Psychologische Forschungsmethoden

BSc Philosophie-Neurowissenschaften-Kognition WiSe 2022/23

BSc Psychologie WiSe 2022/23

Prof. Dr. Dirk Ostwald

(4) Einführung Messtheorie

Vorläufige Vorlesungsübersicht

Datum	Einheit	Thema
13.10.2022	Formalia	(0) Formalia
13.10.2022	Psychologische Wissenschaft	(1) Wissenschaft
20.10.2022	Psychologische Wissenschaft	(2) Grundlagenorientierte psychologische Wissenschaft
27.10.2022	Psychologische Wissenschaft	(3) Anwendungsorientierte psychologische Wissenschaft
03.11.2022	Psychologische Wissenschaft	(4) Psychologische Daten
10.11.2022	Messtheorie	(5) Einführung
17.11.2022	Messtheorie	(6) Relationen
24.11.2022	Messtheorie	(7) Grundprobleme
01.12.2022	Messtheorie	(8) Skalenarten
08.12.2022	Messtheorie	(9) Ordinalmessung
15.12.2022	Messtheorie	(10) Extensivmessung
05.01.2023	Messtheorie	(11) Bedeutsamkeit
12.01.2023	Stichprobentheorie	(12) Stichprobentheorie
19.01.2023	Quasiexperimentelle Methoden	(13) Grundlagen
26.01.2023	Quasiexperimentelle Methoden	(14) Propensity Scores
29.03.2023	Klausurtermin	12:00 – 13:00 Uhr, G16 – H5
Juli 2023	Klausurwiederholungstermin	

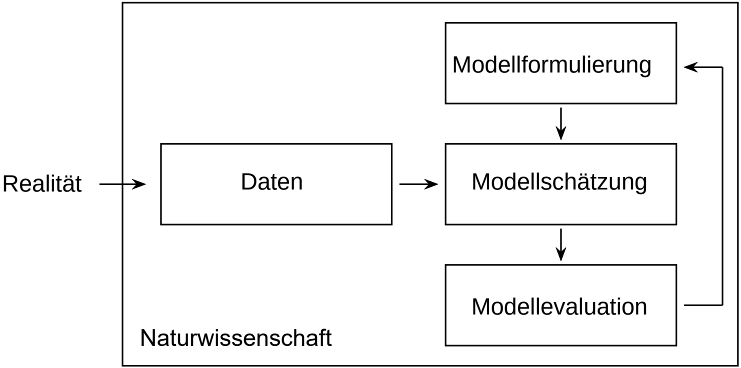
Überblick

Selbstkontrollfragen

Überblick

Selbstkontrollfragen

Überblick



Wo kommen die Zahlen her?

Definitionsversuche

"Measurement of magnitudes is, in its most general sense, any method by which a unique and reciprocal correspondence is established between all or some of the magnitudes of a kind and all or some of the numbers, integral, rational, or real as they may be".

Russell (1938)

Measurement is "the assigment of numerals to represent properties of material systems other than number, in virtue of the laws governing these properties".

Campbell and Jeffreys (1938)

"Measurement is the assignment of numerals to objects or events according to rules"

Stevens (1951)

"Measurement of a property (. . .) involves the assignment of numbers to systems to represent that property".

Torgerson (1958)

"Measurement has something to do with assigning numbers that correspond to or represent or preserve certain observed relations."

Roberts (1984)

Beispiel (1)

Temperaturmessung

- Messen der Temperatur eines Gegenstandes bedeutet, dem Gegenstand eine Zahl so zuzuordnen, dass die empirische Relation "ist wärmer als" in der Welt im Zahlenraum erhalten bleibt.

- Sei M die Menge von Objekten und es gelte "m ist wärmer als n" für $m, n \in M$, dann und nur dann wenn m als wärmer als n beurteilt wird. Dann möchte man bei der Messung der Temperatur von Objekten m und n so mithilfe einer Funktion f Zahlen zuordnen, dass gilt

$$m \text{ ist wärmer als } n \Leftrightarrow f(m) > f(n). \tag{1}$$

- Eine solche Funktion heißt *Thermometer*.

