



# Psychologische Forschungsmethoden

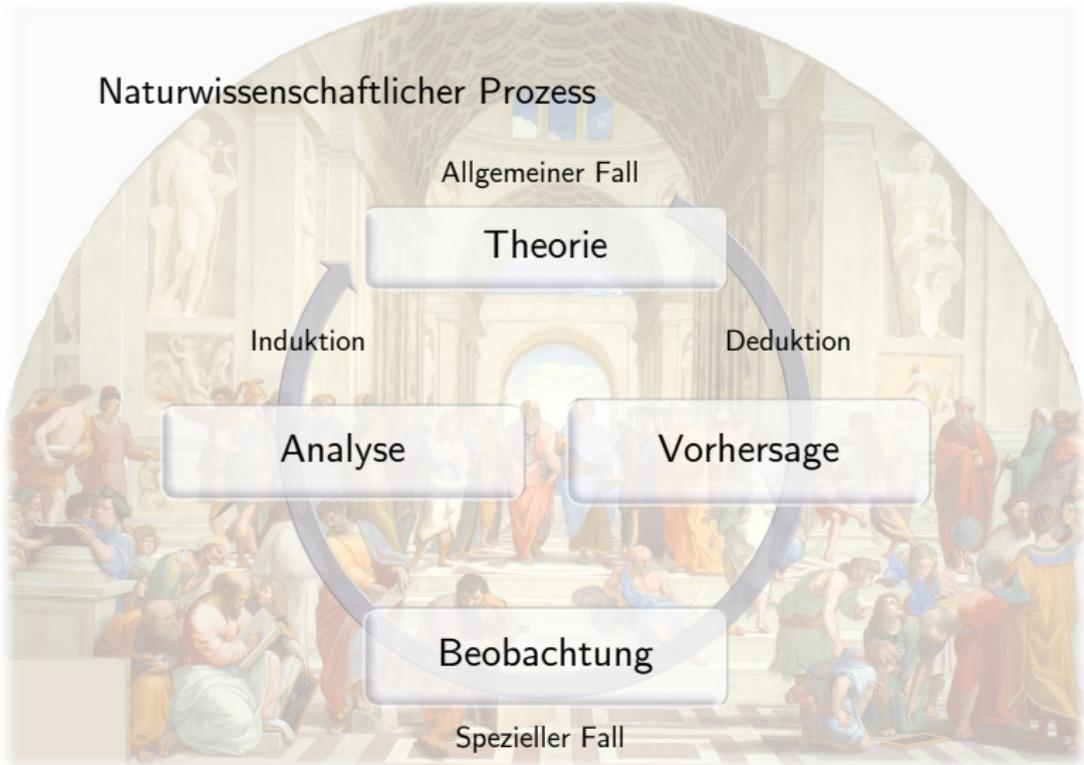
BSc Philosophie-Neurowissenschaften-Kognition WiSe 2021/22

BSc Psychologie WiSe 2021/22

Prof. Dr. Dirk Ostwald

(2) Theorien, Hypothesen, Experimente

## Naturwissenschaftlicher Prozess

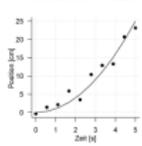


# Probabilistische Datenanalyse



$$\ddot{x}(t) = \frac{F}{m}, F = -mg$$

„Häufig wiederholen wir den einzelnen Versuch zur genaueren Ermittlung der Zeit und fanden gar keine Unterschiede, auch nicht einmal von einem Zehntel eines Pulschlags. Darauf ließen wir die Kugel nur durch ein Viertel der Strecke laufen und fanden stets genau die halbe Fallzeit gegen früher. ... bei wohl hundertfacher Wiederholung fanden wir stets, dass die Strecken sich verhielten wie die Quadrate der Zeiten“



$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} t^2 + \varepsilon(t)$$
$$\varepsilon(t) \sim N(0, \sigma^2)$$



---

Theorien

Hypothesen

Experimente

Wissenschaftstheorie

Selbstkontrollfragen

---

**Theorien**

Hypothesen

Experimente

Beispiel

Wissenschaftstheorie

Selbstkontrollfragen

## Definitionsversuche

“Eine Theorie ist ein Erklärungsmodell, das auf bestimmten Prinzipien basiert. Eine Theorie stellt Einzelbeobachtungen in einen Zusammenhang. Mithilfe einer Theorie können Verhaltensweisen oder Ereignisse in ein System gebracht und Vorhersagen abgeleitet werden.”

