

Wissenschaftstheorie

1. Was ist Wissenschaft? Was ist eine wissenschaftliche Theorie?

Angabe von Kriterien, die wissenschaftliche von nicht wissenschaftlichen (pseudowissenschaftlichen) Disziplinen unterscheiden

2. Grundbegriffe der Wissenschaften

Definition – Axiom – Hypothese

3. Grundbegriffe wissenschaftlicher Methoden

Deduktion, Induktion, Abduktion

4. Wissenschaftliche Rationalität

Konsistenz, Kohärenz, Prüfbarkeit, intersubjektive Verständlichkeit etc.

5. Wissenschaftliche Erklärung/Bestätigung

- Klassisches deduktiv-nomologisches bzw. induktiv-statistisches Erklärungsmodell
- Kausal-statistische Theorie der Erklärung
- Vereinheitlichungstheorien der Erklärung: Erklärungskraft von Theorien bzw. Hypothesen durch Systematisierungs- und Vereinheitlichungsleistungen
- Carnaps induktive Bestätigung vs. Poppers falsifikationistische Bewährung

6. Theorien der Wissenschaftsdynamik

Wodurch wird ein Theorienwandel ausgelöst? Was bedeutet wissenschaftlicher Fortschritt? Karl Poppers *Logik der Forschung* vs. Thomas Kuhns *Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*

7. Wissenschaftlicher Realismus vs. Antirealismus

Welchen ontologischen und erkenntnistheoretischen Status haben die „theoretischen Entitäten“ der Wissenschaften (wie String, Quarks etc.)?

8. Grenzen wissenschaftlicher Erkenntnis

Allgemeine Begriffsbestimmung von Wissenschaft

- *Wissenschaft* ist der Oberbegriff für alle diejenigen Disziplinen menschlicher Forschung, deren Ziel es ist, Tatsachen über Bereiche der Natur sowie der geistigen, kulturellen, politischen, technischen und sozialen Lebenswelt auf systematisch strukturierte und methodisch kontrollierte Weise zu erkunden.
- Die Gegenstände wissenschaftlichen Forschens werden in *Theorien* systematisch erfasst und strukturiert.
- Wissenschaftliche Disziplinen werden üblicherweise unterschieden in:
 - *Naturwissenschaften* (Physik, Chemie, Biologie, Medizin etc.)
 - *Geisteswissenschaften* (Sprachwissenschaften, Literaturwissenschaften, Kunst-, Theater- und Musikwissenschaften, Philosophie, Geschichte, Religionswissenschaften etc.)
 - *Strukturwissenschaften* (Mathematik, Logik etc.)
 - *Sozial- und Humanwissenschaften* (Soziologie, Anthropologie, Ethnologie, Sportwissenschaften etc.)
 - *Ingenieurwissenschaften*
 - *Wirtschaftswissenschaften*
 - *Rechtswissenschaften*

Diese Unterteilung ist nicht exklusiv, Fachgrenzen (gerade auch im Zuge der *interdisziplinären Vernetzung*) durchlässig!

Idealtypische Kriterien an Wissenschaftlichkeit:

- Wissenschaft ist mit einem *Objektivitätsanspruch* verbunden, ist mit dem Ideal *objektiver Gültigkeit* und *intersubjektiver Nachprüfbarkeit* verbunden (unterscheidet sich daher von bloßen subjektiven Meinungen, von Dogmen und Ideologien)
- Wissenschaft ist mit einem *Erklärungsanspruch* verbunden, die vielfältigen Phänomene unserer Natur und Lebenswelt sollen *verstehbar* werden.
- Weitere Kriterien wissenschaftlicher Rationalität:
 - (weitestgehende) logische Widerspruchsfreiheit und Zirkelfreiheit
 - Korrekte Anwendung wissenschaftlicher Methoden des Schließens (Deduktion, Induktion, statistisches Schließen etc.)
 - Reliabilität
 - Validität
 - Kohärenz mit bestehenden wissenschaftlichen Theorien
 - Theoretische Fruchtbarkeit
 - Prognostische Relevanz
 - Genauigkeit und Einfachheit



Wilhelm von Ockham (um 1285-1350)

Occams „Rasiermesser“ (Occam’s Razor):

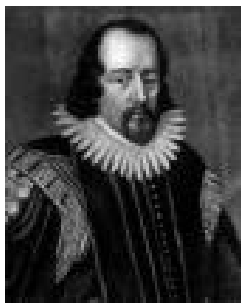
Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem

Vorreiter der modernen Wissenschaftsphilosophie:



Aristoteles (384-322 v. Chr.)

Wissenschaftliche Erkenntnis durch *Deduktion* von wahren Aussagen aus *Axiomen*; *Syllogismus* als Form der logischen Schlussfolgerung.



Sir Francis Bacon (1561-1626)

Hauptwerk: *Novum Organon* (1620), Begründer der neuzeitlichen Wissenschaft.

Wissenschaftliche Erkenntnis durch Theorienbildung, die durch *Induktion* aus Beobachtungen, Messungen und Experimenten gewonnen wird. Auch Axiome lassen sich nicht außerempirisch begründen. Sie sind *Hypothesen*.

„Mensch, der Diener und Interpret der Natur, wirkt und weiß nur soviel, wie er von der Ordnung der Natur durch Experimente oder durch Beobachtung erkannt hat; darüber hinaus weiß und vermag er nichts.“ (1. Aphorismus)



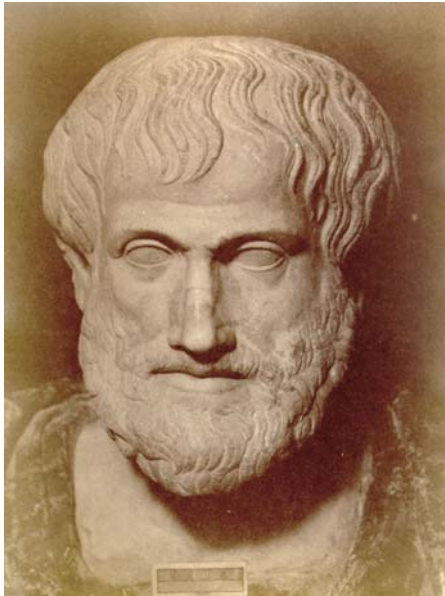
René Descartes (1596-1650)

Nicht-empirische Begründung der wissenschaftlichen Erkenntnis (*rationalistische Wissenschaftsmethodologie*): Die Suche nach den ersten Prinzipien, die das Fundament der Wissenschaft bilden, müssen unabhängig von den trügerischen Sinneserfahrungen sein.



David Hume (1711-1776)

Alle wissenschaftliche Erkenntnis beruht auf der *Erfahrung* (Empirismus);
Kritik an der Induktion als wissenschaftliche Methode.



Aristoteles (384 v. Chr. – 322 v. Chr.)

Die „*Analytica posteriora*“ des *Aristoteles* gelten als erste bedeutende wissenschaftsphilosophische Abhandlungen, die systematische Überlegungen über die formalen Methoden zur Erlangung wissenschaftlichen Wissens enthalten. Für *Aristoteles* bestand die Methode der Wissenschaft in einem *deduktiv-induktiven* Verfahren. Mittels induktiver Verallgemeinerung aus einzelnen Beobachtungen gelangt der Wissenschaftler zu allgemeinen Prinzipien, aus denen nun wiederum Aussagen über den zu erklärenden Phänomenbereich deduktiv abgeleitet werden. Es war *Aristoteles'* großes Verdienst, bestimmte Teilbereiche deduktiven Schließens anhand von *Syllogismen* systematisch zu erfassen. Ein deduktiv gültiger Schluss ist dabei dadurch ausgezeichnet, dass die Wahrheit seiner Konklusion mit Notwendigkeit aus der angenommenen Wahrheit seiner Prämissen folgt.

„Ein Schluss (syllogismos) ist ein Satz, bei dem, wenn man bestimmte Dinge als gegeben annimmt, etwas anderes mit Notwendigkeit folgt.“

(*Analytica priora* 24 b)

Deduktives Schließen:

Ein Schluss ist *deduktiv*-logisch gültig genau dann, wenn die Konklusion wahr sein muss, *falls* die Prämisse(n) wahr sind.

Ein deduktiv gültiger Schluss ist ein *wahrheitserhaltender* Schluss.

Bsp.:

Alle Menschen sind sterblich. Sokrates ist ein Mensch. Ergo: Sokrates ist sterblich.

Beispiele für deduktiv gültige Schlussformen:

- modus ponens

Bsp.: Wenn Gott ein vollkommenes Wesen ist, dann existiert er auch. Gott ist ein vollkommenes Wesen. Also existiert Gott.

