

M24 Statistik 1: Wintersemester 2023/24

# Vorlesung 02: Messen in der Psychologie

Prof. Matthias Guggenmos

Health and Medical University Potsdam

17.10.2023





Zur Erinnerung – folgende Hypothesen haben Sie das letzte Mal aufgestellt:

**Hypothese 1:** Die Blaufärbung der Haare ist ein reines Tik-Tok-Phänomen. *Betroffene sollten daher mehr Zeit auf der Social-Media-Plattform TikTok verbringen als Nicht-Betroffene.*

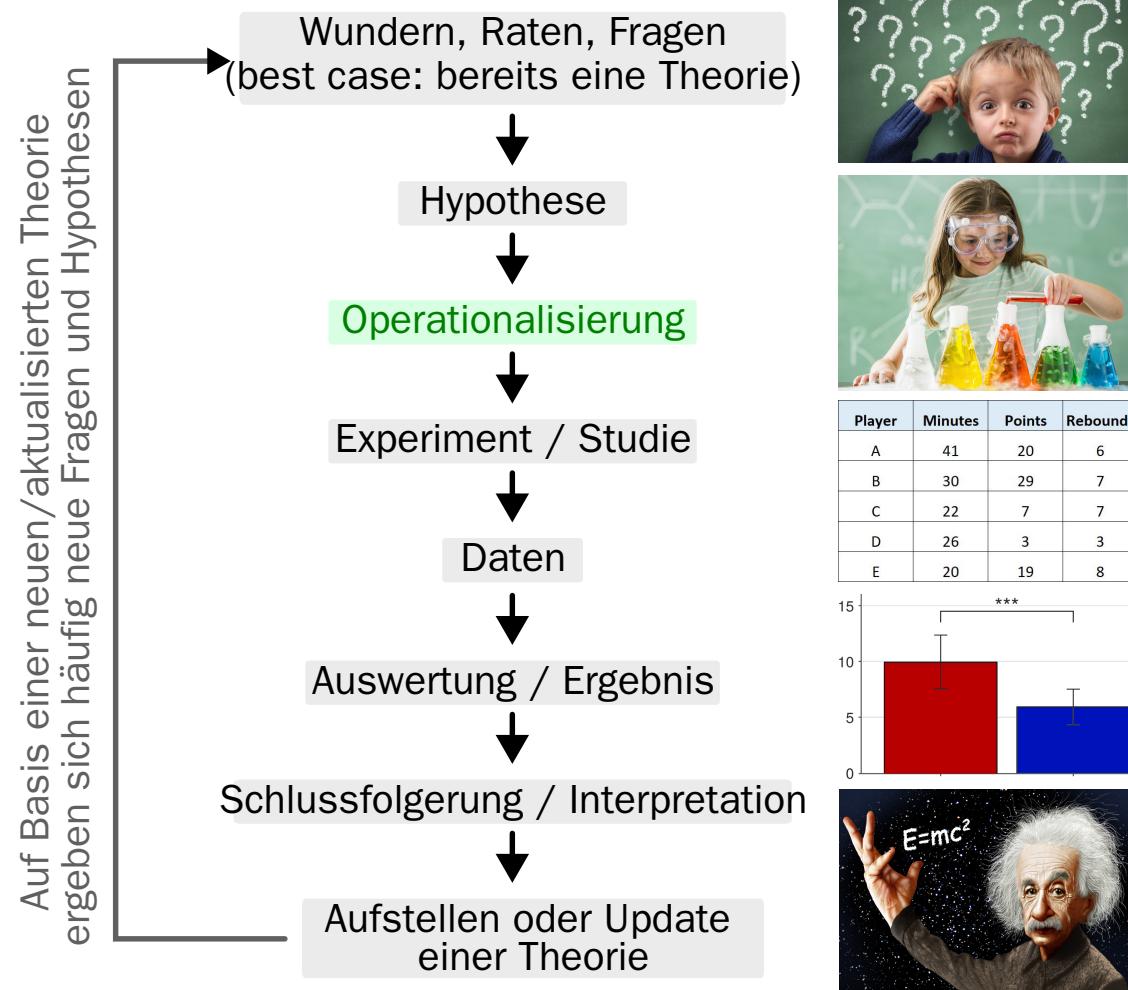
**Hypothese 2:** Paradoxa wird durch eine virale Infektion verursacht. *Die Blutproben von Betroffenen sollten daher eine höhere Konzentration von Entzündungsmarkern aufweisen als Nicht-Betroffene.*



Ihr Auftrag ist nun, Studien durchzuführen, um diese Hypothesen zu testen.

Die Fragen für heute sind: wie könnte das **Design** solcher Studien aussehen? Und **welche Form haben die Daten**, die dabei erhoben werden?

# Der Forschungsprozess

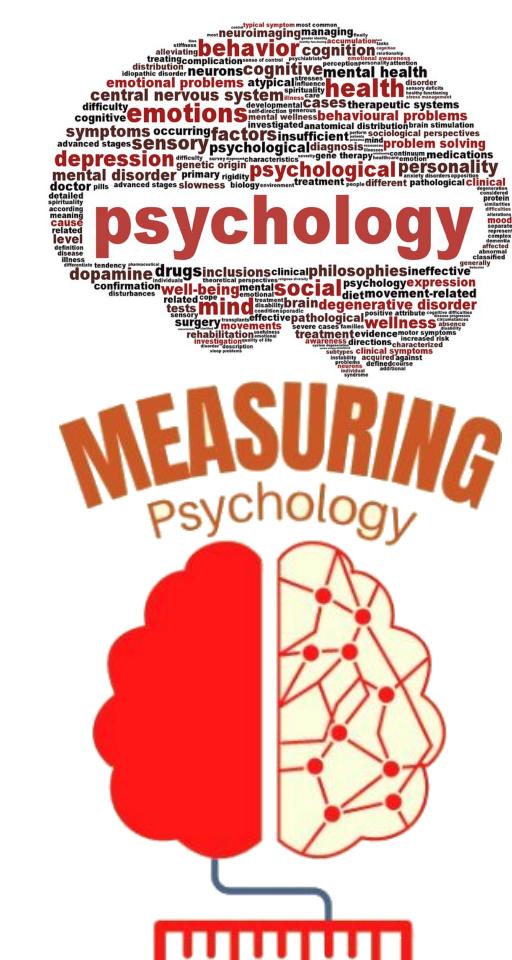


Player	Minutes	Points	Rebounds
A	41	20	6
B	30	29	7
C	22	7	7
D	26	3	3
E	20	19	8



# Ohne Maßband oder Waage – Wie misst man Psyche?

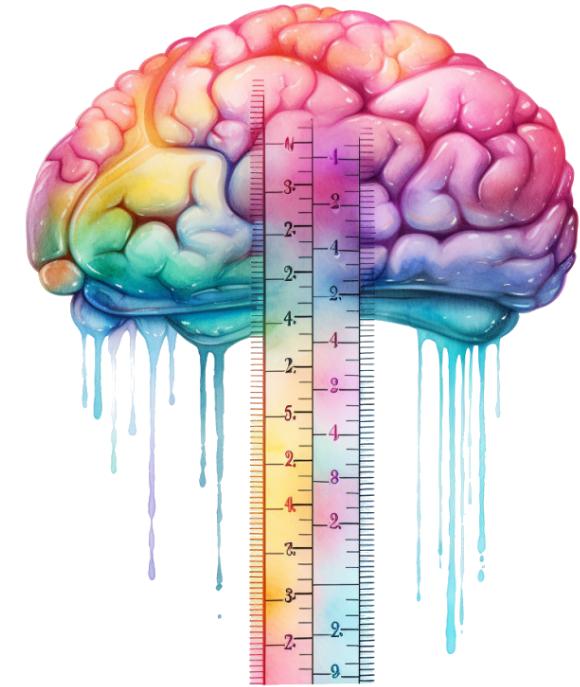
- Die meisten Variablen menschlicher Psychologie sind keine “natürlichen Größen”, die sich mit konventionellen Instrumenten (z.B. Meterstab) messen ließen – sie sind latent.
- In der Regel basieren diese Variablen auf bestimmten Vorstellungen oder Theorien über die Psyche (Optimismus, Ängstlichkeit, Intelligenz, usw.) – man spricht hier auch von **Konstrukten**.
- Um messbar zu werden, müssen Konstrukte **operationalisiert** werden, d.h. es müssen manifeste messbare **Variablen** definiert werden, die – ggf. in Kombination (z.B. Fragebogen) – Rückschluss auf das Konstrukt erlauben.