Myers (2010)

“Eine Theorie ist eine geordnete Menge von Konzepten oder Aussagen, die ein Phänomen oder eine Gruppe von Phänomenen erklärt.”

Gerrig et al. (2020)

“Eine Theorie ist ein System von Definitionen, Annahmen und Schlussfolgerungen, welches einen Ordnungs- und Erklärungsversuch für ein oder mehrere Phänomene darstellt.”

Reiß and Sarris (2012)

## Theorien und Modelle

Psycholog:innen unterscheiden manchmal zwischen den Begriffen “Theorie” und “Modell”

- “Nicht selten sind Modelle Bestandteile von Theorien”
- “Die allgemeinen theoretischen Prinzipien sind dann durch ein Modell repräsentiert”
- “Man unterscheidet Mathematische Modelle, Computermodelle, . . .”

(vgl. Reiß and Sarris (2012), S. 34 - 37)

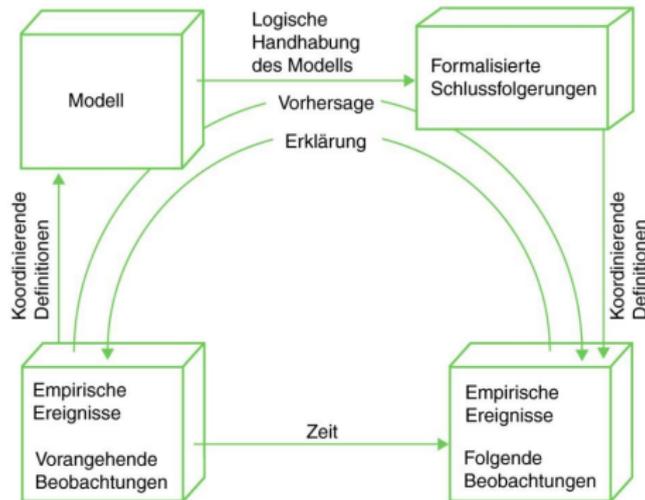
Psycholog:innen denken wohl, dass es Theorien auch ohne Modelle gibt (oder so).

Psycholog:innen haben meist keine Erfahrung mit mathematischer oder informatischer Modellbildung.

⇒ Eine Unterscheidung zwischen Theorie und Modell ist nicht zielführend.

⇒ Mathematische und informatische Modellbildung ist für naturwissenschaftliche Arbeit notwendig.

**Modell = Theorie und Theorie = Modell**



**Abbildung 2.2: Allgemeines Strukturschema einer Theorie.** Gemäß einer in der empirischen Einzelwissenschaft häufig vertretenen Auffassung wird ein „Modell“ – im Sinne einer Analogie zum „abzubildenden“ Phänomen – als ein Bestandteil einer „Theorie“ begriffen, mit dessen (meist anschaulicher) Hilfe zumindest einige ihrer Aspekte bzw. Teile in eine möglichst enge Verbindung zu der empirischen Datenwelt gebracht werden. – (Als eine Art „Flussdiagramm“ veranschaulicht das Strukturschema ferner den stark idealisierten zeitlichen Ablauf einer allgemeinen Modell- und Theorienbildung im Zusammenhang mit den komplementären wissenschaftstheoretischen Konzepten der „Vorhersage“ [prospektiv] und der „Erklärung“ [retrospektiv] von Beobachtungsdaten). – (Modifiziert nach Matheson, Bruce & Beauchamp, 1978; aus Sarris, 1999)

## Theoriegütekriterien nach Groeben and Westmeyer (1975)

Explizitheit	Intersubjektive Übereinstimmung
Widerspruchsfreiheit	Keine Widersprüche in abgeleitete Aussagen
Sparsamkeit	Möglichst wenig komplex
Vollständigkeit	Erklärung aller Phänomene des Gegenstandsbereichs
Prüfbarkeit	Empirische Überprüfung möglich
Empirische Verankerung	Vorhersage von beobachtbaren Daten
Produktivität	Generation neuer wissenschaftlicher Fragestellungen
Anwendbarkeit	Nutzen in der Praxis

Groeben and Westmeyer (1975)

## Definitionsversuch

“Eine Theorie/ein Modell ist ein System von intuitiv-verbal und mathematisch formulierten Definitionen und Theoremen, die elementare Grundannahmen zu Erklärung eines Phänomens der Wirklichkeit darstellen, das die Herleitung quantitativer, informatisch-implementierbarer Vorhersagen über beobachtbare Daten des Phänomens ermöglicht.”

