

# Was Ist Wissenschaftliche Arbeitsweise?

*Logik auf Abwegen: Irrglaube, Lüge, Täuschung*

*Seminarleiter: Jun.-Prof. Dr. Bernhard Beckert*

Sarah Steinmetz

sarah.steinmetz@uni-koblenz.de

Universität Koblenz

Institut für Informatik

Sommersemester 2004

# Definition von Wissenschaft?

- Es existiert kein einheitlicher Wissenschaftsbegriff
- Vielfalt an Methoden und Prinzipien
- Uneinigkeit der Wissenschaftstheoretiker

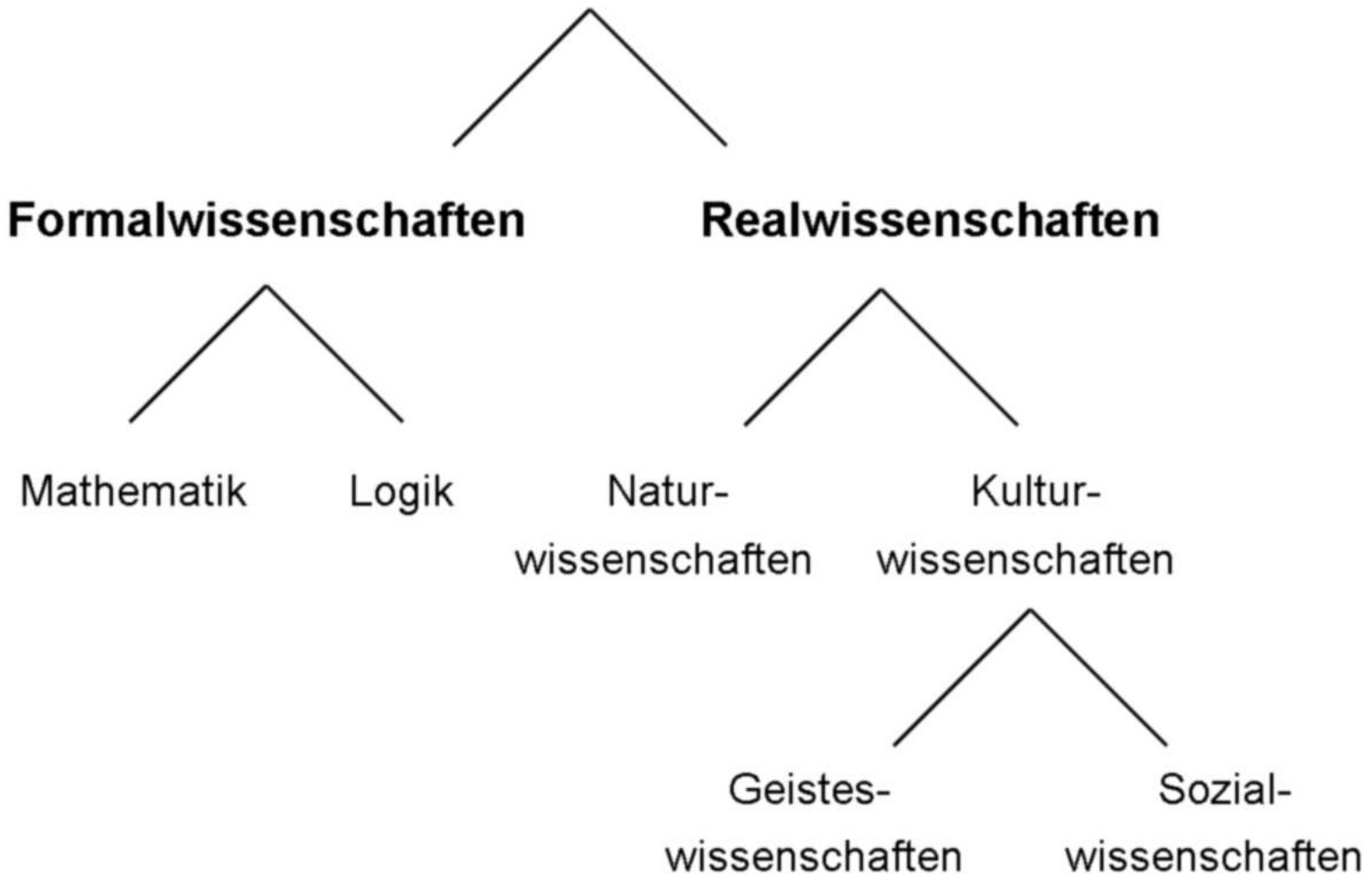
# Inhalt

1. Einteilung der Wissenschaften
2. Einblick in die Wissenschaftstheorie
3. Kriterien für Theorien
4. Die empirische Methode des Erkenntnisgewinns
5. Fazit



