



Crashkurs schließende Statistik 1 – Teil 2

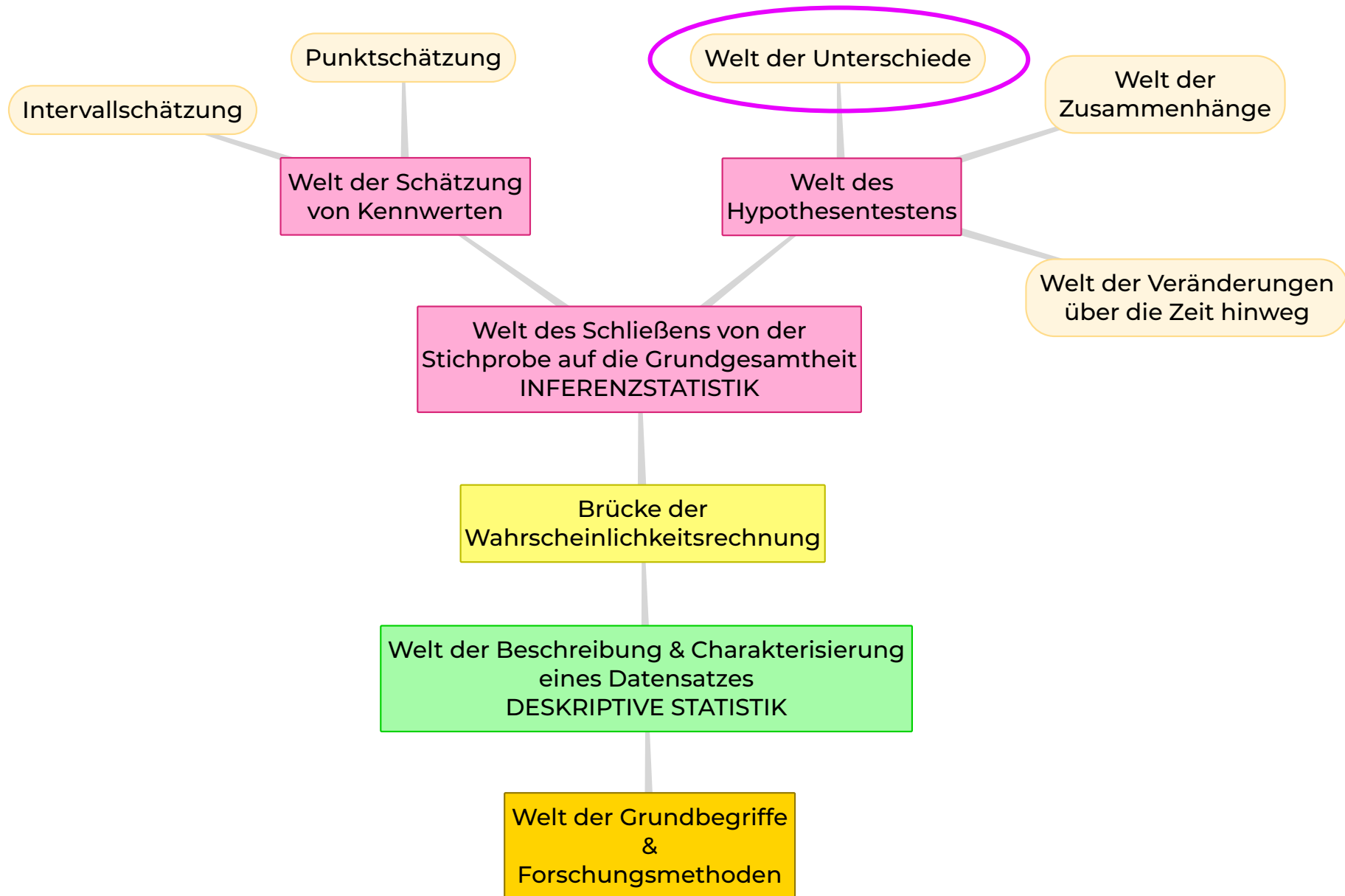
Lern' die wichtigsten Grundlagen in kürzester Zeit!

Ablauf Nachmittag

14:00 – 14:50	<i>t</i>-Test für unabhängige & abhängige Stichproben
14:50 – 15:00	Pause
15:00 – 15:50	Poweranalyse & Cohens <i>d</i>
15:50 – 16:10	Pause
16:10 – 17:00	Chi-Quadrat-Test

t -Test

Was? Wofür?



t-Test

Was?

Test auf
Mittelwertsunterschiede
zwischen **zwei** Gruppen

Beispiel:

Unterscheiden sich Frauen &
Männer in ihrer
Konfliktfähigkeit?

t-Test

Wofür?