Ostwald, 2021

---

Theorien

**Hypothesen**

Experimente

Beispiel

Wissenschaftstheorie

Selbstkontrollfragen

## Definitionsversuche

“Eine Hypothese ist eine überprüfbare Vorhersage, die aus einer Theorie abgeleitet wird.”

Myers (2010)

“Eine Hypothese ist eine vorläufige und prüfbare Erklärung der Beziehung zwischen zwei oder mehreren Ereignissen oder Variablen; oft als Vorhersage formuliert, dass bestimmte Ereignisse aufgrund spezifischer Bedingungen eintreten werden.

Gerrig et al. (2020)

“Eine Hypothese ist eine experimentell zu prüfende Tatsachenbehauptung bzw. präzise Angabe über die Art der erwarteten Abhängigkeitsbeziehung. Sie enthält die exakte Festlegung der variierten Bedingungen und der erwarteten Veränderungen, d.h. eine möglichst präzise Aussage (Vorhersage) über die empirische Beziehung zwischen Ereignissen”

Reiß and Sarris (2012)

## Hypothese und Statistische Hypothese

Psycholog:innen verwechseln oft die Begriffe “Hypothese” und “Statistische Hypothese.”

⇒ Der Begriff “Hypothese” und der Begriff der “Statistischen Hypothese” sind nicht gleich.

- “Hypothese” meint hier zunächst etwas wie “aus der Theorie abgeleitete Datenvorhersage.”
- Eine “Statistische Hypothese” (Nullhypothese, Alternativhypothese) ist eine Aussage über die Lage des wahren, aber unbekanntem, Parameters im Parameterraum eines statistischen Modells.

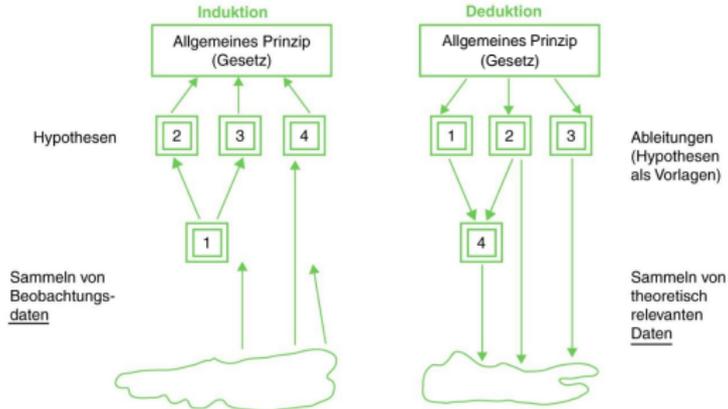
Hypothesen können manchmal als Statistische Hypothesen formuliert werden.

⇒ Hypothesen müssen nicht als Statistische Hypothesen formuliert werden.

⇒ Es gibt mehr datenanalytische Verfahren als Frequentistisches Hypothesentesten.

Die Annahme oder Ablehnung von Statistischen Hypothesen sind Quantifizierungen von Unsicherheit, keine abschließenden binären Urteile. Keine Hypothese wird sich jemals als absolut “falsch” oder absolut “richtig” erweisen.

## Theorien und Hypothesen - Induktion und Deduktion



**Abbildung 2.1: Induktiver (A) vs. deduktiver (B) logischer Weg von Schlussfolgerungen entweder – von den Daten herkommend – für den Erhalt allgemeiner Prinzipien („Gesetze“; links) oder aber – von theoretischen Einzelannahmen ausgehend – für die Ableitung einzelner empirisch zu prüfender Hypothesen („Vorhersagen“; rechts).** Die empirischen Wissenschaften machen typischerweise von beiden logischen Wegen Gebrauch. (Die Zahlen und deren Verbindungen stellen illustrative, willkürlich gewählte Hypothesen mit bestimmten Verbindungsmöglichkeiten dar.) (Modifiziert nach Lewin, 1979; aus Sarris, 1999)

## Probabilistische Datenvorhersage statt Hypothese

Der von Psycholog:innen propagierte Hypothesenfetisch ist problematisch:

- Verwechslung von Hypothesen und Statistischen Hypothesen
- Abwertung wichtiger naturwissenschaftlicher Beiträge wie zum Beispiel
  - (Mathematische) Modellentwicklung und (analytische/simulierende) Modellvalidation
  - Datenerhebung, Datenaufbereitung, Datenbereitstellung
  - Exploratorisch-charakterisierende Forschungsprojekte

Der Hypothesenfetisch hat die Qualität (psychologischer) Forschung gemindert:

- p-Hacking: Datenselektion bis zum Ablehnen der (statistischen) Nullhypothese
- HARKING: Hypothesizing After Results are Known (Pseudohypothesen)

Entscheidend für das naturwissenschaftliche Paradigma ist es, dass aus Theorien quantitative Vorhersagen beobachtbarer Daten abgeleitet werden, deren explanatorische Unsicherheit probabilistisch quantifiziert werden kann, und die Theorievergleiche ermöglicht.

⇒ An die Stelle des “Hypothesentestens” sollte das “Theorievergleichen” treten.

---

Theorien

Hypothesen

**Experimente**

Beispiel

Wissenschaftstheorie

Selbstkontrollfragen

## Definitionsversuche

“Ein Experiment ist eine Untersuchung, bei welcher Untersuchungsleitende aktiv und gezielt eine Intervention durchführen, um die Effekte der Intervention zu beobachten”

Shadish, Cook, and Campbell (2001)

“Ein Experiment ist eine empirische Untersuchung, bei der gezielt bestimmte Bedingungen (Stufen der *unabhängigen Variable*) hergestellt werden und in ihren Auswirkungen auf ausgewählte *abhängige Variablen* beobachtet werden.”

Bortz and Döring (2006)

“Ein Experiment ist ein systematischer Beobachtungsvorgang, aufgrund dessen der Versuchsleiter (sic) das jeweils interessierende Phänomen planmäßig erzeugt und variiert sowie gleichzeitig systematische und/oder unsystematische Störfaktoren durch hierfür geeignete Techniken kontrolliert”

Reiß and Sarris (2012)

## Definitionsversuche



Wilhelm Wundt (1832 - 1920)

## Experimentkriterien nach Wundt

- Willkürlichkeit
- Variierbarkeit
- Wiederholbarkeit

## Experimente vs. Quasiexperimente vs. Korrelationsstudien

### Experiment

- Randomisierte kontrollierte Studie
- Die Untersuchungseinheiten werden den Versuchsbedingungen zufällig zugeordnet
- Beispiel: Online Psychotherapie vs. Klassische Psychotherapie bei Depression

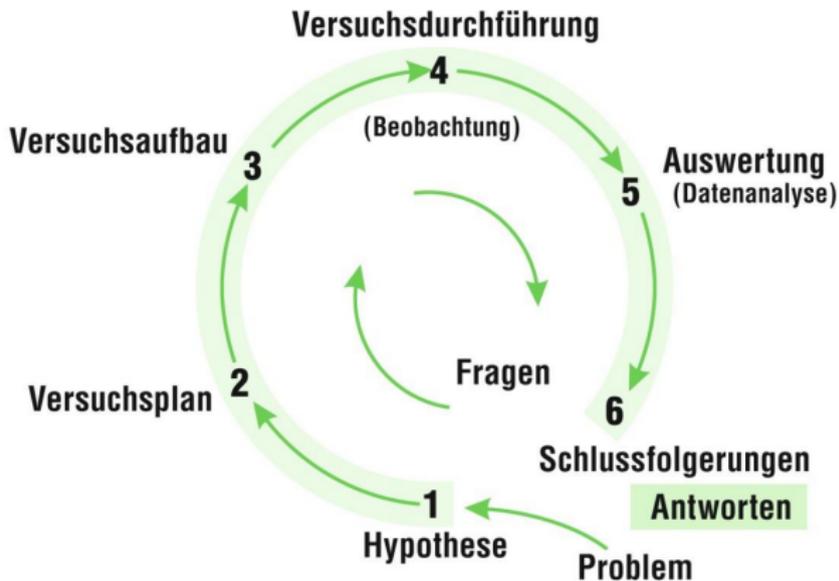
### Quasiexperiment

- Nicht-randomisierte kontrollierte Studie
- Untersuchung natürlich bzw. bereits bestehender Gruppen
- Beispiel: Online Psychotherapie bei Depression vs. Schizophrenie