Bildnachweis<sup>1</sup>

# Skala und Skalenniveau

- Eine **Skala** bezeichnet in der Psychologie die systematische Zuordnung der Ausprägungen eines empirischen Merkmals (z.B. Depressivität, Konzentrationsfähigkeit, Stresslevel) zu Zahlenwerten oder Kategorien.
- Diese Zuordnung erfolgt entweder mit einem Messinstrument oder einer Messvorschrift
  - Messinstrumente: Test zur Bestimmung der Cortisolkonzentration im Speichel, Eyetracking-Gerät, EEG-Gerät, ...
  - Beispiele Messvorschriften: Fragebogen, strukturiertes Interview, psychologischer Test
- Kurz gesagt: die Messung einer **Variablen** erfordert eine **Skala**
- Skalen werden in verschiedene **Skalenniveaus** unterteilt, deren Aussagekraft sich unterscheidet:
  - Nominalskala
  - Ordinalskala
  - Intervallskala
  - Verhältnisskala



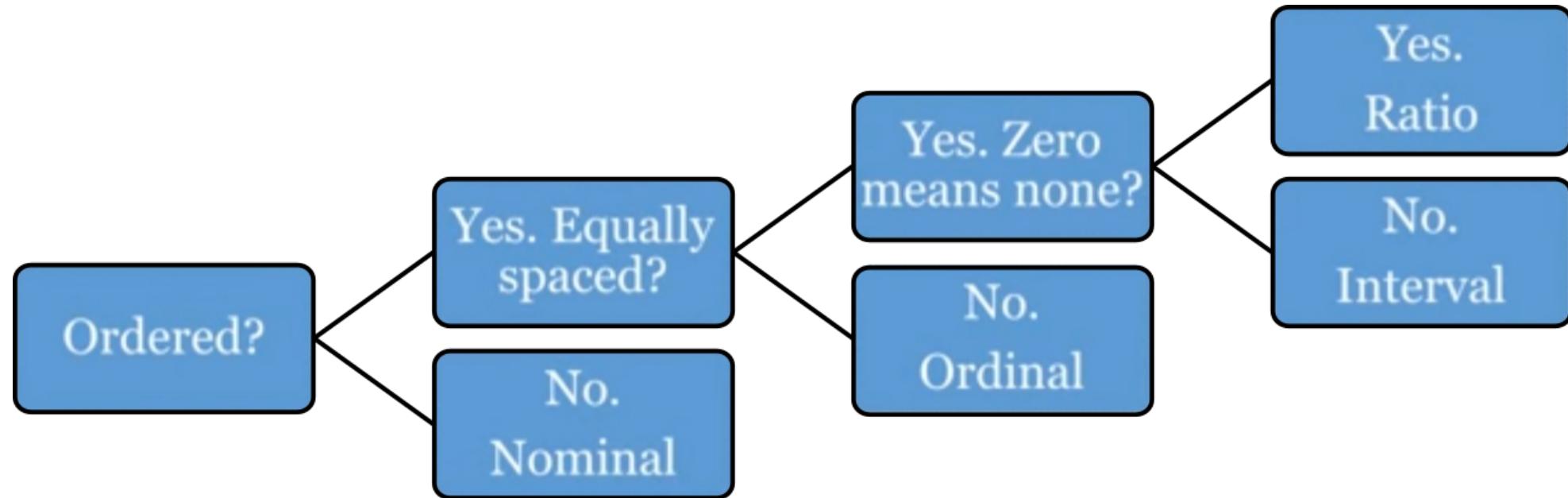
# Skalenniveaus

Kategoriale / qualitative Skalenniveaus		
Nominalskala	Verschiedene Ausprägungen des Merkmals entsprechen qualitativen (zumeist verbalen) Kategorien	Studiengang (Psychologie, Medizin, ...), Geschlecht (männlich / weiblich)
Ordinalskala	Wie Nominalskala, aber die Kategorien lassen sich in eine natürliche Reihenfolge bringen; daher häufig mit Zahlen benannt, diese Zahlen stellen aber kein "Ausmaß" dar	Likert-Rating (z.B. Skala von 1 bis 10), Bildungsstand (Mittelschule, Abitur, Studium, Doktor, ...)
Metrische / quantitative Skalenniveaus (immer Zahlenwerte!)		
Intervallskala	Zahlenwerte; Abstände zwischen zwei Werten sind interpretierbar	Schulnote (Note 1-6), IQ (96, 114, ...)
Verhältnisskala	Wie Intervallskala, aber es gibt einen natürlichen Nullpunkt und daher können Verhältnisse gebildet werden (z.B. "doppelt so viel Einkommen in €")	Anzahl Freunde (2, 6, ...), Körpergröße (173cm, 199cm, ...)



Skalenniveaus werden manchmal mit den Etagen eines Hauses verglichen, wobei die Nominalskala die niedrigste Etage darstellt. In der Abbildung wird zusätzlich zwischen Intervall- und Absolutskala unterschieden. Im Gegensatz zur Verhältnisskala, bei der die Einheiten häufig frei gewählt werden können (Meter oder Zentimeter, Euro oder Cent, ..), basiert die Absolutskala auf der natürlichen Einheit "Anzahl" (Anzahl Personen, Anzahl richtiger Antworten, usw.). Davon abgesehen sind Verhältnis- und Absolutskala identisch und die genannte Unterscheidung ist ohne weitere praktische Relevanz.

# Skalenniveau: Entscheidungsbaum



Bildnachweis<sup>2</sup>



**Achtung bei Nominalskalen:** zum Teil werden den Ausprägungen einer nominalskalierten Variable Zahlen zugeordnet (die sog. Kodierung – Beispiel Haarfarbe: “hellblond” = 1, “dunkelblond” = 2, “hellbraun” = 3, usw.). Diese Kodierung ändert aber nichts an den Eigenschaften der Variable, insbesondere dürfen nominalskalierte Variablen auch nach der Kodierung nicht miteinander verechnet werden (d.h. keine Addition, kein Verhältnis, kein Mittelwert, usw.).