Beispiel (2)

Präferenzmessung

- Messen der Entscheidungsoptionspräferenzen eines Menschen (Lebewesens, Agenten) bedeutet, diesem Zahlen so zuzuordnen, dass die empirische Relation "wird präferiert über" in der Welt im Zahlenraum erhalten bleibt.
- Sei M die Menge von Entscheidungsoptionen und es gelte "m wird präferiert n" für $m, n \in M$, dann und nur dann wenn m durch einen Menschen (ein Lebewesen, einen Agenten) über n präferiert wird. Dann möchte man bei der Messung von Entscheidungsoptionspräferenzen m und n so mithilfe einer Funktion f Zahlen zuordnen, dass gilt

$$m \text{ wird präferiert über } n \Leftrightarrow f(m) > f(n). \tag{2}$$

- Eine solche Funktion heißt *Utility Function (Nutzenfunktion)*.

Beispiel (3)

Gewichtsmessung

- Messen des Gewichts eines Gegenstandes bedeutet, dem Gegenstand eine Zahl so zuzuordnen, dass die empirische Relation "ist schwerer als" in der Welt im Zahlenraum erhalten bleibt.
- Sei M die Menge von Objekten und es gelte "m ist schwerer als n" für $m, n \in M$, dann und nur dann wenn m als schwerer als n beurteilt wird. Dann möchte man bei der Messung des Gewichts von Objekten m und n so mithilfe einer Funktion f Zahlen zuordnen, dass gilt

$$m \text{ ist schwerer als } n \Leftrightarrow f(m) > f(n). \tag{3}$$

- Eine solche Funktion heißt *Waage*.
- Weiterhin möchte man bei der Gewichtsmessung (Wiegen) auch sicher stellen, dass der Messprozess additiv ist, in dem Sinne, dass wenn man zwei Objekte kombiniert, ihr gemeinsames Gewicht der Summe ihrer einzelnen Gewichte entspricht. Formal sei $\circ$ die Kombination zweier Objekte (z.B. das Nebeneinanderplatzieren in einer Waagschale). Dann soll die Waage nach Möglichkeit auch folgende Eigenschaft

$$f(m \text{ wird kombiniert mit } n) = f(m \circ n) \Leftrightarrow f(m) + f(n). \tag{4}$$

$\Rightarrow$ Additivität bei empirischen Entscheidungsoptionspräferenzen kann, aber muss nicht, vorliegen.

Repräsentationstheorie des Messens

- Die Standardtheorie zu Messvorgängen und Inhalt dieser Einführung.

Qualitatives Relationssystem

- Eine Menge von Eigenschaften von Objekten in der Realität und ihre Beziehungen.

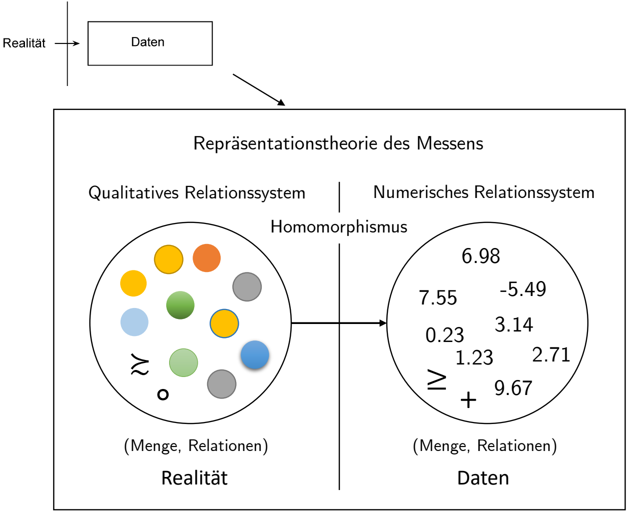
Numerisches Relationssystem

- Eine Mengen von Zahlen und ihre Beziehungen.

Homomorphismus

- Eine Abbildung, die Beziehungen von Objekteigenschaften im Zahlenraum erhält.

