

## Kapitel 3: Der *t*-Test

Durchführung eines <i>t</i> -Tests für unabhängige Stichproben	1
Durchführung eines <i>t</i> -Tests für abhängige Stichproben	4
Durchführung eines <i>t</i> -Tests für eine Stichprobe	6
Vertiefung: Vergleich <i>t</i> -Test für unabhängige und abhängige Stichproben in SPSS	8

### Durchführung eines *t*-Tests für unabhängige Stichproben

Dieser Abschnitt zeigt die Durchführung des in Kapitel 3.1 vorgestellten *t*-Tests für unabhängige Stichproben mit SPSS. Das Beispiel beschäftigte sich mit der Frage, wie der Unterschied zwischen den Verarbeitungsbedingungen „strukturell“ und „bildhaft“ in der Erinnerungsleistung zu Stande gekommen ist. Handelt es sich vermutlich um einen zufälligen Unterschied, oder gibt es Grund zu der Annahme, dass sich die beiden Gruppen systematisch unterscheiden?

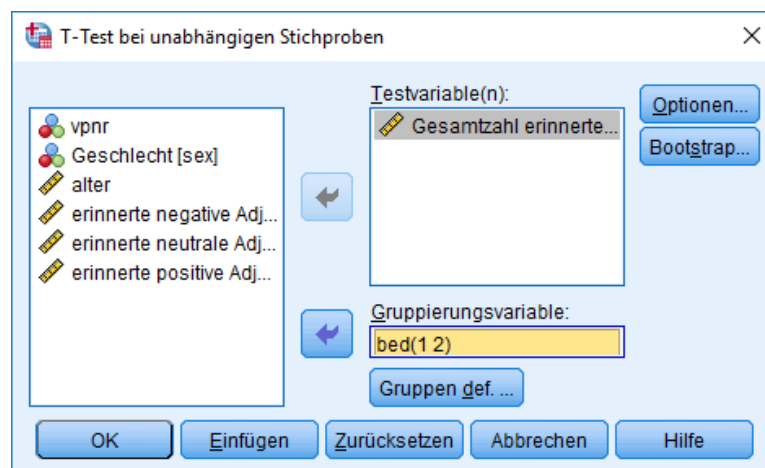
Gehen Sie in SPSS zu „Analysieren“ → „Mittelwerte vergleichen“ → „*t*-Test bei unabhängigen Stichproben...“. Dort können Sie auswählen, für welche Variable(n) SPSS einen *t*-Test durchführen soll („Gesamtzahl erinnerter Adjektive“). Sie können eine oder mehrere abhängige Variablen eingeben. Im letzteren Fall rechnet SPSS mehrere *t*-Tests simultan. Außerdem müssen Sie spezifizieren, welche beiden Gruppen das Verfahren miteinander vergleichen soll. Dazu bewegen Sie die Variable „Verarbeitungsbedingung“ in das Feld „Gruppierungsvariable“.

Das Experiment beinhaltete insgesamt drei unterschiedliche Verarbeitungsbedingungen. Mit den bislang vorgenommenen Angaben weiß SPSS noch nicht, zwischen welchen Gruppen es den Unterschied auf Signifikanz testen soll. Daher müssen die beiden betreffenden Gruppen definiert werden. 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 „Wertebeschriftungen“ 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. Folglich bilden diese beiden Zahlen die erforderliche Definition der beiden Gruppen in dem angestrebten *t*-Test. Das vollständige Befehlsfenster sieht aus wie folgt:

<https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zusatztexte-mit-anleitungen-zu-spss-r-und-gpower-sowie-datensätze>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

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



Nach Drücken auf OK erhalten Sie diesen Output:

**Gruppenstatistiken**

	Verarbeitungsbedingung	N	Mittelwert	Std.- Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Gesamtzahl erinnertes Adjektive	strukturell	50	7,20	3,162	,447
	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 zum ersten Teil, den Gruppenstatistiken. Hier sehen Sie die Anzahl Versuchspersonen in jeder der beiden beteiligten Gruppen, die jeweiligen Mittelwerte, Standardabweichungen und Standardfehler des Mittelwertes. Alle diese Konzepte sollten Ihnen aus den Kapiteln 1-3 vertraut sein.