- modus tollens

Bsp.: Wenn Gott existiert, gibt es keine Übel auf der Welt. Es gibt aber Übel auf der Welt. Also existiert Gott nicht.

- konjunktiver Syllogismus

Bsp.: Diese Handlung kann nicht sowohl verboten als auch erlaubt sein. Die Handlung ist aber erlaubt. Also kann sie nicht verboten sein.

- adjunktiver Syllogismus

Bsp.: Peter hält ein Referat oder er schreibt eine Hausarbeit. Peter hält kein Referat. Also schreibt Peter eine Hausarbeit.

- Allgemeines Dilemma (Fallunterscheidung)

Bsp.: Menschliche Handlungen sind entweder kausal determiniert oder bloß zufällige Ereignisse. Wenn sie kausal determiniert sind, dann sind sie nicht aus freiem Willen entstanden. Wenn sie bloß zufällige Ereignisse sind, dann sind sie auch nicht aus freiem Willen entstanden. Also sind menschliche Handlungen nicht aus freiem Willen entstanden.

- Reductio ad absurdum

Angenommen, eine wahre Meinung sei hinreichend für Wissen. Dann müsste eine wahre Meinung, die aus bloßem Wunschdenken entstanden ist, als Wissen bezeichnet werden. Dies erscheint aber kontraintuitiv. Daher kann wahre Meinung nicht hinreichend für Wissen sein.

Nachweis eines *logisch-deduktiven Fehlschlusses* durch Modellbilden!

Bsp.: Alle Menschen sind sterblich. Sokrates ist sterblich. Ergo (?) Sokrates ist ein Mensch.

Modell:

Alle Hunde sind Säugetiere. Mein Hamster Harry ist ein Säugetier.

Ergo: Harry ist ein Hund \Rightarrow Fehlschluss!

Induktives Schließen:

Schluss, bei dem die Konklusion aus den Prämissen nur mit einer bestimmten *Wahrscheinlichkeit* folgt.

Ein induktiver Schluss ist ein *gehaltserweiternder* Schluss.

Bsp.:

Bisher ist die Sonne jeden Morgen aufgegangen. Ergo: Die Sonne wird auch morgen wieder aufgehen.

Kritik an induktiven Argumenten:

Nachweis, dass die behauptete Wahrscheinlichkeit, mit der die Konklusion aus den Prämissen folgt, nicht plausibel ist. Nachweis, dass die Prämissen für die Konklusion *nicht statistisch relevant* sind, dass die Prämissenmenge *keine repräsentative Stichprobe* darstellt, dass *die unterstellte Uniformitätsannahme nicht plausibel* ist.

Abduktives Schließen (Schluss auf die beste Erklärung):

Gegeben sei eine Datenmenge (ein zu erklärendes Phänomen). Da A diese Datenmenge am besten erklärt, wird auf A geschlossen.

Bsp.:

Unsere wissenschaftlichen Theorien sind erfolgreich. Die beste Erklärung dafür ist, dass sie (approximativ) wahr sind. Ergo: Unsere wissenschaftlichen Theorien sind (approximativ) wahr.

Kritik an abduktiven Schlüssen:

Nachweis, dass es bessere Erklärungen gibt; Nachweis, dass die behauptete Datenmenge so gar nicht vorliegt.

Übung: Überprüfen Sie, welche Schlussform (deduktiver, induktiver oder abduktiver Schluss) vorliegt und untersuchen Sie die Gültigkeit des Schlusses!

1. Wenn Tiere leidensfähige Lebewesen sind, dann darf man sie nicht ohne Not töten. Tiere sind leidensfähige Lebewesen. Also darf man Sie nicht ohne Not töten.
2. Hans kann nicht sowohl im Kino als auch im Seminar sein. Hans ist jedoch nicht im Seminar. Somit muss er im Kino sein.
3. Angenommen, es gäbe eine alles umfassende Allmenge A. Da jedoch die Potenzmenge (die Menge aller Teilmengen) einer *beliebigen* Menge X *größer* ist als X, müsste die Potenzmenge von A *größer* sein als die alles umfassende Allmenge A. Dies ist jedoch ein Widerspruch. Daher kann es keine alles umfassende Allmenge geben.
4. Jeder Franzose ist Europäer. Einige Europäer leben in Paris. Ergo: Einige Franzosen leben in Paris.
5. Kein Logiker schätzt Fehlschlüsse. Alle Philosophen sind Logiker. Ergo: Kein Philosoph schätzt Fehlschlüsse.
6. In einem Reisemagazin wurde behauptet, dass Haie lieber Männer als Frauen fressen, denn neun von zehn Haiopfern sind Männer.
7. „Kinder aus großen Familien werden öfter kriminell.“ Diese Behauptung soll durch die folgende untersuchte statistische Korrelation zwischen der Anzahl der Kinder in der Familie und der Anzahl der durch die Kinder begangenen Straftaten begründet werden:

<u>Anzahl Kinder in Familie</u>	<u>Anzahl Straftaten</u>
1	3
2	3
3	9
4	16
5	8
6	15
mehr als 6	16

D.h.: in drei Fällen von Jugendkriminalität war der Übeltäter/Übeltäterin aus einer 1-Kind-Familie, in drei Fällen aus einer 2-Kind-Familie, in neun Fällen aus einer 3-Kind Familie etc.

8. Die Natur ist geordnet und folgt Gesetzmäßigkeiten. Die beste Erklärung für die Ordnung und Gesetzmäßigkeit der Natur ist die Annahme eines allmächtigen Schöpfergottes, der die Natur erschaffen und nach Ordnung und Gesetzmäßigkeiten eingerichtet hat.

Definition – Axiom – Hypothese

Hypothese (Behauptung):

1. Die Fallkonstante ist $9,84 \text{ m/sec}^2$.
2. Büchner ist dem Sturm und Drang zuzurechnen.
3. Die Wahrscheinlichkeit an Alzheimer zu erkranken, kann durch die Verabreichung von Östrogen in der Menopause bei Frauen reduziert werden.
4. Ausgewogene vegane Ernährung ist die gesündeste.

Axiom:

1. Es gibt keine natürliche Zahl, die Vorgänger von Null ist.
2. Kraft ist gleich Masse mal Beschleunigung.
3. Wenn p, dann p.

Definition:

1. Das *Drehmoment* ist das Produkt aus Kraft und Länge des Kraftarms.
2. Eine *Primzahl* ist eine natürliche Zahl, die nur durch sich selbst und 1 teilbar ist.
3. Eine *Ellipse* ist ein unvollständiger Satz, dessen fehlende Elemente lexikalisch, syntaktisch oder pragmatisch rekonstruiert werden müssen.
4. Ein Satz ist genau dann *wahr*, wenn er einen bestehenden Sachverhalt zum Ausdruck bringt.
5. *Wissen* ist wahre und gerechtfertigte Meinung.
6. Ein *Mensch* ist ein beseeltes Ding, das sich auf dem Land bewegt, zwei Beine hat und ungefedert ist. (nach Platon)
7. Ein *Axiom* ist eine Aussage oder Formel einer wissenschaftlichen Theorie, die als Grundsatz und Grundlage für zu führende Beweise angenommen wird.

Definition

- sind formal durch Identitäten oder Äquivalenzen ausgezeichnet.
- Der zu definierende Begriff ist das *Definiendum*; der Begriff (oder die Begriffe), der zur Definition des Definiendums verwendet wird, ist das *Definiens*.
- In Definitionen werden *notwendige und zusammen hinreichende* Bedingungen für das Definiendum angegeben.

Nominaldefinition (Bsp. 1, 2, 3 und 7 aus der obigen Liste von Definitionen)

- Die Synonymie zwischen Definiendum und Definiens wird festgesetzt.
- Das Definiendum ist meist ein neues Wort.
- Das Definiendum dient als Kurzform für einen längeren Ausdruck (Die Nominaldefinition ist daher aus praktischen Gründen sinnvoll. Aus theoretischen Gründen jedoch überflüssig.)
- Das Definiens besteht aus bereits bekannten Ausdrücken.
- Eine Nominaldefinition ist (im Unterschied zur Hypothese) weder wahr noch falsch.
- Nominaldefinitionen sind rein konventionell.

„... ihr sollt also wissen, wie ich Euch auch schon oben gesagt habe, dass eine Erklärung der Begriffe willkürlich ist und dass es im Belieben eines jeden Technikers steht, sich in seiner Weise die Dinge, mit denen er sich beschäftigt, zu umschreiben und zu definieren.“ (Galileo Galilei (15-64-1642))

⇒ Kriterium der Eliminierbarkeit: Definiens und Definiendum sind *salva veritate* füreinander substituierbar.