- Um herauszufinden, wie stark sich die Mittelwerte zweier Gruppen unterscheiden &
- ob ein bedeutsamer, inhaltlich relevanter Effekt vorliegt

t-Test

Voraussetzungen

- AV ist metrisch & normalverteilt
- Varianzen sind in beiden Gruppen gleich (Homoskedastizität)

t -Test

Welche Varianten gibt es?

t -Test

Varianten

- t -Test für eine Stichprobe
 - analog zum z -Test – eher selten verwendet
- t -Test für unabhängige Stichproben
 - am gebräuchlichsten
- t -Test für abhängige Stichproben
 - für Messwiederholungen oder gepaarte Stichproben

t -Test

Wie geht man vor?

t -Test

Vorgehen

- Hypothese aufstellen
- Voraussetzungen überprüfen
- Populationseffekt bestimmen (aus Studien oder Meta-Analysen)
- Signifikanzniveau festlegen
- Power-Analyse: Umfang der Stichprobe bestimmen
- Überprüfung auf Signifikanz mit SPSS
- Effektstärke bestimmen
- Interpretation des Ergebnisses

t -Test

Voraussetzungen überprüfen

t -Test

Vorgehen

- Hypothese aufstellen
- Voraussetzungen überprüfen
- Populationseffekt bestimmen (aus Studien oder Meta-Analysen)
- Signifikanzniveau festlegen
- Power-Analyse: Umfang der Stichprobe bestimmen
- Überprüfung auf Signifikanz mit SPSS
- Effektstärke bestimmen
- Interpretation des Ergebnisses

t -Test

Voraussetzungen

- Das interessierende Merkmal ist **mindestens intervallskaliert**
- Es ist in der Population **normalverteilt**
- Die Populationsvarianzen, aus denen die beiden Stichproben stammen, sind gleich
 - **Homoskedastizität bzw. Varianzhomogenität**

t -Test

Voraussetzungen

Der t -Test reagiert relativ robust gegenüber Verletzungen der Voraussetzungen!

Bedingungen:

- beide Stichproben sind annähernd gleich groß
- pro Gruppe $n > 30$
 - ansonsten Auswertung mit verteilungsfreien, nichtparametrischen Verfahren

Überprüfung der Normalverteilung

Voraussetzungen

- Nicht bei kleinen Stichproben anwendbar!
- t -Test ist relativ robust gegenüber dieser Verletzung – eine annähernd symmetrische Verteilung reicht aus
- Es liegt **KEINE** Normalverteilung vor, sobald der p -Wert bei „Sig.“ wie hier kleiner als .05 ist!

Tests auf Normalverteilung

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Average female life expectancy	,174	109	,000	,860	109	,000

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Exkurs: Was ist der p -Wert?

- Wert in der Spalte „Sig.“ oder „Signifikanz“ bei SPSS
 - Wahrscheinlichkeit, dieses spezielle Ergebnis zu erhalten, **wenn die Nullhypothese stimmen würde!**
- p -Wert kleiner .05 (bzw. 0.05): Ergebnis ist so extrem unwahrscheinlich, dass man sagt: „Das kann kein Zufall mehr sein!“
 - es liegt ein signifikantes Ergebnis vor

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
Alter	Varianzen sind gleich	13,917	,000	-2,701	2826	,007	-1,750	,648	-3,021	-,479
	Varianzen sind nicht gleich			-2,728	2728,627	,006	-1,750	,642	-3,008	-,492

Varianzhomogenität

Voraussetzungen

Überprüfung mit dem **Levene-Test**

- Testet die Nullhypothese, dass die Varianzen in beiden Gruppen gleich sind
 - wird signifikant, sobald sich die Varianzen unterscheiden!

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
Selbstwertgefühl	Varianzen sind gleich	,420	,525	,654	18	,521	7,90909	12,08598	-17,48260	33,30078
	Varianzen sind nicht gleich			,647	16,376	,526	7,90909	12,21934	-17,94645	33,76463

t -Test

Power-Analyse

t -Test

Vorgehen

- Hypothese aufstellen
- Voraussetzungen überprüfen
- Populationseffekt bestimmen (aus Studien oder Meta-Analysen)
- Signifikanzniveau festlegen
- **Power-Analyse: Umfang der Stichprobe bestimmen**
- Überprüfung auf Signifikanz mit SPSS
- Effektstärke bestimmen
- Interpretation des Ergebnisses

t -Test

Power-Analyse

VOR der Erhebung:

