

## Kapitel 7: Varianzanalyse mit Messwiederholung

### Durchführung einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung

Dieser Abschnitt zeigt die Durchführung der in Kapitel 7.1 behandelten einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung mit SPSS. Als Beispiel für diese und die folgenden Abschnitte dient die Untersuchung, ob die wiederholte Durchführung eines motorischen Tests einen Einfluss auf die Leistung der Versuchspersonen hat. Die Messung wird insgesamt dreimal durchgeführt, die abhängige Variable ist die Anzahl korrekt getippter Fingersequenzen innerhalb von 30 Sekunden. Den Datensatz finden Sie in der Datei „Datensatz\_Messwiederholung.sav“.

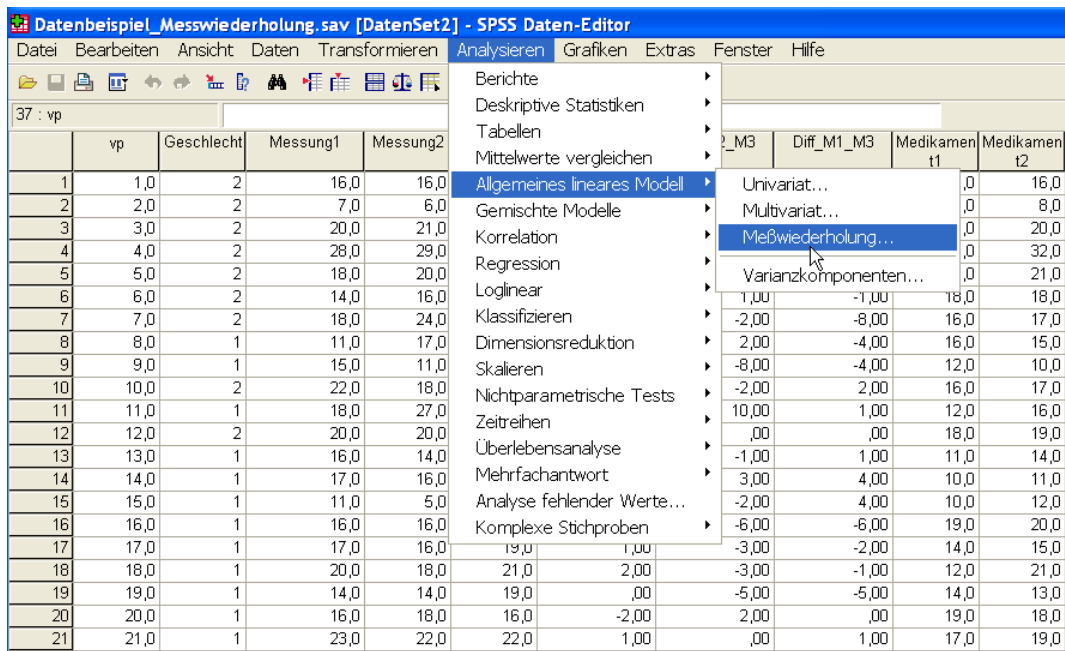
Ein wichtiger Unterschied in SPSS zwischen messwiederholten und nicht messwiederholten Analysen besteht in der Anordnung der Daten im Datenfenster. Im Fall der einfaktoriellen Varianzanalyse ohne Messwiederholung sind die experimentellen Bedingungen in einer Variable kodiert, eine zweite Variable beinhaltet die Werte der abhängigen Variablen. Bei der Messwiederholung ist jeder einzelne Messzeitpunkt in einer eigenen Variable bzw. Spalte im SPSS Datenfenster eingetragen. Der Grundgedanke ist: In SPSS stehen in einer Zeile alle Daten, die von ein und derselben Versuchsperson stammen. Gibt eine Versuchsperson mehrere Messwerte ab, so müssen diese auch in derselben Zeile eingetragen sein. In dem Datenfenster sind deshalb die drei Messzeitpunkte „Messung1“, „Messung2“ und „Messung3“ als eigene Variablen zu sehen. Die Versuchsperson 1 hat in der ersten Messung 16 Sequenzen, in der zweiten ebenfalls 16 und in der dritten Messung 18 Sequenzen innerhalb von 30 Sekunden richtig eingegeben.

	vp	Geschlecht	Messung1	Messung2	Messung3	Diff_M1_M2	Diff_M2_M3	Diff_M1_M3	Medikamen t1	Medikamen t2	Medikamen t3
1	1,0	2	16,0	16,0	18,0	,00	-2,00	-2,00	15,0	16,0	15,0
2	2,0	2	7,0	6,0	6,0	1,00	,00	1,00	5,0	8,0	8,0
3	3,0	2	20,0	21,0	21,0	-1,00	,00	-1,00	17,0	20,0	25,0
4	4,0	2	28,0	29,0	29,0	-1,00	,00	-1,00	31,0	32,0	34,0
5	5,0	2	18,0	20,0	21,0	-2,00	-1,00	-3,00	21,0	21,0	21,0
6	6,0	2	14,0	16,0	15,0	-2,00	1,00	-1,00	18,0	18,0	18,0
7	7,0	2	18,0	24,0	26,0	-6,00	-2,00	-8,00	16,0	17,0	16,0
8	8,0	1	11,0	17,0	15,0	-6,00	2,00	-4,00	16,0	15,0	18,0
9	9,0	1	15,0	11,0	19,0	4,00	-8,00	-4,00	12,0	10,0	12,0
10	10,0	2	22,0	18,0	20,0	4,00	-2,00	2,00	16,0	17,0	17,0
11	11,0	1	18,0	27,0	17,0	-9,00	10,00	1,00	12,0	16,0	15,0
12	12,0	2	20,0	20,0	20,0	,00	,00	,00	18,0	19,0	15,0
13	13,0	1	16,0	14,0	15,0	2,00	-1,00	1,00	11,0	14,0	18,0
14	14,0	1	17,0	16,0	13,0	1,00	3,00	4,00	10,0	11,0	5,0
15	15,0	1	11,0	5,0	7,0	6,00	-2,00	4,00	10,0	12,0	12,0
16	16,0	1	16,0	16,0	22,0	,00	-6,00	-6,00	19,0	20,0	21,0
17	17,0	1	17,0	16,0	19,0	1,00	-3,00	-2,00	14,0	15,0	16,0
18	18,0	1	20,0	18,0	21,0	2,00	-3,00	-1,00	12,0	21,0	19,0
19	19,0	1	14,0	14,0	19,0	,00	-5,00	-5,00	14,0	13,0	22,0
20	20,0	1	16,0	18,0	16,0	-2,00	2,00	,00	19,0	18,0	20,0

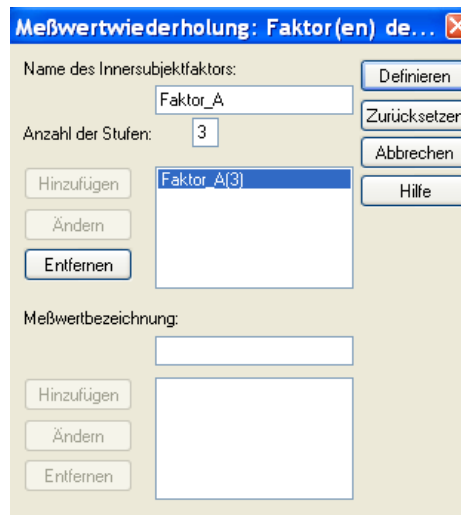
Für die Analyse dieser Daten mit Hilfe einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung gehen Sie zunächst auf „Analysieren“ → „Allgemeines Lineares Modell“ → „Messwiederholung“.

# SPSS-Ergänzungen

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

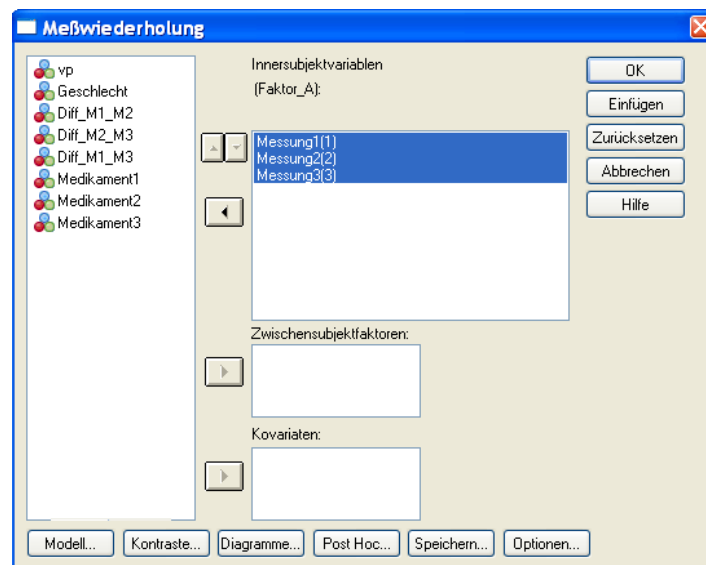


In dem sich öffnenden Fenster müssen Sie den Namen eines Faktors eingeben, und angeben, wie viele Stufen dieser messwiederholte Faktor hat. Den Namen des Faktors können Sie frei wählen (z.B. Faktor\_A), die Anzahl der Stufen entsprechen der Anzahl an Messwiederholungen bzw. abhängigen Variablen, hier also drei. Betätigen Sie „Hinzufügen“, weiter geht es mit „Definieren“.