⇒ Kriterium der Nichtkreativität: Durch Definitionen werden (im Unterschied zu Axiomen und Hypothesen) keine neuen inhaltlichen Zusammenhänge gewonnen.

Kreative Definitionen sollten vermieden werden!

Sie können leicht durch Doppel- und Mehrfachdefinitionen entstehen.

Bsp.: (vgl. Essler: *Wissenschaftstheorie I*, 84):

„Positivisten sind jene, die alle menschliche Erkenntnis auf die Sinnes- und Messdaten zurückführen“.

„Positivisten sind jene, die die politischen und ökonomischen Bedingungen ihres Philosophierens nicht reflektieren“

⇒ „Jene, die die politischen und ökonomischen Bedingungen ihres Philosophierens nicht reflektieren, führen alle menschliche Erkenntnis auf die Sinnes- und Messdaten zurück.“

Realdefinition (Bsp. 4, 5 und 6 aus der obigen Liste von Definitionen)

- Durch die Realdefinition soll die *Natur*, das *Wesen* des Definiendums aufgedeckt werden.
- Das Definiendum ist ein bereits bekannter Ausdruck.
- Eine Realdefinition kann wahr oder falsch.

„So ist es nun auch mit den Tugenden, dass, wenn sie auch viele und mancherlei sind, sie doch sämtlich eine und dieselbe gewisse Gestalt haben, um derentwillen sie eben Tugenden sind, und eben hierauf wird derjenige hinzusehen haben, der in seiner Antwort auf jene Frage richtig angeben will, was die Tugend eigentlich ist.“ (Platon: *Menon* 72c)

Explikation

Präzisierung eines vorwissenschaftlichen, unklaren oder mehrdeutigen Begriffs.

Kriterien für Explikation (nach Rudolf Carnap 1891-1970):

- Explikat und Explikandum sollen *ähnlich* sein.
- Explikat muss wissenschaftlich *fruchtbarer* sein als das Explikandum.
- Explikat muss *exakter* sein als Explikandum.
- *Explikat* soll wissenschaftlich *einfacher* sein als Explikandum.

Bsp.: „Fische sind wechselwarme fast ausschließlich im Wasser lebende Wirbeltiere mit Kiemen.“

Zirkelverbot für Definitionen:

Das Definiendum darf weder im Definiens seiner eigenen Definition noch im Definiens einer früheren Definition vorkommen. (von Savigny: *Grundkurs im wissenschaftlichen Definieren*, dtv⁵1980, 116)

Bsp. 1 (von Savigny, 116):

Was ist ein Sprachmittel?

Ein Sprachmittel ist eine Form oder eine Nennung.

Was ist eine Form, was eine Nennung?

Eine Form ist der Rest eines Zeichens, wenn man die Nennung abstreicht; eine Nennung ist ein selbständig bedeutungsvoller Bestandteil eines Zeichens.

Was ist ein Zeichen?

Ein Zeichen ist ein selbständig bedeutungsvolles Sprachmittel.

Bsp. 2:

Eine Person S *weiß* genau dann, dass p, wenn p wahr ist und S *weiß*, dass p wahr ist.

Rekursive Definitionen sind keine vitiösen Zirkeldefinitionen!

Bsp. 1 (von Savigny, 138)

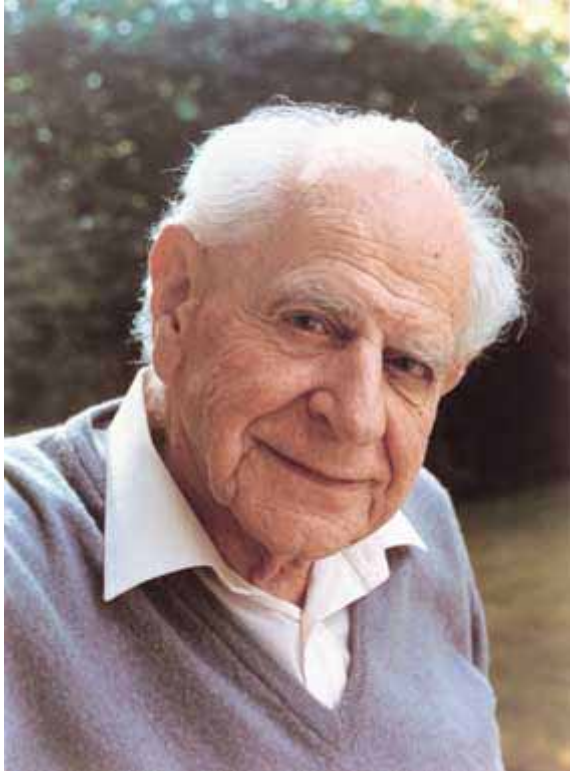
x ist ein *Epigone* := x ahmt einen Klassiker nach oder x ahmt einen *Epigonen* nach.

Bsp. 2

Für alle natürlichen Zahlen n, m und die Nachfolgeroperation „nf“ wird die Addition zweier natürlicher Zahlen folgendermaßen (rekursiv) definiert:

$$(i) \quad m + 0 = m$$

$$(ii) \quad m + nf(n) = nf(m + n)$$



Sir Karl Popper (1902-1994)

Wichtigstes wissenschaftstheoretisches Hauptwerk:
Die Logik der Forschung (erstmalig 1934 erschienen)

Zentrale wissenschaftstheoretische Thesen:

- Kritischer Rationalismus
- Ablehnung des Empirismus und Verifikationismus
- Ablehnung des Induktivismus
- Ablehnung einer sicheren Erkenntnisbasis
- Deduktiv-hypothetische Methode der Wissenschaft
- Kumulativer und teleologischer Wissenschaftsprozess
- Falsifikationistisches Abgrenzungskriterium (Eine empirisch-wissenschaftliche Theorie muss *falsifizierbar* sein. Eine Theorie ist nur dann empirisch-wissenschaftlich, wenn die Klasse ihrer möglichen Falsifikatoren nicht leer ist. Ein empirisch-wissenschaftliches System muss an der Erfahrung scheitern können.

Poppers Abgrenzungskriterium:

„Nun wollen wir aber doch ein solches System als empirisch anerkennen, das einer *Nachprüfung* durch die „Erfahrung“ fähig ist. Diese Überlegung legt den Gedanken nahe, als Abgrenzungskriterium nicht die Verifizierbarkeit, sondern die *Falsifizierbarkeit* des Systems vorzuschlagen; mit anderen Worten: Wir fordern zwar nicht, dass das System auf empirisch-methodischem Wege endgültig positiv ausgezeichnet werden kann, aber wir fordern, dass es die logische Form des Systems ermöglicht, dieses auf dem Wege der methodischen Nachprüfung negativ auszuzeichnen. Ein *empirisch-wissenschaftliches System muss an der Erfahrung scheitern können.*“
(aus: „Logik der Forschung“)

- Bestätigungen sind nur dann wissenschaftlich ernst zu nehmen, wenn sie das Resultat *riskanter Vorhersagen* sind.
- Gute wissenschaftliche Theorien *verbieten* das Eintreten gewisser Ereignisse.
- *Unwiderlegbarkeit* ist ein Merkmal für eine unwissenschaftliche (pseudowissenschaftliche) Theorie.
- *Überprüfung* einer Theorie muss in dem Versuch bestehen, sie zu *falsifizieren*.
- Bestätigende Beobachtungen müssen *bewährende* Beobachtungen sein, d.h. Beobachtungen, die *missglückte Widerlegungsversuche* darstellen.
- Eine Theorie mindert ihren Charakter der Wissenschaftlichkeit durch *ad hoc Immunisierungsversuche*.
- Das Kriterium der Wissenschaftlichkeit einer Theorie ist daher ihre *Falsifizierbarkeit*, ihre *Widerlegbarkeit*, ihre *Überprüfbarkeit*.