Überblick



Realität
Daten
Repräsentationstheorie des Messens
Qualitatives Relationssystem
Numerisches Relationssystem
Homomorphismus
≿
∘
6.98
7.55
-5.49
3.14
0.23
1.23
2.71
≥
+
9.67
(Menge, Relationen)
Realität
(Menge, Relationen)
Daten

Bemerkungen

- Messtheorie stellt einen logischen Apparat bereit, um qualitative Relationssysteme sinnvoll in numerische Relationssysteme abbilden zu können, also ein gegebenes qualitatives Relationssystem strutkurerhaltend im Bereich der Zahlen zu repräsentieren.
- Messtheorie gibt allerdings insbesondere aber keine Antwort darauf, woher das qualitative Relationssystem kommt und wie es beschaffen ist, welche Art von Relationen für die betrachteten Eigenschaften von Objekten also gelten und welche nicht.
- Messtheorie in ihrer klassischen Form betrachtet keine praktisch auftretenden Messfehler, dass also die gleiche Eigenschaftsausprägung eines Objektes manchmal auf eine Zahl und manchmal auf eine ähnliche, aber andere Zahl abgebildet wird; der Messvorgang selbst wird als (deterministische) Abbildung modelliert.
- Sowohl Zufallsvariablen der Wahrscheinlichkeitstheorie als auch Homomorphismen der Messtheorie können als Modelle von Messvorgängen verstanden werden.

Skala

Eine Skala ist die Einheit eines qualitativen Relationssystems, eines numerischen Relationssystems und eines Homomorphismus. Die spezielle Form von qualitativen Relationssystem, numerischen Relationssystem und Homomorphismus bestimmt dabei die *Skalenart*.

Skalenarten

Nominalskala	Äquivalenzrelationen
Ordinalskala	Ordnungsrelationen
Intervallskala	Ordnungsrelationen mit gleichen Abständen zwischen Skalenpunkten
Verhältnisskala	Ordnungsrelationen mit gleichen Abständen und empirischem Nullpunkt

nach Stevens (1946)

Überblick

Nominalskala

Definition

Der Homomorphismus einer Nominalskala ordnet Objekteigenschaften eines qualitativen Relationssystems Zahlen zu, die so geartet sind, dass gleiche Objekteigenschaften gleiche Zahlen und verschiedene Objekteigenschaften verschiedene Zahlen erhalten.

nach Bortz and Schuster (2010)

Eigenschaften

- Die Zahlen einer Nominalskala sind Namen für Äquivalenzklassen ohne quantitative Bedeutung.
- Je zwei Objekte des qualitativen und numerischen Relationssytems sind äquivalent oder nicht.

Beispiel

Studienfach

- A studiert Psychologie, B studiert Psychologie, C studiert PNK.
- A und B sind äquivalent, A und C sind nicht äquivalent, B und C sind nicht äquivalent
- Nominalskala $\{0, 1\}$ mit $0 =$ Psychologie, $1 =$ PNK
- A $\mapsto 0$, B $\mapsto 0$, C $\mapsto 1$.

Überblick

Ordinalskala

Definition

Der Homomorphismus einer Ordinalskala ordnet den Objekteigenschaften eines qualitativen Relationssystems Zahlen zu, die so geartet sind, dass von jeweils zwei Objekteigenschaft die stärker ausgeprägte Eigenschaft die größere Zahl erhält.

nach Bortz and Schuster (2010)

Eigenschaften

- Die Zahlen einer Ordinalskals bilden eine Rangordnung im qualitativen Relationssystem ab.
- Die Abstände zwischen zwei Rängen müssen nicht numerisch gleich sein.

Beispiel

ESC 1974 Plätze

- 1. Platz: ABBA, 2. Platz: Cinquetti, 3. Platz: MacNeal.
- Ordnungsrelation im qualitativen Relationssytem: ABBA $>$ Cinquetti $>$ MacNeal.
- Ordinalskala $\{1, 2, 3\}$ mit 1 = 1. Platz, 2 = 2. Platz, 3 = 3. Platz.
- ABBA $\mapsto 1$, Cinquetti $\mapsto 2$, MacNeal $\mapsto 3$.
- ABER: ABBA = 24 Punkte, Cinquetti = 18 Punkte, MacNeal = 15 Punkte.

Intervallskala

Definition

Der Homomorphismus einer Intervallskala ordnet Objekteigenschaften eines qualitativen Relationssystems Zahlen zu, die so geartet sind, dass die Verhältnisse der Differenzen zwischen je zwei Objekteigenschaften den Verhältnissen der Differenzen zwischen je zwei Zahlen des numerischen Relationssystems entspricht.

nach Bortz and Schuster (2010)

Beispiele und Eigenschaften

- Die Celsius Temperatuskala und die Fahrenheit Temperaturskala sind Intervallskalen
- Es gilt $T_F = 1.8 \cdot T_C + 32$, also z.B. 10°C = 50°F, 20°C = 68°F, 30°C = 86°F.
- Bei Intervallskalen sind die Verhältnisse von Wertdifferenzen invariant, z.B.