- Festlegung der benötigten Stichproben-Größe, um einen Effekt einer bestimmten Größe mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zu entdecken
 - Teststärke oder Power

t-Test

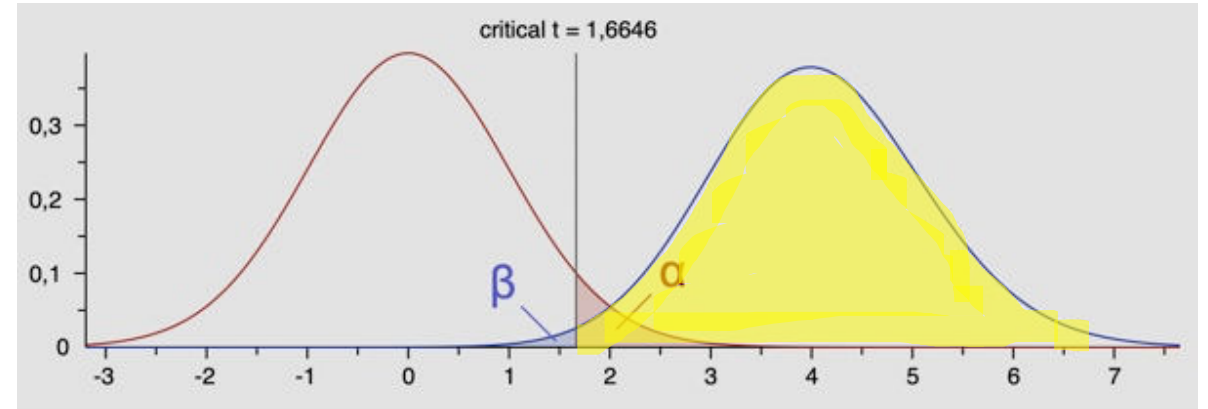
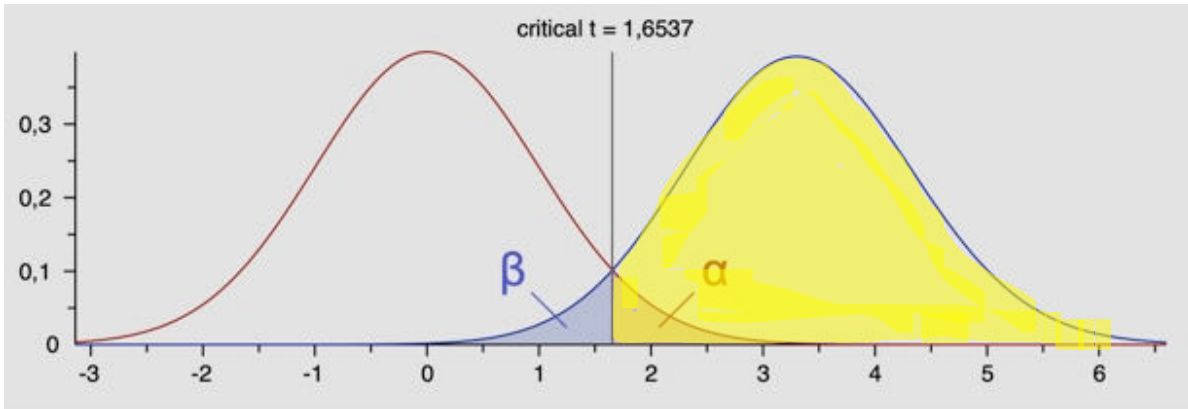
Power-Analyse

- Die Power ist die „Fähigkeit“ des Tests, einen Effekt zu entdecken, **wenn er tatsächlich vorhanden ist**
- Sollte mindestens 0.9 oder 90% betragen
 - entspricht einer Wahrscheinlichkeit von 10% für einen β -Fehler

t-Test *Power-Analyse*

Komplementär zum β -Fehler!

$$\text{Power} + \beta\text{-Fehler} = 1$$



t-Test

Power-Analyse

Benötigte Angaben:

- Erwartete Effektgröße – aus der Forschungsliteratur abgeleitet
- Signifikanzniveau α
- Teststärke

➤ Berechnung mit der Freeware **G*Power**

Power-Analyse

Mit G^ Power*

t -Test

Berechnung

t -Test

Vorgehen

- Hypothese aufstellen
- Voraussetzungen überprüfen
- Populationseffekt bestimmen (aus Studien oder Meta-Analysen)
- Signifikanzniveau festlegen
- Power-Analyse: Umfang der Stichprobe bestimmen
- Überprüfung auf Signifikanz mit SPSS
- Effektstärke bestimmen
- Interpretation des Ergebnisses