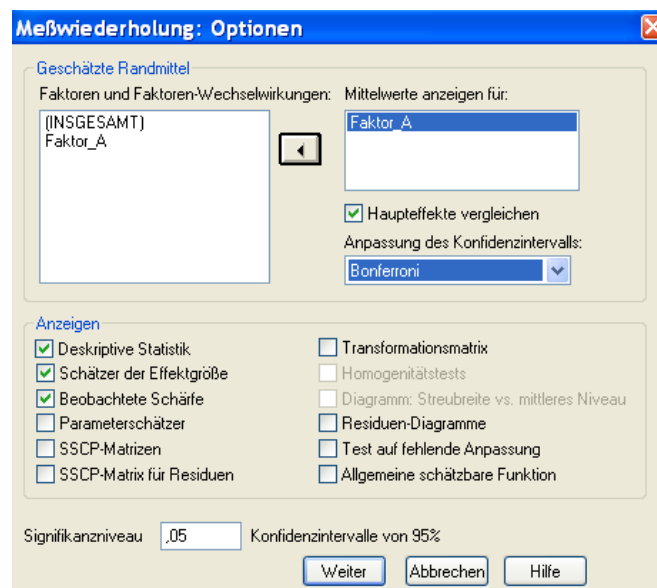


Im nächsten Fenster bewegen Sie die entsprechenden Variablen, die die einzelnen Messungen beinhalten, mit Hilfe der Pfeiltaste in das Feld „Innersubjektfaktoren“. Vorsicht: Die von Ihnen gewählte Reihenfolge bestimmt auch die Reihenfolge der Variablen in der Analyse. Es ist hier also ratsam, zuerst Messung1, dann Messung2 und zum Schluss Messung3 hinzuzufügen. Sie können auch im linken Feld durch das gleichzeitige Drücken der Steuerungstaste („Strg“) auf Ihrer Tastatur mehrere Variablen markieren und gleichzeitig mit der Pfeiltaste bewegen.

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



Klicken Sie nun auf „Optionen“. Hier aktivieren Sie wie schon in den vorangegangenen Kapiteln „Deskriptive Statistiken“, „Schätzer der Effektgröße“ und „Beobachtete Schärfe“.



Im Fall der Messwiederholung ist es zusätzlich sinnvoll, den messwiederholten Faktor mit Hilfe der Pfeiltaste in das Feld „Mittelwerte anzeigen für“ zu bewegen. So bietet sich die Möglichkeit, eine Post Hoc Analyse zwischen den Stufen des messwiederholten Faktors durchzuführen, in dem Sie „Haupteffekte vergleichen“ aktivieren. Dann sollten Sie die Anpassung des Konfidenzintervalls auf „Bonferroni“ stellen. Die Bonferroni Korrektur ist die einfachste, aber auch die konservativste Korrektur für die Kumulierung des  $\alpha$ -Niveaus im Fall des multiplen Testens einer Hypothese. Bei der Bonferroni Korrektur wird das gewünschte Gesamt-Signifikanzniveau durch die Anzahl benötigter Einzeltests dividiert. Daraus resultiert das korrigierte Signifikanzniveau für jeden Einzelvergleich. Die Kumulierung des  $\alpha$ -Fehlers der einzelnen Tests kann nun nicht mehr das Gesamt-Signifikanzniveau übersteigen. Allerdings hat diese Art des Post Hoc Tests nur eine geringe Teststärke, da nicht alle Daten in die

## SPSS-Ergänzungen

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

Einzelvergleiche mit eingehen. Die Post Hoc Analyse mit Hilfe des Tukey Tests ist besonders bei Faktoren mit mehreren Stufen sinnvoller, mit SPSS für messwiederholte Faktoren allerdings nicht möglich (vgl. Kap. 7.1.9)

Kehren Sie nun mit „Weiter“ zu dem vorherigen Fenster zurück und starten Sie die Analyse mit OK.

**Innersubjektfaktoren**

Maß: MASS\_1

Faktor_A	Abhängige Variable
1	Messung1
2	Messung2
3	Messung3

**Deskriptive Statistiken**

	Mittelwert	Standardabweichung	N
Messung1	16,556	4,9306	36
Messung2	17,278	5,2187	36
Messung3	18,250	4,7891	36

Die ersten beiden Tabellen enthalten die den Stufen des messwiederholten Faktors zugeordneten Variablenamen sowie die Mittelwerte, Standardabweichungen und Versuchspersonenanzahlen dieser Variablen. Es ist hier natürlich zu beachten, dass die 36 Versuchspersonen in jeder der drei Messungen dieselben sind. Deskriptiv haben die Versuchspersonen bei der ersten Messung 16,556, bei der zweiten Messung 17,278 und bei der dritten 18,250 Sequenzen korrekt eingegeben. Ist dieser Leistungsanstieg signifikant?

Die nächste Tabelle zeigt die multivariate Auswertung der Daten. Die Ergebnisse dieser Auswertung, bei der die mathematische Annahme der Sphärizität der Daten keine Rolle spielt, fallen im Vergleich zu Varianzanalyse mit Messwiederholung in den meisten Fällen konservativer aus, d.h. Unterschiede werden weniger häufig signifikant. Allerdings liefert die multivariate Auswertung bei starker Verletzung der Sphärizitätsannahme reliablere Ergebnisse, und ist zu dem noch teststärker als die messwiederholte Varianzanalyse (näheres in Bortz, 2005).

**Multivariate Tests<sup>c</sup>**

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Faktor_A	Pillai-Spur	,171	3,501 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,041	,171	7,002	,614
	Wilks-Lambda	,829	3,501 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,041	,171	7,002	,614
	Hotelling-Spur	,206	3,501 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,041	,171	7,002	,614
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,206	3,501 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,041	,171	7,002	,614

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

b. Exakte Statistik

c.

Design: Intercept

Innersubjekt-Design: Faktor\_A

Die vierte Tabelle zeigt die Ergebnisse des Mauchly-Tests auf Sphärizität. Ein signifikantes Ergebnis spricht für eine Verletzung der Sphärizitätsannahme, d.h. die Varianzen der Differenzen zwischen jeweils zwei Faktorstufen sind nicht homogen. Ist der Mauchly-Test auf Sphärizität

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

## SPSS-Ergänzungen

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

signifikant, sollten Sie bei kleinen Stichproben auf jeden Fall ein Korrekturverfahren verwenden, z.B. die von SPSS als „Greenhouse-Geisser“ bezeichnete Korrektur. Allerdings ist der Mauchly-Test auf Sphärizität nur unter Vorbehalt interpretierbar: Bei einer geringen Anzahl von Versuchspersonen hat der Test eine geringe Teststärke, so dass eine Verletzung der Sphärizität vorliegen kann, ohne dass der Mauchly-Test signifikant wird. Bei einer hohen Anzahl von Versuchspersonen ist der Test zu sensitiv, d.h. er kann ein signifikantes Ergebnis zeigen, obwohl keine Verletzung der Annahme vorliegt. Bei Zweifeln an dem Zutreffen der Sphärizität und besonders bei kleinen Stichprobenumfängen empfehlen wir deshalb auch dann die unten aufgeführten Korrekturen zu verwenden, wenn der Mauchly-Test auf Sphärizität nicht signifikant ist.

### Mauchly-Test auf Sphärizität<sup>b</sup>

Maß: MASS\_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon <sup>a</sup>		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Faktor_A	,905	3,411	2	,182	,913	,960	,500

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a. Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b.

Design: Intercept

Innersubjekt-Design: Faktor\_A

Die nächste Tabelle beinhaltet die für unsere Zwecke entscheidende Auswertung der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung.

### Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS\_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Faktor_A	Sphärizität angenommen	52,056	2	26,028	3,518	,035	,091	7,035	,638
	Greenhouse-Geisser	52,056	1,826	28,512	3,518	,039	,091	6,422	,609
	Huynh-Feldt	52,056	1,921	27,099	3,518	,037	,091	6,757	,625
	Untergrenze	52,056	1,000	52,056	3,518	,069	,091	3,518	,446
Fehler(Faktor_A)	Sphärizität angenommen	517,944	70	7,399					
	Greenhouse-Geisser	517,944	63,901	8,105					
	Huynh-Feldt	517,944	67,234	7,704					
	Untergrenze	517,944	35,000	14,798					

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

In der ersten Zeile für den Faktor A steht die Wahrscheinlichkeit des F-Werts von  $F_{(2;70)} = 3,518$  unter der Nullhypothese für den Fall, dass die Annahme der Sphärizität nicht verletzt ist. Die Wahrscheinlichkeit von  $p = 0,035$  ist kleiner als das Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$ , der Unterschied zwischen den drei Messungen ist signifikant. Allerdings könnte es sein dass die Sphärizität der Daten verletzt war, obwohl der Mauchly-Test auf Sphärizität ein solche Verletzung nicht angezeigt hat. Hier könnten wir z.B. in die mit „Greenhouse-Geisser“ bezeichnete Korrektur der Freiheitsgrade verwenden. Alle aufgeführten Korrekturen verringern die Freiheitsgrade des F-Werts, während der F-Wert identisch bleibt. Diese Korrektur führt in den meisten Fällen dazu, dass der F-Wert unter der Nullhypothese wahrscheinlicher wird. Die bei „Greenhouse-Geisser“ angegebene Wahrscheinlichkeit des F-Werts ist  $p = 0,039$ . Der Einfluss der Quelle: <http://www.quantitative-methoden.de>

## SPSS-Ergänzungen

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

Messwiederholung auf die Leistung in dem motorischen Leistungstests ist also auch nach dieser Korrektur der Freiheitsgrade signifikant. Die Schätzung des empirischen Effekts auf Stichprobenebene gibt SPSS mit  $\eta^2 = 0,091$  an. Die beobachtete Teststärke oder „Schärfe“, einen Effekt dieser Größe bei gleichen Bedingungen zu finden, beträgt 63,8%. Unter Einbezug einer möglichen Verletzung der Sphärizität ist die Teststärke nur noch 60,9% (bei der Verwendung der mit „Greenhouse-Geisser“ bezeichneten Korrektur der Freiheitsgrade). Eine Verletzung der Sphärizität verringert die Teststärke einer messwiederholten Varianzanalyse.

Die folgenden zwei Tabellen können Sie im Moment noch ignorieren. In der ersten geht es um die Beschreibung von Kontrasten. Die Erklärungen dazu werden erst in einer späteren Version dieser SPSS Ergänzungen integriert sein. Bei der zweiten Tabelle handelt es sich um Analysen zu nicht messwiederholten Faktoren. Die gibt es im momentanen Beispiel nicht.

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS\_1

Quelle	Faktor_A	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Faktor_A	Linear	51,681	1	51,681	6,220	,018	,151	6,220	,679
	Quadratisch	,375	1	,375	,058	,811	,002	,058	,056
Fehler(Faktor_A)	Linear	290,819	35	8,309					
	Quadratisch	227,125	35	6,489					

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS\_1  
Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Konstanter Term	32552,083	1	32552,083	545,413	,000	,940	545,413	1,000
Fehler	2088,917	35	59,683					

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

Die anschließende Tabelle des SPSS Outputs gibt auf den ersten Blick noch einmal die Mittelwerte und Standardfehler des Mittelwerts für die einzelnen Messzeitpunkte an. Allerdings handelt es hier um *Schätzungen* der Mittelwerte und Standardfehler auf Grund der Parameterschätzungen bei der Berechnung der Varianzanalyse mit Messwiederholung. Vor allem bei mehreren Faktoren mit mehr als zwei Stufen können Diskrepanzen zwischen diesen Schätzungen und den eigentlichen deskriptiven Statistiken der untersuchten Variablen auftreten.

Schätzungen

Maß: MASS\_1

Faktor_A	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
1	16,556	,822	14,887	18,224
2	17,278	,870	15,512	19,044
3	18,250	,798	16,630	19,870

Die letzte Tabelle bezieht sich auf den Post Hoc Vergleich zwischen den einzelnen Messzeitpunkten des messwiederholten Faktors. Aus der Tabelle wird deutlich, dass sich die Messung 1 von der Messung 2 nicht signifikant unterscheidet, während der Unterschied zwischen Messung 1 und 3 knapp über dem Signifikanzniveau von 5% liegt (siehe Spalte „Signifikanz“).

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

## SPSS-Ergänzungen

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

### Paarweise Vergleiche

Maß: MASS\_1

(I) Faktor_A	(J) Faktor_A	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz <sup>a</sup>	95% Konfidenzintervall für die Differenz <sup>a</sup>	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	-,722	,698	,923	-2,476	1,032
	3	-1,694	,679	,053	-3,403	,014
2	1	,722	,698	,923	-1,032	2,476
	3	-,972	,534	,231	-2,314	,370
3	1	1,694	,679	,053	-,014	3,403
	2	,972	,534	,231	-,370	2,314

Basiert auf den geschätzten Randmitteln

a. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

Hier zeigt sich, dass das Korrekturverfahren nach Bonferroni ein konservatives und weniger teststarkes Post Hoc Verfahren bietet als der Tukey HSD Test, der hier einen signifikanten Unterschied zwischen der Messung 2 und 3 findet (vgl. Kap. 7.1.9).

Die letzte Tabelle bietet normalerweise keine zusätzlichen Informationen. Sie können diese daher im Allgemeinen ignorieren.

### Multivariate Tests

	Wert	F	Hypothese	df	Fehler	df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Pillai-Spur	,171	3,501 <sup>b</sup>		2,000	34,000		,041	,171	7,002	,614
Wilks-Lambda	,829	3,501 <sup>b</sup>		2,000	34,000		,041	,171	7,002	,614
Hotelling-Spur	,206	3,501 <sup>b</sup>		2,000	34,000		,041	,171	7,002	,614
Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,206	3,501 <sup>b</sup>		2,000	34,000		,041	,171	7,002	,614

Jedes F prüft den multivariaten Effekt von Faktor\_A. Diese Tests basieren auf den linear unabhängigen, paarweisen Vergleichen bei den geschätzten Randmitteln.

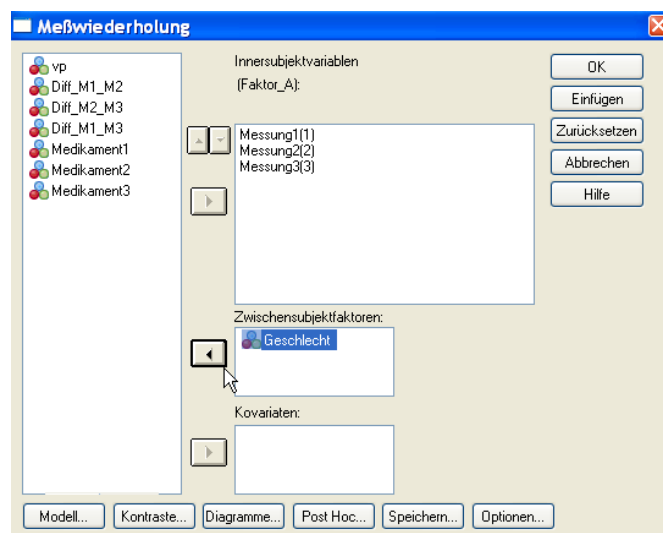
a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

b. Exakte Statistik

## Durchführung einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung auf einem Faktor

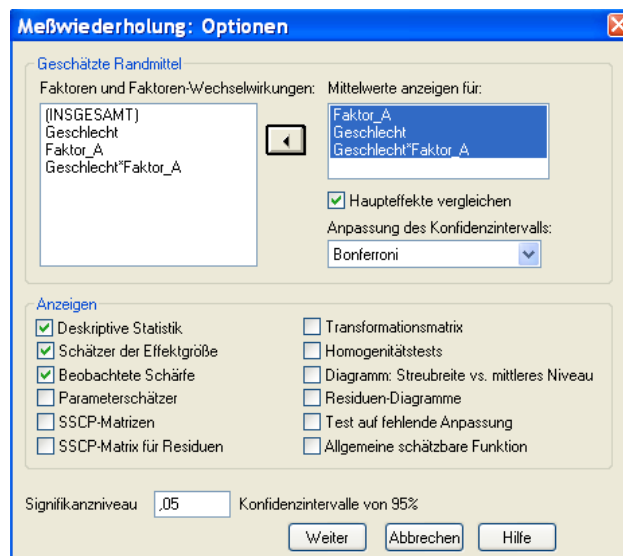
Dieser Abschnitt zeigt die Durchführung der in Kapitel 7.2 behandelten zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung mit SPSS. Als Beispiel dient ebenfalls die Untersuchung, ob die dreimalig wiederholte Durchführung eines motorischen Tests einen Einfluss auf die Leistung der Versuchspersonen hat. Zusätzlich soll hier nun auch der Einfluss des Geschlechts der Versuchspersonen auf die motorische Leistung und eine mögliche Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren untersucht werden

Gehen Sie auf „Analysieren“ → „Allgemeines Lineares Modell“ → „Messwiederholung“. Folgen Sie der obigen Beschreibung und definieren Sie einen messwiederholten Faktor mit drei Stufen. Im nächsten Fenster muss nun zusätzlich der nicht messwiederholte Faktor „Geschlecht“ aufgenommen werden.