Im zweiten Teil sehen Sie die Statistiken für zwei statistische Tests: zum einen der Levene-Test auf Varianzgleichheit, zum anderen der *t*-Test. Der Levene-Test prüft, ob die Varianzen in beiden Gruppen gleich sind. Dies ist eine Voraussetzung für die Durchführung des *t*-Tests. Aus der ersten Tabelle können wir entnehmen, dass sich die Standardabweichungen deskriptiv unterscheiden (Die Varianz ist das Quadrat der Standardabweichung, siehe Kapitel 1.3). Ist dieser Unterschied so groß, dass die Varianzen als nicht homogen gelten müssen? Der Levene-Test nutzt die *F*-Verteilung (siehe Kapitel 5), um diese Frage zu überprüfen. Der *p*-Wert im Feld „Signifikanz“ zeigt ein marginal signifikantes Ergebnis an. Wir müssen also davon ausgehen, dass die Varianzen tendenziell inhomogen sind. Das bedeutet, dass wir bei der Frage der Signifikanz des Ergebnisses besonders auf die Werte in der Zeile „Varianzen sind nicht gleich“ achten werden, denn wenn die Voraussetzung der Varianzhomogenität verletzt ist, korrigiert SPSS auf diese Weise eigenständig für die Verletzung. Einige Autoren empfehlen, auch unabhängig vom Ergebnis des Levene-Tests

<https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zusatztexte-mit-anleitungen-zu-spss-r-und-gpower-sowie-datensätze>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

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

grundsätzlich das  $t$ -Test Ergebnis korrigierter Varianzen zu verwenden, also die Zeile „Varianzen sind nicht gleich“ (Delacre, Lakens, & Leys, 2017). Dieser Empfehlung schließen wir uns an.

Die Resultate für den  $t$ -Test sind also in zwei Versionen ausgegeben: für den Fall der Annahme gleicher Varianzen und für den konträren Fall. In beiden Fällen finden wir natürlich identische Werte für die mittlere Differenz von  $-3,8$ . Die Standardfehler unterscheiden sich nicht auf den ersten drei Nachkommastellen, aber offenbar danach. Das können wir aus den leicht unterschiedlichen Konfidenzintervallen schließen (zur Berechnung von Konfidenzintervallen siehe Kapitel 2.3).

Auch der empirische  $t$ -Wert von  $5,16$  ist in beiden Fällen angenommener gleicher und ungleicher Varianzen identisch. Dieser Wert entspricht dem in Kapitel 3.1 „per Hand“ ermittelten  $t$ -Wert. Pro Gruppe gibt es einen Freiheitsgrad weniger als Versuchspersonen. Im Fall der Annahme ungleicher Varianzen korrigiert SPSS diese Freiheitsgrade nach unten. Auf diese Weise liefert ein  $t$ -Test noch immer zuverlässige Ergebnisse, selbst wenn die Gleichheit der Varianzen nicht gewährleistet sein sollte. Eine Freiheitsgradkorrektur kann die Auftretenswahrscheinlichkeit eines empirischen  $t$ -Werts unter Annahme der Nullhypothese entscheidend beeinflussen. Im vorliegenden Fall macht dies allerdings keinen Unterschied. In beiden Fällen ist das Ergebnis hoch signifikant. Die Interpretation lautet also: Es ist sehr unwahrscheinlich, dass die beiden Mittelwerte der Gruppen „strukturell“ und „bildhaft“ Populationen mit demselben Mittelwert entspringen. Die Nullhypothese wird verworfen und die Alternativhypothese angenommen. Offenbar gibt es einen systematischen Unterschied zwischen den beiden Gruppen, der die Mittelwertdifferenz mit verursacht hat.

Stellen Sie sich vor, die Wahrscheinlichkeit für den empirischen  $t$ -Wert wäre nicht so klein gewesen, sondern läge bei  $p = 0,08$ . In diesem Fall wäre das Ergebnis nach dem konventionellen Kriterium von  $\alpha = 0,05$  nicht signifikant bei der von SPSS durchgeführten zweiseitigen Testung. Da wir aber die Richtung der Differenz zwischen den Gruppen durch eine Theorie vorhergesagt haben (siehe Einleitung zu Band 1), ist eine einseitige Testung legitim. In diesem Fall dürften wir den  $p$ -Wert halbieren. Mit  $p = 0,04$  wäre dieser bei einseitiger Testung signifikant (siehe Kapitel 3.2.3).

Achtung: SPSS gibt exakte Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten des empirischen  $t$ -Werts unter Annahme der Nullhypothese an. Allerdings erfolgen diese Angaben standardmäßig nur auf drei Nachkommastellen. Diese Präzision reicht auch vollkommen aus. Eine Folge ist aber, dass – wie in unserem Fall – auch Darstellungen einer Wahrscheinlichkeit von  $0,000$  erfolgen. Diese Angabe soll nicht ausdrücken, dass die Wahrscheinlichkeit für diesen  $t$ -Wert wirklich Null ist. Sie ist nur sehr, sehr klein. In einer wissenschaftlichen Arbeit finden Sie deshalb für ein solches Ergebnis keine exakte Wahrscheinlichkeitsangabe, sondern  $p < .001$ . Wenn Sie in SPSS auf den Wert  $,000$  klicken, gibt Ihnen das Programm die tatsächliche Wahrscheinlichkeit aus, die nahe Null, aber doch verschieden von Null ist.