Codierung:

1      2      3      4      5      6

# Skalenniveaus: Zusammenfassung

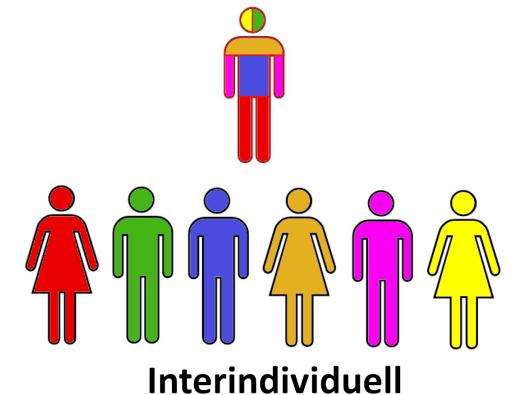
Skalenniveau	Variabletypen	Messbare Eigenschaften			Beispiele	
Nominal	kategorial, dichotom	Häufigkeiten			Studiengang, Geschlecht	
Ordinal	diskret	Häufigkeiten	Rangfolge			
Intervall	diskret, kontinuierlich	Häufigkeiten	Rangfolge	Abstand interpretierbar	Schulnote (idealerweise), IQ	
Verhältnis	diskret, kontinuierlich	Häufigkeiten	Rangfolge	Abstand interpretierbar	Natürlicher Nullpunkt	Anzahl Freunde, Körpergröße

# Was ist eine Variable?

- Die Grundannahme psychologischer Forschung ist, dass sich Erleben und Verhalten durch bestimmte Merkmale messen und beschreiben lässt
- Diese Merkmale sind in aller Regel *variabel*, sowohl innerhalb eines Individuums (intraindividuell), als auch zwischen Individuen (interindividuell)

Variables Merkmal = Variable

Intraindividuell



## Beispiele

- Intraindividuelle Variable (unterschiedliche Werte bei einer Person über die Zeit): Müdigkeit einer Person über den Tagesverlauf; Hippocampusvolumen einer Person zu verschiedenen Jahreszeiten
- Interindividuelle Variable (unterschiedliche Werte bei verschiedenen Personen): Alter verschiedener Personen; Intelligenzquotient verschiedener Personen

# Variablenarten

Variablen können verschiedene Arten von Ausprägungen aufweisen:

Typ	Quali/Quanti	Definition	Skala	Beispiele
Dichotom	Qualitativ (=Kategorien)	Zwei mögliche Ausprägungen	Nominal	schwanger/nicht schwanger, Raucher/Nichtraucher
Kategorial	Qualitativ (=Kategorien)	Eine begrenzte Zahl von Ausprägungen	Nominal, Ordinal	Haarfarbe, Schulabschluss, Musikgeschmack
Diskret	Quantitativ (=Zahlenwerte)	Gestufte Ausprägungen, die sich der Größe nach ordnen lassen	Ordinal, Intervall, Verhältnis	Anzahl von Geschwistern, Schulnoten
Kontinuierlich	Quantitativ (=Zahlenwerte)	Stufenlose Ausprägung	Intervall, Verhältnis	Alter, Intelligenz



Die Art der Ausprägung einer Variable ist eine wichtige Information für die Auswahl einer geeigneten deskriptiven oder inferentiellen statistischen Methode

# Manifeste und Latente Variablen

## Manifeste Variable

Direkt messbar oder beobachtbar

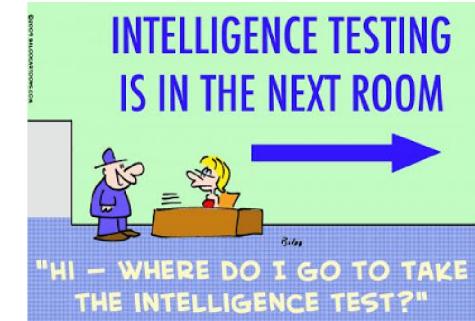
Alter, Geschlecht, Herzfrequenz, Schulnoten, Einkommen



## Latente Variable

Nicht direkt messbar oder beobachtbar  
– die Ausprägungen der Variablen müssen erschlossen werden

Intelligenz, Einstellung gegenüber Minderheiten, Wohlbefinden



In der Psychologie basieren viele Variablen auf theoretischen Konstrukten (wie Intelligenz) und können daher nicht direkt beobachtet, abgefragt oder gemessen werden 😞.

Latente Variable sind daher eher die Regel als die Ausnahme.

# Abhängige und unabhängige Variablen

In vielen Studien wird eine Variable in verschiedenen Studien- oder Experimentalbedingungen gemessen.

Um Studierende etwas zu verwirren (😉) werden auch die Studien- bzw. Experimentalbedingungen als Variablen bezeichnet, genauer als **unabhängige Variablen**. Sie sind unabhängig, weil sie i.d.R. von den Durchführenden einer Studie frei bestimmt werden.

Die tatsächlich gemessene Variable wird demgegenüber als **abhängige Variable** bezeichnet, da die Werte der Variable in Abhängigkeit von der jeweiligen Studien- bzw. Experimentalbedingung unterschiedlich ausfallen können.

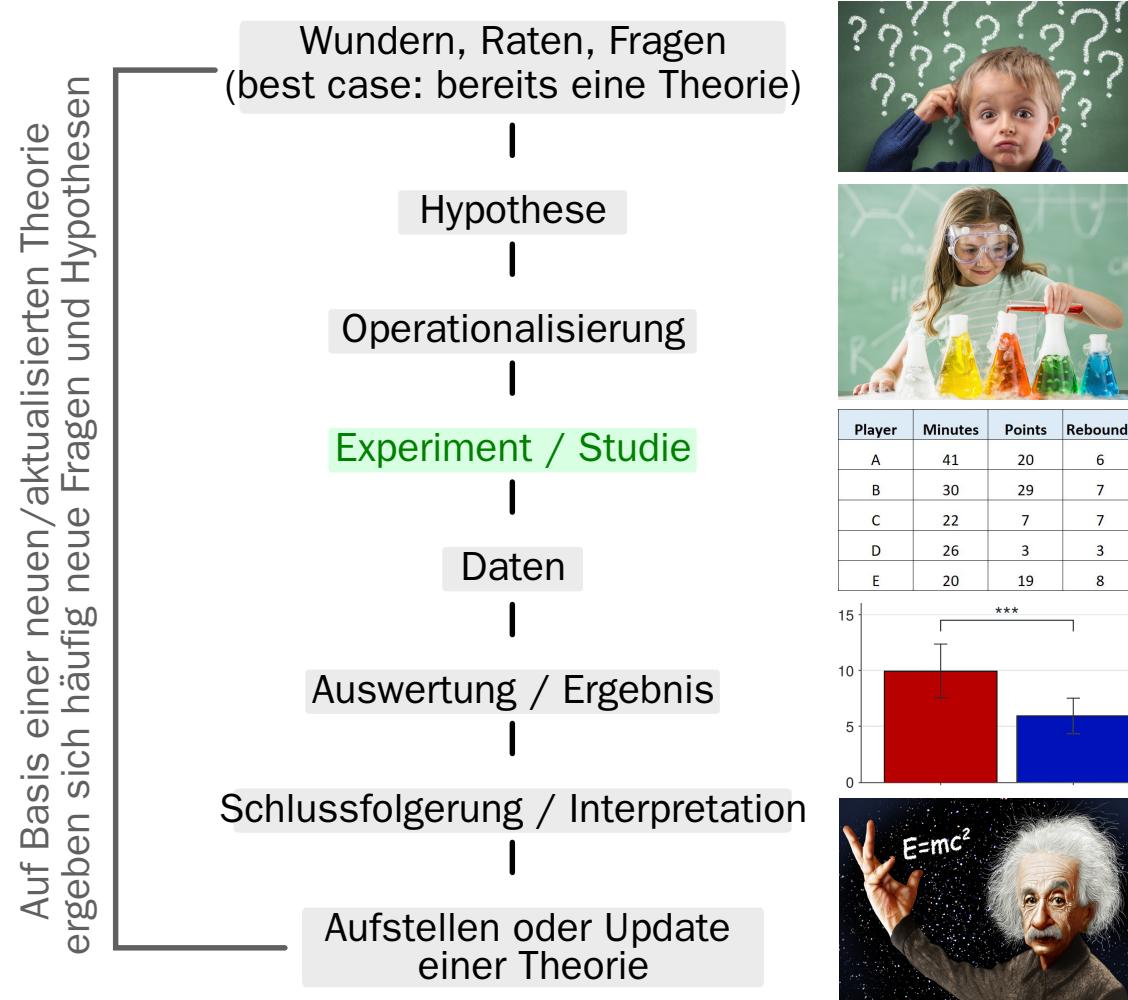


## Beispiele

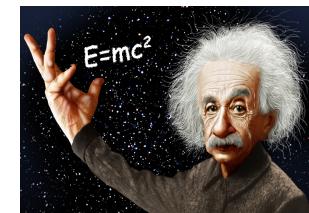
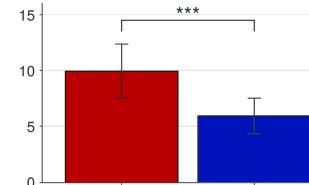
<b>Unabhängige Variable</b>	Gruppenzugehörigkeit (z.B. Patienten vs. Kontrollen), Experimentalbedingungen (z.B. mit versus ohne Aufmerksamkeit, Messzeitpunkt 1 versus Messzeitpunkt 2)
<b>Abhängige Variable</b>	Herzrate, Fragebogenscore, Anzahl von Fehlern in einer Aufgabe

# Das Experiment

# Der Forschungsprozess



Player	Minutes	Points	Rebounds
A	41	20	6
B	30	29	7
C	22	7	7
D	26	3	3
E	20	19	8



# Was ist ein Experiment?

- Ein Experiment ist eine Überführung der Forschungsfrage in eine objektivierbare und quantifizierbare Untersuchung
- Im Zentrum des Experimentes steht die **unabhängige Variable**, durch die das Experiment in zwei oder mehr **experimentelle Bedingungen** unterteilt wird.