Das Kriterium der potentiellen Güte bzw. potentiellen Fortschrittlichkeit bei Popper:

T_1 ist besser/fortschrittlicher als T_2 , wenn gilt:

- T_1 enthält eine *größere Menge an empirischen Informationen* als T_2 , d.h. der *empirische Gehalt* von T_1 ist größer als der von T_2
- T_1 besitzt eine *größere Erklärungs- und Vorhersagekraft* als T_2
- T_1 kann *strenger geprüft* werden als T_2

Popper: „Wir ziehen eine interessante, kühne und hochinformativere Theorie einer trivialen vor.“

Poppers Bergsteiger-Metapher zur Erläuterung seiner Idee einer objektiven Wahrheit:



„Der Status der Wahrheit im objektiven Sinn als Übereinstimmung mit den Tatsachen und ihre Rolle als regulatives Prinzip lässt sich mit einem Gipfel vergleichen, der meist von Wolken umhüllt ist. Der Bergsteiger wird nicht nur Schwierigkeiten haben, hinauf zu gelangen – er wird nicht einmal bemerken, wenn er oben angekommen ist, denn in den Wolken kann er womöglich nicht zwischen dem Hauptgipfel und einer Nebenspitze unterscheiden. Die objektive Existenz des Gipfels wird dadurch jedoch nicht berührt; und wenn uns der Bergsteiger erzählt, „ich zweifle, ob ich den wirklichen Gipfel erreicht habe“, dann erkennt er implizit das objektive Vorhandensein des Gipfels an. Schon die bloße Vorstellung von Irrtum oder Zweifel (im ganz normalen Sinn) impliziert die Idee einer objektiven Wahrheit, die wir möglicherweise nicht erreichen. (aus: „Wahrheit, Rationalität und Wachstum der Wissenschaft“, S. 330)



Thomas S. Kuhn (1922-1996)

Wissenschaftstheoretisches Hauptwerk:
„Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen“ (1992)

Zentrale wissenschaftstheoretische Thesen:

- Die Wissenschaftsentwicklung folgt einem 3-Phasenmodell (vorparadigmatische Phase \Rightarrow paradigmatische Phase \Rightarrow revolutionäre Phase)
- Theorienwandel durch *Paradigmenwechsel*, nicht durch Falsifikation
- Theoriendynamik ist weder kumulativ noch teleologisch
- *Inkommensurabilität* wissenschaftlicher Theorien

Vorparadigmatische (vornormale) Phase der Wissenschaft

- Pluralismus konkurrierender Ansätze
- Kein Konsens bezüglich der Grundlagen eines Fachgebietes
- Kein einheitlicher Wissenskanon
- Keine einheitlichen Methodologien

Paradigmatische (normale) Phase der Wissenschaft

- Ein wissenschaftliches Paradigma leitet das Fachgebiet
- Einheitliche Methodologie
- Konsens der Fachleute bezüglich der wissenschaftlichen Grundfragen
- Wissen ist (z.B. in Lehrbüchern) kanonisiert

Revolutionäre Phase

- Auftreten von Anomalien, die zu immer größeren theoretischen Schwierigkeiten der paradigmatischen Theorie führen
- Fachwissenschaftliche Unsicherheit
- Krisensituation
- Es taucht eine neue Theorie auf, die die Anomalien besser erklären. Diese Theorie findet immer mehr Anhänger. Die alte Theorie (und ihre Anhänger) werden immer stärker verdrängt.
- Wissenschaftliche Revolution

Das Wesen der *normalen Wissenschaft*

„In diesem Essay bedeutet „normale Wissenschaft“ eine Forschung, die fest auf einer oder mehreren wissenschaftlichen Leistungen der Vergangenheit beruht, Leistungen, die von einer bestimmten wissenschaftlichen Gemeinschaft eine Zeitlang als Grundlagen für ihre weitere Arbeit anerkannt werden. Heute werden solche Leistungen in wissenschaftlichen Lehrbüchern, für Anfänger und Fortgeschrittene, im einzelnen geschildert, wenn auch selten in ihrer ursprünglichen Form. Diese Lehrbücher legen das anerkannte Theoriengebäude dar, erläutern viele oder alle ihrer erfolgreichen Anwendungen und vergleichen diese Anwendungen mit exemplarischen Beobachtungen und Experimenten.“ (S. 25)

„Aufräumarbeiten sind das, was die meisten Wissenschaftler während ihrer gesamten Laufbahn beschäftigt, und sie machen das aus, was ich hier normale Wissenschaft nenne. Bei näherer Untersuchung, sei sie historisch oder im modernen Labor, erscheint dieses Unternehmen als Versuch, die Natur in die vorgeformte und relativ starre Schublade, welche das Paradigma darstellt, hineinzuzwängen. In keiner Weise ist es das Ziel der normalen Wissenschaft, neue Phänomene zu finden; und tatsächlich werden die nicht in die Schublade hineinpassenden oft überhaupt nicht gesehen. Normalerweise erheben die Wissenschaftler auch nicht den Anspruch, neue Theorien zu finden, und oft genug sind sie intolerant gegenüber den von anderen gefundenen. Normalwissenschaftliche Forschung ist vielmehr auf die Verdeutlichung der vom Paradigma bereits vertretenen Phänomene und Theorien ausgerichtet.“ (S. 38)

Drei Klassen von normalwissenschaftlichen Problemen:

- Bestimmung bedeutsamer Tatsachen
- Gegenseitige Anpassung von Fakten und Theorien
- Artikulierung der Paradigmentheorie

Wissenschaftliche Krisen und wissenschaftliche Revolutionen

Symptome für eine wissenschaftliche Krise:

- „Fachwissenschaftliche Unsicherheit“: Für die Rätsel der normalen Wissenschaft finden sich keine erwarteten Auflösungen, „Zusammenbruch der normalen Technik des Rätsellösens“
- „Wucherung von Versionen einer Theorie“
- Der Versuch, die Anomalie im Rahmen des bestehenden Paradigmas zu erklären, führt zu einer immer komplizierteren Theorie
- Korrekturen an einer Stelle der Theorie führen zu Ungereimtheiten an einer anderen Stelle
- Eingeständnis der Krisensituation von anerkannten Fachleuten (Einstein: Es war, wie wenn einem der Boden unter den Füßen weggezogen worden wäre, ohne dass sich irgendwo fester Grund zeigte, auf dem man hätte bauen können“ (S. 96f.); Pauli: „Zur Zeit ist die Physik wieder einmal furchtbar durcheinander. Auf jeden Fall ist sie für mich zu schwierig und ich wünschte, ich wäre Filmschauspieler oder etwas Ähnliches und hätte von der Physik nie etwas gehört.“ (S. 97))

Paradigmenwechsel aber nur dann, wenn ein neues, Erfolg versprechendes, bereits sich entwickelt hat:

„Ein Paradigma ablehnen, ohne gleichzeitig ein anderes an seine Stelle zu setzen, heißt die Wissenschaft selbst ablehnen. Es ist ein Schritt, der nicht auf das Paradigma, sondern auf den Menschen zurückfällt, der ihn tut. In den Augen seiner Kollegen erscheint er unvermeidlich als „der Zimmermann, der seinem Werkzeug die Schuld gibt.““ (S. 92)

Aspekte der Inkommensurabilitätsthese:

- Bedeutungsänderung der Begriffe durch das neue Paradigma
- Normen, Methoden und Definition der Wissenschaft ändern sich
- „Wandlung des Weltbildes“ durch das neue Paradigma

⇒ Theorienwechsel wird mit „Gestaltwandel“ verglichen

⇒ Theorienabhängigkeit der Erfahrung!

Wissenschaftlicher Fortschritt bei Kuhn:

- Ablehnung der Popperschen Idee, dass der Wissenschaftsprozess kumulativ verläuft, keine zunehmende Wahrheitsnähe durch den fortschreitenden Wissenschaftsprozess

„[...] wir müssen vielleicht die – ausdrückliche oder unausdrückliche – Vorstellung aufgeben, dass der Wechsel der Paradigmata die Wissenschaftler und die von ihnen Lernenden näher und näher an die Wahrheit heranführt.“ (S. 182)

- Ablehnung eines teleologischen Wissenschaftsprozesses
- Evolutionärer Prozess der Wissenschaft (Analogie zwischen Evolution von Organismen und der Evolution wissenschaftlicher Ideen, vgl. S. 184)

Wissenschaftliche Erklärungen

Literatur:

- Hempel, C.G./Oppenheim, P. (1948): „Studies in The Logic of Explanation“, *Philosophy of Science* 15, 135-175.
- Hempel, C.G. (1977): *Aspekte wissenschaftlicher Erklärung*, Berlin/New York.
- Schurz, G. (Hrsg.) (1990): *Erklären und Verstehen in der Wissenschaft*, München.
- Bartelborth, Th. (1996): *Begründungsstrategien*, Kap. VIII und IX, Berlin
- Lambert, K./Brittan, G.G.: *Eine Einführung in die Wissenschaftsphilosophie*, Kap. II, Berlin.