<https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zusatztexte-mit-anleitungen-zu-spss-r-und-gpower-sowie-datensätze>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

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

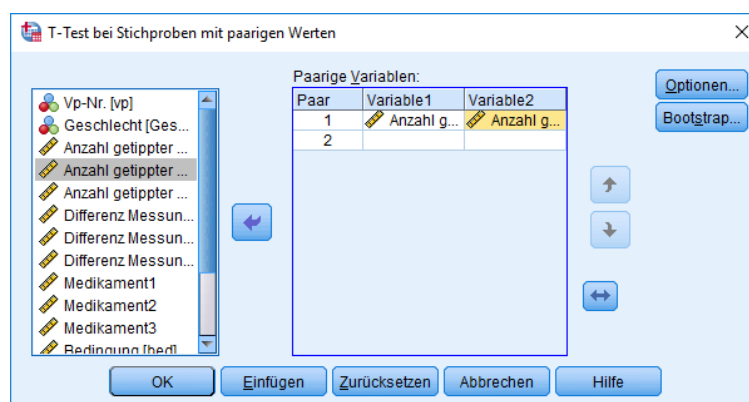
## Durchführung eines *t*-Tests für abhängige Stichproben

Achtung: Für diesen Abschnitt ist die Datei „Messwiederholung.sav“ relevant, die Sie auf der Internetseite zum Download finden.

Der *t*-Test für abhängige Stichproben ist das geeignete statistische Verfahren, wenn Daten aus Untersuchungen mit Messwiederholung analysiert werden sollen. Messwiederholung bedeutet in diesem Fall, dass eine Person zwei Mal Werte auf derselben abhängigen Variable geliefert hat.

In Kapitel 3.5 haben Sie das Beispiel einer motorischen Aufgabe gelesen, die alle Versuchspersonen zwei Mal durchgeführt haben. In der Aufgabe mussten die Versuchspersonen innerhalb von 30 Sekunden möglichst häufig eine kurze Sequenz mit den Fingern tippen. Die Anzahl richtiger Sequenzen innerhalb dieser Zeit bildete die abhängige Variable. Mit dem *t*-Test für abhängige Stichproben lässt sich überprüfen, ob die Versuchspersonen mit der zweiten Durchführung dieser Aufgabe eher besser geworden sind (z.B. durch einen Übungseffekt) oder eher schlechter (z.B. durch Motivationsverlust). Wir wollen nun dieses Beispiel mit SPSS nachvollziehen.

Gehen Sie in SPSS in das Menü „Analysieren“ → „Mittelwerte vergleichen“ → „*t*-Test bei verbundenen Stichproben...“. In dem auftauchenden Fenster fordert SPSS Sie auf, jeweils zwei Variablen auszuwählen, um daraus ein Paar zu bilden. Sobald Sie zwei Variablen angeklickt haben, zeigt SPSS dieses Paar unter „Paarige Variablen“. In unserem Beispiel handelt es sich um die Messungen 1 und 2. In den Optionen können Sie die Größe des Konfidenzintervalls festlegen, dass das Programm um die Differenzen errechnen wird. Das resultierende Fenster für unser Beispiel sieht aus wie folgt:



Es resultiert dieser Output:

**Statistik bei gepaarten Stichproben**

Paaren 1		Mittelwert	N	Std.- Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
1	Anzahl getippter Sequenzen bei Messung 1	16,56	36	4,931	,822
2	Anzahl getippter Sequenzen bei Messung 2	17,28	36	5,219	,870

<https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zusatztexte-mit-anleitungen-zu-spss-r-und-gpower-sowie-datensätze>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

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

## SPSS-Ergänzungen

Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1* (5. Auflage). Heidelberg: Springer.

**Korrelationen bei gepaarten Stichproben**

		N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	Anzahl getippter Sequenzen bei Messung 1 & Anzahl getippter Sequenzen bei Messung 2	36	,661	,000

**Test bei gepaarten Stichproben**

		Mittelwert	Std.- Abweichung	Gepaarte Differenzen		T	df	Sig. (2-seitig)	
				Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
				Untere	Obere				
Paaren 1	Anzahl getippter Sequenzen bei Messung 1 - Anzahl getippter Sequenzen bei Messung 2	-,722	4,186	,698	-2,138	,694	-1,035	35	,308

Im ersten Teil des Outputs können Sie erkennen, wie viele Sequenzen die Versuchspersonen zum ersten bzw. zweiten Messzeitpunkt durchschnittlich geschafft haben. Daraus können Sie bereits eine erste subjektive Einschätzung vornehmen, ob und in welcher Richtung sich die beiden Messzeitpunkte unterscheiden. Dies ist sehr wichtig. Der Signifikanzwert am Ende des Outputs sagt lediglich etwas über die statistische Bedeutsamkeit einer Differenz zwischen zwei Variablen aus. Über die Richtung dieser Differenz enthält er keine Information.