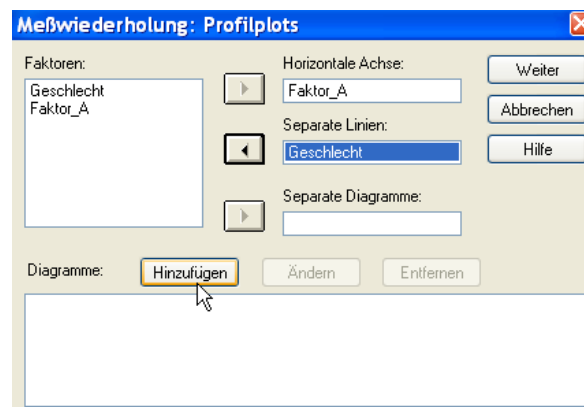


Wählen Sie „Optionen“ und folgen Sie den Anweisungen für die einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung. Leider bietet SPSS keine Möglichkeit, eine Post Hoc Analyse der Wechselwirkung durchzuführen. Trotzdem können Sie den Effekt des Geschlechts und die Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren zusätzlich in das Feld „Mittelwerte anzeigen für“ bewegen.





Kehren Sie mit „Weiter“ auf das vorherige Fenster zurück. Für den Fall, dass der nicht-messwiederholte Faktor mehr als zwei Stufen hat, können Sie unter Post Hoc... ein geeignetes Post Hoc Verfahren für den nicht messwiederholten Faktor auswählen. Im Fall eines zweistufigen Faktors ist das Ergebnis einer Varianzanalyse jedoch eindeutig und ein Post Hoc Test überflüssig. Unter „Diagramme“ können Sie sich die Wechselwirkung der beiden Faktoren grafisch anzeigen lassen.



Klicken Sie auf „Hinzufügen“, dann auf „Weiter“. Starten Sie die Analyse mit OK.

Die erste Tabelle des Outputs gibt die Zuordnung der Variablen zu den Stufen des messwiederholten Faktors an („Innersubjekt faktoren“), die zweite die Unterteilung nach dem nicht messwiederholten Faktor („Zwischensubjekt faktoren“). Die dritte Tabelle zeigt die deskriptiven Statistiken (Mittelwerte, Standardabweichung und Versuchspersonenanzahl) für die Stufen der Faktoren und ihrer Bedingungskombinationen. Der Aufbau dieser Tabelle wurde bereits in den SPSS Ergänzungen zu Kapitel 6 beschrieben.

# SPSS-Ergänzungen

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

### Innersubjektfaktoren

Maß: MASS\_1

Faktor_A	Abhängige Variable
1	Messung1
2	Messung2
3	Messung3

### Zwischensubjektfaktoren

	Wertelabel	N
Geschlecht	1 männlich	18
	2 weiblich	18

### Deskriptive Statistiken

	Geschlecht	Mittelwert	Standardabweichung	N
Messung1	männlich	15,222	4,3053	18
	weiblich	17,889	5,2680	18
	Gesamt	16,556	4,9306	36
Messung2	männlich	16,000	4,5504	18
	weiblich	18,556	5,6488	18
	Gesamt	17,278	5,2187	36
Messung3	männlich	16,833	3,6340	18
	weiblich	19,667	5,4557	18
	Gesamt	18,250	4,7891	36

Die Tabelle mit den multivariaten Tests können Sie in den meisten Fällen ignorieren (siehe oben).

### Multivariate Tests<sup>c</sup>

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Faktor_A	Pillai-Spur	,171	3,402 <sup>b</sup>	2,000	33,000	,045	,171	6,804	,600
	Wilks-Lambda	,829	3,402 <sup>b</sup>	2,000	33,000	,045	,171	6,804	,600
	Hotelling-Spur	,206	3,402 <sup>b</sup>	2,000	33,000	,045	,171	6,804	,600
	Größe charakteristische Wurzel nach Roy	,206	3,402 <sup>b</sup>	2,000	33,000	,045	,171	6,804	,600
Faktor_A* Geschlecht	Pillai-Spur	,002	,032 <sup>b</sup>	2,000	33,000	,968	,002	,065	,054
	Wilks-Lambda	,998	,032 <sup>b</sup>	2,000	33,000	,968	,002	,065	,054
	Hotelling-Spur	,002	,032 <sup>b</sup>	2,000	33,000	,968	,002	,065	,054
	Größe charakteristische Wurzel nach Roy	,002	,032 <sup>b</sup>	2,000	33,000	,968	,002	,065	,054

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

b. Exakte Statistik

c.

Design: Intercept\*Geschlecht  
Innersubjekt-Design: Faktor\_A

Der Mauchly-Test für Sphärizität zeigt ein ähnliches Ergebnis wie im Fall der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung. Der Test prüft nur den Faktor A auf eine mögliche Verletzung der Sphärizität, da die Annahme der Sphärizität nur bei der Messwiederholung eine Rolle spielt.

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

# SPSS-Ergänzungen

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

### Mauchly-Test auf Sphärität<sup>b</sup>

Maß: MASS\_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximierte s Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon <sup>a</sup>		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Faktor_A	,904	3,330	2	,189	,912	,990	,500

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

- a. Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.
- b.

Design: Intercept+Geschlecht  
Innersubjekt-Design: Faktor\_A

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse für alle Arten von Effekten, in denen ein messwiederholter Faktor mit eingeht. Dies gilt natürlich für den Haupteffekt des messwiederholten Faktors A, aber auch für die Wechselwirkung zwischen dem Faktor A und dem nicht messwiederholten Faktor „Geschlecht“.

### Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS\_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Faktor_A	Sphärität angenommen	52,056	2	26,028	3,419	,038	,091	6,839	,624
	Greenhouse-Geisser	52,056	1,825	28,526	3,419	,043	,091	6,240	,596
	Huynh-Feldt	52,056	1,980	26,296	3,419	,039	,091	6,769	,621
	Untergrenze	52,056	1,000	52,056	3,419	,073	,091	3,419	,435
Faktor_A * Geschlecht	Sphärität angenommen	,352	2	,176	,023	,977	,001	,046	,053
	Greenhouse-Geisser	,352	1,825	,193	,023	,970	,001	,042	,053
	Huynh-Feldt	,352	1,980	,178	,023	,976	,001	,046	,053
	Untergrenze	,352	1,000	,352	,023	,880	,001	,023	,053
Fehler(Faktor_A)	Sphärität angenommen	517,593	68	7,612					
	Greenhouse-Geisser	517,593	62,044	8,342					
	Huynh-Feldt	517,593	67,306	7,690					
	Untergrenze	517,593	34,000	15,223					

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

Wie schon im Fall der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt sich für den Faktor A (dreimalige Wiederholung des motorischen Tests) ein signifikantes Ergebnis. Dies gilt selbst für mit „Greenhouse-Geisser“ bezeichnete Korrektur der Freiheitsgrade. Die Wechselwirkung zwischen dem Faktor A und Geschlecht ist dagegen nicht signifikant. Ob es in diesem Fall möglich ist, einen inhaltlich relevanten Effekt der Wechselwirkung abzulehnen und die Nullhypothese anzunehmen, kann erst eine a posteriori Powerberechnung zeigen (siehe GPower Ergänzungen zu diesem Kapitel). Wie bereits in den SPSS Ergänzungen zu Kapitel 6 diskutiert, erlaubt der von SPSS angegebene Wert der „Beobachteten Schärfe“ keine Aussage, ob die Nullhypothese mit ausreichender Sicherheit angenommen werden kann, oder nicht.

Die nächste Tabelle beschäftigt sich mit Kontrasten, also Einzelvergleichen zwischen den Stufen des messwiederholten Faktors. Diese können Sie für den Moment ignorieren.

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

## SPSS-Ergänzungen

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

### Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS\_1

Quelle	Faktor_A	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Faktor_A	Linear	51,681	1	51,681	6,045	,019	,151	6,045	,666
	Quadratisch	,375	1	,375	,056	,814	,002	,056	,056
Faktor_A* Geschlecht	Linear	,125	1	,125	,015	,904	,000	,015	,052
	Quadratisch	,227	1	,227	,034	,855	,001	,034	,054
Fehler(Faktor_A)	Linear	290,694	34	8,550					
	Quadratisch	226,898	34	6,673					

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

Die folgende Tabelle beinhaltet die Testung des nicht messwiederholten Haupteffekts „Geschlecht“. Hier zeigt sich zwar kein signifikantes Ergebnis, aber ein statistischer Trend ( $p < 0,1$ , „marginal signifikant“). Dies ist einer der wenigen Fälle, in dem die Angabe der „Beobachteten Schärfe“ eine sinnvolle Aussage erlauben könnte, da der aus den Daten geschätzte Effekt hier möglicherweise eine inhaltlich relevante Größe erreicht. Die Wahrscheinlichkeit, einen empirischen Effekt der Größe  $\eta^2 = 0,093$  für den Faktor Geschlecht mit 36 Versuchspersonen zu finden, betrug nur 44,3%. Die Teststärke, einen Effekt dieser Größe mit dieser Untersuchung zu finden, falls er existiert, war also relativ klein. Die Nullhypothese kann nicht angenommen werden.

### Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS\_1

Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Konstanter Term	32552,083	1	32552,083	584,282	,000	,945	584,282	1,000
Geschlecht	194,676	1	194,676	3,494	,070	,093	3,494	,443
Fehler	1894,241	34	55,713					

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

Die anschließenden Tabellen zeigen die geschätzten Mittelwerte für den Haupteffekt des messwiederholten Faktors A und den aus dem vorangegangenen Abschnitt zur einfaktoriellen Varianzanalyse bekannten Post Hoc Test mit Bonferroni Korrektur. Darauf folgt dasselbe für den zweistufigen, nicht-messwiederholten Faktor „Geschlecht“, obwohl hier natürlich ein Post Hoc Vergleich keine zusätzlichen Informationen beinhaltet. Schließlich finden Sie die geschätzten Werte für die Wechselwirkung und deren grafische Darstellung.

