „Gruppenvariable“.

Das Experiment beinhaltete insgesamt drei unterschiedliche Verarbeitungsbedingungen. Die Verarbeitungsbedingung ist für jede Versuchsperson eindeutig durch eine von drei Zahlen festgelegt. Jede Zahl steht für eine Versuchsbedingung. In der Variablenansicht von SPSS können Sie unter „Wertelabels“ nachvollziehen, welche Zahl für welche Verarbeitungsbedingung steht. Sie erkennen, dass die strukturelle Bedingung durch eine Eins kodiert ist. Alle Personen, die während des Experimentes die präsentierten Wörter strukturell verarbeiten sollten, haben an dieser Stelle eine Eins. Eine Zwei symbolisiert die bildhafte Verarbeitungsbedingung, eine Drei die emotionale Verarbeitungsbedingung. Das vollständige Befehlsfenster sieht aus wie folgt:



Vor der Durchführung der Analyse sollten Sie allerdings angeben, dass der SPSS-Output neben der F-Bruch Berechnung auch die Mittelwerte und Standardabweichungen der untersuchten Gruppen anzeigt. Hierzu drücken Sie die Taste „Optionen“ und aktivieren die Option „Deskriptive Statistik“. Mit „Weiter“ kehren Sie wieder zurück zu dem vorherigen Fenster.



Nun können Sie die Analyse durchführen („OK“). Sie erhalten folgenden Output:

ONEWAY deskriptive Statistiken

Gesamtzahl erinnertes Adjektive								
	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert		Minimum	Maximum
					Untergrenze	Obergrenze		
strukturell	50	7,20	3,162	,447	6,30	8,10	1	15
bildhaft	50	11,00	4,140	,586	9,82	12,18	5	26
emotional	50	12,02	4,206	,595	10,82	13,22	4	23
Gesamt	150	10,07	4,368	,357	9,37	10,78	1	26

ONEWAY ANOVA

Gesamtzahl erinnertes Adjektive					
	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	645,213	2	322,607	21,586	,000
Innerhalb der Gruppen	2196,980	147	14,945		
Gesamt	2842,193	149			

In der ersten Tabelle finden Sie die Angaben zur deskriptiven Statistik der verglichenen Gruppen. Die abhängige Variable („Gesamtzahl erinnertes Adjektive“) ist über der Tabelle angegeben. So ist zum Beispiel abzulesen, dass alle drei Gruppen mit je 50 Versuchspersonen besetzt sind, und dass bei struktureller Verarbeitung 7,20, bei bildhafter 11,00 und bei emotionaler Verarbeitung 12,02 Adjektive erinnert wurden. Den Standardfehler dieser Mittelwerte finden Sie in der fünften Spalte.

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

SPSS-Ergänzungen

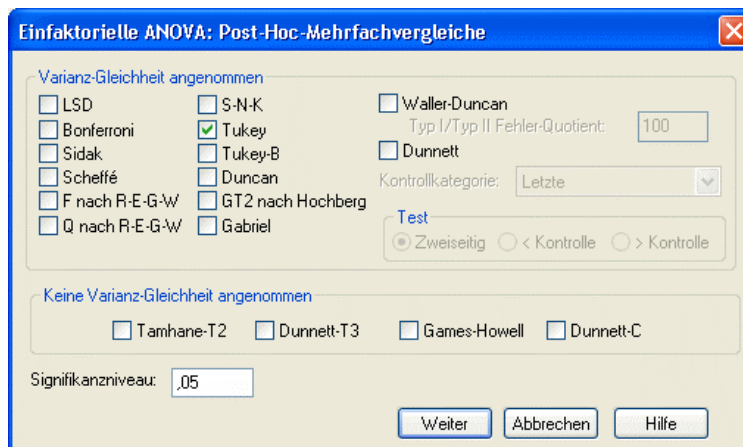
Rasch, Frieze, Hofmann & Naumann (2006). *Quantitative Methoden. Band 2* (2. Auflage). Heidelberg: Springer.

Die zweite Tabelle zeigt die Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse, die in bereits Kapitel 5.2.12 ausführlich beschrieben wurden. Besonders wichtig für die Auswertung sind der F-Wert und die Angabe der Wahrscheinlichkeit dieses F-Werts unter der Nullhypothese (Spalte „Signifikanz“).