### Korrelationsstudie

- Nicht-randomisierte, nicht kontrollierte Studie
- Beobachtungsstudie ohne Intervention
- Beispiel: Analyse von Paneldaten

## Stadien einer experimental-psychologischen Untersuchung



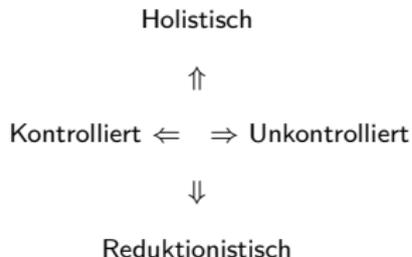
Reiß and Sarris (2012)

## Datenerhebung statt Experiment

Der von (Experimental)Psycholog:innen propagierte Experimentenfetisch ist problematisch:

- Abwertung anderer wichtiger naturwissenschaftlicher Beiträge
- Fokus auf experimentelles Design anstatt integrierter Betrachtung von Design und Analyse
- Es gibt keinen prinzipiellen Unterschied zwischen “Hypothesentests” und “Korrelation”
- Experimentaldatenbesitzgier verhindert wissenschaftlichen Fortschritt

Datenerhebungen finden (mindestens) in einem zweidimensionalen Erhebungsraum statt



Entscheidend ist die kritische Evaluation der Lage einer Datenerhebung in diesem Kontinuum

Niemand sagt mehr “Experiment,“ jeder sagt “Studie“ heutzutage.

---

Theorien

Hypothesen

Experimente

**Beispiel**

Wissenschaftstheorie

Selbstkontrollfragen



## Human Belief State-Based Exploration and Exploitation in an Information-Selective Symmetric Reversal Bandit Task

Lilla Horvath<sup>1</sup> · Stanley Colcombe<sup>2</sup> · Michael Milham<sup>2</sup> · Shruti Ray<sup>3</sup> · Philipp Schwartenbeck<sup>4</sup> · Dirk Ostwald<sup>5,6</sup>

Accepted: 24 May 2021  
© The Author(s) 2021

### Abstract

Humans often face sequential decision-making problems, in which information about the environmental reward structure is detached from rewards for a subset of actions. In the current exploratory study, we introduce an information-selective symmetric reversal bandit task to model such situations and obtained choice data on this task from 24 participants. To arbitrate between different decision-making strategies that participants may use on this task, we developed a set of probabilistic agent-based behavioral models, including exploitative and explorative Bayesian agents, as well as heuristic control agents. Upon validating the model and parameter recovery properties of our model set and summarizing the participants' choice data in a descriptive way, we used a maximum likelihood approach to evaluate the participants' choice data from the perspective of our model set. In brief, we provide quantitative evidence that participants employ a belief state-based hybrid explorative-exploitative strategy on the information-selective symmetric reversal bandit task, lending further support to the finding that humans are guided by their subjective uncertainty when solving exploration-exploitation dilemmas.

**Keywords** Bandit problem · Agent-based behavioral modeling · Exploration · Exploitation

# Beispiel

## Gegenstandsbereich und Phänomen

Menschen müssen oft Entscheidungen unter Unsicherheit treffen

Menschen müssen manchmal informations- und gewinnbringende Handlungen abwägen

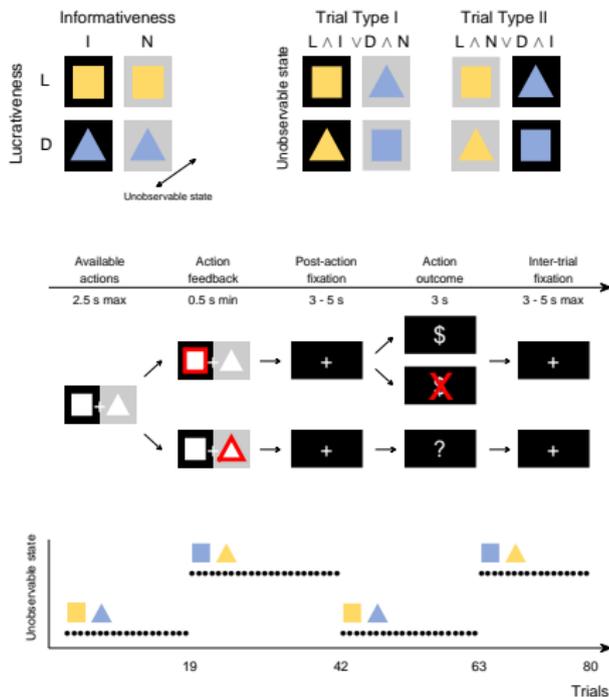


- Wie gehen Menschen dabei vor?
- Wie lernen Menschen in solchen Situationen Entscheidungen zu treffen?

