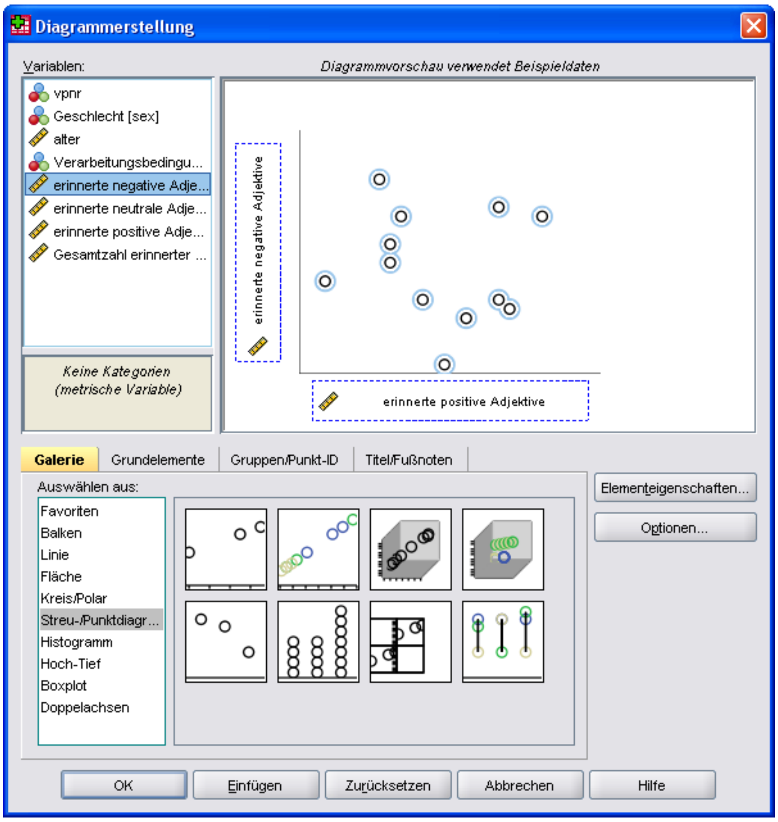
Kapitel 4: Merkmalszusammenhänge

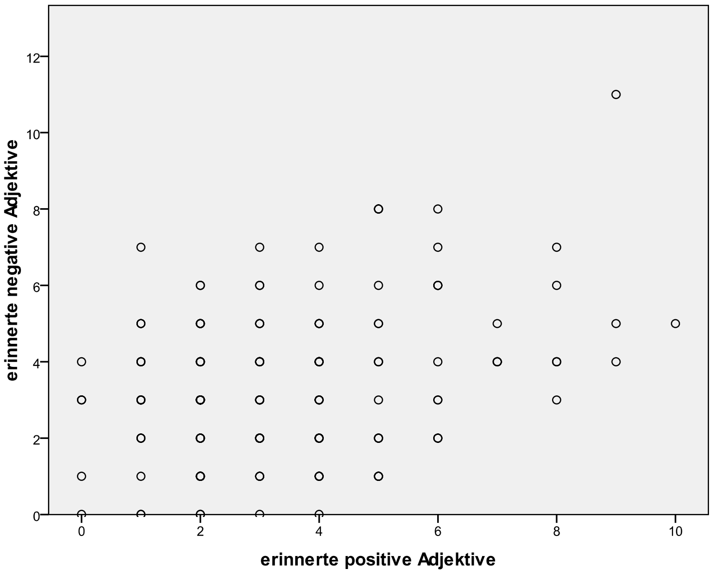
Streudiagramme

SPSS bietet die Möglichkeit, verschiedene Arten von Streudiagrammen zu zeichnen. Öffnen Sie den Beispieldatensatz und gehen Sie auf „Diagramme“ → „Diagrammerstellung“ und wählen Sie unten links die Option „Streu-/Punktdiagramm“. Nun ziehen Sie die erste der angebotenen Möglichkeiten in das Hauptfenster, um das Beispiel aus Kapitel 4 nachvollziehen zu können.