# Einteilung der Wissenschaften

# Einteilung der Wissenschaften





# Einblick in die Wissenschaftstheorie

# Karl Popper: Kritischer Rationalismus

Sir Karl Raimund Popper (1902–1974):  
Philosoph und Wissenschaftstheoretiker

- Ablehnung der **Induktion** als Beweismethode
- die **Verifikation** einer Theorie sei nicht möglich: unendliche Anzahl an Einzelbeobachtungen erforderlich  
Bsp.: „Alle Stoffe dehnen sich bei Hitze aus“
- aber **Falsifikation** bereits durch eine Einzelbeobachtung

# Karl Popper: Kritischer Rationalismus

Einziges gültiges Schlussverfahren: **Deduktion**

Prämissen	Alle Menschen sind sterblich	$A \rightarrow B$
	Sokrates ist ein Mensch	$A$
<hr/>		<hr/>
Schluss	Sokrates ist sterblich	$B$

Schlussregel des **modus ponens**: „Wenn gilt 'aus A folgt B' und 'A ist wahr', dann gilt auch 'B ist wahr'.“

(Wikipedia/Modus Ponens)



# Karl Popper: Kritischer Rationalismus

- Aus wissenschaftlichen Aussagen  $W$  müssen sich prüfbare Folgerungen  $F$  ableiten lassen
- Falsifizierender Schluss durch **modus tollens**:

$$((W \rightarrow F) \wedge \neg F) \rightarrow \neg W$$

„Wenn gilt 'aus  $W$  folgt  $F$ ' und ' $F$  ist falsch', dann gilt auch ' $W$  ist falsch'.“

(Wikipedia/Modus Tollens)

# Karl Popper: Kritischer Rationalismus

- Theorien müssen nicht bewiesen werden, sondern falsifizierbar sein
- falsifizierbare Aussagen schließen mögliche Beobachtungen aus
- Bei Bewährung: Hypothese vorläufig akzeptieren
- Bei Falsifikation: Hypothese als falsch ablehnen

# Karl Popper: Kritischer Rationalismus

Beispiele:

- „Alle Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen um die Sonne.“

# Karl Popper: Kritischer Rationalismus

Beispiele:

- „Alle Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen um die Sonne.“

→ falsifizierbar

# Karl Popper: Kritischer Rationalismus

Beispiele:

- „Alle Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen um die Sonne.“

→ falsifizierbar

- „Es gibt Kinder, die niemals weinen.“

# Karl Popper: Kritischer Rationalismus

Beispiele:

- „Alle Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen um die Sonne.“

→ falsifizierbar

- „Es gibt Kinder, die niemals weinen.“

→ nicht falsifizierbar

# Karl Popper: Kritischer Rationalismus

Beispiele:

- „Alle Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen um die Sonne.“

→ falsifizierbar

- „Es gibt Kinder, die niemals weinen.“

→ nicht falsifizierbar

- „Alle Männer haben einen Ödipuskomplex.“

# Karl Popper: Kritischer Rationalismus

Beispiele:

- „Alle Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen um die Sonne.“

→ falsifizierbar

- „Es gibt Kinder, die niemals weinen.“

→ nicht falsifizierbar

- „Alle Männer haben einen Ödipuskomplex.“

→ nicht falsifizierbar



# Karl Popper: Kritischer Rationalismus

## Grenzen des Falsifikationismus:

- Beobachtungsaussagen sind fehlbar
- Hypothesen sind von Theoriesystem abhängig
- modus tollens sagt nicht welche Prämisse

falsch ist  $((W \wedge A1 \wedge \dots \wedge An) \rightarrow F) \wedge \neg F \rightarrow \neg(W \wedge A1 \wedge \dots \wedge An)$

→ **Quine-Duheme-These:** „... jede Beobachtung kann durch geeignete Anpassungen untergebracht werden.“