Horvath et al. (2021)

# Beispiel

## Experimentelle Simulation



Horvath et al. (2021)

## Theorie

### Künstliche Intelligenz - Artificial Agent

$$M_{\text{Agent}} := (S, A, R, O, p(s_1^1), p(s_{t+1}^1 | s_t^1), p^{at}(o_t | s_t^1), p^{at}(r_t | s_t^1), v, d)$$

- Dynamisches handlungsabhängiges generatives Modell

$$p^{a_{1:T}}(s_{1:T}^1, o_{1:T}) = p(s_1^1) \prod_{t=1}^T p^{at}(o_t | s_t^1) p(s_{t+1}^1 | s_t^1)$$

- Handlungsabhängige Zustandsschätzung (Belief State)

$$p^{a_{1:t-1}}(s_t^1 | o_{1:t-1}) = \frac{\sum_{s_{t-1}^1} p(s_t^1 | s_{t-1}^1) p^{a_{t-1}}(o_{t-1} | s_{t-1}^1) p^{a_{1:t-2}}(s_{t-1}^1 | o_{1:t-2})}{\sum_{s_t^1} \sum_{s_{t-1}^1} p(s_t^1 | s_{t-1}^1) p^{a_{t-1}}(o_{t-1} | s_{t-1}^1) p^{a_{1:t-2}}(s_{t-1}^1 | o_{1:t-2})}$$

Horvath et al. (2021)

## Theorie

### Künstliche Intelligenz - Artificial Agent

$$M_{\text{Agent}} := (S, A, R, O, p(s_1^1), p(s_{t+1}^1 | s_t^1), p^{a_t}(o_t | s_t^1), p^{a_t}(r_t | s_t^1), v, d)$$

- Handlungswertungsfunktion

$$v : A \times [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}, (a, b) \mapsto v(a, b)$$

- Entscheidungsfunktion

$$d : \mathbb{R} \rightarrow A, v(\cdot, b) \mapsto d(v(\cdot, b)) := \arg \max_{a \in A} v(a, b)$$

Horvath et al. (2021)

## Theorievarianten

### A1 | Gewinnmaximierender Agent

$$v_{A1}(a, b) := b\mathbb{E}_{p^a(r_t|s_t^1=1)}(r_t) + (1-b)\mathbb{E}_{p^a(r_t|s_t^1=2)}(r_t)$$

⇒ Erwartete Belohnung von  $a$  unter momentaner Zustandsschätzung  $b_t = b$

### A2 | Informationsmaximierender Agent

$$v_{A2}(a, b) := \sum_{o_t} p_{a_{1:t-1}, a_t=a}(o_t|o_{1:t-1}) \text{KL} \left( p_{a_{t-1}, a_t=a}(s_{t+1}^1|o_{1:t-1}, o_t) \parallel p_{a_{1:t-1}}(s_t^1|o_{1:t-1}) \right)$$

⇒ Erwartete Bayesianische Überraschung von  $a$  unter momentaner Zustandsschätzung  $b_t = b$

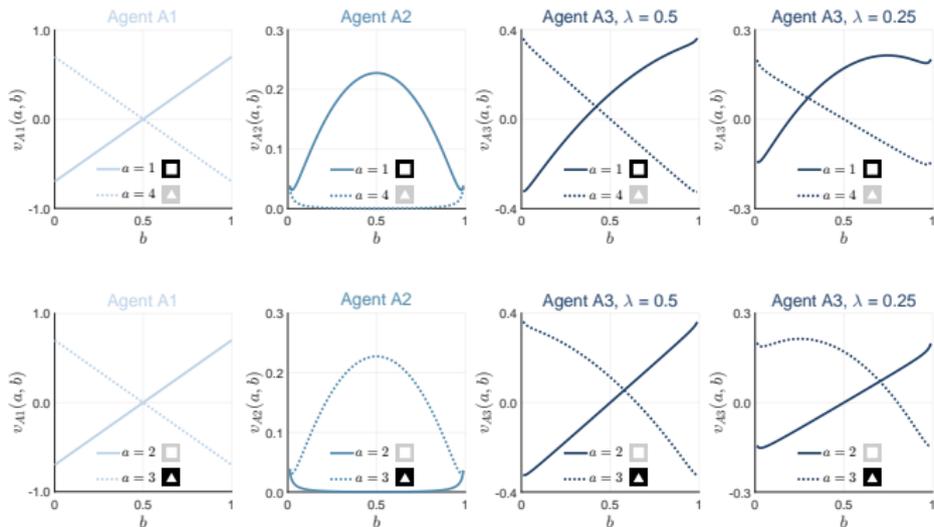
### A3 | Gewinn- und informationsmaximierender Agent