Eine Frage in Bezug auf das Gedächtnisexperiment könnte lauten, wie die Gedächtnisleistung von positiven und negativen Adjektiven zusammenhängt. Um diese Frage graphisch zu beantworten, wählen Sie die beiden betreffenden Variablen aus, in dem Sie sie aus der Variablenliste links oben auf die x- bzw. y-Achse ziehen. Welche der beiden Sie für die x- und welche für die y-Achse reservieren, spielt in diesem Fall keine Rolle. Es kann aber Fragestellungen geben, in denen Ihnen die Interpretation leichter fällt für eine bestimmte Anordnung der beiden Variablen. Das fertige Befehlsfenster sieht folgendermaßen aus:



Sie erhalten diesen Output:

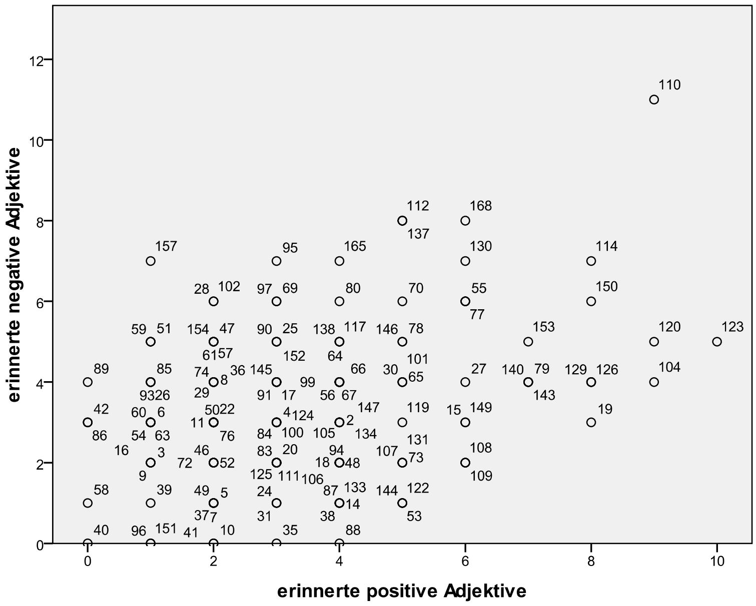


Aus der Abbildung ist zu entnehmen, dass Personen, die viele positive Adjektive erinnern tendenziell auch viele negative Adjektive erinnern. Dies spricht für einen positiven Zusammenhang.

Wie bei allen Grafiken in SPSS haben Sie die Möglichkeit, die Abbildung mit Hilfe des Diagramm Editors vielfältig zu verändern und zu gestalten, z.B. das Skalenformat, die Beschriftung etc.

Jeder der Kreise in der Abbildung kann mehrere Fälle, also Versuchspersonen beschreiben. Um herauszufinden, um welche Fälle es sich dabei handelt, klicken Sie doppelt auf die Grafik, so dass Sie in den Diagramm Editor gelangen. Dort gelangen Sie über „Elemente“ in den „Datenbeschriftungsmodus“. Nun klicken Sie auf einen bestimmten Kreis und erfahren dadurch, welche Versuchspersonen durch diesen Kreis repräsentiert sind. Die dort angegebenen Zahlen beziehen sich allerdings nicht auf die Versuchspersonennummer, sondern auf die Zeilen in SPSS, die die Versuchspersonen momentan einnehmen. Wird der Datensatz anders sortiert, ändert sich auch diese Zuordnung.