# SPSS-Ergänzungen

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

## 1. Faktor\_A

### Schätzungen

Maß: MASS\_1

Faktor_A	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
1	16,556	,802	14,926	18,185
2	17,278	,855	15,541	19,015
3	18,250	,773	16,680	19,820

### Paarweise Vergleiche

Maß: MASS\_1

(I) Faktor_A	(J) Faktor_A	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz <sup>a</sup>	95% Konfidenzintervall für die Differenz <sup>a</sup>	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	-,722	,708	,944	-2,505	1,060
	3	-1,694	,689	,058	-3,430	,041
2	1	,722	,708	,944	-1,060	2,505
	3	-,972	,541	,244	-2,335	,390
3	1	1,694	,689	,058	-,041	3,430
	2	,972	,541	,244	-,390	2,335

Basiert auf den geschätzten Randmitteln

a. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

### Multivariate Tests

	Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Pillai-Spur	,171	3,402 <sup>b</sup>	2,000	33,000	,045	,171	6,804	,600
Wilks-Lambda	,829	3,402 <sup>b</sup>	2,000	33,000	,045	,171	6,804	,600
Hotelling-Spur	,206	3,402 <sup>b</sup>	2,000	33,000	,045	,171	6,804	,600
Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,206	3,402 <sup>b</sup>	2,000	33,000	,045	,171	6,804	,600

Jedes F prüft den multivariaten Effekt von Faktor\_A. Diese Tests basieren auf den linear unabhängigen, paarweisen Vergleichen bei den geschätzten Randmitteln.

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

b. Exakte Statistik

## 2. Geschlecht

### Schätzungen

Maß: MASS\_1

Geschlecht	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
männlich	16,019	1,016	13,954	18,083
weiblich	18,704	1,016	16,639	20,768

### Paarweise Vergleiche

Maß: MASS\_1

(I) Geschlecht	(J) Geschlecht	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz <sup>a</sup>	95% Konfidenzintervall für die Differenz <sup>a</sup>	
					Untergrenze	Obergrenze
männlich	weiblich	-2,685	1,436	,070	-5,604	,234
weiblich	männlich	2,685	1,436	,070	-,234	5,604

Basiert auf den geschätzten Randmitteln

a. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

### Tests auf Univariate

Maß: MASS\_1

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Kontrast	64,892	1	64,892	3,494	,070	,093	3,494	,443
Fehler	631,414	34	18,571					

Jedes F prüft die einfachen Effekte von Geschlecht innerhalb jeder Kombination von Niveaus der anderen angezeigten Effekte.

Diese Tests basieren auf den linear unabhängigen, paarweisen Vergleichen bei den geschätzten Randmitteln.

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

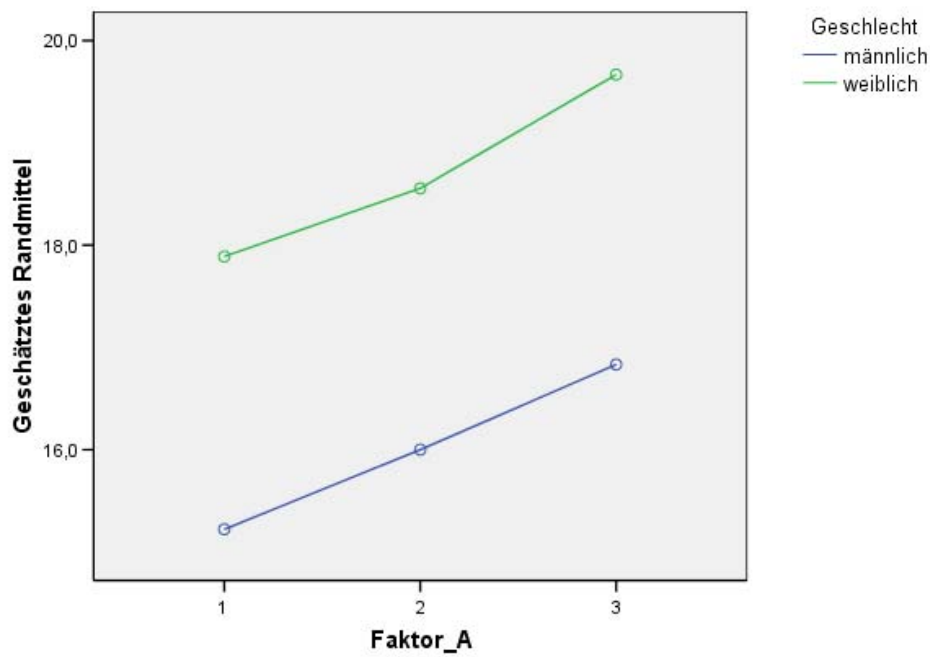
3. Geschlecht \* Faktor\_A

Maß: MASS\_1

Geschlecht	Faktor_A	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
männlich	1	15,222	1,134	12,918	17,527
	2	16,000	1,209	13,543	18,457
	3	16,833	1,093	14,613	19,054
weiblich	1	17,889	1,134	15,584	20,193
	2	18,556	1,209	16,099	21,012
	3	19,667	1,093	17,446	21,887

Profildigramm

Geschätztes Randmittel von MEASURE\_1



## Durchführung einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung auf beiden Faktoren

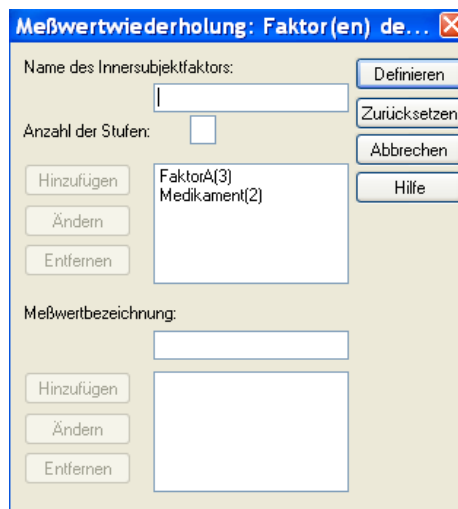
Zum Abschluss beschreiben wir hier die Durchführung der in Kapitel 7.3 behandelten zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung auf beiden Faktoren mit SPSS. Als Beispiel dient ebenfalls die Untersuchung, ob die dreimalig wiederholte Durchführung eines motorischen Tests einen Einfluss auf die Leistung der Versuchspersonen hat. Ein Forscher möchte zusätzlich testen, ob ein bestimmtes Medikament die Leistung der Versuchspersonen in dem motorischen Test verändert. Er lässt deshalb die Versuchspersonen den motorischen Test dreimal unter dem Einfluss des Medikaments ausführen, und an einem anderen Tag gibt er denselben Versuchspersonen ein Placebo. In diesem Design ist also nicht nur der Faktor „Testwiederholung“ messwiederholt, sondern auch der Faktor „Medikament“ (Medikament vs. Placebo).

Jede Versuchsperson gibt in dieser Studie insgesamt sechs Messwerte ab, drei unter dem Medikament, und drei unter Placebo. Da in SPSS alle Daten einer Versuchsperson in einer Zeile stehen müssen, erhalten wir insgesamt sechs Variablen. In dem Beispieldatensatz stehen die Werte für die drei Messungen in der Placebobedingung in den bereits bekannten Variablen „Messung1“, „Messung2“ und „Messung3“, die Werte unter dem Einfluss des Medikaments finden sich in den Variablen „Medikament1“, „Medikament2“ und „Medikament3“.