$$v_{A3}(a, b) := \lambda v_{A1}(a, b) + (1-\lambda)v_{A2}(a, b)$$

⇒ Gewichtete Kombination der beiden Theoriealternativen

Horvath et al. (2021)

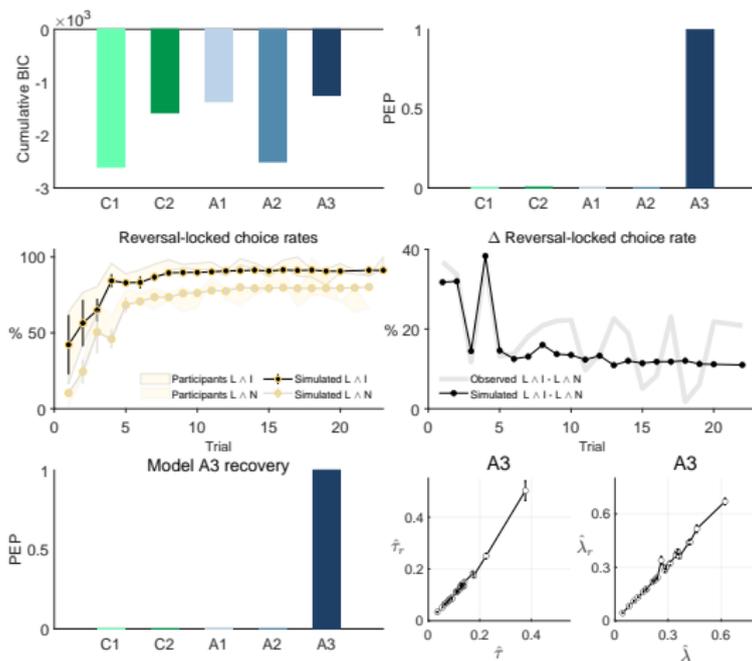
## Datenvorhersage - Hypothesenraum



Horvath et al. (2021)

# Beispiel

## Datenanalyse



Horvath et al. (2021)

---

Theorien

Hypothesen

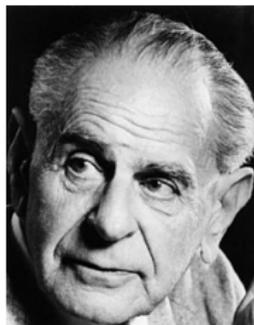
Experimente

Beispiel

**Wissenschaftstheorie**

Selbstkontrollfragen

## Kritischer Rationalismus



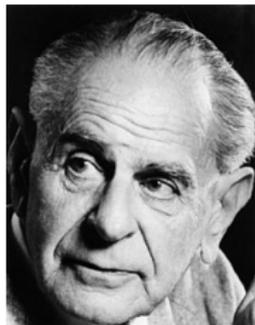
Karl Popper (1902 - 1994)

### Logik der Forschung (1935)

- Es gibt eine vom Menschen unabhängige externe Welt.
- Die externe Welt ist zumindest teilweise empirisch erfahrbar.
- Beobachtungen sind immer schon "theoriegeladen".
- Fortlaufende Prüfung eigener Grundannahmen und Methoden.

Popper (1935)

## Kritischer Rationalismus



Karl Popper (1902 - 1994)

### Falsifikationsprinzip

- Theorien können grundsätzlich nicht verifiziert werden.
- ⇒ Es mag immer noch eine bessere Theorie geben.
- Man sollte danach streben, Theorien zu widerlegen.