Probleme der klassischen Theorie der wissenschaftlichen Erklärung

(i) Problem der Gesetzesartigkeit:

A) *Nicht alle Gesetze haben die Form universeller Konditionalsätze* (Bsp. Hempel: „Zu jeder chemischen Verbindung gibt es einen Temperatur- und einen Druckbereich, innerhalb dessen die Verbindung flüssig ist“. Auch statistische Gesetze sind nicht von dieser Form. Bsp.: „Die Wahrscheinlichkeit, dass ein vielzelliger Organismus an Leukämie erkrankt, wenn er 2 Kilometer vom Hypozentrum einer Ein-Megatonnen-Atomexplosion entfernt der Strahlung ausgesetzt ist, beträgt weniger als 1/100.“)

B) *Nicht alle universellen Konditionalsätze beschreiben ein Naturgesetz* (Bsp. Hempel: „Alle Birnen in diesem Korb sind süß“, „Im Münchner Goethe-Gymnasium sind alle Schüler des Jahrgangs 1976 blond.“)

Kriterien für Gesetzesartigkeit:

1) *Verallgemeinerungsbedingung* (Das Gesetz darf nicht „aus logischen Gründen auf eine endliche Anzahl von Einzelfällen eingeschränkt sein.“)

2) Gesetze begründen *irreale Konditionalsätze*

Bsp. 1: „Wenn Gase bei konstant gehaltenem Druck erhitzt werden, dehnen sie sich aus.“

Bsp. 2: „Im Münchner Goethe-Gymnasium sind alle Schüler des Jahrgangs 1976 blond.“

1 stützt den irrealen Konditionalsatz: „Wenn der Sauerstoff in diesem Zylinder bei konstantem Druck erhitzt worden wäre, dann hätte er sich ausgedehnt.“

2 stützt nicht den irrealen Konditionalsatz: „Wenn Keanu Reeves 1976 das Münchner Goethe-Gymnasium besucht hätte, wäre er blond.“

Schwierigkeiten mit dieser Gesetzesauffassung:

- Die Stützung durch irrealen Konditionalsätze hängt von den Umständen ab.
- Gesetzesartigkeit ist kein Merkmal, das bestimmten Verallgemeinerungen *inhäriert*.
- Problem der Wahrheitsfähigkeit irrealer Konditionalsätze
Bsp.: Welcher der folgenden irrealen Konditionalsätze ist wahr?
 - 1) „Wenn Bizet und Verdi Landsleute gewesen wären, dann wären sie Franzosen gewesen.“
 - 2) „Wenn Bizet und Verdi Landsleute gewesen wären, dann wären sie Italiener gewesen.“

C) Naturgesetze scheinen nicht essentiell für wissenschaftliche Erklärungen zu sein.

Bsp.:

- *genetische Erklärungen* (z.B. Erklärung des Historikers Gottlob, wie es zur Sitte des Ablassverkaufs kam).
- *Erklärungen in der Evolutionstheorie* (z.B. Erklärung, wie es zu bestimmten Arten durch natürliche Auslese kam).

(ii) Problem der Irrelevanz

Bsp. 1 (Salmon)

(G) Menschen, die erkältet sind, erholen sich mit hoher Wahrscheinlichkeit innerhalb von 14 Tagen, wenn sie Vitamin C nehmen.

(A) Franz war erkältet und nahm Vitamin C.

(E) Franz erholte sich von seiner Erkältung in 14 Tagen.

Bsp. 2

(G) Wenn eine Person die Antibabypille einnimmt, dann wird sie mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht schwanger.

(A) Peter nimmt die Antibabypille.

(E) Peter wird nicht schwanger.

⇒ Das Explanans muss für das Explanandum *relevant* sein.

(iii) Fehlende *Kausalerklärung*

Bsp. (Labert/Brittan): Solange die *kausale* Fundierung des Zusammenhangs zwischen dem Verhalten der Gezeiten und der Bewegung und den Phasen des Mondes nicht klargestellt ist (z.B. durch Newtons Gravitationsgesetze), kann ein im Juni in Südkalifornien stattfindender Gezeitenwechsel nicht aus der Stellung des Mondes erklärt werden.

(iv) Problem der *Asymmetrie*

Bsp.1 „Fahnenmast“:

„Nehmen wir an, ein 100 Fuß hoher Fahnenmast wirft einen 75 Fuß langen Schatten. Warum der Schatten gerade so lang ist, können wir erklären, indem wir den Höhenwinkel der Sonne feststellen und uns auf die anerkannte Theorie von der geradlinigen Ausbreitung des Lichts berufen. Denn ist dieser Winkel und die Höhe des Mastes gegeben, so können wir mithilfe trigonometrischer Berechnungen die Basislänge des rechtwinkligen Dreiecks ableiten, das der Fahnenmast mit dem Lichtstrahl und dem Schatten bildet. Ebenso können wir aber auch die Länge des Mastes aus der Länge des Schattens und dem Höhenwinkel ableiten. Wenn uns jedoch jemand fragt, warum der Mast 100 Fuß hoch sei, so können wir diese Tatsache nicht dadurch erklären, dass wir antworten: „Weil er einen Schatten von 75 Fuß Länge wirft.“ “

(van Fraassen: „die Pragmatik des Erklärens“)

Bsp.2 „Barometer“.

„Wenn wir uns der vereinfachten Hypothese anschließen, dass der Barometerstand genau dann fällt, wenn ein Sturm aufzieht, so kann das Fallen des Barometerstandes deshalb doch noch nicht die Tatsache erklären, dass ein Sturm aufzieht (sondern umgekehrt: das Aufkommen des Sturms ist die Erklärung für das Fallen des Barometers).“

(van Fraassen: „die Pragmatik des Erklärens“)

(v) Problem der *Hintergrundabhängigkeit* von Erklärungen

- *maximale Bestimmtheitsforderung* bei I-S-Erklärungen: alle zur Verfügung stehenden Informationen müssen berücksichtigt werden.
- Was als Erklärung gilt, kann vom *Fragekontext*, vom *Hintergrundwissen* etc. abhängen.

Bsp. (van Fraassen): „Weil dort mehr Geld zu holen war als in einer anderen Bank“ ist eine unangemessene Erklärung für einen Bankraub, wenn der Bankräuber von dem Gefängniskaplan über den Grund seine Tat gefragt wird – nicht jedoch, wenn er von einem Mitgefangenen gefragt wird.

(vi) Kein Platz für *graduelle Erklärungen* im Covering-law Modell

Bsp. (Bartelborth): „Die Newtonsche Theorie erklärt eine Reihe von Planetenbewegungen, aber die Allgemeine Relativitätstheorie erklärt einige dieser Bewegungen nach heutiger Ansicht noch besser, schon weil sie kleinere Unschärfemengen benötigt als die Newtonsche Theorie.“

Kausal-statistische Theorien wissenschaftlicher Erklärungen

Hauptvertreter: Hans Reichenbach, Wesley Salmon, Michael Scriven, Richard Jeffrey

Literatur:

- Wesley Salmon: *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*, 1984.

Wissenschaftliche Erklärung besteht nach der kausal-statistischen Theorie in der „Darstellung sowohl der für dieses Ereignis statistisch *relevanten* Faktoren als auch des kausalen Netzes, das den statistischen Regelmäßigkeiten zugrunde liegt, die diese Faktoren und dieses Ereignis mit einschließen.“ (Lambert/Brittan, S. 43)

Statistische Relevanz:

B ist statistisch relevanter Faktor für A genau dann, wenn

$$p(A/B) \neq p(A)$$

Bsp. für kausal-statistische Erklärung (Lambert/Brittan, S. 44f.)
Explanandum: Soldat S ist an Leukämie erkrankt. Zur wissenschaftlichen Erklärung dieses Phänomens bedarf es:

a) Menge der statistisch relevanten Faktoren:

- (1) Soldat S war zwei Kilometer vom Hypozentrum der Atomexplosion entfernt;**
- (2) Bei der Explosion handelte es sich um eine Ein-Megatonnen-Bombe;**
- (3) S war ungeschützt.**

b) statistische Regelmäßigkeiten:

- (4) Die Wahrscheinlichkeit, dass jemand an Leukämie erkrankt, sofern er sich ungeschützt in einer Entfernung von zwei Kilometern vom Hypozentrum der Explosion einer Ein-Megatonnen-Bombe befindet usw. ist geringer als 1/100 (was jedoch immer noch höher ist als in der Bevölkerung generell).**

c) kausale Vorgänge und Wechselwirkungen, die den statistischen Regelmäßigkeiten zugrunde liegen

(5) Starke Strahlung, die durch nukleare Reaktionen bei der Explosion freigesetzt wird, überquert den Zwischenraum zwischen der Explosion und S (kausaler Vorgang).

(6) Die Strahlung, die auf die Körperzellen von S aufprallt, tritt mit ihnen in Wechselwirkung und wird absorbiert (kausale Wechselwirkung).

(7) Die Aufnahme der Strahlen durch die Zellen von S löst einen Prozess aus, der zu Leukämie führt (kausale Wechselwirkung und kausaler Prozess).