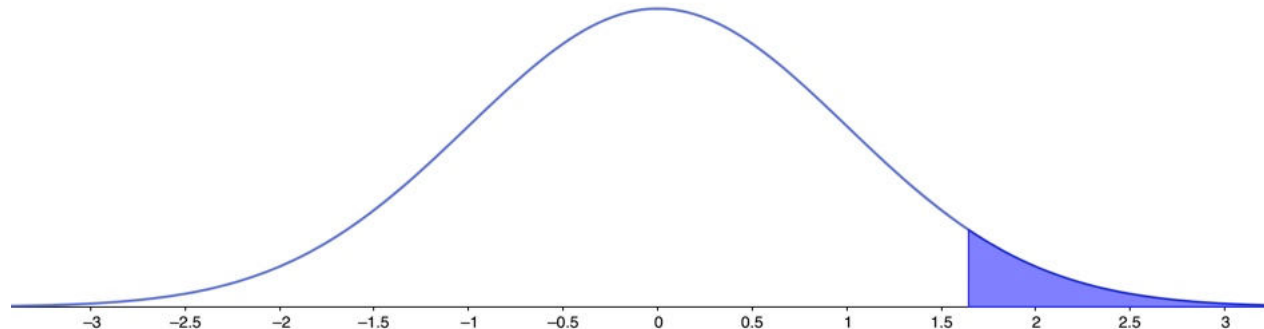
Grundprinzip:

1. Berechne den t -Wert
2. Überprüfe, ob er in die äußeren 5%
(oder 2.5%) fällt
3. Wenn ja, Nullhypothese verwerfen
& Alternativhypothese annehmen –
wenn nein, Nullhypothese
beibehalten

t -Test
Verteilung

t -Test *Verteilung*

- Wird ein t -Test berechnet, so fällt das Ergebnis (ein t -Wert) in die t -Verteilung
= Verteilung aus lauter Mittelwertsunterschieden
- Kritischer Wert, an dem z. B. die äußeren 5% beginnen, ist von der Anzahl von Freiheitsgraden abhängig!



t-Test *Verteilung*

- Für jede Gruppe muss von n ein Freiheitsgrad abgezogen werden
 - z. B. zwei Gruppen à 100 VPn:
 - $df = 198$
- Jeweiliger kritischer Wert kann in der Tabelle der *t*-Verteilung nachgeschlagen werden!
- Bei einseitiger Testung auf dem 5%-Niveau wäre folgender *t*-Wert nachzuschlagen:
 - $t_{(198;0.95)}$

t -Test für unabhängige SP

Berechnung

A large, golden maze with a person standing in the center, looking out. The maze is made of raised, golden walls and is set against a dark background. The person is a small figure in the distance, wearing a light-colored dress, standing in a path that leads towards the center of the maze. The lighting is dramatic, with the maze walls catching the light and creating strong shadows.

Fragestellung:

Unterscheiden sich Frauen
und Männer in ihrem
Handy-Konsum pro Tag?
Ungerichtete Hypothese

Handy-Konsum pro Tag

Vorgehen

- Erhebung der Dauer des Handy-Konsums in Minuten bei 100 Frauen und Männern
- Je 100 Werte pro Gruppe
 - Jeweils Berechnung eines Gruppenmittelwerts
- Prüfen, ob diese Mittelwerte weit genug auseinander liegen, um ein signifikantes Ergebnis zu erhalten

Handy-Konsum pro Tag

Vorgehen

- Je 100 Werte pro Gruppe
 - Berechnung der Gruppenmittelwerte

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$$

- Streuung im Nenner: $s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{s^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$
= Standardfehler der Mittelwertsdifferenz

Handy-Konsum pro Tag

Vorgehen

- Frauen $\bar{x}_1 = 73$ min Männer $\bar{x}_2 = 72$ min
- Streuung $s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = 0.5$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}} \quad t = \frac{73 - 72}{0.5} = 2$$

- Nachschlagen in Tabelle bei $t_{(198;0.975)} = 1.972$ – das ist der kritische Wert
- Unser t -Wert von 2 ist größer, daher signifikantes Ergebnis!
 - Frauen und Männer unterscheiden sich signifikant in ihrem Handy-Konsum



Interpretation:

Wie sag' ich's Tante Erna?



Interpretation

t-Test unabhängige GP

„Frauen und Männern unterscheiden sich signifikant in ihrem täglichen Handy-Konsum.“

(signifikanter t -Wert)

„Frauen sind durchschnittlich signifikant länger am Handy als Männer.“

(Frauen = 73 min, Männer = 72 min)

t -Test für abhängige SP

Berechnung



Fragestellung:

Sehen Erwachsene werktags
weniger aufs Handy als am
Wochenende?