Defin  
ition

Ein **Experiment** ist eine **systematische Veränderung in einer unabhängigen Variable** (Treatment / Manipulation), mit dem Ziel, ursächlich eine **Veränderung in der abhängigen Variable** (d.h. der gemessenen Variable) herbeizuführen.

... was heißt das konkret?

# Beispiel

Was schmeck besser: Coca-Cola oder Pepsi Cola?

**Experiment:** Blindverkostung durch N Versuchspersonen, die jeweils Coca-Cola und Pepsi Cola in einem neutralen Gefäß probieren und auf einer Skala von 1 bis 10 bewerten.

- **Unabhängige Variable:** Getränkemarke (zwei Werte: Cola, Pepsi; kategorial)
- **Abhängige Variable:** Bewertung durch die Versuchspersonen (10 Werte, 1-10; diskret)



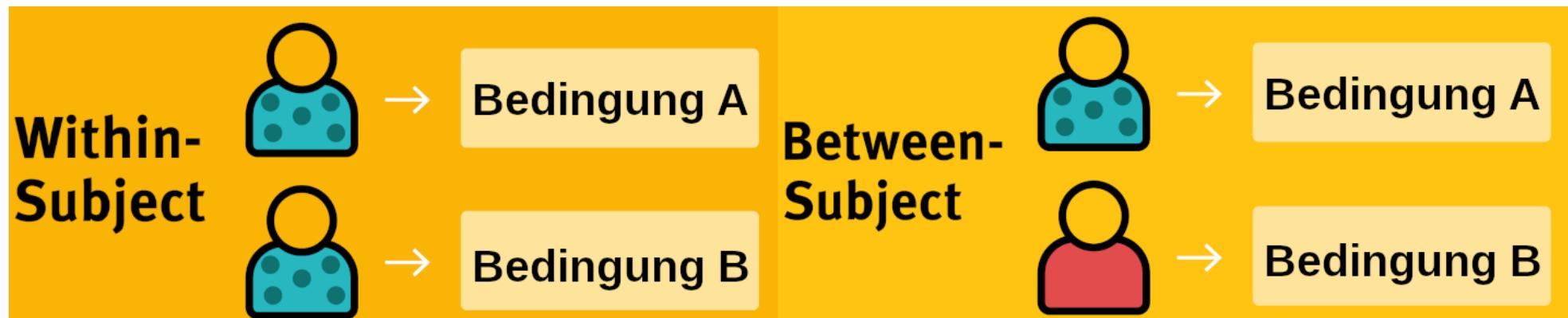
Im genannten Beispiel handelt sich um ein Experiment mit **within-subject Design**, da jede Versuchsperson alle (hier zwei) Bedingungen der unabhängigen Variable durchläuft.



Überlegen Sie: wie könnte das Experiment in einem between-subject Design aussehen?

# Within- und between-subject Design

Design	Definition	Beispiel
Within-subject	Alle Versuchspersonen durchlaufen alle Experimentalbedingungen	Jede VP probiert Cola und Pepsi
Between-subject	Verschiedene Versuchspersonengruppen durchlaufen jeweils nur eine Experimentalbedingung	Gruppe 1 probiert Cola, Gruppe 2 probiert Pepsi
Mixed	Mindestens eine Experimentalbedingung wird innerhalb der Teilnehmer variiert (within-subject) und eine Experimentalbedingung zwischen den Teilnehmern variiert (between-subject)	Gruppe 1 probiert Cola mit und ohne Eis, Gruppe 2 probiert Pepsi mit und ohne Eis



Bildnachweis<sup>3</sup>

# Within-subject & Messwiederholung (ein kleiner Rant)

Ein synonymer Begriff für das **within-subject Design** ist **Design mit Messwiederholung** (engl. repeated measures).

Messwiederholung bezeichnet, exakt wie das within-subject Design, die geplante Durchführung mehrerer Experimentalbedingungen an einer VP.

Messwiederholung ist ein recht unglücklich gewählter und verwirrender Begriff:

- Ursprünglich bezeichnet der Begriff er vermutlich allein die Messung einer VP zu verschiedenen Zeitpunkten (z.B. Test vor und nach einer Intervention). Hier ergibt der Begriff "Wiederholung" Sinn. In der heutigen Anwendung bezieht sich der Begriff Messwiederholung allerdings nicht nur auf den within-subject Faktor "Zeit" (mit verschiedenen Messzeitpunkten als within-subject Experimentalbedingungen), sondern *auf jede Art* von within-subject Faktor (z.B. mit und ohne Eis im Cola-Beispiel). "Wiederholung" verwirrt in diesem Zusammenhang, da unterschiedliche Experimentalbedingungen getestet werden (wenn auch in derselben Person).
- Experimente beinhalten häufig eine tatsächliche Art von Messwiederholung, nämlich die wiederholte Durchführung ein und derselben Experimentalbedingung (auch "Trial" genannt), um durch Mittelwertbildung die Präzision der Messung zu erhöhen. Hier wäre der Begriff Messwiederholung besser angebracht.
- Aus dem Begriff selbst wird nicht deutlich, dass eine Messung tatsächlich innerhalb derselben VP wiederholt wird – der Begriff *within-subject* ist hier präziser.

Der Ausdruck *Messwiederholung* oder *Repeated Measures* ist allerdings so verbreitet (in wissenschaftlichen Artikeln, Statistik-Software usw.), dass Sie ihn kennen sollten.

# Beispiel between-subject Design: das Asch-Experiment

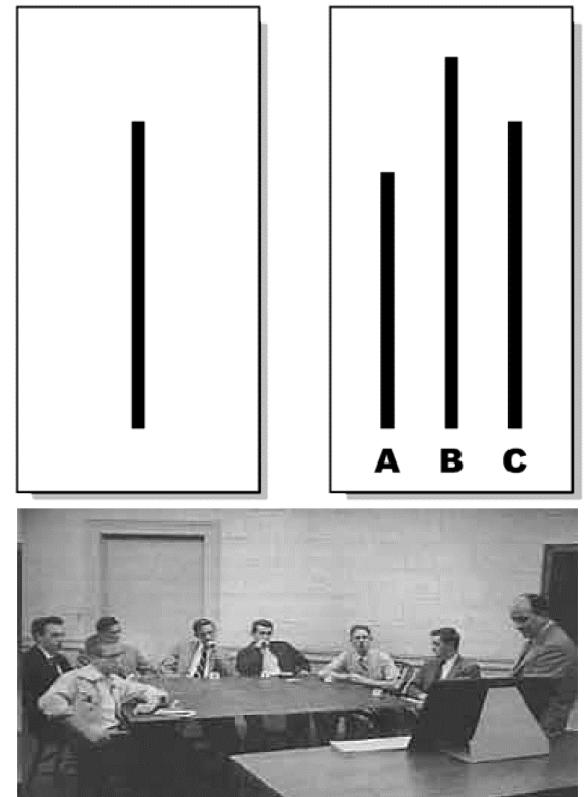
- Konstrukt: gruppenkonformes Verhalten
- Experiment: die Versuchsperson (VP) musste auswählen, welche von drei Vergleichlinien dieselbe Länge wie eine Referenzlinie hat. Außer der VP waren noch weitere vorgebliche VPen anwesend (in Wirklichkeit Vertraute der Experimentalleitung – die “Konfidenten”).
  - **Unabhängige Variable:** zwei Gruppen (Gruppe A: Konfidenten geben richtige Antworten; Gruppe B: Konfidenten geben in 2/3 der Fälle eine falsche Antwort)
  - **Abhängige Variable:** Prozentzahl der Fehler der VP