Vorteile des kausal-statistischen Ansatzes:

- **Lösung des Problems der Irrelevanz**
- **Das Problem der Erklärungsasymmetrien wird durch Asymmetrie von Kausalbeziehungen erklärt.**
- **Erklärung unerwarteter Ereignisse**
- **Ursachenerklärungen liefern oftmals erst wissenschaftliche Erklärungen.**

Probleme des kausal-statistischen Ansatzes:

- **Theorie nicht umfassend genug, da nicht alle Erklärungen Kausalerklärungen sind – wie z.B.**
 - *mathematische* Erklärungen
 - *geometrische* Erklärungen
 - Erklärungen anhand von *Koexistenzgesetzen* (Pendelgesetz zur Erklärung der Schwingungsdauer eines Pendels, Erklärung der Volumenänderung durch das Gesetz von Boyle und Charles etc.)
 - *klassifikatorische* Erklärungen
 - *Identitätserklärungen* (Erklärung dafür, warum schwere Massen höhere Kräfte benötigen, um beschleunigt zu werden anhand der Identität von schwerer und träger Masse)
 - *reduktive* Erklärungen (Erklärung thermodynamischer Prozesse durch statistische Mechanik)

- „Es sind nicht die individuellen kausalen Beziehungen, die etwas erklären, sondern *abstraktere Zusammenhänge*“ (Bartelborth)
- Humes Kausalitätskritik
- Der Begriff des kausalen Vorgangs wird in der *Quantentheorie* prinzipiell in Frage gestellt (keine *gemeinsame Ursache*, durch die sich die Quantenkorrelationen in der EPR-Versuchsanordnung erklären lassen).
- Die kausale Theorie ist *nicht hinreichend spezifisch*, um Erklärungen zu liefern (Wie lassen sich *erklärungsrelevante* von nicht relevanten Ursachen unterscheiden?)

Erklärung als Vereinheitlichung

Literatur:

- Michael Friedman: „Erklärung und wissenschaftliches Verstehen“, in: Schurz (Hrsg.) 1990 (Original 1974).
- Philip Kitcher: „Erklärung durch Vereinheitlichung“, in Schurz (Hrsg.) 1990 (Original 1986).
- Thomas Bartelborth: „Erklärung als Vereinheitlichung“, Kap. IX aus Bartelborth (1996).

Durch Erklärungen sollen inferentielle Zusammenhänge zwischen unseren Überzeugungen hergestellt werden - mit dem Ziel, diese zu systematisieren und zu vereinheitlichen.

Friedman: „Wissenschaft erhöht unser Verständnis der Welt durch Reduktion der Gesamtzahl von unabhängigen Phänomenen, die wir als grundlegend bzw. gegeben akzeptieren müssen.“

Kitcher: „Eine Theorie vereinheitlicht unser Wissen, wenn sie ein – oder allgemeiner – einige wenige Argumentmuster liefert, die in der Herleitung einer großen Zahl von Sätzen, die wir akzeptieren, verwendet werden können.“ (Bsp.: Erklärungsleistung von Darwins Evolutionstheorie durch Vereinheitlichung biologischer Phänomene durch Herleitung aus dem Prinzip der natürlichen Auslese).

Probleme des Vereinheitlichungsansatzes:

- Problem der „unechten Verallgemeinerungen“, Selbsterklärungen (Bsp.: Ableitung eines Gesetzes A aus der Konjunktion von A und B, Ableitung eines Gesetzes aus sich selbst \Rightarrow Problem einer rein syntaktischen Beschreibung von Vereinheitlichung)
- „Deduktions-Chauvinismus“
 - Es ist fragwürdig, ob sich alle statistischen Erklärungen zu deduktiven verstärken lassen.
 - Reduktionen sind oftmals *approximative Reduktionen*, d.h. *Korrekturen* (Bsp.: Newtons Theorie vereinheitlicht und erklärt die Theorien von Kepler und Galileo, aber sie werden gleichzeitig auch an einigen Stellen korrigiert.)

- Deduktive Erklärungen setzen *Konsistenzbedingung* und *Bedeutungsinvarianz* voraus. Diese Bedingungen werden von Kuhn und Feyerabend kritisiert.

a) Konsistenzbedingung: Neue Theorie *konservative Erweiterung* der alten Theorie

b) Bedeutungsinvarianz: Bedeutungen der Begriffe in neuer und alter Theorie ändert sich nicht.

Feyerabend: a) und b) verhindern wissenschaftlichen Fortschritt (Neue Tatsachen, die die alte Theorie erschüttern, können nicht zum Vorschein kommen; wissenschaftlicher Fortschritt wird oftmals gerade aufgrund des Bedeutungswandels der Begriffe möglich).

⇒ Theorien- und Methodenpluralismus

Theorien der Bestätigung

Literatur:

- Lambert/Brittan (1991), Kap. III
- Zu Paradoxien der Bestätigung: R.M. Sainsbury: *Paradoxien*, 2001 (2. Auflage)

Problem der Bestätigung:

„Wann und unter welchen Bedingungen wird eine Hypothese durch Belege bestätigt?“

1. Poppers falsifikationistische Theorie der *Bewährung*:
Hypothesen bewähren sich, indem sie harten Falsifikationstests standhalten.
2. Bestätigung durch positive Einzelfälle (Hempel)
3. Bayessche Analyse der Bestätigung: Belege bestätigen eine Hypothese, wenn diese die Wahrscheinlichkeit der Hypothese erhöhen.
4. Bestätigungstheorie nach dem „Münchhausenprinzip“ (Glymour)

Zu 1: Poppers falsifikationistische Theorie der *Bewährung*

- *Falsifikation* universeller Hypothesen durch Aufzeigen eines Gegenbeispiels
- Universelle Hypothesen können nicht bestätigt werden. Sie können sich jedoch bewähren, indem sie sich strengen Falsifikationstests widersetzt haben.
- Eine Hypothese, die sich bewährt hat, hat umso größeren empirischen Gehalt, je unwahrscheinlicher sie ist.

Einwand:

Duhem-These (Pierre Duhem 1861-1916): Hypothesen werden niemals isoliert getestet. Es gibt kein *experimentum crucis*.

$H_1, \dots, H_n, \quad B_1, \dots, B_i \quad \square \quad E$
(Hypothesen) (Rahmenbedingungen) (zu erwartendes Ergebnis)

Wenn E im Widerspruch zur Beobachtung steht, dann folgt daraus:
Nicht- H_1 oder ... oder nicht- H_n oder nicht- B_1 oder ... nicht B_i .

⇒ „Ein negativer Einzelfall zeigt als solcher nicht, *welche* der Hypothesen oder Ausgangsbedingungen falsch ist.“

Zu 2.: Bestätigung durch positive Einzelfälle (Hempel)

Hypothese H: Alle A sind B.

Positiver Einzelfall von H: Gegenstand, der die Eigenschaften A und B hat.

Negativer Einzelfall von H: Gegenstand, der zwar A, aber nicht B hat.

Weder positiver noch negativer Einzelfall von H: Gegenstand, der weder A noch B hat.

⇒ Hypothesen werden durch ihre positiven Einzelfälle *bestätigt* und durch ihre negativen Einzelfälle *widerlegt*.

<u>V1</u> Eine Verallgemeinerung wird von jeder ihrer Instanzen bestätigt.

Die Rabenparadoxie (Hempel 1945):



Ä1 Wenn man von zwei Hypothesen a priori wissen kann, dass sie äquivalent sind, dann bestätigen alle Daten, welche eine dieser Hypothesen bestätigen, auch die andere.

(R1) Alle Raben sind schwarz.

ist äquivalent mit:

(R2) Alles, was nicht schwarz ist, ist kein Rabe.

⇒ Jede Instanz von (R1) bestätigt auch (R2) und umgekehrt.

⇒ Nichtschwarze Nicht-Raben bestätigen sowohl (R2) als auch (R1).

⇒ Ein weißer Tennisschuh bestätigt paradoxer Weise (?) die Hypothese, dass alle Raben schwarz sind.

Mögliche Erwiderungen:

- 1. Die Schlussfolgerung akzeptieren**
- 2. $\bar{A}1$ verwerfen**
- 3. $V1$ verwerfen**

Zu 1.: Bestätigungen hängen von Umständen und Hintergrundüberzeugungen sowie vom numerischen Verhältnis der Kategorie und der Komplementärkategorie ab.

Zu 2.: Bestätigungsprozesse scheinen nicht immer logische Transformationen anzuerkennen, da es effizienter sein kann, positive Instanzen für H als für die kontraponierte Hypothese \bar{H} zu finden.