Gerichtete, linksseitige
Hypothese

Handy-Konsum

Vorgehen

- 100 Werte – nur eine Gruppe! $df = N - 1$
 - Berechnung der Differenzwerte der einzelnen VPn

$$t = \frac{\bar{x}_d}{s_{\bar{x}_d}}$$

- Streuung im Nenner: $s_{\bar{x}_d} = \frac{s_d}{\sqrt{N}}$
- Rest analog zum t -Test für unabhängige Stichproben

t -Test

Mit SPSS



t -Test

Effektstärke bestimmen

t -Test

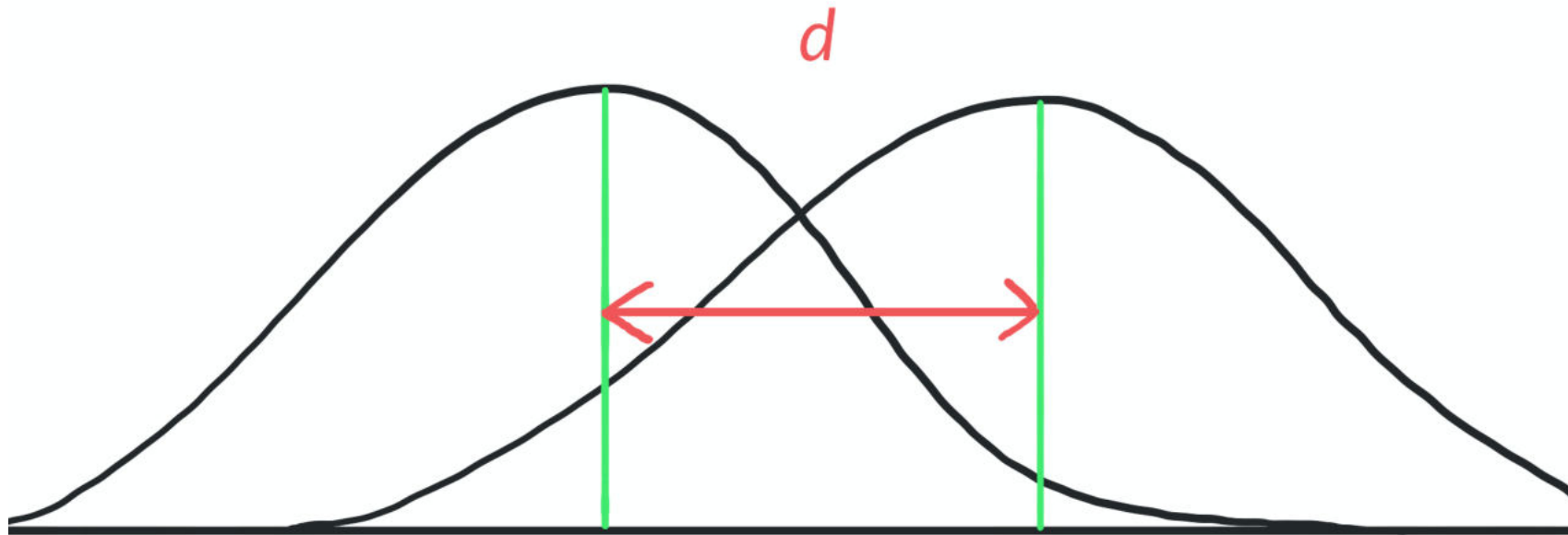
Vorgehen

- Hypothese aufstellen
- Voraussetzungen überprüfen
- Populationseffekt bestimmen (aus Studien oder Meta-Analysen)
- Signifikanzniveau festlegen
- Power-Analyse: Umfang der Stichprobe bestimmen
- Überprüfung auf Signifikanz mit SPSS
- **Effektstärke bestimmen**
- Interpretation des Ergebnisses

t -Test

Effektstärke d bestimmen

= Standardisiertes Abstandsmaß bei
Mittelwertsunterschieden



t-Test

Effektstärke d bestimmen

Formel für unabhängige Stichproben:

$$d = \frac{\mu_A - \mu_B}{\sigma_{AB}} = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{s_{AB}}$$

$$s_{AB} = \sqrt{\frac{s_A^2 + s_B^2}{2}} \quad \text{bei gleichen Stichprobengrößen}$$

$$s_{AB} = \sqrt{\frac{s_A^2 n_A + s_B^2 n_B}{n_A + n_B}} \quad \text{bei ungleichen Stichprobengrößen}$$

- Berechnung händisch oder vielleicht doch lieber mit G*Power...