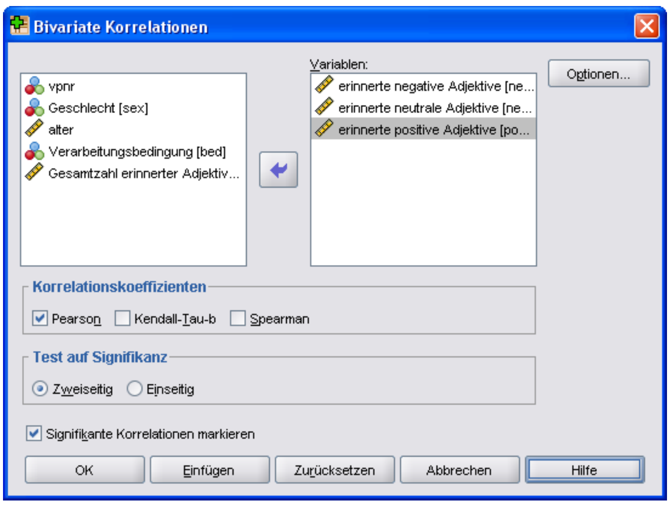
Um diesem Dilemma vorzubeugen, können Sie schon bei der Diagrammerstellung SPSS mitteilen, dass SPSS jeden Wert durch die Versuchspersonennummer kennzeichnen soll. Dies geschieht beim Erstellen der Graphik, wenn Sie unter „Diagrammerstellung“ unten auf „Gruppen/Punkt-ID“ klicken und dort „Punkt-ID-Beschriftung“ auswählen. Daraufhin erscheint im Hauptfenster oben ein neues Feld „Punkt-ID“. Hierhin ziehen Sie die Variable „vpnr“. Wenn Sie nun auf OK klicken, ist jeder Kreis mit den Nummern der Personen gekennzeichnet, die von diesem Kreis repräsentiert werden.



Korrelationen

Die Korrelation nach Pearson ist ein Maß für den Zusammenhang zweier intervallskalierter Merkmale. Sie lässt sich über das Menü „Analysieren“ → „Korrelation“ → „Bivariat“ ermitteln. In das Feld „Variablen“ können Sie alle die Variablen verschieben, von denen Sie bivariate Korrelationen berechnen möchten, also auch mehr als zwei. Wir entscheiden uns für die drei Variablen erinnerter positiver, neutraler und negativer Adjektive.

Weiterhin können wir auswählen, welche Korrelationskoeffizienten wir berechnen möchten. Da es sich bei den interessierenden um intervallskalierte Variablen handelt, entscheiden wir uns für den Korrelationskoeffizienten nach Pearson. Lägen lediglich rangskalierte Daten vor, wäre der Koeffizient nach Spearman die richtige Wahl. Für eine punktbiseriale Korrelation zwischen einem dichotomen und einem intervallskalierten Merkmal (bspw. Geschlecht und Gesamtzahl erinnerter Adjektive) ist wieder der Koeffizient nach Pearson korrekt (siehe Kapitel 4.1).



Das Programm liefert diesen Output:

Korrelationen

		erinnerte negative Adjektive	erinnerte neutrale Adjektive	erinnerte positive Adjektive
erinnerte negative Adjektive	Korrelation nach Pearson	1	.287**	.337**
	Signifikanz (2-seitig)		.000	.000
	N	150	150	150
erinnerte neutrale Adjektive	Korrelation nach Pearson	.287**	1	.295**
	Signifikanz (2-seitig)	.000		.000
	N	150	150	150
erinnerte positive Adjektive	Korrelation nach Pearson	.337**	.295**	1
	Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	
	N	150	150	150

**. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Wie lässt sich diese Tabelle interpretieren? Sie sehen, dass die Korrelation einer Variable mit sich selber 1 beträgt. Die drei Werte über und unter dieser Diagonalen entsprechen sich, denn die Korrelation einer Variablen A mit B ist identisch mit der Korrelation von B mit A. Letztlich liefert Ihnen die Tabelle also drei interessante Korrelationen. Sie sehen, dass alle drei hoch signifikant sind. Es bestehen also zwischen diesen drei Variablen jeweils Zusammenhänge, die nach aller Wahrscheinlichkeit nicht zufällig, sondern systematisch sind.

Ein interessanter Aspekt bezieht sich auf den p-Wert, also die von SPSS angezeigt Signifikanz der Korrelationen. Diese sind mit „.000" angegeben. Dies bedeutet allerdings nicht, dass die Wahrscheinlichkeit für die empirischen Ergebnisse tatsächlich gleich Null sind. Sie sind lediglich kleiner als .001. Deshalb gibt SPSS diese Werte an. Wenn Sie auf den Output und dann auf einen der Signifikanzwerte klicken, sehen Sie, die exakte, sehr geringe Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der entsprechenden Korrelation unter Annahme der Nullhypothese (also der Annahme, dass kein Zusammenhang zwischen den Variablen besteht). In einem Ergebnisbericht einer empirischen Studie würden Sie als p-Wert „< .001" angeben.