Die Wahrscheinlichkeit, dass der F-Wert von $F_{(2;147)} = 21,586$ auftritt, wenn die Nullhypothese tatsächlich zutreffen würde, ist $p < 0,001$. Dieser Wert ist kleiner als ein Signifikanzniveau von $\alpha < 0,05$, und somit können wir die Nullhypothese ablehnen. Der Unterschied zwischen den drei Gruppen ist signifikant. Die errechnete Wahrscheinlichkeit ist hier sogar kleiner als 1%. In der Literatur wird ein derartiges Signifikanzniveau häufig mit drei Sternen versehen (***).

Allerdings testet die einfaktorielle Varianzanalyse den Unterschied zwischen allen drei Gruppen simultan. Ein signifikantes Ergebnis einer einfaktoriellen Varianzanalyse erlaubt nur die allgemeine Aussage, dass zwischen den untersuchten Gruppen ein irgendwie gearteter Unterschied vorliegt. Spezifischere Aussagen über die Unterschiede zwischen einzelnen Gruppen erfordern eine Post-Hoc Analyse. Kapitel 5.4 stellt den Tukey HSD Test als eine Möglichkeit für Post Hoc Analyse vor. Dieser Test ist auch mit SPSS durchführbar.

Gehen Sie in SPSS noch einmal zu „Analysieren“ → „Mittelwerte vergleichen“ → „Einfaktorielle ANOVA“ und definieren Sie die abhängige Variable und die Gruppenvariable (siehe oben). Nun betätigen Sie die Taste „Post Hoc...“. Sie haben nun die Auswahl aus verschiedensten Post-Hoc Analyse Verfahren, die unter der Annahme der Varianzhomogenität in den untersuchten Gruppen angewendet werden können. SPSS bietet sogar Verfahren an, wenn diese Annahme nicht erfüllt ist. Zur Durchführung des Tukey HSD Tests aktivieren Sie den Eintrag „Tukey“. Das voreingestellte Signifikanzniveau von $\alpha < 0,05$ brauchen Sie in den meisten Fällen nicht zu verändern. Mit „Weiter“ kehren Sie zu dem vorherigen Fenster zurück.



Nach dem Betätigen der OK-Taste beinhaltet die SPSS-Ausgabe neben den oben beschriebenen Tabellen folgende Einträge:

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

Post-Hoc-Tests

Mehrfachvergleiche

Abhängige Variable: Gesamtzahl erinnertes Adjektive
 Tukey-HSD

(I) Verarbeitungsbedingung	(J) Verarbeitungsbedingung	Mittlere Differenz (I-J)	Standardf ehler	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
strukturell	bildhaft	-3,800*	,773	,000	-5,63	-1,97
	emotional	-4,820*	,773	,000	-6,65	-2,99
bildhaft	strukturell	3,800*	,773	,000	1,97	5,63
	emotional	-1,020	,773	,387	-2,85	,81
emotional	strukturell	4,820*	,773	,000	2,99	6,65
	bildhaft	1,020	,773	,387	-,81	2,85

*. Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau .05 signifikant.

In der ersten Zeile wird die Verarbeitungsbedingung „strukturell“ zunächst mit der Bedingung „bildhaft“, in der nächsten Zeile dann mit „emotional“ verglichen. Die zweite Tabellenspalte gibt die Differenz zwischen den jeweiligen Gruppen an. Aus der Tabelle der deskriptiven Statistiken (siehe oben) können Sie entnehmen, dass die Versuchspersonen in der strukturellen Verarbeitungsbedingung 7,20, und in der bildhaften Verarbeitungsbedingung 11,00 Adjektive erinnert haben. Die Differenz ist -3.8. Der Standardfehler der Differenz ist mit 0,773 angegeben. Der Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen ist signifikant ($p < 0,001$, Spalte „Signifikanz“). SPSS indiziert signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen mit einem Stern (*). So lässt sich leicht erkennen, dass sich die Gruppe „strukturell“ signifikant von den Gruppen „bildhaft“ und „emotional“ unterscheidet, während zwischen den Gruppen „bildhaft“ und „emotional“ kein signifikanter Unterschied vorliegt ($p > 0,38$). In dem SPSS Output ist dieses Ergebnismuster noch einmal in einer anderen Form dargestellt:

Homogene Untergruppen

Gesamtzahl erinnertes Adjektive

Tukey-HSD^a

Verarbeitungsbedingung	N	Untergruppe für Alpha = .05.	
		1	2
strukturell	50	7,20	
bildhaft	50		11,00
emotional	50		12,02
Signifikanz		1,000	,387

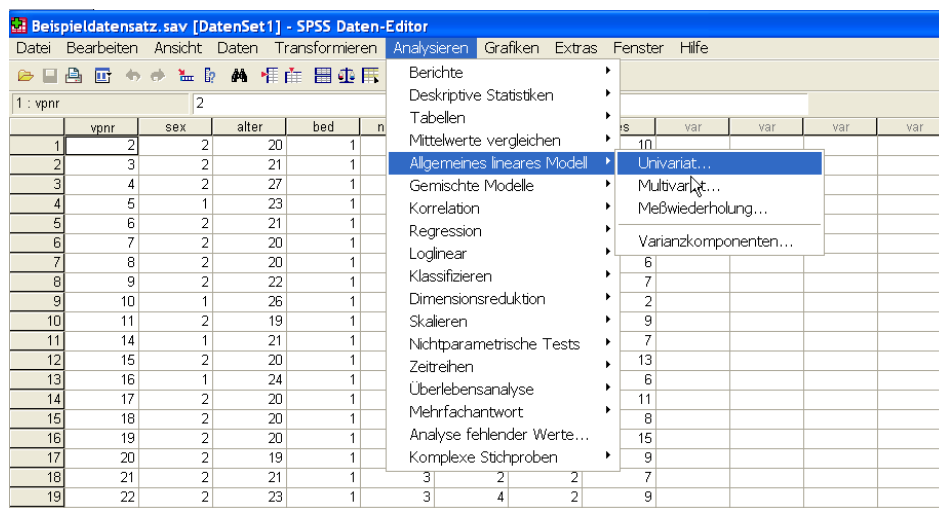
Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 50,000.

Berechnung der Effektstärke und der beobachteten Teststärke einer einfaktoriellen Varianzanalyse ohne Messwiederholung

Leider bietet SPSS mit dem oben vorgestellten Weg der Durchführung einer einfaktoriellen Varianzanalyse ohne Messwiederholung keine Möglichkeit, die Effektstärke anzeigen zu lassen. Obwohl die Berechnung der Effektstärke leicht mit dem Taschenrechner durchführbar ist (vgl. Kap. 5.3.2), soll hier ein alternativer Auswertungsweg in SPSS vorgestellt werden, der die Angabe der Effektstärke η^2 sowie die Angabe der beobachteten Teststärke, einen empirischen Effekt dieser Größe zu finden, möglich macht. Diese Art der Berechnung führt beim Signifikanztest zu identischen Ergebnissen wie die gerade besprochene Vorgehensweise. Allerdings gibt es dort Möglichkeiten, auch komplexere Versuchspläne als einfaktorielle Varianzanalysen auszuwerten. Diese lernen Sie in Kapitel 6 kennen.

Gehen Sie in SPSS zu „Analysieren“ → „Allgemeines Lineares Modell“ → „Univariat“.



Definieren Sie die abhängige und unabhängige Variable. In den meisten Analysen werden feste Faktoren untersucht, die sich ausschließlich auf die realisierten experimentellen Bedingungen beziehen. Zufällige Faktoren treten auf, wenn die realisierten experimentellen Bedingungen zufällig aus einer Menge aller möglichen experimenteller Bedingungen gezogen wurden, z.B. bei einer Untersuchung des Einflusses von Lärm auf die Konzentrationsfähigkeit, bei der zufällig die Lautstärken 16 dB, 21dB und 83dB als experimentelle Bedingungen ausgewählt wurden (näheres in Bortz, 2005). In dem hier vorliegenden Fall sind die experimentellen Bedingungen „strukturell“, „bildhaft“ und „emotional“ jedoch nicht zufällig ausgewählt worden, es handelt sich deshalb um feste Faktoren.