t-Test

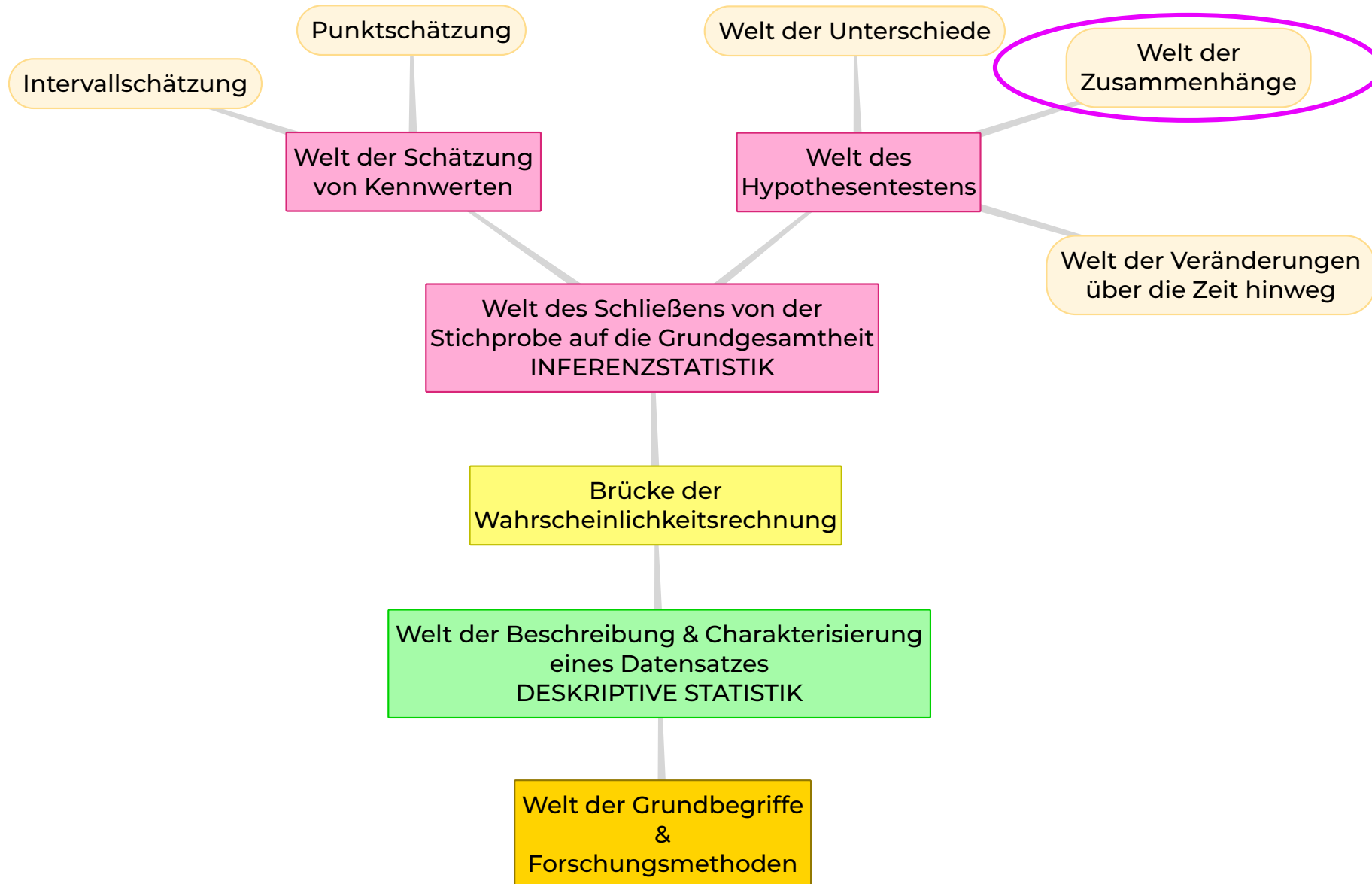
Effektstärke d bestimmen

Stärke des Effekts:

- Vom jeweiligen Forschungsgebiet abhängig!
- Im Zweifel:
 - Konventionen nach Cohen (1988)
- $|d| = 0.2$ kleiner Effekt
- $|d| = 0.5$ mittlerer Effekt
- $|d| = 0.8$ großer Effekt

Chi-Quadrat-Test

Was? Wofür?



χ^2 -Test

Was?

Überprüft die Unabhängigkeit
zweier nominalskalierter
Merkmale

χ^2 -Test

Wofür?

- Um festzustellen, ob zwischen zwei nominalskalierten Merkmalen ein signifikanter Zusammenhang besteht

Chi-Quadrat-Test

Beispiel

Chi-Quadrat-Test

Beispiel

Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Geschlecht & der Wahl einer Dating-App?