Partialkorrelation

Anmerkung: Für diesen Abschnitt öffnen Sie bitte die Datei „Partialkorrelation.sav".

In Kapitel 4.1 haben Sie das Konzept der Partialkorrelation kennen gelernt. An dieser Stelle werden wir das dort besprochene Beispiel nachvollziehen. Dort ging es darum, dass ein hoher Zusammenhang zwischen der Anzahl eingesetzter Feuerwehrleute und der Schadenshöhe besteht. Dieser Zusammenhang ließ vermuten, dass es eine dritte Variable geben könnte, die beide Variablen beeinflusst, z.B. die Schwere des Brandes. Wenn diese Vermutung zutrifft, sollte der Zusammenhang zwischen der Anzahl Feuerwehrleute und der Schadenshöhe stark abnehmen, wenn man für die Schwere des Brandes kontrolliert.

Berechnen wir zunächst unter „Analysieren" → „Korrelation" → „Bivariat" die Korrelation zwischen der Anzahl der Feuerwehrleute und der Schadenshöhe. Wir erhalten folgenden Output mit der aus den Ausführungen in Kapitel 4.1 erwarteten Korrelation:

Korrelationen

		Anzahl Feuerwehrleute	Schadenshöhe
Anzahl Feuerwehrleute	Korrelation nach Pearson	1	.632*
	Signifikanz (2-seitig)		.050
	N	10	10
Schadenshöhe	Korrelation nach Pearson	.632*	1
	Signifikanz (2-seitig)	.050	
	N	10	10

*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Im zweiten Schritt berechnen wir die Partialkorrelation und kontrollieren damit für den Einfluss der Schwere des Brands auf die beiden Variablen. Dazu gehen wir so vor wie bei der Berechnung einer herkömmlichen Korrelation. Allerdings wählen wir zuletzt nicht die Option „Bivariat“, sondern „Partiell“. Dort setzen Sie die Variable „Schwere des Brandes“ als Kontrollvariable ein und erhalten den unten stehenden Output:

Korrelationen

Kontrollvariablen			Anzahl Feuerwehrleute	Schadenshöhe
Schwere des Brands	Anzahl Feuerwehrleute	Korrelation	1.000	.130
		Signifikanz (zweiseitig)	.	.739
		Freiheitsgrade	0	7
	Schadenshöhe	Korrelation	.130	1.000
		Signifikanz (zweiseitig)	.739	.
		Freiheitsgrade	7	0

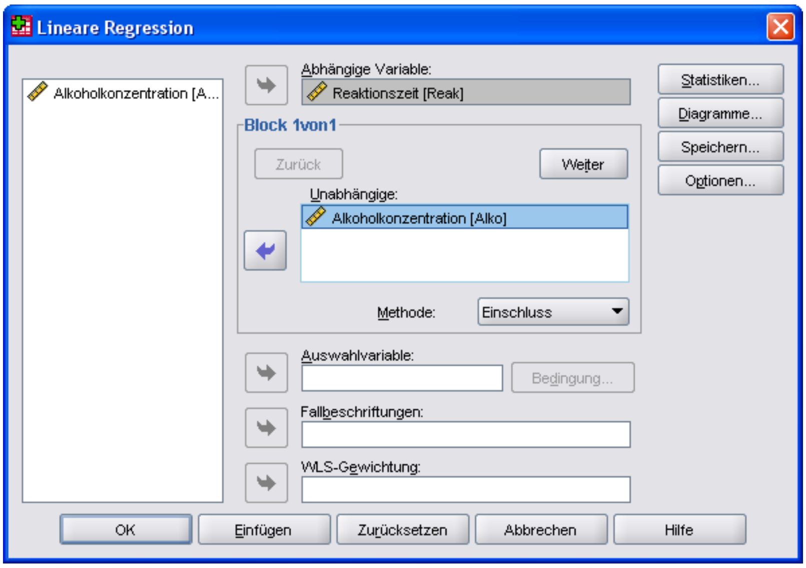
Offenbar hatte die Kontrollvariable Schwere des Brandes einen großen Einfluss auf beide Variablen. Wenn wir für diesen Einfluss kontrollieren, verringert sich die Korrelation beträchtlich. Die Freiheitsgrade verringern sich auf df = N – 3 (vgl. Kapitel 4.1).