Zu 3.: Eine positive Instanz ist nicht *per se* eine *Bestätigungsinstanz* für eine Hypothese, sondern dies hängt von *Hintergrundinformationen* ab.

Die „Grue-Paradoxie“ (Goodman 1955)



**X ist genau dann *grue*, wenn:
Gr1 X grün ist und untersucht worden ist,
oder Gr2 X blau ist und noch nicht untersucht worden ist.**

Bsp.: Jeder untersuchte grüne Smaragd bestätigt:

- 1. „Alle Smaragde sind grün“ und**
- 2. „Alle Smaragde sind *grue*“.**

Aus 2. folgt: Die bisher nicht untersuchten Smaragde sind blau. Aus 1. folgt jedoch, dass sie nicht blau – sondern grün – sind.

Somit werden paradoxer Weise zwei sich widersprechende Hypothesen von derselben Instanz bestätigt.

Goodmans Lösung der „Grue“-Paradoxie:

Das Prädikat „grün“ ist wesentlich besser „eingebürgert“ (entrenched) als „grue“. Ein Prädikat ist in einer Sprache umso besser eingebürgert, je häufiger es von Sprechern dieser Sprache „projiziert“ wurde, d.h. umso öfter es verwendet wurde, um Hypothesen aufzustellen, die Prognosen über bisher ungeprüfte Gegenstände zulassen.

⇒ *Sprachabhängigkeit der Bestätigungsbeziehung*: Prognosen über zukünftige Ereignisse hätten auch anders ausfallen können, wenn andere Begriffe in unserer Sprache projiziert wurden.

Allgemeines Problem, das durch die „Grue“-Paradoxie angesprochen wird:

- Die Anzahl möglicher Hypothesen, die auf denselben Daten beruht, ist unbegrenzt.
- Es gibt immer unbegrenzt viele Non-Standardbedeutungen, die mit den bisherigen (endlichen) sprachlichen Aktivitäten im Einklang stehen.
- Die „Grue“-Paradoxie verweist auch auf ein sprachphilosophisches Problem des Meines und Regelfolgens in der Sprachpraxis.

Zu 3.: Bayessche Analyse der Bestätigung

Thomas Bayes (1702-1761)

E (Belege, evidence) bestätigt H (Hypothese) genau dann, wenn $p(H/E) > p(H)$, d.h. wenn die Wahrscheinlichkeit von H bei gegebenem E größer ist als die Wahrscheinlichkeit von H allein.

Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie:

- (1) $p(S) \hat{=} 0$
- (2) $p(S) = 1$ für tautologische Aussage S
- (3) $p(S \vee R) = p(S) + p(R)$ für sich wechselseitig ausschließende S und R, d.h. $S \wedge R$ ist kontradiktorisch.

1. Satz der Negation: $p(\neg S) = 1 - p(S)$

Bew.: $p(S \vee \neg S) = 1, p(S \vee \neg S) = p(S) + p(\neg S)$

$\Rightarrow 1 = p(S) + p(\neg S) \Rightarrow p(\neg S) = 1 - p(S)$

2. Satz der oberen Grenze: $p(S) \hat{=} 1$

Bew.: Sei $p(S) > 1 \Rightarrow p(\neg S) (= 1 - p(S)) < 0$ Wid. zu (1)

3. Satz von der logischen Konsequenz:

Wenn $S \rightarrow R$, dann $p(S) \hat{=} p(R)$

Bew.: Sei $S \rightarrow R$, d.h. $S \wedge \neg R$ ist kontradiktorisch

$\Rightarrow p(S \vee \neg R) = p(S) + p(\neg R)$.

Mit 1.: $p(S \vee \neg R) = p(S) + 1 - p(R)$

Mit 2.: $p(S \vee \neg R) \hat{=} 1 \Rightarrow p(S) + 1 - p(R) \hat{=} 1 \Rightarrow p(S) \hat{=} p(R)$.

4. Satz der logischen Äquivalenz:

Wenn $S \leftrightarrow R$, dann $p(S) = p(R)$

Bew.: mit 3.

Begriff der bedingten Wahrscheinlichkeit:

$p(H/E) = p(H \wedge E)/p(E)$, solange $p(E) \neq 0$.

Bayessches Theorem: $p(H/E) = (p(E/H) p(H)) : p(E)$

Wahrscheinlichkeit
von H bei gegebenem E

Wahrscheinlichkeit
von E bei gegebenem H

Ausgangs-
wahrscheinlich-

Erwartungs-
wert für E

keit

Bew.: $p(H/E) = p(H \wedge E)/p(E)$ (DF bedingte Wahrscheinlichkeit)

$\Rightarrow p(E \wedge H) = p(H/E) p(E)$.

Es gilt (ersetze H durch E): $p(H \wedge E) = p(E/H) p(H)$

Mit 4. : $p(H \wedge E) = p(E \wedge H) \Rightarrow p(H/E) p(E) = p(E/H) p(H)$

$\Rightarrow p(H/E) = (p(E/H) p(H)) : p(E)$

Korollare:

K1 Hypothesen werden nie durch ihre Konsequenzen widerlegt.

Sei E logische Konsequenz von H, dann $p(E/H) = 1$.

K2 Von zwei Konsequenzen einer Hypothese ist es die weniger wahrscheinliche, welche die Hypothese in höherem Maße bestätigt.

Sei $H \rightarrow E$ und $H \rightarrow F$: Wenn $p(E) < p(F)$, dann $p(H/E) > p(H/F)$.

Vorteile der Bayesschen Theorie gegenüber der Theorie der Bestätigung durch positive Einzelfälle:

- Bayessche Analyse ist quantitativ, berücksichtigt *Grade* der Bestätigung.
- Hintergrundinformationen werden berücksichtigt.

- In der Bayesschen Analyse werden Hypothesen durch ihre Konsequenzen, nicht durch positive Einzelfälle bestätigt.
- Bayessche Analyse wird mit der „Rabenparadoxie“ fertig: $p(\text{nicht-schwarze Nichtrab en}) > p(\text{schwarze Rab en})$, daher liefert die Beobachtung von schwarzen Rab en eine höhere Bestätigung als die von nicht-schwarzen Nichtrab en.

Probleme/Einwände zur Bayesschen Analyse:

- Problem der Bestimmung der Ausgangswahrscheinlichkeiten
- Bayessche Analyse steht nicht im Einklang mit der wissenschaftlichen Praxis, da:
 - Hypothesen aufgestellt werden, die über die Beobachtungsbasis hinausgehen;
 - Hypothesen, die hochgradig falsifizierbar sind, im Hinblick auf bereits verfügbare Belege nur geringe Wahrscheinlichkeit haben;
 - neue Hypothesen nicht durch alte Belege bestätigt werden.

Bestätigung nach dem „Münchhausenprinzip“ (bootstrapping)

Literatur:

Clark Glymour: *Theory and Evidence*, 1980.

Lambert/Brittan (1991), Kap. III, Abschnitt 5.

Grundidee: Ergänzung der Bestätigungstheorie durch positive Einzelfälle:

„Der Grundgedanke von Glymours Darstellung besagt, dass Hypothesen durch die Verifikation ihrer Einzelfälle bestätigt werden; und Einzelfälle werden verifiziert, indem man den Wert *jeder* darin erhaltenen Größe oder Eigenschaft berechnet oder bestimmt. Diejenigen Größen oder Eigenschaften, die nicht unmittelbar durch experimentelle Beobachtungen gemessen oder bestimmt werden, können durch die Verwendung von Hilshypothesen berechnet werden, wozu auch ebendie Hypothese gehören darf, aus der der Einzelfall abgeleitet wurde.“ (Lambert/Brittan, S. 129)

Hypothese H wird im Hinblick auf **Theorie T** genau dann durch **Belege E** bestätigt, wenn gilt:

1. **Positiver Einzelfall von H** wird mit Hilfe von T aus den Belegen abgeleitet. (*Bestätigungsklausel*)
2. **Andere Belege** hätten zur Ableitung eines negativen Einzelfalls führen können. (*Trivialisierungsvermeidungsklausel*)
3. **Die Theorie** darf die zur Prüfung vorliegende Theorie selbst enthalten. (*Münchhausenzopfklausele, bootstrap clause*).

Bsp. 1: Bestätigung von Newtons allgem. Gravitationsgesetz:

Theorie T: Newtonsche Theorie, die u.a. das 2. Bewegungsgesetz: $F = m \cdot a$ enthält.

Hypothese H: $F = G(m_1 \cdot m_2/R^2)$ allgemeines Gravitationsgesetz

Belege E: Messergebnisse der Massen m_1 und m_2 zweier Gegenstände und die zwischen diesen bestehende Entfernung (R).

Hieraus folgt aus H ein Wert für F.