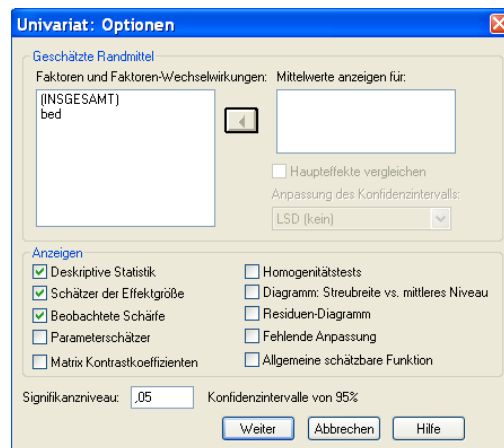
Ihr Befehlsfenster sieht folgendermaßen aus:

SPSS-Ergänzungen

Rasch, Frieze, Hofmann & Naumann (2006). *Quantitative Methoden. Band 2* (2. Auflage). Heidelberg: Springer.



Unter „Optionen“ lassen sich neben der deskriptiven Statistik die Ausgabe der Effektstärke (Schätzer der Effektgröße) und der für diesen Effekt beobachteten Teststärke (Beobachtete Schärfe) aktivieren.



Nach drücken von „Weiter“ und OK erhalten Sie diesen Output:

Zwischensubjektfaktoren

		Wertelabel	N
Verarbeitungsbedingung	1	strukturell	50
	2	bildhaft	50
	3	emotional	50

Deskriptive Statistiken

Abhängige Variable: Gesamtzahl erinnertes Adjektive

Verarbeitungsbedingung	Mittelwert	Standardabweichung	N
strukturell	7,20	3,162	50
bildhaft	11,00	4,140	50
emotional	12,02	4,206	50
Gesamt	10,07	4,368	150

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

SPSS-Ergänzungen

Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2006). *Quantitative Methoden. Band 2* (2. Auflage). Heidelberg: Springer.

Tests der Zwischensubjekteffekte

Abhängige Variable: Gesamtzahl erinnerter Adjektive

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe ^a
Korrigiertes Modell	645,213 ^b	2	322,607	21,586	,000	,227	43,171	1,000
Konstanter Term	15220,807	1	15220,807	1018,425	,000	,874	1018,425	1,000
bed	645,213	2	322,607	21,586	,000	,227	43,171	1,000
Fehler	2196,980	147	14,945					
Gesamt	18063,000	150						
Korrigierte Gesamtvariation	2842,193	149						

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

b. R-Quadrat = ,227 (korrigiertes R-Quadrat = ,216)

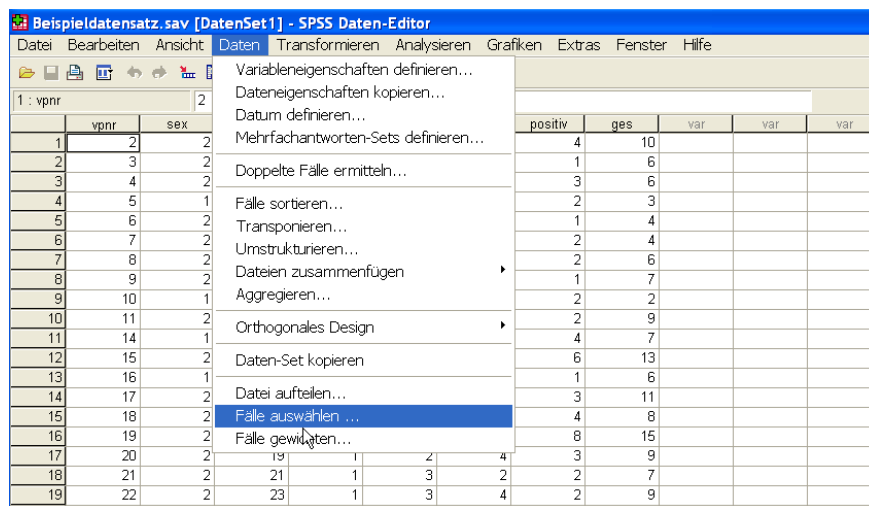
Die erste Tabelle zeigt die miteinander verglichenen experimentellen Bedingungen an, die zweite die deskriptiven Statistiken. In der dritten Tabelle sollten Sie für momentane Zwecke die ersten beiden Zeilen ignorieren. Die dritte Zeile („bed“) bezeichnet den experimentellen Faktor „Verarbeitungsbedingung“ und gibt die Ergebnisse des Vergleichs zwischen den drei Verarbeitungsbedingungen an. Die Daten entsprechen der Zeile „Zwischen den Gruppen“ in dem ersten vorgestellten Weg der Auswertung („Analysieren“ → „Mittelwerte vergleichen“ → „Einfaktorielle ANOVA“; $F_{(2,147)} = 21,586$; $p < 0,001$; siehe oben). Zusätzlich berechnet SPSS einen empirischen Effekt auf der Stichprobenebene von Eta-Quadrat $\eta^2 = 0,227$. Auf der Stichprobenebene klärt der Faktor „Verarbeitungsbedingung“ also 22,7% der Varianz der abhängigen Variable „Gesamtzahl erinnerter Adjektive“ auf. Die Wahrscheinlichkeit, einen Effekt dieser Größe von $\eta^2 = 0,227$ mit einer Versuchspersonenzahl von 150 (50 pro Gruppe) und einem α -Niveau von 5% zu finden (falls er wirklich existiert), ist größer als 99% („Beobachtete Schärfe“, vgl. GPower Ergänzungen zu diesem Kapitel).