## Ergebnis:

- 1% Fehlentscheidungen in Kontrollgruppe
- 37% Fehlentscheidungen in der Experimentalgruppe

→ Die Operationalisierung des Konstruktes “gruppenkonformes Verhalten” entspricht hier also einem experimentellen Kontrast:

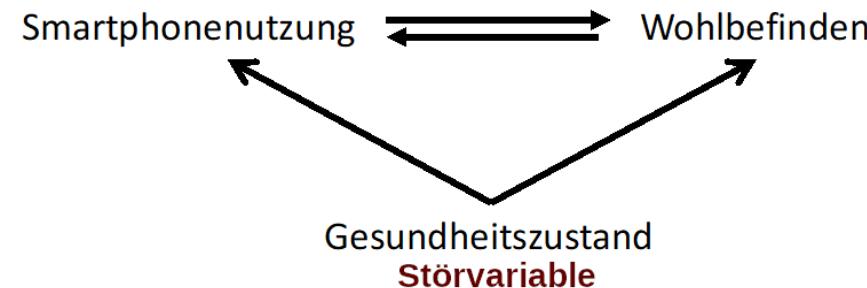
Fehlerrate Experimentalgruppe – Fehlerrate Kontrollgruppe



# Ist jede wissenschaftliche Studie ein Experiment?

Nein.

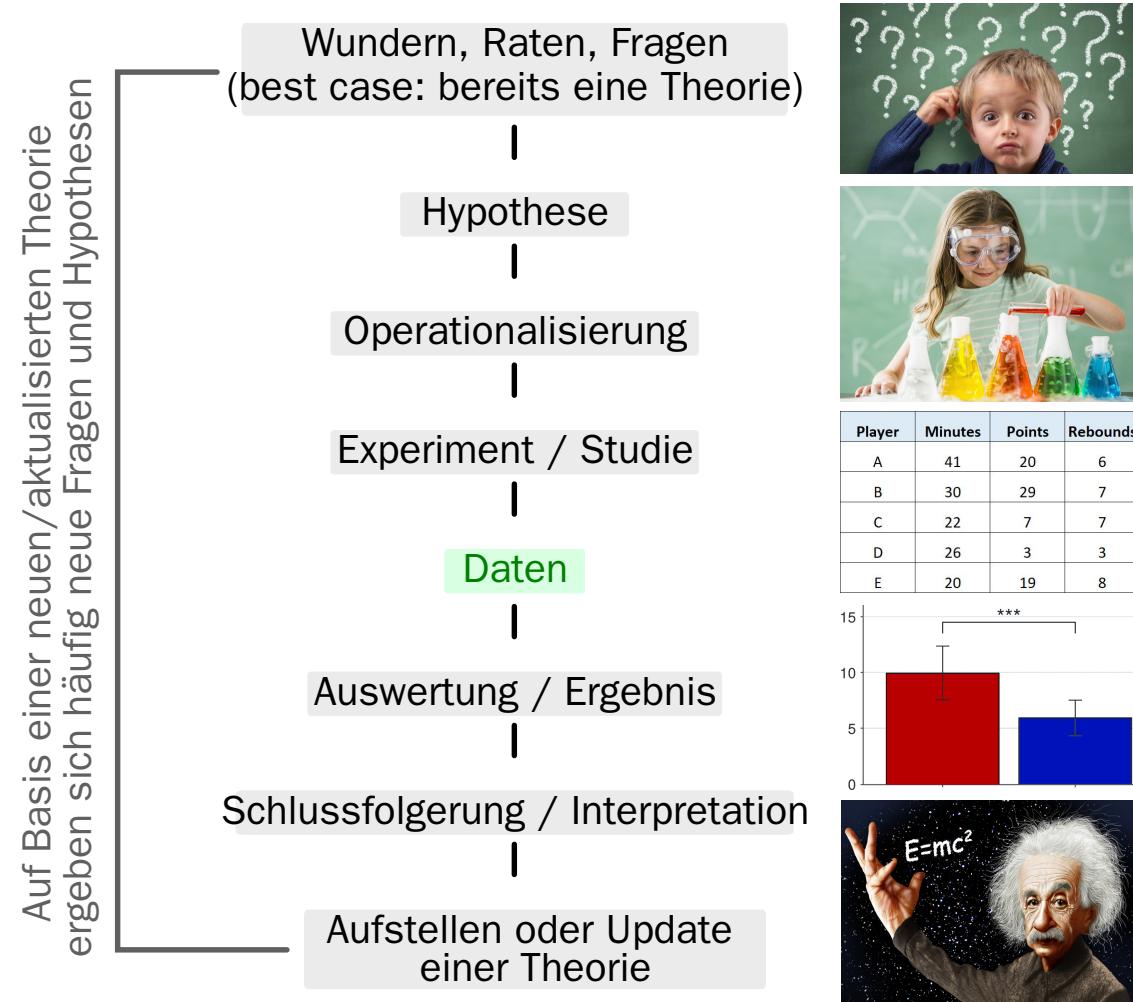
- In **Beobachtungsstudien** werden Phänomene oder Zusammenhänge *ohne Manipulation einer unabhängigen Variable* untersucht.
- Beispiele: Quasi-Experiment, Längsschnittstudien, Fall-Kontroll-Studie
- Im Gegensatz zum Experiment können in Beobachtungsstudien **keine kausalen Schlüsse** gezogen werden
- Warum? Jeder Unterschied zwischen Gruppen oder Zusammenhang zweier Variablen zwischen Personen kann immer auch durch (bekannte oder unbekannte) Störvariablen verursacht sein.



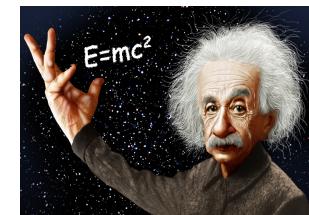
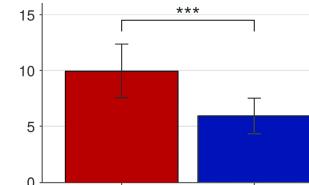
→ Mehr dazu im Modul Forschungsmethoden!