Lineare Regression

Anmerkung: Bitte öffnen Sie für diesen Abschnitt die Datei „Regression.sav".

Die in Kapitel 4.2 dargestellten Zusammenhänge zur linearen Regression bilden nur die Spitze des großen „Eisbergs Regression". Daher bietet das entsprechende Menü in SPSS vielfältige Möglichkeiten. Wir werden uns auf den einfachsten Fall, die Vorhersage einer Variablen durch eine andere, beschränken. Sie gelangen dorthin via „Analysieren" → „Regression" → „Linear".

Lassen Sie uns versuchen, das Beispiel aus Kapitel 4.2 an dieser Stelle mit SPSS nachzuvollziehen. Dort ging es um den Einfluss der Alkoholkonzentration auf die Reaktionszeit. Unsere abhängige Variable (Kriterium) ist also die Reaktionszeit. Als Prädiktor dient die Alkoholkonzentration. Alle anderen Einstellungsmöglichkeiten können Sie bei den Voreinstellungen belassen.



Sie erhalten folgenden Output:

Aufgenommene/Entfernte Variablen[b]

Modell	Aufgenommene Variablen	Entfernte Variablen	Methode
1	Alkoholkonzentration[a]	.	Einschluß

a. Alle gewünschten Variablen wurden eingegeben.

b. Abhängige Variable: Reaktionszeit

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	.742[a]	.550	.494	43.279

a. Einflußvariablen : (Konstante), Alkoholkonzentration

ANOVA[b]

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1	Regression	18325.917	1	18325.917	9.784	.014[a]
	Nicht standardisierte Residuen	14984.583	8	1873.073		
	Gesamt	33310.500	9			

a. Einflußvariablen : (Konstante), Alkoholkonzentration

b. Abhängige Variable: Reaktionszeit

Koeffizienten[a]

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
		Regressions koeffizientB	Standardfehler	Beta	T	Sig.
1	(Konstante)	596.502	24.351		24.496	.000
	Alkoholkonzentration	53.844	17.214	.742	3.128	.014

a. Abhängige Variable: Reaktionszeit

Im ersten Teil sehen Sie, welche Variablen in das Modell aufgenommen wurden. Alles hat so funktioniert, wie wir es beabsichtigt hatten: Die Reaktionszeit bildet die abhängige Variable und die Alkoholkonzentration den Prädiktor. Im zweiten Teil sehen Sie den Korrelationskoeffizienten r (in SPSS als „R“ dargestellt) sowie den Determinationskoeffizienten r^2. In unserem Fall einer Regression mit einem Prädiktor entspricht der Koeffizient r dem bivariaten Korrelationskoeffizienten.

In einer linearen Regression ist es so, dass die Stichprobenwerte den wahren Zusammenhang in der Population überschätzen. Das Modell ist also besser an diese speziellen Daten angepasst als es für die Population richtig wäre. Deshalb bietet SPSS ein korrigiertes r^2 an. In unserem Fall ist der Unterschied zwischen r^2 und dem korrigierten r^2 relativ gering. In der letzten Spalte steht der Standardschätzfehler (siehe Kapitel 4.2).

Der dritte Teil des Outputs stellt Informationen über eine Varianzanalyse (ANOVA) dar. Dieses Verfahren lernen Sie in den Kapiteln 5 und 6 kennen.

Der letzte Teil liefert Ihnen konkrete Informationen über den von uns gewählten Prädiktor. Sie finden Werte sowohl für standardisierte als auch für unstandardisierte Koeffizienten (Kapitel 4.2). Standardisierte Koeffizienten sind vor allem dann nützlich, wenn Sie mehr als einen Prädiktor in ein Modell mit aufnehmen. Dann erlauben Ihnen diese standardisierten Werte einen direkten Vergleich der Prädiktoren. Die unstandardisierten Werte unterliegen dagegen der Metrik jedes einzelnen Prädiktors. Diese Metriken können sich durchaus zwischen den Prädiktoren unterscheiden. Dieser Fall einer Regression mit mehr als einem Prädiktor heißt Multiple Regression. Sie ist eng verwandt mit der linearen Regression mit einem Prädiktor, erfährt aber in diesem Buch keine ausführliche Erörterung (für einen Ausblick, siehe Kapitel 4).