# Th. Kuhn: Wissenschaftl. Revolutionen

Thomas Samuel Kuhn (1922–1996): Physiker, Wissenschaftstheoretiker und -historiker

- Forschergemeinschaft richtet sich nach dem **Paradigma**
  - Phasen der **Normalwissenschaft**
  - Krise und **wissenschaftlichen Revolution**
  - Entstehung eines neuen Paradigma
- ⇒ Große Bedeutung der **scientific community**



# Kriterien für Theorien

# Was ist eine Theorie?

„System von Aussagen oder Sätzen, das in gewissem Umfang der Zusammenfassung, Beschreibung, Erklärung und Vorhersage von Phänomenen dient“ (Brockhaus)

# Was ist eine Theorie?

Vollendete Form der wissenschaftlichen Theorie:  
**Axiomatisches System**

- Grundlage: **Axiomensystem** aus unabhängigen **Axiomen**: wahre Grundsätze, die keiner Begründung bedürfen
- Deduktion neuer Sätze mit Hilfe festgelegter Schlussregeln

# Widerspruchsfreiheit

## Innere Widerspruchsfreiheit

- Aus einer Theorie dürfen nicht  $A$  und  $\neg A$  abgeleitet werden können

## Äußere Widerspruchsfreiheit

- Vereinbarkeit mit etablierten Wissensbeständen

# Wissenschaftliche Erklärung

Hempel-Oppenheim-Schema:  
Deduktiv-nomologische Erklärung

$G_1, \dots, G_i$	deterministische Gesetze	Explanans
$A_1, \dots, A_j$	Antecedenz-Sätze	
<hr/>		
$E(e)$	Ereignis	Explanandum

Forderung: Explanans-Sätze müssen wahr sein...

# Wissenschaftliche Erklärung

Abgeschwächte Forderung für  
realwissenschaftliche **Gesetzhypothesen:**

- empirisch bewährte **Allsätze**
- raum-zeitlich **unbeschränkter**  
Gegenstandsbereich
- allgemeingültig, **deterministisch**
- Gesetze sind **synthetische Sätze**



# Argumentation

## Zirkelfreiheit

- für Beweis einer Aussage darf nicht die Aussage selbst vorausgesetzt werden
- keine tautologischen Aussagen

## Wertfreiheit

- nicht auf subjektive Anschauung stützen

# Empirischer Gehalt

## Erklärungswert

- möglichst viele Phänomene erklären
- Axiomensysteme müssen vollständig sein: alle Sätze aus Axiomen ableitbar
- Empirische Wissenschaften: je falsifizierbarer umso mehr **Informationsgehalt**  
(„Entweder es regnet oder es regnet nicht“...)

# Empirischer Gehalt

## Intersubjektive Prüfbarkeit

- Aussagen, Ergebnisse unabhängig von der Person prüfbar
- Prinzipielle Verifizier- oder Falsifizierbarkeit

# Kommunikabilität

Wissenschaft unterliegt **Veröffentlichungsgebot**

(→ Fachzeitschriften: **peer review**)

Terminologische Exaktheit

- nachvollziehbare Aussagen
- → formale Sprachen

Authentizität

- korrekte Zitierweise
- vollständige Quellenangaben

Diskussion des aktuellen Forschungsstandes

# Einfachheit

- Gutes Kriterium für konkurrierende Theorien
- Sparsamkeitsprinzip **Ockham's Razor**:  
„Die Theorien, die mit weniger Annahmen auskommt, ist vorzuziehen.“
- Achtung: „einfache“ Theorie meist komplizierter!



# Die empirische Methode des Erkenntnisgewinns der Naturwissenschaften

# Beobachtung

- Fehlbarkeit von Beobachtung einschränken  
→ Überprüfbare **Protokollaussagen**
- Carnap<sup>a</sup>: Trennung von **Beobachtungsvokabular** und **theoretischem Vokabular**
- heute: Beobachtung ist **theoriebeladen**

---

<sup>a</sup>Rudolf Carnap (1891–1970): Philosoph

# Hypothesengewinnung

Hypothese: „wissenschaftlich begründete Annahme“

Hypothesenfindung:

- kreativer, intuitiver Prozess
- oft Verwendung der Induktion
- „wichtigste“<sup>a</sup> Schlussweise der Wissenschaft:  
**Abduktion**

---

<sup>a</sup>nach Charles Peirce (1839–1914): Mathematiker, Philosoph, Logiker



# Hypothesengewinnung

## subsumierende Abduktion:

Wenn es regnet, wird die Straße nass  $A \rightarrow B$

Die Straße ist nass  $B$

---

Es hat geregnet  $A$

→ kein logisch gültiger Schluss

## terminogene Abduktion:

Regel  $A \rightarrow B$  wird neu konstruiert

# Deduktion aus der Hypothese

- Deduktion prüfbarer Aussagen aus der Hypothese
- Vorhersagungen müssen weiter reichen als bisher beobachteter Gegenstand
- Abgeleitete Vorhersage muss vor der Untersuchung aufgestellt werden

# Definition von Begriffen

## Operationalisierung

- Wie und womit können Begriffe der Aussage gemessen werden?
- Messgröße, Erhebungsinstrument angeben
- Bsp. Einstein: Definition von „Gleichzeitigkeit“ und „Zeit“

# Überprüfung im Experiment

- Versuchsbeschreibung für **Reproduzierbarkeit**
- Sicherstellung der **Reliabilität**
- Isolation von **Störfaktoren** für interne **Validität**
- bei Kausalzusammenhängen: **Kontrollversuch**
- zahlreiche Überprüfungen

→ Bsp. aus der Medizin: **(Doppel)blindversuch**

# Verwerfung oder Theoriebildung

## a) Widerspruch

- Hypothese verwerfen, aber
- Modifikationen erlaubt, wenn nicht **ad-hoc**  
Beispiel: Entdeckung des Planeten Neptun

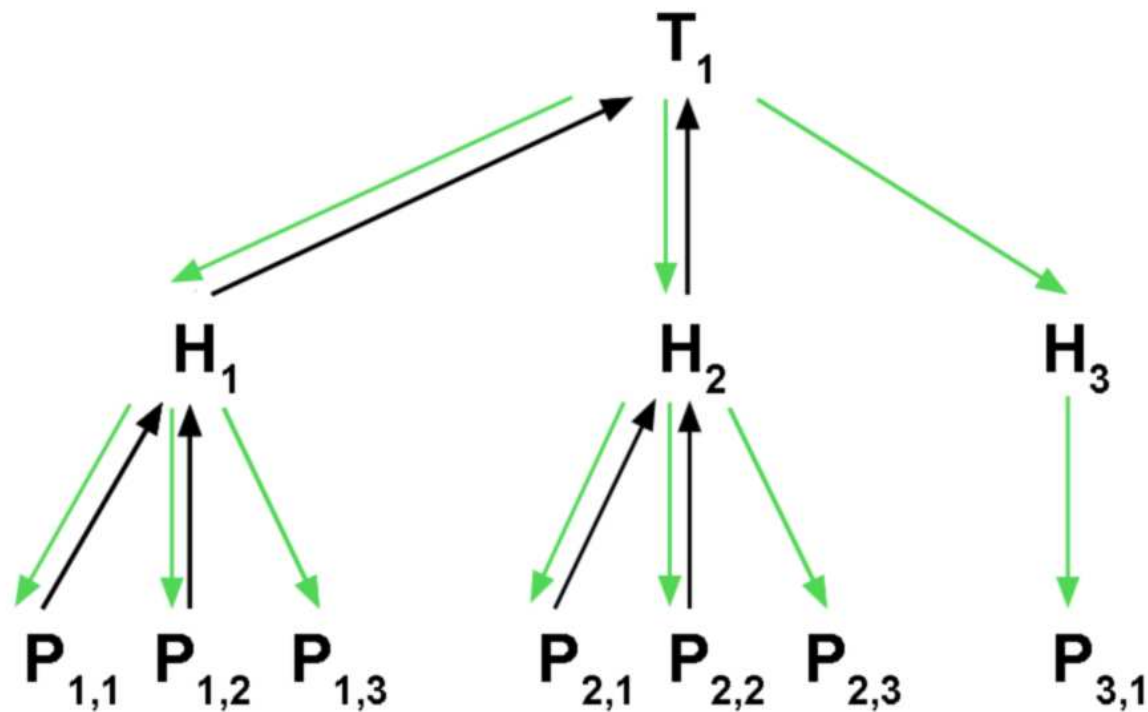
## b) Bewährung

- Übereinstimmung zwischen Vorhersage und Versuchsergebnis noch kein Beweis
- allgemeinere Erklärungen suchen und prüfen, usw...

