

**Karl [Raimund] Popper  
(1902-1994)**

Popper gilt als einer der einflussreichsten Autoren auf den Gebieten der Wissenschaftstheorie sowie der politischen Philosophie. Er kritisierte den Logischen Empirismus und dessen Sichtweise der wissenschaftlichen Methode. In die politische Theorie ist er als wichtiger Kritiker des Marxismus eingegangen. Popper wurde 1965 von der Queen Elizabeth II geadelt.

Wichtigste Werke:

*Logik der Forschung* (1934)  
*The Open Society and Its Enemies* (1945)  
*Conjectures and Refutations* (1965)  
*Objective Knowledge* (1972)  
*The Self and Its Brain* (1977)

## Deduktion (deduktive Argumente)

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

**Prämissen**  
**Konklusion**

Deduktive Argumente sind:

- **nicht erkenntniserweiternd:** Der Inhalt der Konklusion ist schon implizit in den Prämissen enthalten. (Wir lernen nichts dazu, wenn wir eine Konklusion ziehen.)
- **notwendig wahrheitserhaltend:** Wenn die Prämissen wahr sind, dann muss die Konklusion ebenfalls wahr sein.
- **erosionsbeständig:** Die Hinzufügung neuer Prämissen verändern nicht die Gültigkeit eines deduktiven Arguments.
- **absolut:** Die Gültigkeit eines deduktiven Arguments kennt keine Grade.

## Induktion (induktive Argumente)

Dieser beobachtete Rabe ist schwarz.  
Jener beobachtete Rabe ist schwarz.  
Also: Alle Raben sind schwarz.

Induktive Argumente sind:

- **erkenntniserweiternd:** Der Inhalt der Konklusion geht über den Inhalt der Prämissen hinaus. (Sie ist stärker, allgemeiner. Wir lernen etwas neues hinzu.)
- **nicht notwendig wahrheitserhaltend:** Ein induktives Argument kann trotz wahrer Prämissen eine falsche Konklusion besitzen.
- **nicht erosionsbeständig:** Neue Prämissen unterminieren die Gültigkeit eines induktiven Arguments.
- **graduell:** Die Prämissen können die Konklusion in unterschiedlicher Stärke stützen.

## Poppers Falsifikationismus Entdeckung und Bestätigung

### Wissenschaftliche Hypothesenbildung (Entdeckungszusammenhang)

Dieser beobachtete Rabe ist schwarz. (Beobacht.)  
Jener beobachtete Rabe ist schwarz. (Beobacht.)  
Also: Alle Raben sind schwarz. (Hypothese)

Das Aufstellen allgemeiner Hypothesen geschieht über **induktive** Verallgemeinerungen, die unsere Beobachtungen „zusammenfassen“.

**Humes Induktionsskepsis:** Es gibt keinerlei Rechtfertigung für induktive Schlüsse.

**Goodmans neues Rätsel der Induktion:** Ein und dieselben Beobachtungen rechtfertigen eine Vielzahl inkompatibler Hypothesen.

### Bestätigung wiss. Hypothesen (Rechtfertigungszusammenhang)

Alle Raben sind schwarz. (Hypothese)  
Dies ist ein Rabe. (Randbedingung)  
Also: Er ist schwarz. (beobachtbare Konsequenz)

Hypothesen werden anhand ihrer beobachtbaren Konsequenzen (graduell) bestätigt. Bestätigung lässt sich über viele Instanzen (**induktiv**) akkumulieren.

**Humes Induktionsskepsis:** Hypothesen lassen sich induktiv nie absolut rechtfertigen.

**Goodmans neues Rätsel der Induktion:** Jede Bestätigung einer Hypothese gilt immer zugleich als eine Bestätigung vieler andere inkompatibler Hypothesen.

**Hempels Rabenparadox:** Hypothesen scheinen sich auch durch irrelevante Beobachtungen stützen zu lassen.

## Poppers Falsifikationismus Vermutungen und Widerlegungen

### Wissenschaftliche Hypothesenbildung (Entdeckungszusammenhang)

Popper: Wissenschaft beginnt nie mit Beobachtungen (**induktiv**), sondern immer mit Vermutungen (**deduktiv**).