Den einzelnen Koeffizienten ist ein t-Wert zugeordnet, in diesem Fall für die Konstante und für den einen Prädiktor. Der Wert für die Konstante hat für uns wenig theoretischen und praktischen Belang. Er kennzeichnet die Höhenlage der Regressionsgeraden. Der t-Wert für den Prädiktor wird hoch signifikant. Die Interpretation lautet, dass die Alkoholkonzentration ein signifikanter Prädiktor für die Reaktionszeit ist. Wäre dieser t-Wert sehr klein und folglich nicht signifikant gewesen, wäre die Vorhersageleistung deutlich schlechter gewesen und eine Vorhersage der Reaktionszeit mit diesem Prädiktor hätte sich als nicht lohnenswert erwiesen. (Kleine Abweichungen zwischen den hier präsentierten Werten und denen im Buch sind auf Rundungsfehler zurückzuführen.)

Hätten wir sowohl die Prädiktorvariable (Alkoholkonzentration) als auch das Kriterium (Reaktionszeit) vor der Analyse z-standardisiert („Analysieren“ → „Deskriptive Statistiken“ → „Deskriptive Statistik“ → „standardisierte Werte als Variable speichern“, siehe SPSS-Erläuterungen zu Kapitel 2), stünde der standardisierte Regressionskoeffizient sowohl in der Spalte „Nicht standardisierte Koeffizienten“ als auch in der Spalte „standardisierte Koeffizienten“. Dies liegt daran, dass die Verteilungen beider Variablen in diesem Fall den Mittelwert Null und eine Streuung von Eins haben (siehe Kapitel 2).

Koeffizienten[a]

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
		Regressions koeffizientB	Standardfehler	Beta	T	Sig.
1	(Konstante)	-1.904E-15	.225		.000	1.000
	Z-Wert: Alkoholkonzentration	.742	.237	.742	3.128	.014

a. Abhängige Variable: Z-Wert: Reaktionszeit

Zusammenhang zwischen Korrelation, Regression und t-Test

In Kapitel 4.1 haben wir gesehen, dass eine punktbiseriale Korrelation und ein t-Test konzeptuell identisch sind. Abbildungen 4.7 und 4.8 veranschaulichen dies. In einem Fall liegt der Fokus auf dem Mittelwertsunterschied zwischen zwei Gruppen (t-Test), im anderen Fall darauf, wie der Zusammenhang zwischen einem dichotomen Merkmal (z.B. Zugehörigkeit zu Gruppe A oder Gruppe B) und einem intervallskalierten Merkmal (z.B. Erinnerungsleistung) aussieht.

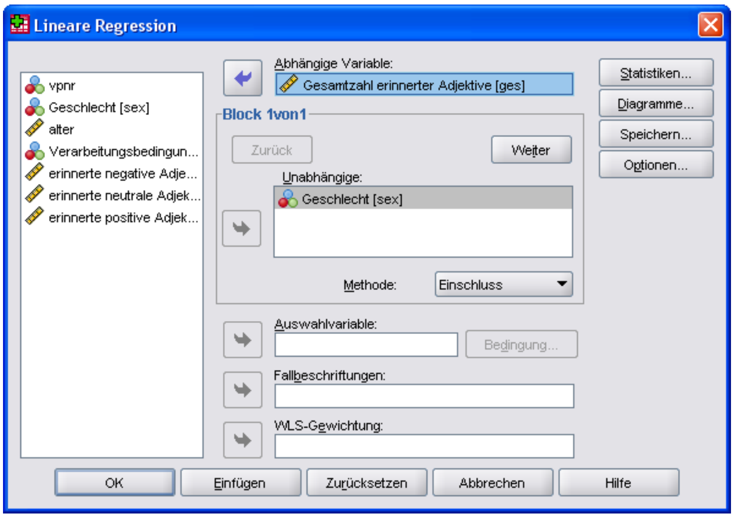
Kapitel 4.2 hat dann die Zusammenhänge zwischen Korrelation und Regression deutlich gemacht. Dies legt nahe, dass es auch einen Zusammenhang zwischen Regression und t-Test geben könnte. Diesen werden wir an Hand von SPSS Outputs nachvollziehen.