# Darstellung von Daten

# Der Forschungsprozess



Player	Minutes	Points	Rebounds
A	41	20	6
B	30	29	7
C	22	7	7
D	26	3	3
E	20	19	8



# Darstellung kategorialer Daten: die Häufigkeitstabelle

- **Reminder:** Kategoriale Variable = begrenzte Zahl von Ausprägungen; keine natürliche Reihenfolge

Häufigkeitsverteilung von Haarfarben unter Paradoxikern (N=800)		
Haarfarbe	Absolute Häufigkeit (n)	Relative Häufigkeit (%)
Blau (gefärbt)	440	55 %
Grün (gefärbt)	152	19 %
Braun (natürlich)	104	13 %
Blond (natürlich)	64	8 %
Schwarz (natürlich)	40	5 %



Bildnachweis<sup>4</sup>

- **Absolute Häufigkeiten:** geben an, wie oft die jeweiligen Ausprägungen einer Variable vorkommen (Anzahl)
- **Relative Häufigkeiten:** geben an, wie häufig die jeweiligen Ausprägungen in Bezug zu allen Fällen vorkommen (Prozent oder Anteil)

# Darstellung kategorialer Daten: die Häufigkeitstabelle

The screenshot shows the JASP software interface with the following components:

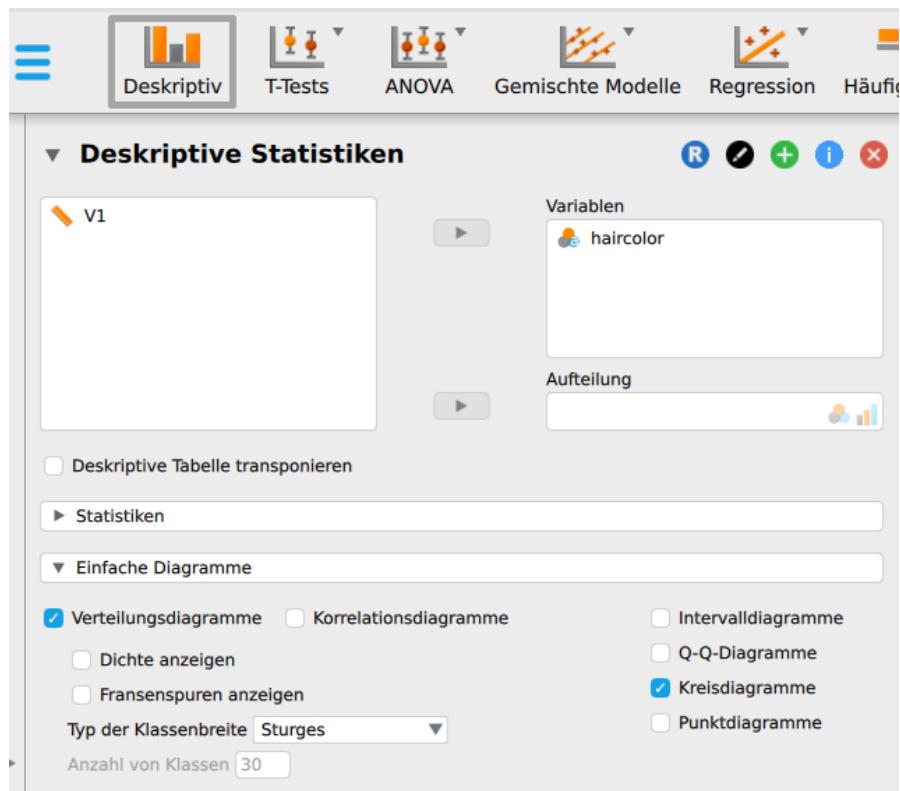
- Top Bar:** A navigation bar with icons for Descriptives, T-Tests, ANOVA, Mixed Models, Regression, Frequencies, Factor, and Visual Modeling.
- Left Panel (Descriptive Statistics):**
  - Variables:** A list containing "haircolor".
  - Aufteilung:** A button for distribution analysis.
  - Output Options:**
    - Deskriptive Tabelle transponieren
    - Statistiken
    - Einfache Diagramme
    - Einstellbare Diagramme
    - Häufigkeitstabellen
  - Maximale Anzahl verschiedener Werte:** A field set to 10.
  - Scaling Parameters:** A field set to 1.
- Right Panel (Results):**
  - Häufigkeitstabellen:** A section titled "Häufigkeiten für haircolor" with the following table:

haircolor	Häufigkeit	Prozent
Blau	440	55.000
Blond	64	8.000
Braun	104	13.000
Gruen	152	19.000
Schwarz	40	5.000
Fehlend	0	0.000
Gesamt	800	100.000

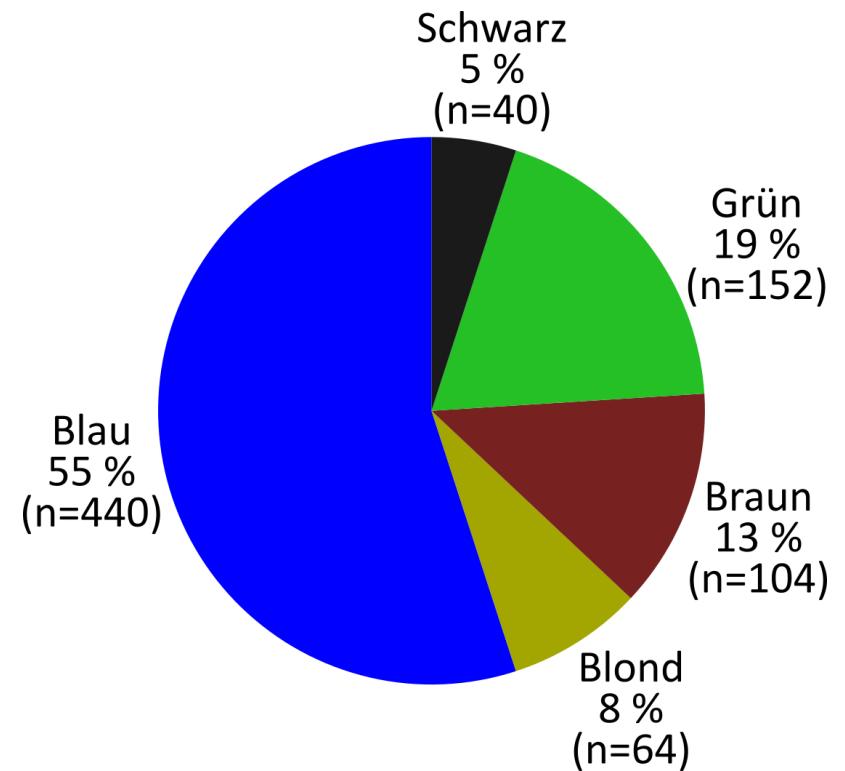
Darstellung von Häufigkeitstabellen in JASP

# Darstellung kategorialer Daten: Kreisdiagramme

- Vorteil: übersichtliche Darstellung der Verteilung kategorialer Variablen
- Nachteil: verschiedene Bedingungen können nicht direkt verglichen werden (zwei Kreisdiagramme notwendig)