→ **Hypothetisch-deduktive** Methode

# Hypothetisch-deduktive Methode

Schematische Darstellung des Erkenntnisgewinns (nach Bochenski)



⇒ Naturwissenschaftliche Theorie als „auf dem Kopf stehendes axiomatisches System“

# Fazit

## Schwierigkeiten

- Theorien sind komplexe Systeme
  - Kriterien nicht immer erfüllt, z.B. Unabhängigkeit der Axiome formalwissenschaftlicher Theorien
  - Erkenntnismethode nur idealisiert vorgestellt, z.B. Experimente in der Kosmologie?
- Grundsätze von Theorien letztlich nicht beweisbar
  - ⇒ Akzeptanz durch Bewährung der Folgerungen
  - ⇒ Theorien dennoch als revidierbar zu betrachten

# Quellen

- Bertelsmann. Lexikon in 3 Bänden. Jubiläumsausgabe (2003) Gütersloh; München: Wissen Media Verlag
- Bochenski, I.M. (1954): Die zeitgenössischen Denkmethoden. München: A. Francke Verlag
- Boyd, R. et al. (1991): The Philosophy of Science. Massachusetts: MIT Press
- Brockhaus. Die Enzyklopädie in 24 Bänden (1996) Leipzig; Mannheim: F.A. Bockhaus
- Carey, S.S. (2004): A Beginner's Guide to Scientific Method. Belmont: Wadsworth
- Chalmers, A.F. (2001): Wege der Wissenschaft. Einführung in die Wissenschaftstheorie. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag
- Czayka, L. (1991): Formale Logik und Wissenschaftsphilosophie. Einführung für Wirtschaftswissenschaftler. München: R. Oldenbourg Verlag
- Derry, G.N. (2001): Wie Wissenschaft entsteht. Ein Blick hinter die Kulissen. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft



# Quellen

- Hug, T. (Hrsg.) (2001): *Wie kommt Wissenschaft zu Wissen? Bd.1: Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten*. Hohengehren: Schneider Verlag
- Hug, T. (Hrsg.) (2001): *Wie kommt Wissenschaft zu Wissen? Bd.2: Einführung in die Forschungsmethodik und Forschungspraxis*. Hohengehren: Schneider Verlag
- Hug, T. (Hrsg.) (2001): *Wie kommt Wissenschaft zu Wissen? Bd.4: Einführung in die Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsforschung*. Hohengehren: Schneider Verlag
- Kämpfer, M. (2000): *Wissenschaft-Pseudowissenschaft: Ein einführender Beitrag über die Abgrenzungsschwierigkeiten. Teil 1: Was ist Wissenschaft?*, in: *Studium Integrale Journal*, 7.J., S. 19-27
- Kelle, U. (1994): *Empirisch begründete Theoriebildung. Zur Logik und Methodologie interpretativer Sozialforschung*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag

# Quellen

- Menne, A. (1992): Einführung in die Methodologie. Elementare allgemeine wissenschaftliche Denkmethoden im Überblick. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft
- Merten, K.; Teipen, P. (1991): Empirische Kommunikationsforschung. Darstellung Kritik Evaluation. München: Verlag Ölschläger
- Radner, D.; Radner, M. (1982): Science and Unreason. Belmont: Wadsworth Publishing Company
- Theimer, W. (1985): Was ist Wissenschaft? Praktische Wissenschaftslehre. Tübingen: Francke Verlag
- Vollmer, G. (1993): Wissenschaftstheorie im Einsatz: Beiträge zu einer selbstkritischen Wissenschaftsphilosophie. Stuttgart: S. Hirzel Verlag
- Wikipedia. Die freie Enzyklopädie. Internet-Adresse: <http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptseite> (19.07.2004)
- Wissenschaftsphilosophie, Internet-Adresse (19.07.2004): <http://www.uni-duisburg.de/FB1/PHILO/index/Wissenschaftsphilosophie.PDF>