Zunächst zur Korrelation: Wir berechnen die punktbiseriale Korrelation zwischen dem Geschlecht und der Erinnerungsleistung in dem Gedächtnisexperiment. Dem Output können wir entnehmen, dass das Geschlecht positiv zu $r = 0{,}15$ mit der Erinnerungsleistung korreliert. Da in der Variablenansicht das Geschlecht so kodiert ist, dass Männern eine Eins und Frauen eine Zwei zugeordnet ist, sagt diese punktbiseriale Korrelation also aus, dass Frauen tendenziell mehr Adjektive erinnert haben als Männer. Hohe Werte in der einen Variable gehen tendenziell mit hohen Werten in der anderen Variable einher. Dieser Zusammenhang ist bei zweiseitiger Testung marginal signifikant.

Korrelationen

		Geschlecht	Gesamtzahl erinnerter Adjektive
Geschlecht	Korrelation nach Pearson	1	.147
	Signifikanz (2-seitig)		.072
	N	150	150
Gesamtzahl erinnerter Adjektive	Korrelation nach Pearson	.147	1
	Signifikanz (2-seitig)	.072	
	N	150	150

Im zweiten Schritt nutzen wir die Regressionsrechnung, um mit dem Geschlecht die Erinnerungsleistung im Gedächtnisexperiment vorherzusagen. Die damit verbundene Frage lautet: Ist das Geschlecht ein bedeutsamer Prädiktor für die Anzahl erinnerter Adjektive?



Aufgenommene/Entfernte Variablen[b]

Modell	Aufgenommene Variablen	Entfernte Variablen	Methode
1	Geschlecht[a]	.	Einschluß

a. Alle gewünschten Variablen wurden eingegeben.

b. Abhängige Variable: Gesamtzahl erinnerter Adjektive

Modellzusammenfassung

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	.147[a]	.022	.015	4.334

a. Einflußvariablen : (Konstante), Geschlecht

ANOVA[b]

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1	Regression	61.780	1	61.780	3.289	.072[a]
	Nicht standardisierte Residuen	2780.414	148	18.787		
	Gesamt	2842.193	149			

a. Einflußvariablen : (Konstante), Geschlecht

b. Abhängige Variable: Gesamtzahl erinnerter Adjektive

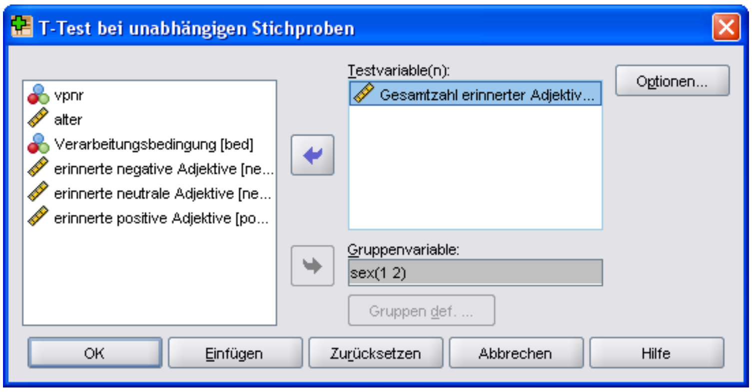
Koeffizienten[a]

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		Regressions koeffizientB	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	7.844	1.279		6.131	.000
	Geschlecht	1.349	.744	.147	1.813	.072

a. Abhängige Variable: Gesamtzahl erinnerter Adjektive

In der Modellzusammenfassung finden wir die Korrelation von r = 0,15 wieder, die wir in Schritt 1 berechnet haben. Sie taucht außerdem ein zweites Mal auf, und zwar als standardisiertes Regressionsgewicht beta im Teil „Koeffizienten“. Dort sehen wir auch den t-Wert, der darüber Auskunft gibt, ob es sich bei dem Merkmal Geschlecht um einen bedeutsamen Prädiktor für die Erinnerungsleistung handelt. Der p-Wert entspricht dem der in Schritt 1 berechneten Korrelation. Dies ist kein Zufall! Wie Sie aus Kapitel 4.1 wissen, lässt sich die punktbiseriale Korrelation in einen t-Wert umrechnen. Rechnen Sie dies mit der Formel per Hand nach und Sie werden einen t-Wert erhalten, der, abgesehen von Rundungsfehlern, dem im Output vorzufindenden von 1,81 entspricht!