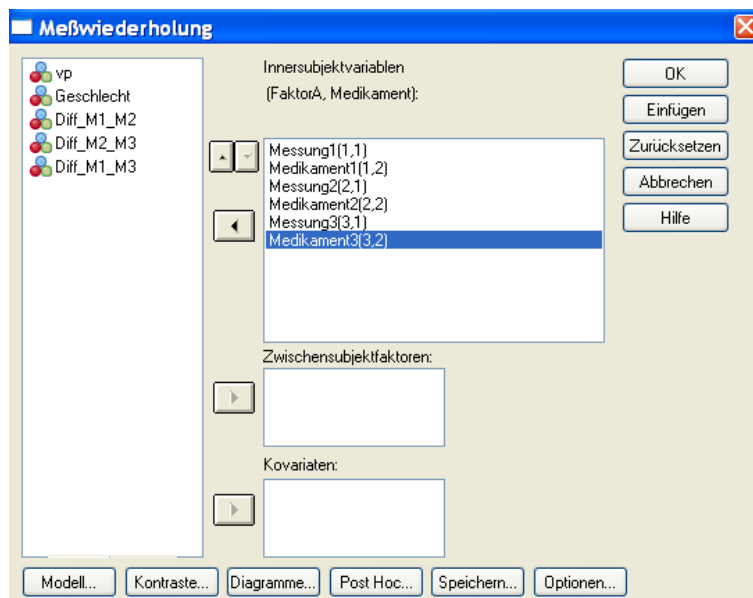
	vp	Geschlecht	Messung1	Messung2	Messung3	Diff_M1_M2	Diff_M2_M3	Diff_M1_M3	Medikament1	Medikament2	Medikament3
1	1,0	2	16,0	16,0	18,0	,00	-2,00	-2,00	15,0	16,0	15,0
2	2,0	2	7,0	6,0	6,0	1,00	,00	1,00	5,0	8,0	8,0
3	3,0	2	20,0	21,0	21,0	-1,00	,00	-1,00	17,0	20,0	25,0
4	4,0	2	28,0	29,0	29,0	-1,00	,00	-1,00	31,0	32,0	34,0
5	5,0	2	18,0	20,0	21,0	-2,00	-1,00	-3,00	21,0	21,0	21,0
6	6,0	2	14,0	16,0	15,0	-2,00	1,00	-1,00	18,0	18,0	18,0
7	7,0	2	18,0	24,0	26,0	-6,00	-2,00	-8,00	16,0	17,0	16,0
8	8,0	1	11,0	17,0	15,0	-6,00	2,00	-4,00	16,0	15,0	18,0
9	9,0	1	15,0	11,0	19,0	4,00	-8,00	-4,00	12,0	10,0	12,0
10	10,0	2	22,0	18,0	20,0	4,00	-2,00	2,00	16,0	17,0	17,0
11	11,0	1	18,0	27,0	17,0	-9,00	10,00	1,00	12,0	16,0	15,0
12	12,0	2	20,0	20,0	20,0	,00	,00	,00	18,0	19,0	15,0
13	13,0	1	16,0	14,0	15,0	2,00	-1,00	1,00	11,0	14,0	18,0
14	14,0	1	17,0	16,0	13,0	1,00	3,00	4,00	10,0	11,0	5,0
15	15,0	1	11,0	5,0	7,0	6,00	-2,00	4,00	10,0	12,0	12,0
16	16,0	1	16,0	16,0	22,0	,00	-6,00	-6,00	19,0	20,0	21,0
17	17,0	1	17,0	16,0	19,0	1,00	-3,00	-2,00	14,0	15,0	16,0
18	18,0	1	20,0	18,0	21,0	2,00	-3,00	-1,00	12,0	21,0	19,0
19	19,0	1	14,0	14,0	19,0	,00	-5,00	-5,00	14,0	13,0	22,0
20	20,0	1	16,0	18,0	16,0	-2,00	2,00	,00	19,0	18,0	20,0
21	21,0	1	23,0	22,0	22,0	1,00	,00	1,00	17,0	19,0	20,0

Für die Durchführung einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung auf beiden Faktoren gehen Sie auf „Analysieren“ → „Allgemeines Lineares Modell“ → „Messwiederholung“. Hier tragen Sie nun wie in den vorherigen Abschnitten den Faktor A mit drei Stufen ein. Er bezieht sich wiederum allein auf die dreifach wiederholte Messung der motorischen Testleistung. Zusätzlich geben Sie den Faktor „Medikament“ mit zwei Stufen an.





Gehen Sie auf „Definieren“. Bewegen Sie die einzelnen Variablen von dem linken Feld in das Feld „Innersubjektvariablen“. Vorsicht! Hier müssen ganz besonders auf die richtige Zuordnung der Variablen zu den Bedingungen achten. Unter dem Wort „Innersubjektvariablen“ gibt SPSS an, in welcher Reihenfolge die Faktoren definiert sind: Zunächst der Faktor A, dann der Faktor Medikament. In dem Zuordnungsfeld finden Sie ebenfalls eine Klammer. Die dort abgetragenen Zahlen geben die Stufen der entsprechenden Faktoren an. Die erste Variable bezieht sich auf Stufe 1 des Faktors A, und Stufe 1 des Faktors „Medikament“. Hier können wir zum Beispiel die erste Messung unter Placebo („Messung1“) eingeben. Darauf folgt die Stufe 1 des Faktors A, und Stufe zwei des Faktors „Medikament“. Hier muss nun die erste Messung unter dem Medikament („Medikament1“) eingetragen werden. Wenn Sie dieser Logik folgen, sollten Sie folgendes Bild erhalten:

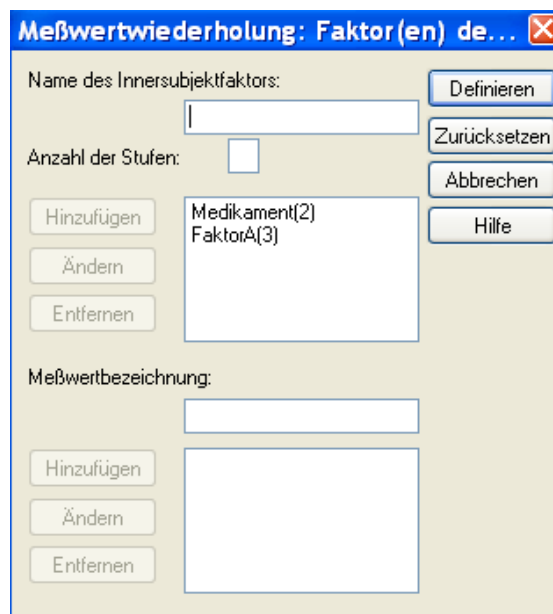


Es wäre genau so denkbar gewesen, als Stufe 1 des Faktors „Medikament“ die Medikamentenbedingung zu wählen, und als Stufe zwei Placebo. Die Zuordnungen müssten dann entsprechend geändert werden.

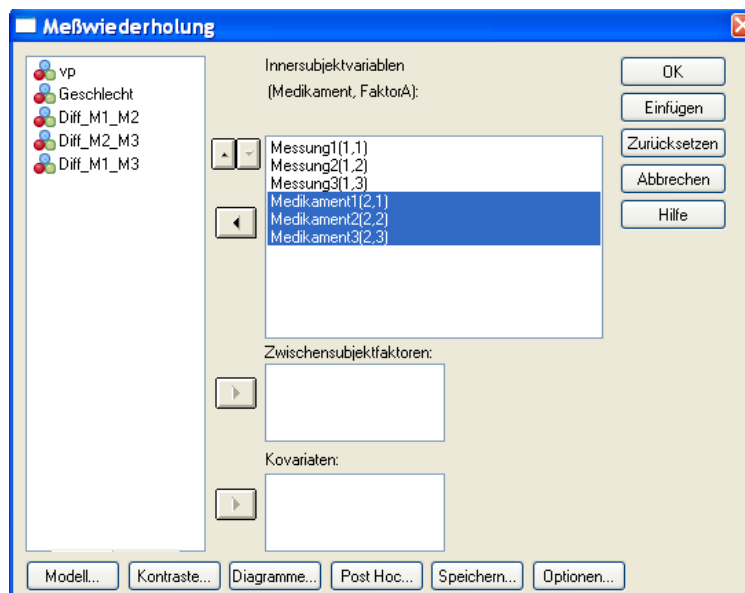
## SPSS-Ergänzungen

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

Durch die Wahl der Reihenfolge der Faktoren im vorangegangenen Eingabefenster haben Sie die Möglichkeit, die Anordnung der Faktoren zu variieren. Dies ist vor allem dann nützlich, wenn mehrere Faktoren zugeordnet werden müssen, die Sie gerne mit Hilfe der „Strg“ Taste gemeinsam auswählen und in das Zuordnungsfeld bewegen möchten. In dem Beispiel würden Sie eine umgekehrte Faktorenreihenfolge erreichen, wenn Sie zuerst den Faktor Medikament, und anschließend den FaktorA eingeben würden.

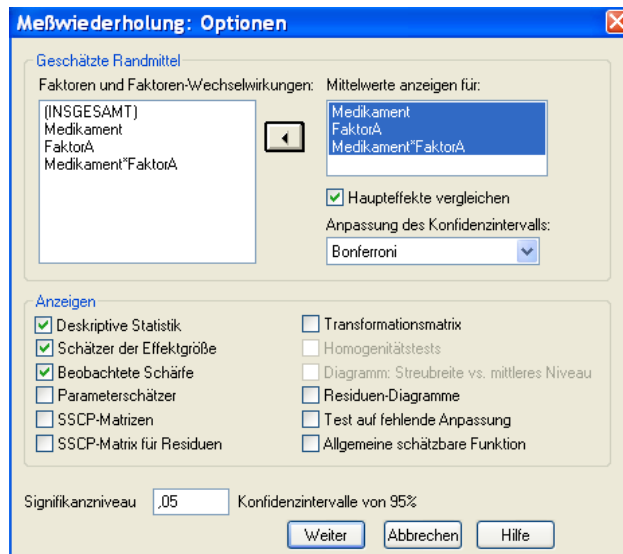


Daraus ergibt sich folgende Zuordnung:

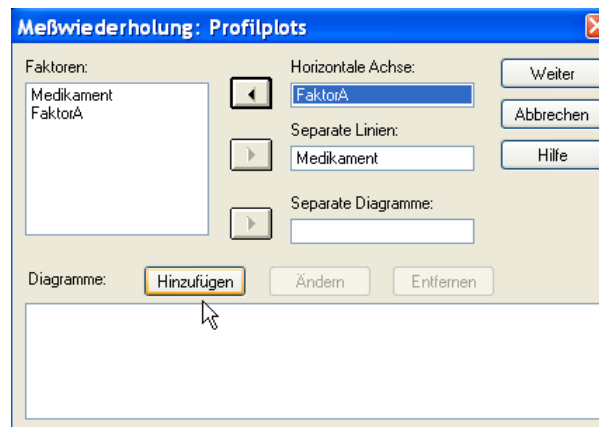


Aktivieren Sie nun unter „Optionen“ die Felder „Deskriptive Statistik“, „Schätzer der Effektgröße“ und „Beobachtete Schärfe“. Bewegen Sie die Faktoren und die Wechselwirkung in das Feld „Mittelwerte anzeigen für“, aktivieren Sie „Haupteffekte vergleichen“ und stellen Sie die Anpassung des Konfidenzintervalls auf „Bonferroni“.