Der zweite Teil des Outputs zeigt die bivariate Korrelation zwischen den beiden Messwertreihen. Die Korrelation ist ein Maß für den Zusammenhang zweier Variablen oder für die Frage, wie ähnlich sich diese Variablen sind. In diesem Fall lässt sich das also in die Frage übersetzen, wie ähnlich die Performanz der Versuchspersonen zu Messzeitpunkt 1 und Messzeitpunkt 2 war. In Kapitel 4 erfahren Sie mehr über das Konzept der Korrelation.

Der letzte Teil des Outputs schließlich liefert Informationen über den durchgeführten statistischen Test. Zunächst erkennen Sie den Wert von  $-0,722$  für die mittlere Differenz zwischen den getesteten Variablen. Dies entspricht dem Betrag, den Sie erhalten, wenn Sie im ersten Teil des Outputs die beiden Mittelwerte voneinander subtrahieren (abgesehen von Rundungen). Zum zweiten Messzeitpunkt haben die Versuchspersonen also etwas häufiger die Sequenz tippen können als zum ersten Messzeitpunkt.

Weiterhin erfahren Sie die Standardabweichung der Differenzen. Im Durchschnitt schaffen die Versuchspersonen zum zweiten Messzeitpunkt fast eine Sequenz mehr innerhalb der 30 Sekunden. Aber dieser Unterschied variiert zwischen den Versuchspersonen, er ist nicht bei allen gleich groß. Die Standardabweichung der Differenzen liefert dafür eine Beschreibung. Schließlich sehen Sie auch den Standardfehler des Mittelwertes der Differenzen sowie das 95% Konfidenzintervall um die mittlere Differenz. Am Konfidenzintervall können Sie bereits erkennen, dass es um Null variiert und positive wie negative Werte einschließt. Dies ist ein weiterer Hinweis darauf, dass die gefundene Differenz vermutlich nicht statistisch signifikant sein wird. In der Tat ist der  $t$ -Wert von  $-1,035$  fern der statistischen Signifikanz. (Abweichungen der statistischen Werte im Vergleich zur Beispielrechnung im Buch sind auf Rundungsfehler zurückzuführen. Das Vorzeichen des  $t$ -Werts

<https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zusatztexte-mit-anleitungen-zu-spss-r-und-gpower-sowie-datensätze>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

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

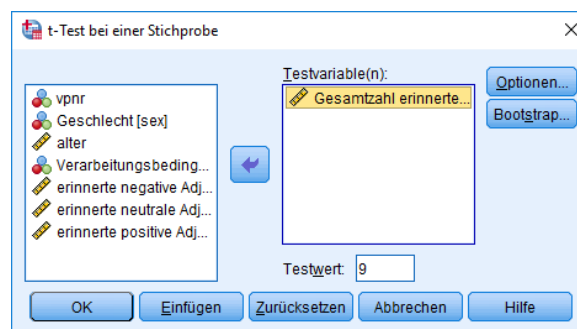
hängt davon ab, ob man den zweiten Messzeitpunkt vom ersten subtrahiert oder umgekehrt. Für die Bewertung der Signifikanz hat das Vorzeichen keine Bedeutung, da die  $t$ -Verteilung symmetrisch ist, siehe Kapitel 3.1)

Beachten Sie schließlich bei den Freiheitsgraden, dass hier – anders als beim  $t$ -Test für unabhängige Stichproben –  $N-1$  Freiheitsgrade zur Verfügung stehen. Da jede Person Werte für beide Testvariablen liefert, können  $N-1$  Differenzen frei variieren. Nur die letzte ist festgelegt. Beim  $t$ -Test für unabhängige Stichproben gilt dieselbe Logik, aber innerhalb jeder der beiden miteinander verglichenen Gruppen. Dies führt beim  $t$ -Test für unabhängige Stichproben zu  $N-2$  Freiheitsgraden (siehe oben sowie Kapitel 3).

### Durchführung eines $t$ -Tests für eine Stichprobe

Mit dem  $t$ -Test für eine Stichprobe lässt sich der Mittelwert einer Variable gegen einen bestimmten Testwert vergleichen. Eine Frage für dieses Verfahren in Verbindung mit dem Gedächtnisexperiment könnte z.B. lauten: Haben die Versuchspersonen im Schnitt signifikant mehr als 9 Adjektive erinnert?

Um einen  $t$ -Test für eine Stichprobe durchzuführen gehen Sie im normalen Beispieldatensatz in das Menü „Analysieren“ → „Mittelwerte vergleichen“ → „ $t$ -Test bei einer Stichprobe...“. Dort klicken Sie die interessierende Variable (in diesem Fall Gesamtzahl erinnertes Adjektive“) in das Feld „Testvariable(n)“ und legen den Testwert fest, gegen den der Mittelwert der Variable getestet werden soll. Wieder können sie in den Optionen die Größe des Konfidenzintervalls festlegen.