Vergleich zwischen einer einfaktoriellen Varianzanalyse ohne Messwiederholung und einem t-Test für unabhängige Stichproben

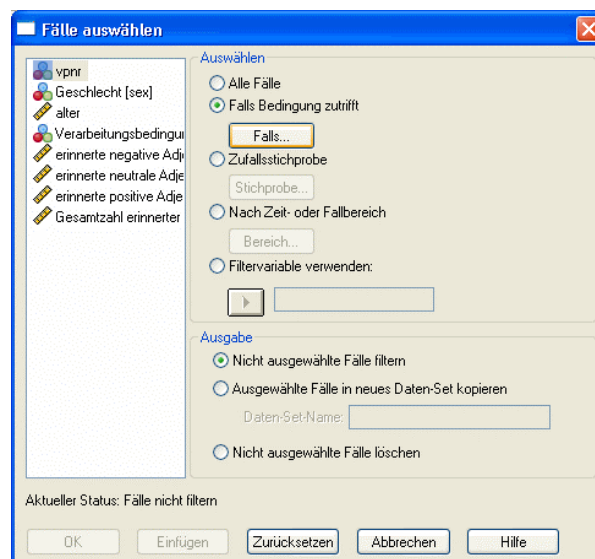
Kapitel 5.3.1 beschreibt den t-Test als einen Spezialfall der Varianzanalyse. Der folgende Abschnitt soll diesen Zusammenhang mit Hilfe des Programms SPSS noch einmal verdeutlichen.

Die Durchführung des t-Tests für den Vergleich der Verarbeitungsbedingungen „strukturell“ und „emotional“ ist bereits in den SPSS Ergänzungen für Kapitel 3 beschrieben. Wenn eine einfaktorielle Varianzanalyse mit zwei Stufen wirklich nichts anderes als ein t-Test ist, dann sollten beide Berechnungen zu identischen Ergebnissen führen. Wie lässt sich dieser Vergleich in SPSS realisieren? Für die Berechnung ist zunächst eine Selektion der zu vergleichenden Gruppen notwendig.

Gehen Sie in SPSS zu „Daten“ → „Fälle auswählen“.



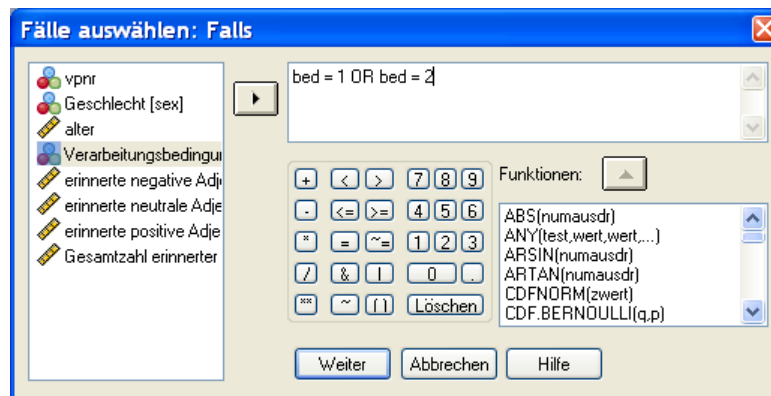
In dem folgenden Fenster aktivieren Sie „Falls Bedingung zutrifft“ und drücken „Falls...“.



SPSS-Ergänzungen

Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2006). *Quantitative Methoden. Band 2* (2. Auflage). Heidelberg: Springer.