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



Zurück im ursprünglichen Fenster können Sie sich noch die Wechselwirkung der Faktoren grafisch anzeigen lassen, in dem Sie „Diagramme“ anklicken und wie folgt definieren:



Gehen Sie auf „Hinzufügen“, „Weiter“ und „OK“. Sie erhalten folgenden Output, den wir im Einzelnen durchgehen werden:

**Innersubjektfaktoren**

Maß: MASS\_1

Medikament	FaktorA	Abhängige Variable
1	1	Messung1
	2	Messung2
	3	Messung3
2	1	Medikament 1
	2	Medikament 2
	3	Medikament 3

Die erste Tabelle zeigt die Zuordnung der Variablen zu den experimentellen Bedingungen. Die Stufe 1 des Faktors „Medikament“ enthält die drei Messungen in der Placebo Bedingung, der Faktor 2 die Messungen in der Medikamenten Bedingung. Die Stufen des Faktors A entsprechen

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

## SPSS-Ergänzungen

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

den Messzeitpunkten 1, 2 und 3 der wiederholten Durchführung des motorischen Tests. Diese Tabelle ist wichtig, da der SPSS Output im weiteren Verlauf nur die Indices der Stufen der Faktoren angibt. Die Zuordnung können Sie anhand dieser Tabelle überprüfen und dort immer wieder nachschauen.

**Deskriptive Statistiken**

	Mittelwert	Standardabweichung	N
Messung1	16,556	4,9306	36
Messung2	17,278	5,2187	36
Messung3	18,250	4,7891	36
Medikament1	14,750	5,3204	36
Medikament2	16,444	5,1406	36
Medikament3	16,917	5,5825	36

Diese Tabelle zeigt die deskriptiven Statistiken der einzelnen Variablen. Die nächste Tabelle zeigt die Ergebnisse der multivariaten Auswertung der Varianzanalyse, die keine Annahmen über Sphärizität macht. Obwohl wir diese Tabelle vorerst ignorieren, sei darauf hingewiesen, dass sich mit dieser Auswertungsmethode ein signifikantes Ergebnis für den Faktor „Medikament“ ( $p = 0,034$ ) und den FaktorA ( $p < 0,001$ ) ergibt. Die Wechselwirkung ist dagegen nicht signifikant.

**Multivariate Tests<sup>c</sup>**

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Medikament	Pillai-Spur	,121	4,806 <sup>b</sup>	1,000	35,000	,035	,121	4,806	,568
	Wilks-Lambda	,879	4,806 <sup>b</sup>	1,000	35,000	,035	,121	4,806	,568
	Hotelling-Spur	,137	4,806 <sup>b</sup>	1,000	35,000	,035	,121	4,806	,568
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,137	4,806 <sup>b</sup>	1,000	35,000	,035	,121	4,806	,568
FaktorA	Pillai-Spur	,372	10,085 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,000	,372	20,170	,977
	Wilks-Lambda	,628	10,085 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,000	,372	20,170	,977
	Hotelling-Spur	,593	10,085 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,000	,372	20,170	,977
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,593	10,085 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,000	,372	20,170	,977
Medikament * FaktorA	Pillai-Spur	,039	,687 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,510	,039	1,374	,156
	Wilks-Lambda	,961	,687 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,510	,039	1,374	,156
	Hotelling-Spur	,040	,687 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,510	,039	1,374	,156
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,040	,687 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,510	,039	1,374	,156

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

b. Exakte Statistik

c.

Design: Intercept

Innersubjekt-Design: Medikament+FaktorA+Medikament\*FaktorA

# SPSS-Ergänzungen

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

## Mauchly-Test auf Sphärizität<sup>b</sup>

Maß: MASS\_1

Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Signifikanz	Epsilon <sup>a</sup>		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Medikament	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000
FaktorA	,950	1,751	2	,417	,952	1,000	,500
Medikament * FaktorA	,944	1,964	2	,374	,947	,999	,500

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

a. Kann zum Korrigieren der Freiheitsgrade für die gemittelten Signifikanztests verwendet werden. In der Tabelle mit den Tests der Effekte innerhalb der Subjekte werden korrigierte Tests angezeigt.

b.

Design: Intercept

Innersubjekt-Design: Medikament+FaktorA+Medikament\*FaktorA

Der Mauchly-Test auf Sphärizität liefert kein Ergebnis für den messwiederholten Faktor „Medikament“, da dieser Faktor nur zwei Stufen hat und in diesem Fall die Sphärizitätsannahme nie verletzt sein kann. Für den FaktorA und die Wechselwirkung zeigt der Test kein signifikantes Ergebnis an. Dies spricht (unter aller Vorsicht) eher dafür, dass die Sphärizitätsannahme sowohl für den FaktorA als auch für die Wechselwirkung zutrifft.

Die folgende Tabelle liefert die für uns zentralen Ergebnisse der messwiederholten Varianzanalyse.

## Tests der Innersubjekteffekte

Maß: MASS\_1

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Medikament	Sphärizität angenommen	94,671	1	94,671	4,806	,035	,121	4,806	,568
	Greenhouse-Geisser	94,671	1,000	94,671	4,806	,035	,121	4,806	,568
	Huynh-Feldt	94,671	1,000	94,671	4,806	,035	,121	4,806	,568
	Untergrenze	94,671	1,000	94,671	4,806	,035	,121	4,806	,568
Fehler(Medikament)	Sphärizität angenommen	689,495	35	19,700					
	Greenhouse-Geisser	689,495	35,000	19,700					
	Huynh-Feldt	689,495	35,000	19,700					
	Untergrenze	689,495	35,000	19,700					
FaktorA	Sphärizität angenommen	137,009	2	68,505	11,565	,000	,248	23,129	,992
	Greenhouse-Geisser	137,009	1,904	71,943	11,565	,000	,248	22,024	,990
	Huynh-Feldt	137,009	2,000	68,505	11,565	,000	,248	23,129	,992
	Untergrenze	137,009	1,000	137,009	11,565	,002	,248	11,565	,911
Fehler(FaktorA)	Sphärizität angenommen	414,657	70	5,924					
	Greenhouse-Geisser	414,657	66,654	6,221					
	Huynh-Feldt	414,657	70,000	5,924					
	Untergrenze	414,657	35,000	11,847					
Medikament * FaktorA	Sphärizität angenommen	8,509	2	4,255	,723	,489	,020	1,446	,168
	Greenhouse-Geisser	8,509	1,894	4,493	,723	,482	,020	1,369	,164
	Huynh-Feldt	8,509	1,999	4,257	,723	,489	,020	1,445	,168
	Untergrenze	8,509	1,000	8,509	,723	,401	,020	,723	,131
Fehler(Medikament* FaktorA)	Sphärizität angenommen	411,824	70	5,883					
	Greenhouse-Geisser	411,824	66,279	6,213					
	Huynh-Feldt	411,824	69,958	5,887					
	Untergrenze	411,824	35,000	11,766					

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

Die unterschiedlichen Verfahren liefern für den Faktor „Medikament“ alle dasselbe Ergebnis: Es gibt einen signifikanten Unterschied in der motorischen Leistung zwischen der Medikamentbedingung und der Placebobedingung ( $p < 0,05$ ). Da der Faktor nur zwei Stufen hat, kann die Sphärizität nicht verletzt sein, insofern ist auch keine Korrektur der Freiheitsgrade möglich. Und weil die Annahme der Sphärizität bei zwei Stufen keine Rolle spielt, entspricht das Ergebnis auch dem p-Wert aus der multivariaten Analyse (siehe oben).

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

## SPSS-Ergänzungen

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

Neben dem Haupteffekt „Medikament“ zeigt sich auch ein signifikanter Haupteffekt der wiederholten Durchführung des motorischen Tests. Selbst das konservativste Korrekturverfahren gibt einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den Messungen an ( $p = 0,002$ ). Der empirische Effekt  $\eta_p^2 = 0,248$  erscheint wesentlich größer als der Effekt für den Faktor „Medikament“ ( $\eta_p^2 = 0,121$ ). Die Wechselwirkung ist dagegen nicht signifikant ( $p > 0,10$ ).