SPSS liefert folgenden Output:

**Statistik bei einer Stichprobe**

	N	Mittelwert	Std.- Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Gesamtzahl erinnertes Adjektive	150	10,07	4,368	,357

<https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zusatztexte-mit-anleitungen-zu-spss-r-und-gpower-sowie-datensätze>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

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

**Test bei einer Stichprobe**

	T	df	Sig. (2-seitig)	Testwert = 9	95% Konfidenzintervall der Differenz	
				Mittlere Differenz	Untere	Obere
Gesamtzahl erinnertes Adjektive	3,010	149	,003	1,073	,37	1,78

Im ersten Teil des Outputs erkennen Sie den Mittelwert der Variable sowie dessen Standardabweichung und den Standardfehler des Mittelwertes. Mittelwert und Standardabweichung sollten Ihnen aus Kapitel 1 vertraut vorkommen.

Der zweite Teil zeigt nun, gegen welchen Testwert der obere Mittelwert verglichen wurde und präsentiert den resultierenden *t*-Wert (für dessen Berechnung siehe Kapitel 3.5), die Freiheitsgrade, die mittlere Differenz zwischen Mittelwert und Testwert sowie das Konfidenzintervall der Differenz. Dieses liegt ausschließlich im positiven Bereich, was bedeutet und erstreckt sich von 0,37 bis 1,78. Der *t*-Wert von 3,01 ist hochsignifikant. Die Versuchspersonen haben also signifikant mehr als neun Adjektive erinnert.

<https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zusatztexte-mit-anleitungen-zu-spss-r-und-gpower-sowie-datensätze>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

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

### Vertiefung:

#### Vergleich $t$ -Test für unabhängige und abhängige Stichproben in SPSS

Anmerkungen: Bitte öffnen Sie die Datei „Messwiederholung.sav“. Für die Bearbeitung des folgenden Abschnitts ist ein grundlegendes Verständnis des in Kapitel 4 behandelten Konzeptes Zusammenhang/Korrelation hilfreich.

Ein  $t$ -Test für abhängige Stichproben ist in der Lage, Daten zu analysieren, die nicht unabhängig sind. Das heißt, dass die Daten in irgendeiner Weise miteinander zusammenhängen. Z.B. könnte es sein, dass eine Person, die zu Zeitpunkt 1 bei einer Aufgabe besonders gut abschneidet, auch zu Zeitpunkt 2 erfolgreicher ist als viele andere Versuchsteilnehmer. In diesem Fall sagt also der Testwert von Zeitpunkt 1 auch etwas über den Erfolg an Zeitpunkt 2 aus. Mit anderen Worten: Die Testwertreihen sind korreliert (Kapitel 4).

Mit derselben Logik können Sie die Einstellungsmessung gegenüber zwei politischen Parteien betrachten, sagen wir der SPD und den Grünen. Wenn eine Person Fragen zu beiden Parteien beantwortet, kann es gut sein, dass die Antworten zu beiden Fragen von derselben Eigenschaft „politische Einstellung“ einer Person geprägt werden. Bei unabhängigen Stichproben ist dies nicht möglich, da jede Person nur *entweder* ihre Einstellung zur SPD *oder* zu den Grünen mitteilen würde (siehe Datei „Kapitel 3 – SPSS\_GPower\_Ergaenzungen.pdf“).

Der zentrale Unterschied zwischen den beiden  $t$ -Tests ist also die Korreliertheit der Datenreihen im Fall abhängiger Stichproben im Gegensatz zur Unkorreliertheit bei unabhängigen Stichproben. Diese Aussage impliziert, dass die beiden Verfahren zu identischen Ergebnissen kommen sollten, wenn die Datenreihen trotz theoretischer Abhängigkeit in der Praxis unkorreliert sein sollten; ein Ergebnis, das theoretisch möglich ist. Diese Annahme werden wir in diesem Abschnitt überprüfen.

Wie unterscheidet sich die Datenstruktur für beide Verfahren in SPSS? Vergewöhnen Sie sich, wie die Daten in dem Gedächtnisexperiment in SPSS angeordnet sind: Es gibt die Variable *bed*, die durch eine 1, 2, oder 3 anzeigt, ob eine Person strukturell, bildhaft oder emotional verarbeitet hat. Jede Zeile gibt die Daten einer Person wieder, so dass die ersten 50 Zeilen Personen mit struktureller Verarbeitung beschreiben usw. Zusätzlich gibt es die Variable *ges*, welche die Gesamtzahl erinnelter Adjektive für jede Person anzeigt. In einem  $t$ -Test für unabhängige Stichproben ist dies die abhängige Variable, während die Bedingung die Gruppierungsvariable darstellt (siehe Graphik).