“Nicht nach Wahrheitsbeweisen ist in den Erfahrungswissenschaften zu suchen, denn diese sind dort grundsätzlich unmöglich; vielmehr müssen sogenannte Naturgesetze ausschließlich als Hypothesen betrachtet werden, die so lange beibehalten werden, als sie nicht falsifiziert sind.”

“Ein empirisch-wissenschaftliches System muss an der Erfahrung scheitern können.”

Popper (1935)

## Kritik des kritischen Rationalismus



Thomas S. Kuhn  
(1922 - 1996)

### The Structure of Scientific Revolutions (1962)

- Es gibt keine Logik der Forschung im Sinne Poppers.
  - Es gibt Normalzeiten, in diesen herrschen *Paradigmen* vor.
- ⇒ Man macht frequentistische Hypothesentests.
- Es gibt Krisen, in diesen finden *Paradigmenwechsel* statt.
- ⇒ Frequentistische Hypothesentests sind problematisch.
- ⇒ Man macht Modellvergleiche.

Kuhn (1962)

## Kritik des kritischen Rationalismus



Stuart Ritchie

### Science Fictions (2020)

- How Fraud, Bias, Negligence, and Hype Undermine the Search for Truth.
- Das akademische Belohnungssystem fördert unwissenschaftliche Forschung.
- High Impact und Drittmittelinwerbungen wichtiger als Inhalt und Lehre.

⇒ Gehaltszulage €300 für vier Paper/Jahr (Erstautor? Koautor?)

Ritchie (2020)

⇒ Open Science ⇐

---

Theorien

Hypothesen

Experimente

Beispiel

Wissenschaftstheorie

**Selbstkontrollfragen**

# Selbstkontrollfragen

---

1. Geben Sie die Definition einer Theorie nach Reiß and Sarris (2012) wieder.
2. Geben Sie die Definition einer Theorie nach Ostwald (2021) wieder.
3. Nennen und erläutern Sie die Theoriegütekriterien nach Groeben and Westmeyer (1975).
4. Geben Sie die Definition einer Hypothese nach Reiß and Sarris (2012) wieder.
5. Geben Sie die Definition eines Experimentes nach Reiß and Sarris (2012) wieder.
6. Nennen und erläutern Sie die Experimentkriterien nach Wundt.
7. Erläutern Sie die Begriffe Experiment, Quasiexperiment und Korrelationsstudie.
8. Nennen Sie drei Grundideen des Kritischen Rationalismus nach Popper (1935).
9. Skizzieren Sie das Falsifikationsprinzip nach Popper (1935).
10. Nennen Sie zwei Grundideen der Arbeit von Kuhn (1962).

## References

---

- Bortz, Jürgen, and Nicola Döring. 2006. *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler*. 4., überarb. Aufl., [Nachdr.]. Springer-Lehrbuch Bachelor, Master. Heidelberg: Springer-Medizin-Verl.
- Gerrig, Richard J., Philip G. Zimbardo, Ralf Graf, and Richard J. Gerrig. 2020. *Psychologie*. 18., aktualis. Aufl., [Nachdr.]. ps psychologie. München: Pearson Studium.
- Groeben, Norbert, and Hans Westmeyer. 1975. *Kriterien psychologischer Forschung*. Grundfragen der Psychologie. München: Juventa Verlag.
- Horvath, Lilla, Stanley Colcombe, Michael Milham, Shruti Ray, Philipp Schwartenbeck, and Dirk Ostwald. 2021. "Human Belief State-Based Exploration and Exploitation in an Information-Selective Symmetric Reversal Bandit Task." *Computational Brain & Behavior*, August. <https://doi.org/10.1007/s42113-021-00112-3>.
- Kuhn, Thomas S. 1962. "The Structure of Scientific Revolutions," no. 2: 112.
- Myers, David G. 2010. *Psychology*. 9th ed. New York: Worth Publishers.
- Popper, Karl. 1935. *Logik der Forschung*. Vienna: Springer Vienna. <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-4177-9>.
- Reiß, Siegbert, and Viktor Sarris. 2012. *Experimentelle Psychologie: von der Theorie zur Praxis*. Pearson Studium Psychologie. München: Pearson.
- Ritchie, Stuart. 2020. *Science Fictions - Exposing Fraud, Bias, Negligence and Hype in Science*. Penguin.
- Shadish, William R., Thomas D. Cook, and Donald T. Campbell. 2001. *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Generalized Causal Inference*. Boston: Houghton Mifflin.