Bitte beachten Sie in der Tabelle die drei unterschiedlichen Residualvarianzen bzw. Fehlervarianzen, die zur Berechnung der einzelnen F-Werte verwendet werden. Diese beziehen sich auch auf die Freiheitsgrade. Genauere Erläuterungen und Informationen zur Berechnung dieser Freiheitsgrade finden Sie in Kapitel 7.3.

Die nächsten beiden Tabellen können Sie vorerst ignorieren. Erläuterungen zu Kontrasten werden Sie in einer zukünftigen Version dieser Erläuterungen finden. Die Tabelle zu Zwischensubjekteffekten liefert für unser Beispiel mit lediglich zwei messwiederholten Faktoren keine nützlichen Informationen.

Tests der Innersubjektkontraste

Maß: MASS\_1

Quelle	Medikament	FaktorA	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Medikament	Linear		94,671	1	94,671	4,806	,035	,121	4,806	,568
Fehler(Medikament)	Linear		689,495	35	19,700					
FaktorA		Linear	134,174	1	134,174	19,045	,000	,352	19,045	,989
		Quadratisch	2,836	1	2,836	,590	,447	,017	,590	,116
Fehler(FaktorA)		Linear	246,576	35	7,045					
		Quadratisch	168,081	35	4,802					
Medikament * FaktorA	Linear	Linear	2,007	1	2,007	,297	,589	,008	,297	,083
		Quadratisch	6,502	1	6,502	1,300	,262	,036	1,300	,198
Fehler(Medikament* FaktorA)	Linear	Linear	236,743	35	6,764					
		Quadratisch	175,081	35	5,002					

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

Tests der Zwischensubjekteffekte

Maß: MASS\_1  
Transformierte Variable: Mittel

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Konstanter Term	60233,560	1	60233,560	514,531	,000	,936	514,531	1,000
Fehler	4097,273	35	117,065					

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

Von den nächsten drei Tabellen ist nur die erste Tabelle informativ. Sie zeigt die Schätzungen der Mittelwerte für den Haupteffekt „Medikament“ an. Unabhängig von den dreimal durchgeführten Messung der motorischen Leistungen erreichten die Versuchspersonen in der Placebo Bedingung  $17,31 \pm 0,73$  Sequenzen pro 30 Sekunden, während sie unter dem Einfluss des Medikaments nur  $16,04 \pm 0,85$  Sequenzen richtig eintippten. Die Versuchspersonen waren unter dem Einfluss des Medikaments in dem motorischen Test signifikant langsamer als in der Placebobedingung.

## Geschätzte Randmittel

### 1. Medikament

Schätzungen

Maß: MASS\_1

Medikament	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
1	17,361	,743	15,852	18,870
2	16,037	,845	14,322	17,752

Die zwei folgenden Tabellen sind wenig aussagekräftig, da ein Post Hoc Test bei einem zweistufigen Faktor keine zusätzlichen Informationen liefert.

Paarweise Vergleiche

Maß: MASS\_1

(I) Medikament	(J) Medikament	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz <sup>a</sup>	95% Konfidenzintervall für die Differenz <sup>a</sup>	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	1,324*	,604	,035	,098	2,550
2	1	-1,324*	,604	,035	-2,550	-,098

Basiert auf den geschätzten Randmitteln

\*. Die mittlere Differenz ist auf dem Niveau ,05 signifikant

a. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

Multivariate Tests

	Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Pillai-Spur	,121	4,806 <sup>b</sup>	1,000	35,000	,035	,121	4,806	,568
Wilks-Lambda	,879	4,806 <sup>b</sup>	1,000	35,000	,035	,121	4,806	,568
Hotelling-Spur	,137	4,806 <sup>b</sup>	1,000	35,000	,035	,121	4,806	,568
Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,137	4,806 <sup>b</sup>	1,000	35,000	,035	,121	4,806	,568

Jedes F prüft den multivariaten Effekt von Medikament. Diese Tests basieren auf den linear unabhängigen, paarweisen Vergleichen bei den geschätzten Randmitteln.

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

b. Exakte Statistik

In den anschließenden Tabellen finden Sie Informationen über den Haupteffekt des Faktors A. Unabhängig von dem Faktor „Medikament“ waren die Versuchspersonen in der zweiten und dritten Messung signifikant schneller als in der ersten Messung, während sich die Leistung zwischen der zweiten und dritten Messung nicht unterschied.

# SPSS-Ergänzungen

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

## 2. FaktorA

### Schätzungen

Maß: MASS\_1

FaktorA	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
1	15,653	,789	14,051	17,254
2	16,861	,764	15,309	18,413
3	17,583	,764	16,032	19,135

### Paarweise Vergleiche

Maß: MASS\_1

(I) FaktorA	(J) FaktorA	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz <sup>a</sup>	95% Konfidenzintervall für die Differenz <sup>a</sup>	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	-1,208*	,363	,006	-2,122	-,295
	3	-1,931*	,442	,000	-3,043	-,818
2	1	1,208*	,363	,006	,295	2,122
	3	-,722	,407	,255	-1,747	,302
3	1	1,931*	,442	,000	,818	3,043
	2	,722	,407	,255	-,302	1,747

Basiert auf den geschätzten Randmitteln

\*. Die mittlere Differenz ist auf dem Niveau ,05 signifikant

a. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

### Multivariate Tests

	Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat	Nichtzentralitäts-Parameter	Beobachtete Schärfe <sup>a</sup>
Pillai-Spur	,372	10,085 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,000	,372	20,170	,977
Wilks-Lambda	,628	10,085 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,000	,372	20,170	,977
Hotelling-Spur	,593	10,085 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,000	,372	20,170	,977
Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,593	10,085 <sup>b</sup>	2,000	34,000	,000	,372	20,170	,977

Jedes F prüft den multivariaten Effekt von FaktorA. Diese Tests basieren auf den linear unabhängigen, paarweisen Vergleichen bei den geschätzten Randmitteln.

a. Unter Verwendung von Alpha = ,05 berechnet

b. Exakte Statistik

Abschließend erhalten Sie die geschätzten Mittelwerte und das Diagramm der Wechselwirkung, die allerdings in diesem Beispiel nicht signifikant wird. Die beiden untersuchten Faktoren interagieren also nicht signifikant miteinander. Die für die Haupteffekte berechneten Post Hoc Analysen gibt SPSS für die Wechselwirkung leider nicht aus. Eine a posteriori Berechnung der Teststärke für diese Wechselwirkung finden Sie in den GPower Ergänzungen zu diesem Kapitel.



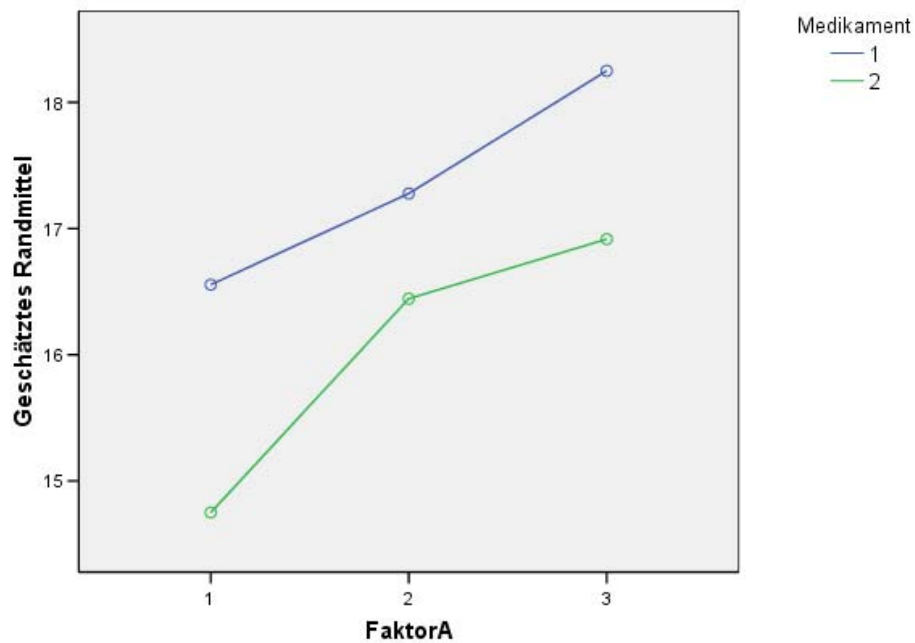
**3. Medikament \* FaktorA**

Maß: MASS\_1

Medikament	FaktorA	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
1	1	16,556	,822	14,887	18,224
	2	17,278	,870	15,512	19,044
	3	18,250	,798	16,630	19,870
2	1	14,750	,887	12,950	16,550
	2	16,444	,857	14,705	18,184
	3	16,917	,930	15,028	18,806

**Profildiagramm**

**Geschätztes Randmittel von MEASURE\_1**



## Literatur

Bortz, J. (2005). *Statistik für Sozialwissenschaftlicher* (6. Aufl.). Heidelberg: Springer.