<https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zusatztexte-mit-anleitungen-zu-spss-r-und-gpower-sowie-datensätze>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

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



## SPSS-Ergänzungen

Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1* (5. Auflage). Heidelberg: Springer.

	vprnr	sex	alter	bed	negativ	neutral	positiv	ges
1	2	2	20	1	3	3	4	10
2	3	2	21	1	2	3	1	6
3	4	2	27	1	3	0	3	6
4	5	1	23	1	1	0	2	3
5	6	2	21	1	3	0	1	4
6	7	2	20	1	1	1	2	4
7	8	2	20	1	4	0	2	6
8	9	2	22	1	2	4	1	7
9	10	1	26	1	0	0	2	2
10	11	2	19	1	3	4	2	9
11	14	1	21	1	1	2	4	7
12	15	2	20	1	3	4	6	13
13	16	1	24	1	2	3	1	6
14	17	2	20	1	4	4	3	11
15	18	2	20	1	2	2	4	8
16	19	2	20	1	3	4	8	15
17	20	2	19	1	2	4	3	9
18	21	2	21	1	3	2	2	7

Anders ist die Anordnung bei abhängigen Stichproben. In diesem Fall gibt es keine Gruppierungsvariable wie die Bedingung im Fall von unabhängigen Stichproben. Oben haben wir die mehrfache Messung einer motorischen Aufgabe betrachtet. Alle Versuchspersonen haben zwei Mal an der Aufgabe teilgenommen. Deshalb gibt es dafür zwei eigene Spalten, wie in der folgenden Graphik noch einmal verdeutlicht.

	vp	Geschlecht	Messung1	Messung2
1	1	2	16	16
2	2	2	7	6
3	3	2	20	21
4	4	2	28	29
5	5	2	18	20
6	6	2	14	16
7	7	2	18	24
8	8	1	11	17
9	9	1	15	11
10	10	2	22	18
11	11	1	18	27
12	12	2	20	20
13	13	1	16	14
14	14	1	17	16
15	15	1	11	5
16	16	1	16	16
17	17	1	17	16
18	18	1	20	18

Zurück zum Vergleich von unabhängigen und abhängigen Stichproben, wenn die abhängigen Stichproben unkorreliert sind. Im „Messwiederholung.sav“ finden Sie die Variablen Frage1 und <https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zusatztexte-mit-anleitungen-zu-spss-r-und-gpower-sowie-datensätze>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

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

Frage2. Stellen Sie sich vor, diese beiden Fragen seien Einstellungsangaben zu zwei unterschiedlichen Themen. Die beiden Variablen sind künstlich so gestaltet, dass sie unkorreliert sind, d.h. die Ausprägung auf der Variable Frage1 sagt nichts über die Ausprägung auf der Variable Frage2 einer Person aus. Sie können diese Annahme über „Analysieren“ → „Korrelation“ → „Bivariat...“ überprüfen. Dort klicken Sie die beiden Variablen in das Feld „Variablen“. Sie erhalten den folgenden Output, der die Nullkorrelation der beiden Variablen bestätigt.

### Korrelationen

		Frage1	Frage2
Frage1	Korrelation nach Pearson	1	,000
	Signifikanz (2-seitig)		1,000
	N	36	36
Frage2	Korrelation nach Pearson	,000	1
	Signifikanz (2-seitig)	1,000	
	N	36	36

Nehmen wir nun an, die beiden Einstellungsfragen seien nicht denselben Personen gestellt worden, sondern unterschiedlichen. Nehmen wir weiterhin an, dass diese zweite Gruppe von Personen die Werte abgegeben hat, die in der Variable Frage2 abgetragen sind. Die Variable „av“ gibt dieses Gedankenexperiment wieder. Die ersten 36 Werte sind identisch mit der Variable Frage1, während die zweiten 36 Fälle identisch sind mit den Werten der Variable Frage2 (die Werte der Variable Frage2 wurde also einfach dorthin kopiert). Zusätzlich dient die Variable „bed“ als Gruppenvariable, um die Personen zu unterscheiden, welche die erste Frage gestellt bekommen haben und welche die zweite (analog zur Variable Verarbeitungsbedingung im Gedächtnisexperiment).

Wir haben also folgende Situation: Identische Daten sind einmal so angeordnet, dass wir sie mit einem *t*-Test für unabhängige Stichproben auswerten können und einmal so, dass wir sie mit einem *t*-Test für abhängige Stichproben auswerten können. Da die Messwertreihen unkorreliert sind, entfällt der Unterschied zwischen den beiden Arten des *t*-Tests. Wir sollten folglich in beiden Analysen identische Ergebnisse erzielen.