Die Korrelation zeigt uns, dass Frauen im Gedächtnisexperiment tendenziell mehr Wörter erinnern als Männer. Aber wie groß ist dieser Unterschied? Und ist er statistisch bedeutsam? Wir werden dies an Hand eines t-Tests für unabhängige Stichproben überprüfen.



Gruppenstatistiken

	Geschlecht	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Gesamtzahl erinnerter Adjektive	maennlich	52	9.19	4.005	.555
	weiblich	98	10.54	4.498	.454

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
									95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
Gesamtzahl erinnerter Adjektive	Varianzen sind gleich	.490	.485	-1.813	148	.072	-1.349	.744	-2.818	.121
	Varianzen sind nicht gleich			-1.879	115.016	.063	-1.349	.718	-2.770	.073

An den Gruppenstatistiken erkennen wir, dass Frauen im Schnitt etwa 1,3 Worte mehr erinnern als Männer. Dank der großen Stichprobengröße ist der t-Test robust gegen die ungleich großen Gruppengrößen. Auch der Levene Test zeigt uns, dass wir die Annahme der Varianzhomogenität beibehalten dürfen, denn er ist bei weitem nicht signifikant. Der t-Wert für die Frage, ob der Unterschied in der Erinnerungsleistung zwischen den Geschlechtern signifikant ist, hat ein negatives Vorzeichen. Es hängt von der Reihenfolge ab, welches Geschlecht man als Gruppe 1 und welches als Gruppe 2 laufen lässt. Daher ist das Vorzeichen inhaltlich unbedeutend, da wir die Richtung des Unterschieds aus den Gruppenstatistiken ersehen können.

Der t-Wert hat denselben Betrag wie der t-Wert für das Beta-Gewicht in der Regression und auch denselben Signifikanzwert. Zudem entspricht das unstandardisierte Regressionsgewicht in der Regressionsrechnung oben dem Betrag nach genau der Mittelwertsdifferenz, die der t-Wert bewertet. Die Steigung b gibt nämlich wieder, um wie viele Einheiten sich das Kriterium (die Gesamtzahl erinnerter Adjektive) verändert, wenn man von der niedriger kodierten Gruppe (1 = Männer) zur höher kodierten Gruppe (2 = Frauen) „springt". Eine Regression einer intervallskalierten Variable auf eine dichotome Variable ist also konzeptuell identisch mit einem t-Test für unabhängige Stichproben! Anders ausgedrückt: Der t-Test ist ein Spezialfall der Regression. Die Möglichkeiten des t-Tests sind mit dieser Konstellation einer nominalskalierten Gruppenvariable und einer intervallskalierten abhängigen Variable erschöpft. Die Regression kann viel mehr! Neben einem dichotomen Prädiktor wie in diesem Beispiel, sind auch Prädiktoren anderer Skalenniveaus zulässig, wie wir in Kapitel 4.2 und weiter oben bereits für einen intervallskalierten Prädiktor gesehen haben. Wie bereits erwähnt, erlaubt die Regressionsrechnung darüber hinaus auch den Einbezug von mehr als einem Prädiktor. Ein Ausblick in Kapitel 4 führt in die Multiple Regression ein. Eine ausführliche Erörterung ist aus Platzgründen in diesem Buch nicht möglich.

An dieser Stelle schließt sich also der Kreis zwischen Korrelation, Regression und t-Test für unabhängige Stichproben. Noch einmal sehr darauf verwiesen, dass die Zusammenhänge mit der Regression nur für den hier behandelten Fall mit einem Prädiktor gelten.