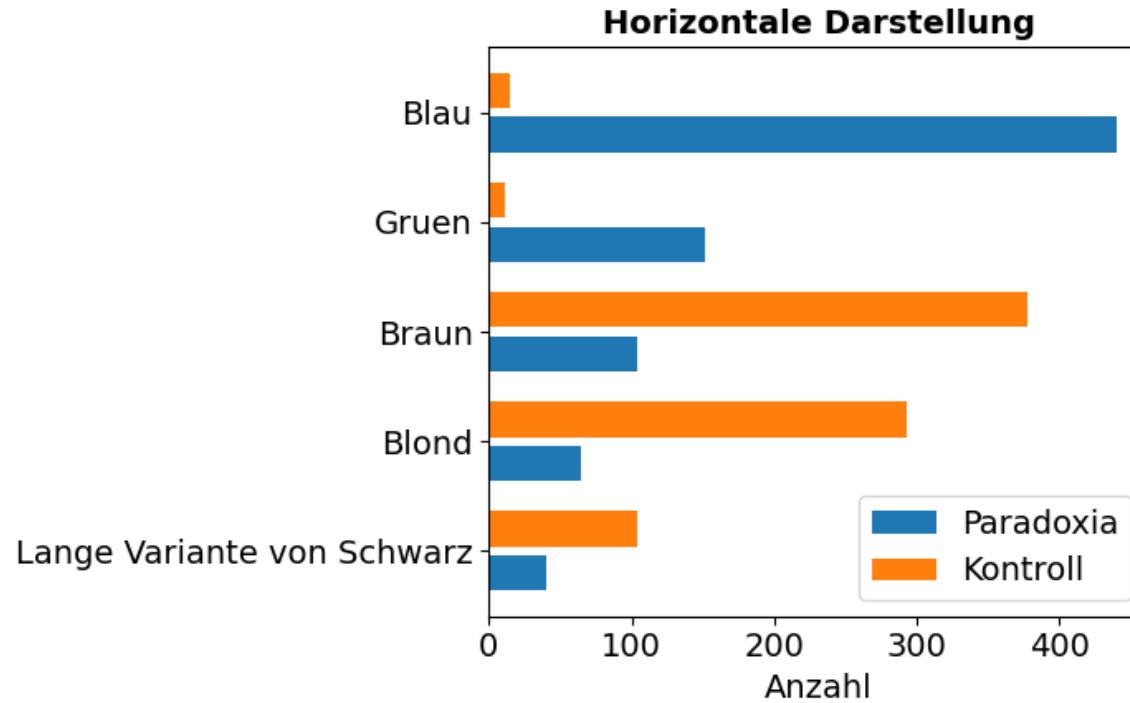
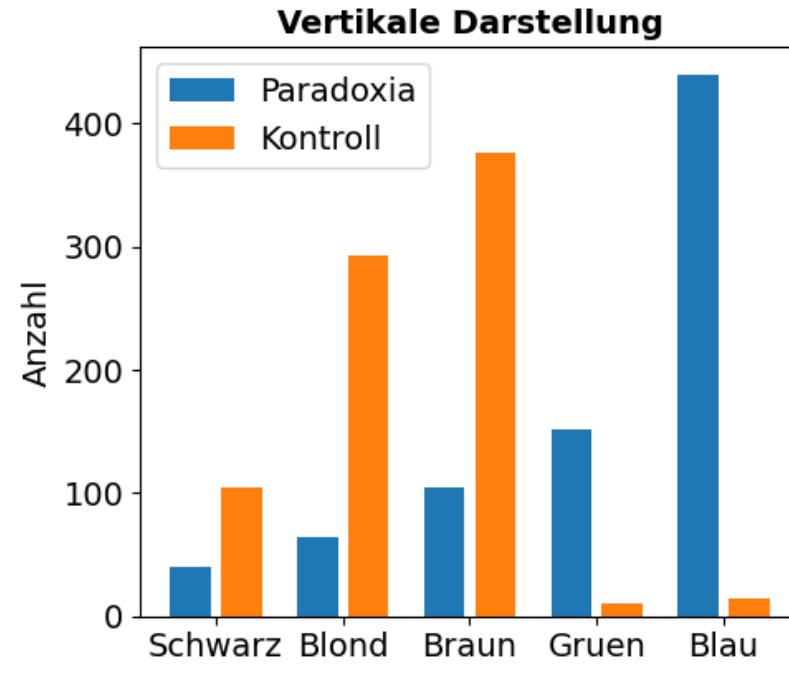


Kreisdiagramm in JASP



# Darstellung kategorialer Daten: Häufigkeitsdiagramm

- Das Häufigkeitsdiagramm erlaubt einen besseren Vergleich von zwei Gruppen oder Bedingungen

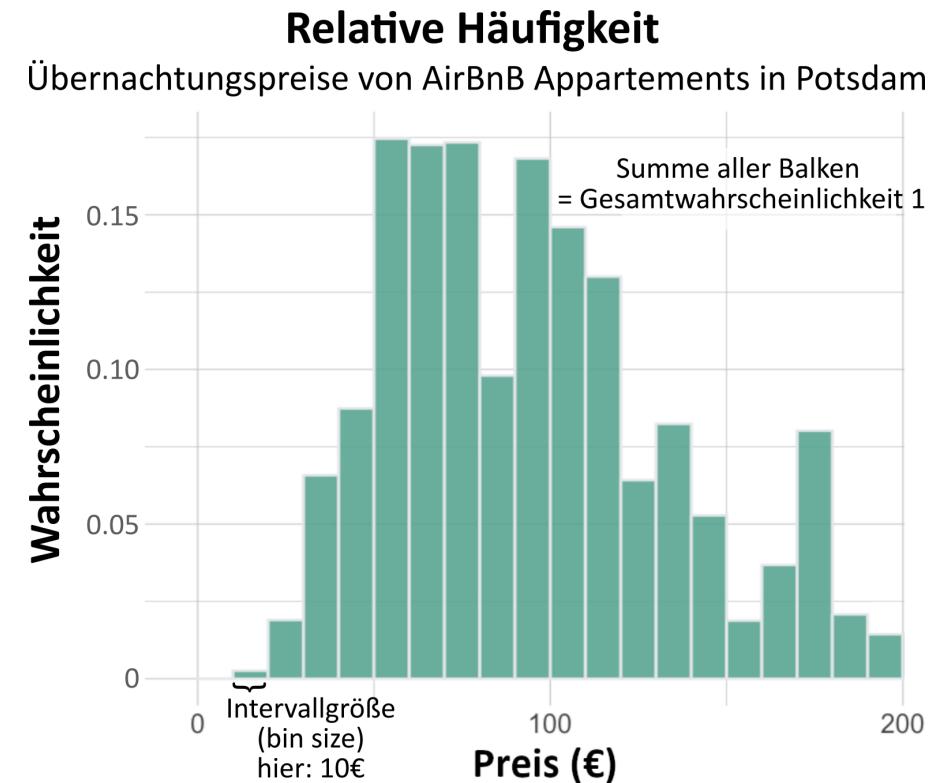
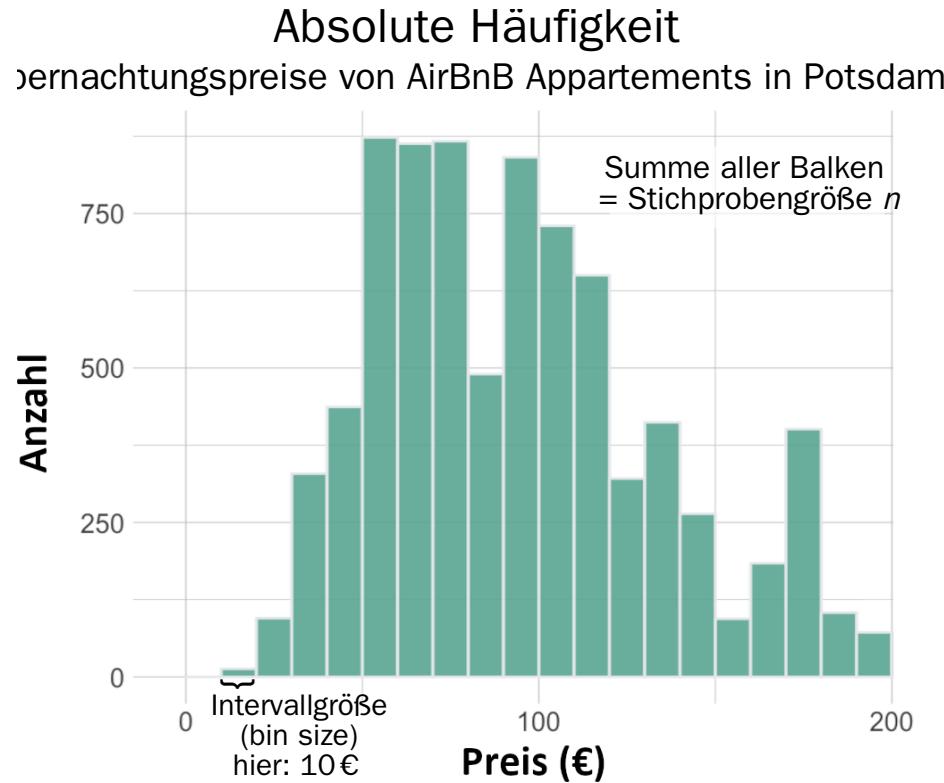


Vertikale und horizontale Darstellung von Häufigkeiten. Die Horizontale Darstellung hat den Vorteil, dass längere Beschriftungen der Balken möglich sind. Die Darstellung mit vertikalen Balken wird zuweilen **Säulendiagramm** genannt und die Darstellung mit horizontalen Balken **Balkendiagramm**.