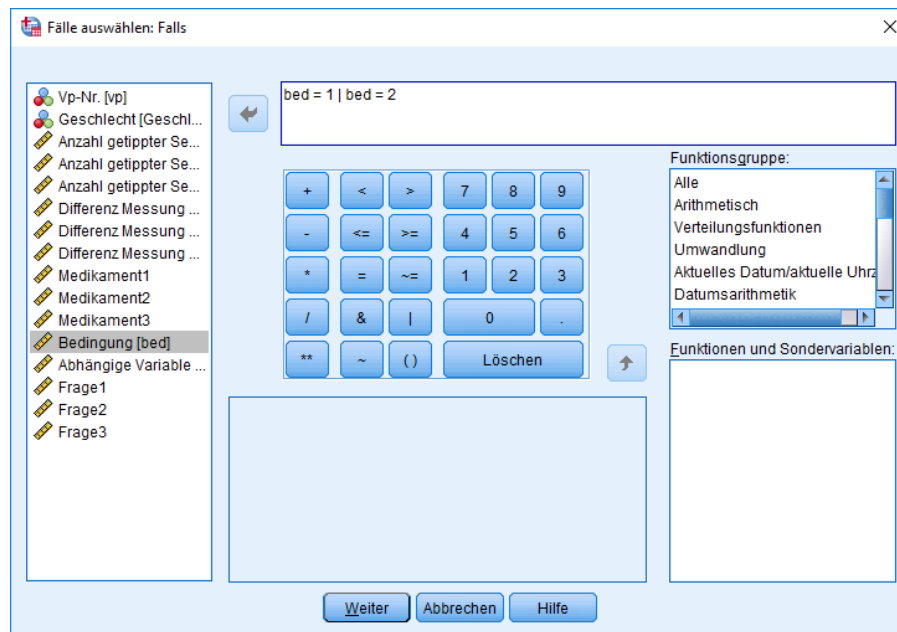
Bevor wir die Analysen starten, müssen wir noch eine vorbereitende Maßnahme treffen: Für spätere Abschnitte sind an dieser Stelle im Datensatz noch weitere Daten eingerichtet. Wir beschränken uns aber momentan auf die Daten der Gruppen 1 und 2. Deshalb müssen wir einen Filter setzen, der alle weiteren, momentan nicht benötigten Fälle im Datensatz vorübergehend deaktiviert. Gehen Sie dazu auf „Daten“ → „Fälle auswählen...“. Dort klicken Sie das Feld „Falls Bedingung zutrifft“ und dann „Falls...“ an. In dem auftauchenden Fenster können Sie festlegen, welche Bedingung erfüllt sein muss, damit ein Fall in die folgenden Analysen mit einbezogen werden soll. Für unsere Zwecke lautet diese Bedingung, dass der Fall entweder in der Bedingung 1 oder Bedingung 2 vertreten sein muss. Das entsprechende Fenster sieht folgendermaßen aus:

<https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zusatztexte-mit-anleitungen-zu-spss-r-und-gpower-sowie-datensätze>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

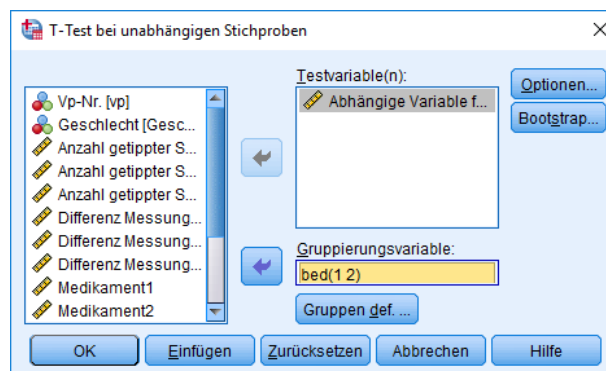
## SPSS-Ergänzungen

Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1* (5. Auflage). Heidelberg: Springer.



Statt des senkrechten Strichs „|“, der „oder“ bedeutet, können Sie auch „or“ schreiben: „bed = 1 or bed = 2“. Klicken Sie auf Weiter und OK. Damit ist der Filter aktiviert. SPSS fügt ihn als eine neue Variable am Ende des Datensatzes ein. Am linken Bildrand in der Datenansicht sehen Sie, dass alle Fälle vorübergehend deaktiviert sind, die nicht der festgelegten Bedingung entsprechen (hier alle Fälle in der Bedingung 3).

Beginnen wir mit dem  $t$ -Test für unabhängige Stichproben. „Analysieren“ → „Mittelwerte vergleichen“ → „t-Test bei unabhängigen Stichproben...“. Dort wählen Sie „av“ als Testvariable und „bed“ als Gruppierungsvariable mit den relevanten Gruppen 1 und 2.