$$\frac{30^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}}{30^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}} = \frac{20^\circ\text{C}}{10^\circ\text{C}} = 2 \text{ und } \frac{86^\circ\text{F} - 50^\circ\text{F}}{86^\circ\text{F} - 68^\circ\text{F}} = \frac{36^\circ\text{F}}{18^\circ\text{F}} = 2. \tag{5}$$

- Bei Intervallskalen sind die Verhältnisse von Werten allerdings variant, z.B.

$$\frac{20^\circ\text{C}}{10^\circ\text{C}} = 2.00 \text{ und } \frac{68^\circ\text{F}}{50^\circ\text{F}} = 1.36. \tag{6}$$

Verhältnisskala

Definition

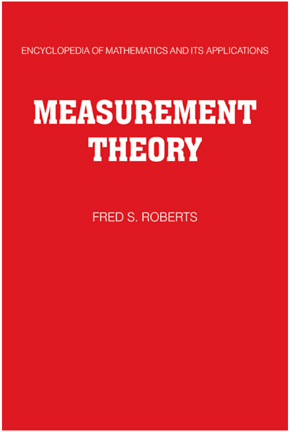
Die Verhältnisskala ordnet den Objekten des qualitativen Relationssytems Zahlen zu, die so geartet sind, dass die Verhältnisse zwischen je zwei Merkmalsausprägungen den Verhältnissen zwischen je zwei Zahlen der Skala entspricht. Eine Verhältnisskala benötigt einen natürlichen Nullpunkt im qualitativen und numerischen Relationssytem.

Bortz and Schuster (2010)

Beispiele

- Die Kelvin Temperaturskala bildet physikalische Energiezustände auf Zahlen ab.
- Die Längenskala in Meter bildet die physikalische Länge auf Zahlen ab.
- Die Kilogrammskala bildet physikalische Zustände auf Zahlen ab.

Literaturempfehlung für ein vertieftes Verständnis



Roberts (1984)

Überblick

Vorlesungseinheiten zur Messtheorie

(4) Einführung Messtheorie

(5) Relationen

(6) Grundprobleme

(7) Skalenarten

(8) Ordinalmessung

(9) Extensivmessung

(10) Bedeutsamkeit

Überblick

Selbstkontrollfragen

Selbstkontrollfragen

1. Erläutern Sie den Begriff des Messens.
2. Nennen Sie drei Beispiele für Messungen.
3. Erläutern Sie den Begriff der Repräsentationstheorie des Messens.
4. Erläutern Sie den Begriff des qualitativen Relationssystems.
5. Erläutern Sie den Begriff des numerischen Relationssystems.
6. Erläutern Sie den Begriff des Homomorphismus.
7. Erläutern Sie den Begiff der Skalenart.
8. Erläutern Sie den Begriff der Nominalskala.
9. Erläutern Sie den Begriff der Ordinalskala.
10. Erläutern Sie den Begriff der Intervallskala.
11. Erläutern Sie den Begriff der Verhältnisskala.

Referenzen

Bortz, Jürgen, and Christof Schuster. 2010. *Statistik Für Human- Und Sozialwissenschaftler*. 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Springer-Lehrbuch. Berlin Heidelberg: Springer.

Campbell, N. R., and H. Jeffreys. 1938. "Symposium: Measurement and Its Importance for Philosophy." *Aristotelian Society Supplementary Volume* 17 (1): 121–50. https://doi.org/10.1093/aristoteliansupp/17.1.121.

Roberts, Fred S. 1984. *Measurement Theory with Applications to Decisionmaking, Utility, and the Social Sciences*. Encyclopedia of Mathematics and Its Applications ; Section, Mathematics and the Social Sciences, v. 7. Cambridge [Cambridgeshire] ; New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Russell, Bertrand. 1938. *Principles of Mathematics*. Routledge Classics. London: Routledge.

Stevens, S. S. 1946. "On the Theory of Scales of Measurement." *Science, New Series* 103 (2684): 677–80. http://www.jstor.org/stable/1671815.

———. 1951. "Mathematics, Measurement, and Psychophysics." In *Handbook of Experimental Psychology*, 1–49.

Torgerson, W. S. 1958. *Theory and Methods of Scaling*. New York: Wiley.