Stimmt dieser Wert mit dem aus dem 2. Bewegungsgesetz abgeleiteten Wert für F überein, so sind die Belege positive Einzelfälle für H \Rightarrow Bestätigungsklausel erfüllt.

Trivialisierungsvermeidungsklausel ist erfüllt.

Prüfung eines Teils der Newtonschen Theorie durch Verwendung eines anderen Teils

Bsp. 2: Bestätigung des Gesetzes für ideale Gase

Hypothese (H) Gesetz für ideale Gase:

$$\boxed{p \cdot V = k \cdot T}$$

(p =Druck, V=Volumen, k=Konstante, T=Temperatur)

E: Messung von p_1 , V_1 und T_1 eines Gases G_1

\Rightarrow Berechnung von $k_1 = p_1 \cdot V_1/T_1$

Messung von p_2 , V_2 und T_2 eines Gases G_2

Führt k aus Messung von G_1 zu einer korrekten Gleichung

$k_1 = p_2 \cdot V_2/T_2$? Wenn ja, ist H bestätigt.

Bestätigung von H unter Verwendung von H!

Bsp. 3: Bestätigung einer Hypothese im Rahmen der Evolutionstheorie

Hypothese (H): Der Schlüssel zur Differenzierung ist (zumindest bei den Vögeln) die geographische Isolation.

E: 13 Finkenarten auf den Galapagosinseln

Theoretische Hilfhypothesen:

- (i) Die Population zweier Unterarten können sich vermischen, wenn sie nicht lange isoliert sind und sich nur geringfügig voneinander unterscheiden.**
- (ii) Wenn solche Populationen lange voneinander isoliert gewesen sind, werden sich so viele erbliche Unterschiede angesammelt haben, dass sich ihre Gene nicht ohne weiteres miteinander verbinden.**

Aus E folgt mit (i) und (ii), dass die Finkenarten ursprünglich lange geographisch getrennt waren.

⇒ E = bestätigender Einzelfall von H

Vermeidung der Trivialisierung dadurch, dass (i) und (ii) durch andere Arten von Belegen gestützt werden, während konkurrierende Hypothesen nicht bestätigt wurden.

- **Trivialisierungsvermeidungsklausel gewährleistet, dass die geprüfte Hypothese in Gefahr ist**
- **Eine Vielfalt von Belegen ist nötig, um die Trennung der Hypothesen zu ermöglichen.**

Probleme mit der „Münchhausenanalyse“:

- **Problem der *ad hoc* Hypothesen**
- **Problem der Voraussetzung jeder beliebigen Hilshypothese zur Bestätigung einer anderen Hypothese.**

Wissenschaftlicher Realismus

Literatur:

- Martin Curd/J.A. Cover (eds.): *Philosophy of Science*, New York 1998, Kap. 9
- Stathis Psillos: *Scientific Realism: How Science Tracks Truth*, London/New York 1999.

Zentrale Fragestellung:

„Welchen ontologischen und epistemischen Status haben die *theoretischen Entitäten* in den Wissenschaften?“

Der *wissenschaftliche Realismus* ist durch eine *metaphysische, semantische* und eine *epistemologische* These ausgezeichnet:

Metaphysische These:

Es gibt eine bewußtseinsunabhängige Realität, deren objektive Strukturen wissenschaftliche Theorien aufdecken.

Gegenposition: *Phänomenalismus*

Semantische These:

Die theoretischen Terme wissenschaftlicher Theorien (zumindest von den „reifen“ und „erfolgreichen“ Theorien) referieren genauso wie die Beobachtungsterme. Sie beziehen sich auf objektiv existierende Entitäten.

Gegenposition: *Logischer Empirismus, Instrumentalismus*

Epistemologische These:

Die Theorien der („reifen“ und „erfolgreichen“) Theorien sind (approximativ) wahr. Wissenschaftlicher Fortschritt besteht in der Wahrheitsannäherung.

Gegenposition: *Konstruktiver Empirismus* (van Fraassen), Zurückweisung der These der Verbindung von Wahrheit und Erfolg einer wissenschaftlichen Theorie z.B. durch Laudan, Kuhns Kritik an der Vorstellung eines kumulativen, teleologischen Wissenschaftsprozesses, Wissenschaftswandel durch Paradigmenwechsel, Inkommensurabilitätsthese.

Wissenschaftlicher Antirealismus:

Position, in der mindestens eine der drei Thesen des wissenschaftlichen Realismus abgelehnt wird.

Hauptargument für den wissenschaftlichen Realismus (insbesondere für die epistemologische These):

***No Miracle Argument* (Putnam): Ohne die Annahme eines wissenschaftlichen Realismus wäre der Erfolg der Wissenschaften ein Wunder.**

Boyd: Die beste Erklärung für die instrumentelle Zuverlässigkeit wissenschaftlicher Methoden besteht darin, dass die ihnen zu Grunde liegenden Theorien als wahr angenommen werden.

Smart: Instrumentalisten müssen an eine „kosmische Koinzidenz“ glauben.

Argumente gegen das „No Miracle-Argument“:

1. Kritik am *Schluss auf die beste Erklärung* (*inference to the best explanation*) (IBE), der diesem Argument zu Grunde liegt.

Fine: Das Argument ist *zirkulär*, da es IBE benutzt, welches aber gerade durch das Argument erst begründet werden soll.

Gegenargument von Psillos: Gültigkeit oder Zuverlässigkeit eines Schlussprinzips muss nicht erst begründet werden, wenn der Schluss zuverlässig ist. Außerdem lässt sich kein Schlussprinzip absolut rational rechtfertigen. Rechtfertigung beruht letzten Endes immer auf bestimmten Intuitionen.

2. Wissenschaftlicher Realismus ist nicht die beste Erklärung für den Erfolg wissenschaftlicher Theorien.

Fine: *instrumentelle Verlässlichkeit* als bessere Erklärung

Van Fraassen: *Empirische Adäquatheit* als bessere Erklärung

Van Fraassen: *Darwinistische Erklärung* des Erfolgs wissenschaftlicher Theorien: Die gegenwärtigen Theorien haben sich als evolutionär günstig erwiesen. Die erfolgreichen Theorien haben „überlebt“.

Gegenposition (z.B. von Psillos): Instrumentalisten *erklären* nicht das Phänomen des Erfolgs wissenschaftlicher Theorien, Instrumentalismus können die *prognostische Kraft* wissenschaftlicher Theorien nicht erklären, Instrumentalisten können die *Suche nach einer einheitlichen Theorie* nicht erklären.

Kritik an darwinistischer Position (Psillos):

Darwinistische Erklärung bloße „phänotypische“, aber keine „genotypische“ Erklärung, wie es die Realisten anstreben. Eine realistische ist mit dem darwinistischen Ansatz vereinbar: Die Theorien haben deshalb überlebt, weil sie *wahr* sind!

3. Laudans Kritik am wissenschaftlichen Realismus:

Referenz der t-Terme, Wahrheit und Erfolg von wissenschaftlichen Theorien stehen in keinem spezifischen systematischen Zusammenhang. Es gibt:

- erfolgreiche Theorien, die falsch sind;
- Theorien, deren t-Terme referieren, die falsch sind;
- Theorien, deren t-Terme nicht referieren, die erfolgreich sind.

Maxwells Kritik an der Unterscheidung von o- und t-Entitäten:

Die Unterscheidung zwischen beobachtbaren und theoretischen Entitäten hat keine ontologische Signifikanz. Die Grenzziehung zwischen o-Entitäten und t-Entitäten ist *kontextabhängig* (abhängig von unserer physiologischen Ausstattung, von unserem gegenwärtigen Wissensstand und von den uns zur Verfügung stehenden wissenschaftlichen Instrumenten).

Entitätenrealismus ohne Theorienrealismus (Ian Hacking, Nancy Cartwright):

Hacking: Realismus bezüglich experimenteller Entitäten: t-Entitäten müssen als real angenommen werden, wenn wir deren kausale Eigenschaften experimentell dazu nutzen, um mit anderen Phänomenen zu interferieren und Hypothesen zu testen.

Bsp.: Wir erschließen nicht die Realität der Elektronen aufgrund ihres Erfolges in wissenschaftlichen Theorien, sondern wir sind von ihrer Existenz deshalb überzeugt, weil wir neue Geräte bauen können, die bestimmte kausale Eigenschaften von Elektronen ausnutzen, um andere Phänomene zu untersuchen.

Problem von Hackings experimentellem Realismus: *Theorienbeladenheit der Beobachtung* (Interdependenz von Theorie und Experiment) scheint einen Entitätenrealismus ohne Theorienrealismus fragwürdig zu machen.