Sie erhalten folgenden Output:

<https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zusatztexte-mit-anleitungen-zu-spss-r-und-gpower-sowie-datensätze>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

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

## SPSS-Ergänzungen

Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1* (5. Auflage). Heidelberg: Springer.

**Gruppenstatistiken**

	Bedingung	N	Mittelwert	Std.- Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Abhängige Variable für unabhängige Stichproben	1	36	16,56	4,931	,822
	2	36	17,28	3,915	,653

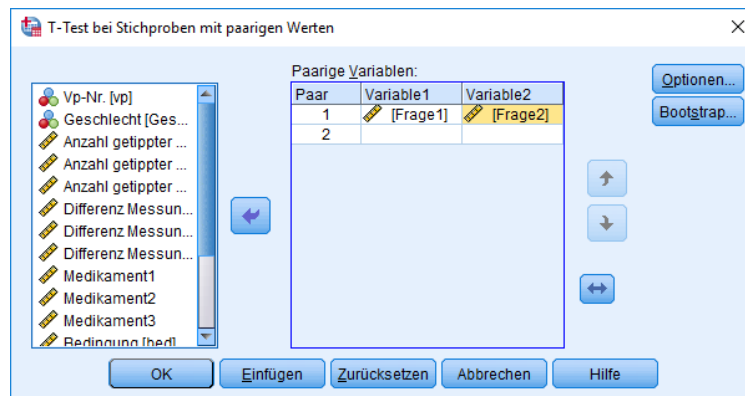
  

**Test bei unabhängigen Stichproben**

		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
Abhängige Variable für unabhängige Stichproben	Varianzen sind gleich	1,283	,261	-.688	70	,493	-.722	1,049	-2,815	1,370
	Varianzen sind nicht gleich			-.688	66,582	,494	-.722	1,049	-2,817	1,372

Die beiden Mittelwerte unterscheiden sich um 0,72244 Einheiten auf der abhängigen Variablen. Sie bekommen mehr Nachkommastellen angezeigt, wenn Sie doppelt auf die mittlere Differenz klicken. Der Unterschied ist bei weitem nicht signifikant. Wie sieht das Ergebnis aus, wenn wir dieselben Daten mit einem *t*-Test für abhängige Stichproben analysieren?

Wählen Sie „Analysieren“ → „Mittelwerte vergleichen“ → „t-Test bei verbundenen Stichproben...“. Dort wählen Sie Frage1 und Frage2 als zu vergleichende Variablen aus. Da aus der Bedingung 2 kein Fall Werte auf einer dieser beiden Variablen aufweist, brauchen wir den Filter nicht zu verändern. Es werden nur die 36 Fälle eingeschlossen, die Werte auf den interessierenden Variablen aufweisen.



Sie erhalten folgenden Output:

<https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zusatztexte-mit-anleitungen-zu-spss-r-und-gpower-sowie-datensätze>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

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

## SPSS-Ergänzungen

Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1* (5. Auflage). Heidelberg: Springer.

### Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Std.- Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	Frage1	16,5556	36	4,93063	,82177
	Frage2	17,2780	36	3,91530	,65255

### Korrelationen bei gepaarten Stichproben

		N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	Frage1 & Frage2	36	,000	1,000

### Test bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	Std.- Abweichung	Gepaarte Differenzen Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
					Untere	Obere			
Paaren 1	Frage1 - Frage2	-,72244	6,29609	1,04935	-2,85273	1,40784	-,688	35	,496

Sie sehen, dass die Mittelwerte der beiden Fragen den Mittelwerten der Gruppen 1 und 2 beim  $t$ -Test für unabhängige Stichproben entsprechen. Sie führen zur identischen Differenz von 0,72244. Auch der  $t$ -Wert von 0,688 ist identisch, ebenso wie der Signifikanzwert (abgesehen von geringfügigen Abweichungen, die auf Grund der unterschiedlichen Freiheitsgradanzahl zustande kommen, vgl. Kap. 3.1.4). Die theoretische Annahme hat sich also bestätigt: Bei unkorrelierten Messwertreihen führen der  $t$ -Test für unabhängige und abhängige Stichproben zu identischen Ergebnissen.

<https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zusatztexte-mit-anleitungen-zu-spss-r-und-gpower-sowie-datensätze>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

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

### Literatur

Delacre, M., Lakens, D., & Leys, C. (2017). Why Psychologists Should by Default Use Welch's t-test Instead of Student's t-test. *International Review of Social Psychology*, 30, 92-101. <https://doi.org/10.5334/irsp.82>

<https://lehrbuch-psychologie.springer.com/content/zusatztexte-mit-anleitungen-zu-spss-r-und-gpower-sowie-datensätze>

Aus: Rasch, Friese, Hofmann & Naumann (2021). *Quantitative Methoden. Band 1*, 5. Auflage. Heidelberg: Springer.

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