Stichprobe:

- 20 Frauen & 20 Männer

Dating-Apps/Singlebörsen:

- Parship & Tinder

Chi-Quadrat-Test

Beispiel

Kreuz- oder
Kontingenz-
tabelle

	Weiblich	Männlich	Zeilensummen:
Parship	14	3	17
Tinder	6	17	23
Spaltensummen:	20	20	N = 40

Chi-Quadrat-Test

Berechnung

Chi-Quadrat-Koeffizient

Grundprinzip

Vergleich der

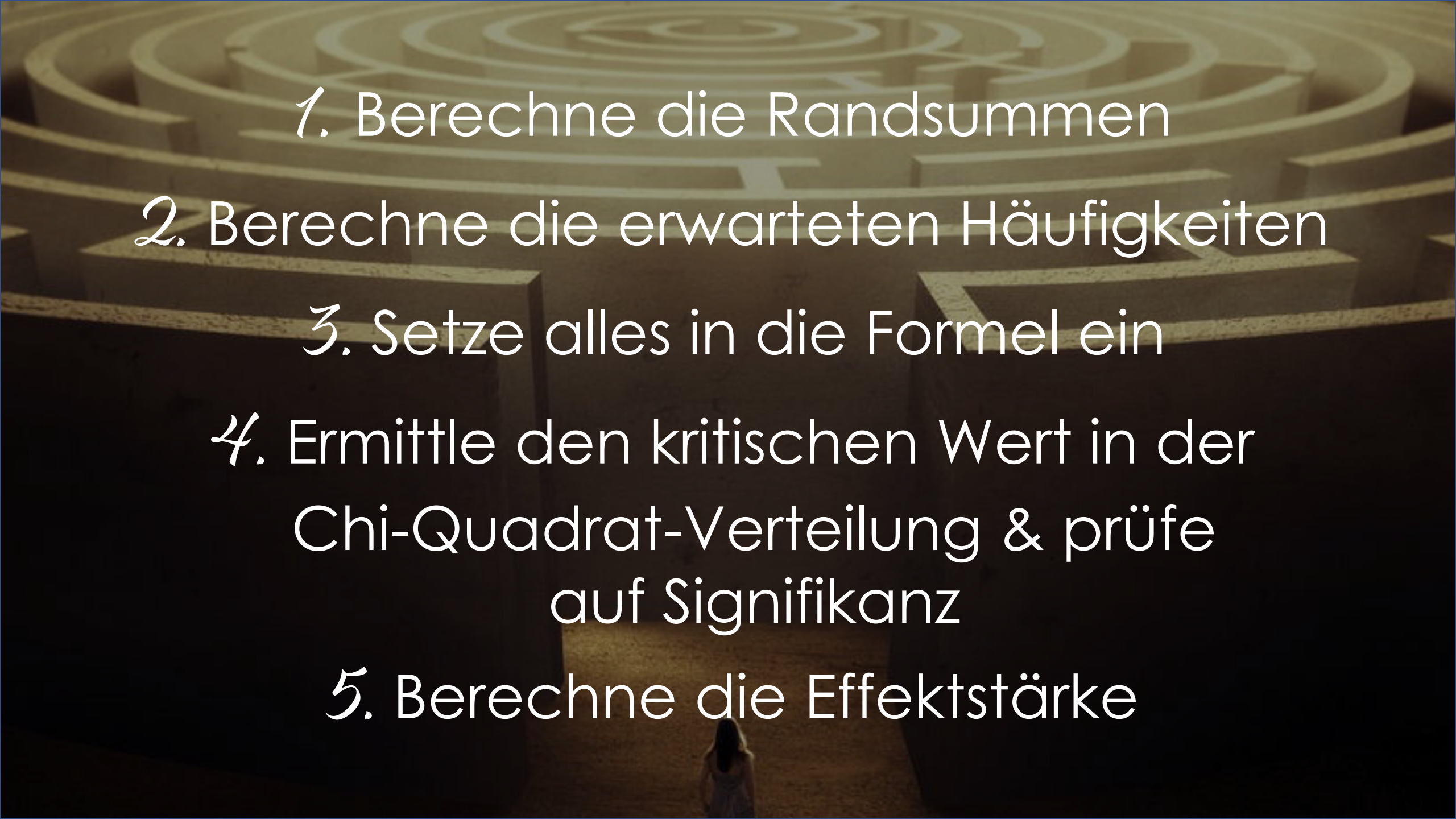
- tatsächlich beobachteten Häufigkeiten
mit den
 - bei Unabhängigkeit erwarteten Häufigkeiten
- Unabhängigkeit = kein Zusammenhang

Chi-Quadrat-Koeffizient

Formel

$$x^2 = \sum_{\text{alle Zellen}} \frac{(\text{beobachtete Häufigkeit} - \text{erwartete Häufigkeit})^2}{\text{erwartete Häufigkeit}}$$

Wenn es (signifikante) Abweichungen zwischen den tatsächlich beobachteten & den theoretisch erwarteten Häufigkeiten gibt, liegt ein Zusammenhang vor

- 
1. Berechne die Randsummen
 2. Berechne die erwarteten Häufigkeiten
 3. Setze alles in die Formel ein
 4. Ermittle den kritischen Wert in der Chi-Quadrat-Verteilung & prüfe auf Signifikanz
 5. Berechne die Effektstärke

A large, circular maze with a person standing in the center, looking out at the complex paths. The maze is constructed from light-colored concrete or stone walls, creating a series of concentric and irregular paths. The person is a small figure in the distance, wearing a light-colored dress, standing in a central opening of the maze. The lighting is warm and golden, suggesting a sunset or sunrise, with long shadows cast across the maze's walls.