# Darstellung quantitativer Daten: das Histogramm

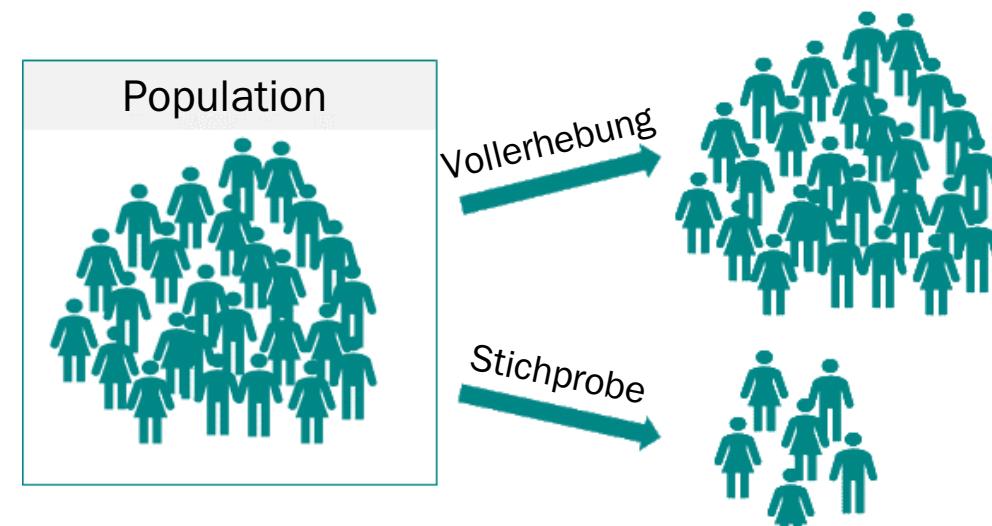
- Erinnerung: quantitative Variablen sind Zahlenwerte (diskret oder kontinuierlich)
- Beispiele: Körpergröße (z.B. in cm), durchschnittliches Zuspätkommen einer Kohorte in Statistik 1 (z.B. in sec), emotionaler Intelligenzquotient (einheitslos)

Die wichtigste Darstellungsform quantitativer Daten ist das Histogramm mit **absoluter** oder **relativer Häufigkeit**:



# Population und Stichprobe

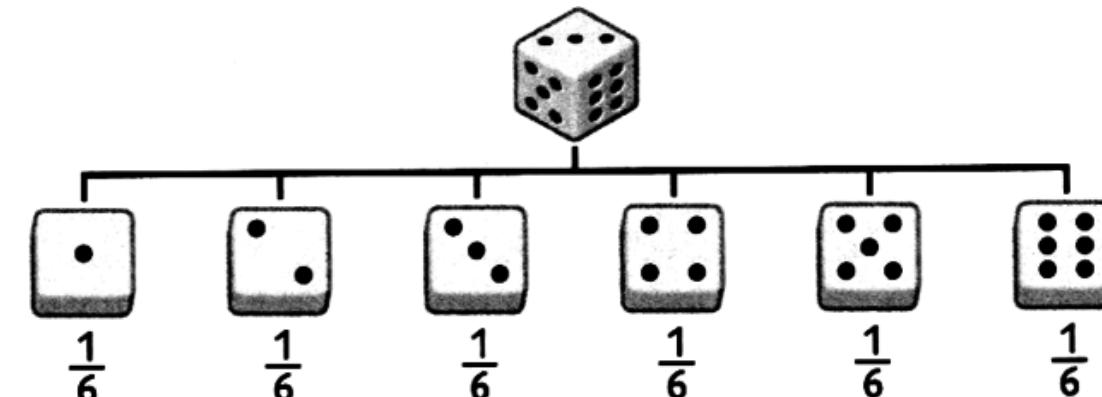
- **Population** (auch **Grundgesamtheit**) bezeichnet die Gesamtheit der Personen, für die wir uns in einer wissenschaftlichen Studie interessieren (z.B. Personen mit einer bestimmten Erkrankung; Kinder zwischen 3 und 6; die gesamte Menschheit)
- In den meisten Fällen ist es nicht möglich alle Mitglieder der Population zu untersuchen (Vollerhebung) – wir müssen daher eine **Stichprobe** ziehen.
- Die Annahme ist, dass die Stichprobe ein möglichst **repräsentatives Abbild der Population** ist und sich Ergebnisse in der Stichprobe auf die Population übertragen lassen.



Bildnachweis<sup>5</sup>

# Zufallsvariable

- Eine **Zufallsvariable** ist eine Variable, die zu einem gewissen Grad vom Zufall (oder uns zufällig erscheinenden Faktoren) abhängt.
- In der Psychologie kommt “Zufall” an zwei Stellen ins Spiel:
  - **Messfehler** (unbekannte, uns zufällig erscheinende, Einflüsse auf die Genauigkeit der Messung)
  - Beim **zufälligen Ziehen einer Stichprobe** aus der Population
- Ein wichtiger Aspekt von Zufallsvariablen ist, dass die Zufälligkeit mathematisch beschrieben werden kann – durch **Wahrscheinlichkeitsverteilungen** (wir kommen darauf später noch einmal zurück)
  - Beispiel: jeder Wurf eines Würfels ist zufällig, aber wir können sagen, dass die Wahrscheinlichkeit jeder Zahl exakt  $1/6$  ist.



Bildnachweis<sup>6</sup>

# Zufallsvariable

- Praktisch gesehen, sind nahezu alle Variablen in der Psychologie Zufallsvariablen, daher meint “Variable” in aller Regel “Zufallsvariable”
- Die Ausnahme der Regel wäre der seltene Fall, dass eine Variable *für alle Personen der Population bekannt* ist und ihre Messung *keinem Messfehler* unterliegt (z.B. Geburtsjahr aller amerikanischen Präsidenten bis zum Jahr 2023).
- Zufallsvariablen werden mit großen Lettern bezeichnet, i.d.R.  $X$  (oder  $Y/Z$  falls zwei/drei Zufallsvariablen betrachtet werden).
- Einzelne Beobachtungen einer Zufallsvariable (z.B. der gemessene IQ von *bestimmten Personen*) werden mit kleinen Lettern bezeichnet ( $x_i, y_i, z_i$ ), wobei  $i$  der Durchnummerierung dient.

Beispiel: die Zufallsvariable  $X$  bezeichnet in der Tabelle den in einer Stichprobe gemessenen Intelligenzquotienten

$X$	
$x_1$	99
$x_2$	112
$x_3$	104
...	...



Nach eingehender Prüfung, entscheiden Sie sich aus ethischen Gründen (und schweren Herzens) gegen ein Experiment, und planen stattdessen eine Beobachtungsstudie an Betroffenen (Paradoxiker) und Nicht-Betroffenen (Kontrollen). In Einklang mit den Hypothesen 1 und 2 testen Sie zwei abhängige Variablen:

- Abhängige Variable 1: durchschnittliche TikTok-Online-Zeit in Stunden pro Tag
  - Eigenschaften der AV: Verhältnisskala, kontinuierlich, manifest
- Abhängige Variable 2: physiologischer Entzündungswert
  - Eigenschaften der AV: Verhältnisskala, kontinuierlich, manifest

# Fußnoten

1. <https://twitter.com/MeasuringPsych/photo>
2. <https://www.researchgate.net/post/Difference-between-ordinal-and-scale-in-SPSS>
3. <https://www.nngroup.com/articles/between-within-subjects/>
4. <https://www.holleewoodhair.com/rainbow-hair-color/>
5. <https://datatab.de/tutorial/stichprobe>
6. <https://www.studienkreis.de/mathematik/zufallsexperimente-muenz-und-wuerfelwurf/>