Wählen Sie die Variable aus, die die experimentellen Bedingungen kodiert („Verarbeitungsbedingung“) und bewegen Sie sie mit Hilfe der Pfeiltaste in das rechte obere Feld. Es erscheint der Abkürzung des Variablennamens („bed“). Die Verarbeitungsbedingung „strukturell“ ist mit 1, „bildhaft“ mit 2 kodiert. Um nur diese beiden Bedingungen zu selektieren, geben Sie folgenden Ausdruck ein. Klicken Sie dann auf weiter und OK (an Stelle von „OR“ können Sie auch per Maus das Zeichen „|“ eingeben).



In dem SPSS Datenfenster sind nun alle Versuchspersonen, die die zu erinnernden Adjektive emotional verarbeitet haben, vorübergehend ausgesondert und werden nicht in die Analyse mit einbezogen.

	vpnr	sex	alter	bed	negativ	neutral	positiv	ges	filter \$	var
95	105	1	23	2	3	5	4	12	1	
96	106	2	28	2	2	3	4	9	1	
97	107	2	21	2	2	3	5	10	1	
98	108	2	20	2	2	3	6	11	1	
99	109	2	19	2	2	5	6	13	1	
100	110	2	19	2	11	6	9	26	1	
101	111	2	22	3	2	6	3	11	0	
102	112	2	22	3	8	7	5	20	0	
103	113	1	26	3	3	6	2	11	0	
104	114	2	24	3	7	8	8	23	0	
105	115	2	28	3	4	4	2	10	0	
106	117	1	23	3	5	2	4	11	0	
107	118	2	19	3	2	4	4	10	0	
108	119	2	21	3	3	3	5	11	0	
109	120	2	20	3	5	1	9	15	0	
110	121	1	22	3	3	1	2	6	0	

Nach der Selektion der Daten können Sie einen Vergleich der Gruppen „strukturell“ und „bildhaft“ mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse durchführen. Folgen Sie einfach den Angaben zu Beginn dieser SPSS Ergänzungen. SPSS liefert dann folgenden Output:

SPSS-Ergänzungen

Rasch, Frieze, Hofmann & Naumann (2006). *Quantitative Methoden. Band 2* (2. Auflage). Heidelberg: Springer.

ONEWAY deskriptive Statistiken

Gesamtzahl erinnertes Adjektive

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert		Minimum	Maximum
					Untergrenze	Obergrenze		
strukturell	50	7,20	3,162	,447	6,30	8,10	1	15
bildhaft	50	11,00	4,140	,586	9,82	12,18	5	26
Gesamt	100	9,10	4,133	,413	8,28	9,92	1	26

ONEWAY ANOVA

Gesamtzahl erinnertes Adjektive

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	361,000	1	361,000	26,600	,000
Innerhalb der Gruppen	1330,000	98	13,571		
Gesamt	1691,000	99			

Der SPSS Output für diesen t-Test ist hier noch einmal dargestellt (vgl. SPSS Ergänzungen zu Kapitel 3).

Gruppenstatistiken

Verarbeitungsbedingung	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Gesamtzahl strukturell	50	7,20	3,162	,447
erinnertes Adjektive bildhaft	50	11,00	4,140	,586

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
Gesamtzahl erinnertes Adjektive	Varianzen sind gleich	3,764	,055	-5,158	98	,000	-3,800	,737	-5,262	-2,338
	Varianzen sind nicht gleich			-5,158	91,653	,000	-3,800	,737	-5,263	-2,337

Zunächst fällt auf, dass die angegebene Anzahl der Nennerfreiheitsgrade ($df = 98$) für beide Rechenwege identisch ist. Dies gilt auch für die Zählerfreiheitsgrade, die bei einem t-Test nicht mit angegeben werden, da sie immer 1 sind. Auch die Angaben der Wahrscheinlichkeit des errechneten statistischen Kennwerts sind gleich ($p < 0,001$). Und der F-Wert entspricht dem quadrierten t-Wert: $F = t^2 \leftrightarrow 26,6 = (-5,158)^2$. Ein Vergleich der Mittelwerte zweier unabhängiger Gruppen kann also entweder mit einem t-Test oder einer einfaktoriellen Varianzanalyse ausgewertet werden, beide Verfahren kommen zu demselben Ergebnis. Dies muss so sein, da der t-Test ein Spezialfall der einfaktoriellen Varianzanalyse für Faktoren mit zwei Stufen ist.