1. Schritt:

Berechne die
Randsummen

Randsummen

	Weiblich	Männlich	Zeilensummen:
Parship	14	3	17
Tinder	6	17	23
Spaltensummen:	20	20	N = 40



2. Schritt:

Berechne die
erwarteten Häufigkeiten

Erwartete Häufigkeiten

Formel

Erwartete Häufigkeit → $m_{ij} = \frac{n_{i.} \cdot n_{.j}}{N}$

Zeilensumme → $n_{i.}$

Spaltensumme → $n_{.j}$

↑
Gesamtstichprobe N

Erwartete Häufigkeiten

Berechnung

$$m_{ij} = \frac{n_{i.} \cdot n_{.j}}{N} = \frac{20 \cdot 17}{40} = 8.5$$

	Weiblich	Männlich	Zeilensummen:
Parship	14	3	17
Tinder	6	17	23
Spaltensummen:	20	20	N = 40

Erwartete Häufigkeit sind 8.5, es wurden jedoch 14 beobachtet

A large, circular maze with a person standing in the center, looking out. The maze is made of concrete walls and is illuminated from above, creating a dramatic play of light and shadow. The person is small in the frame, emphasizing the vastness of the maze.

3. Schritt:

Setze alles in die
Formel ein

Chi-Quadrat-Koeffizient

Berechnung

$$\chi^2 = \frac{(14 - 8.5)^2}{8.5} + \frac{(6 - 11.5)^2}{11.5} + \frac{(3 - 8.5)^2}{8.5} + \frac{(17 - 11.5)^2}{11.5} = 12.377$$



4. Schritt:

Ermittle den kritischen Wert in
der Chi-Quadrat-Verteilung
& prüfe auf Signifikanz

Chi-Quadrat-Test

Berechnung

- $\chi^2 = 12.377$
- Ermittle den kritischen χ^2 -Wert in der χ^2 -Verteilung
 - $df = (k - 1) \cdot (l - 1) = (2 - 1) \cdot (2 - 1) = 1$
 - $\chi^2_{(1;0.95)} = 3,84$
- Der gefundene χ^2 -Wert von 12.377 ist deutlich größer als der kritische Wert
 - Signifikanter Zusammenhang zwischen dem Geschlecht & der Wahl einer Dating-App!

A large, circular maze with a person standing at the center, looking out at the complex paths. The maze is made of light-colored walls on a dark floor. The person is a small figure in the distance, wearing a light-colored dress. The overall scene is dimly lit, with a warm, golden glow from the center of the maze.

5. Schritt:

Berechne die Effektstärke
mit Online-Rechnern wie
Psychometrica



Interpretation:

Wie sag' ich's Tante Erna?



Interpretation

Chi-Quadrat

„Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und der Nutzung einer Dating-App.“

„Frauen neigen eher zu Parship, Männer eher zu Tinder.“

➤ Letzteres lässt sich aus der Tabelle herauslesen!

SPSS

Praktische Anwendung



SPSS

Wo findet man Datensätze?

- **Windows:** C:/Programme/IBM/SPSS/Statistics/26 (oder eine andere Version)/Samples/German
- **Mac:** Im Finder: Applications oder Programme/IBM/SPSS/Statistics/26 (oder eine andere Version)/Samples/German
- **Datensätze von Andy Field:**
<https://edge.sagepub.com/field5e/student-resources/datasets>



Geschafft!
Zeit für eine fette
Belohnung...

Dankeschön fürs Mitmachen!
Und jetzt heißt's üben!



Verwendete Literatur



- Bortz, J., & Schuster, C. (2017). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Bühner, M., & Ziegler, M., (2008): *Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. München [u.a.]: Pearson.
- Eid, M., Gollwitzer, M., & Schmitt, M. (2010): *Statistik und Forschungsmethoden*. Lehrbuch ; mit Online-Materialien. 1. Aufl. Weinheim [u.a.]: Beltz.
- Field, A. (2018). *Discovering Statistics using IBM SPSS Statistics*. London: SAGE.
- Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W., & Naumann, E. (2010): *Quantitative Methoden 1*. Berlin: Springer.
- Sedlmeier, P., & Renkewitz, F. (2018). *Forschungsmethoden und Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. München: Pearson.

Nachweis *Bilder*

- Alle Bilder © 123RF.com
- Ausnahme: Rosa Chamäleon-Kopf – von Unsplash