The work of the scientist consists in putting forward and testing theories. The initial stage, the act of conceiving or inventing a theory, seems to me neither to call for logical analysis nor to be susceptible of it. The question how it happens that a new idea occurs to a man ... may be of great interest to empirical psychology; but it is irrelevant to the logical analysis of scientific knowledge. (Popper, Logic of Inquiry)

### Bestätigung wiss. Hypothesen (Rechtfertigungszusammenhang)

Popper: Beobachtungen können zwar nie die Wahrheit wissenschaftlicher Hypothesen begründen (**Verifikation**), wohl aber ihre Falschheit (**Falsifikation**). Die Beobachtung eines schwarzen Schwans falsifiziert die Hypothese ein für alle mal, dass alle Schwäne weiß sind.

**Poppers Bild:** Der Wissenschaftler stellt **Vermutungen** auf und versucht diese durch Experimente und Beobachtungen zu **widerlegen**. Wenn eine Vermutung eine Reihe von Tests erfolgreich überstanden hat, dann kann sie vorläufig akzeptiert werden. Eine Theorie, ein Gesetz oder eine wissenschaftliche Hypothese sind nie mit Gewissheit wahr. Sie können sich bei der nächsten Testgelegenheit als falsch herausstellen.

## Keplers Entdeckung der elliptischen Bahn der Planeten, ein Beispiel

Kepler entdeckte, dass sich der Mars in einer elliptischen Bahn um die Sonne bewegt. Wie lässt sich das erklären? Kepler ging davon aus, dass der Orbit der Planeten die Sonne statt die Erde ist. Außerdem vermutete er, dass die Bewegung der Planeten entweder zirkulär oder zusammengesetzt aus wenigen zirkulären Bewegungen ist. Um die elliptische Bahn zu erklären bildete er drei Hypothesen:

1. Der Orbit des Mars ist ein Kreis um ein Zentrum C, welches sich ein wenig von der Sonne entfernt befindet.
2. Der Orbit des Mars setzt sich aus zwei Kreisen zusammen, deren zusammengesetzte Form eiförmig ist, wobei das spitze Ende den sonnennächsten Punkt des Mars bildet.
3. Der Orbit des Mars ist eine Ellipse mit der Sonne in einem der Zentren.

Jede dieser Hypothesen, die Kepler nacheinander aufgestellt hat, hat er sorgfältig mit den empirischen Daten verglichen. Die ersten beiden Vermutungen musste er aufgrund ihrer Nichtübereinstimmung mit den verfügbaren Daten verwerfen; nur die dritte Hypothese widerstand allen ihm verfügbaren Kenntnissen über die Bewegung des Mars. Diese ist als das Keplersche Gesetz in die Wissenschaftsgeschichte eingegangen.

Kepler hat (1) zunächst einfache Vermutungen angestellt. Er hat dann (2) die daraus folgenden Konsequenzen mit dem beobachteten Daten verglichen und schließlich (3) diejenigen Hypothesen verworfen, deren Konsequenzen nicht mit den beobachteten Daten im Einklang standen. Hypothesenbildung ist kreativ; Hypothesentesten ist falsifikatorisch!

## Gut und schlecht bestätigte Vermutungen?

Stellen wir uns vor, eine Theorie T sei zu einem Zeitpunkt  $t_1$  von einem Wissenschaftler (Dr. E) aufgestellt worden. Zu  $t_1$  gibt es noch keine Evidenzen für T, so dass es sich um eine **reine Vermutung** handelt. Zwischen  $t_1$  und  $t_2$  jedoch haben Dr. E und seine Kollegen gezeigt, dass sich mit T eine ganze Reihe von Beobachtungen erklären lassen. Außerdem haben sie T einer ganzen Reihe experimenteller Tests unterzogen, von denen sich jeder einzelne als Erfolg herausgestellt hat.

**Intuition:** Für T hat es zu  $t_1$  keine Rechtfertigung durch Evidenzen gegeben, aber zu  $t_2$  liegen starke empirische Evidenzen für T vor, die uns rechtfertigen, T als eine gute Theorie in der Wissenschaftspraxis weiter zu verwenden.

Aus Poppers These, dass es nur Widerlegungen aber keine Bestätigung für eine wissenschaftliche Theorie geben kann, folgt, dass T zu  $t_1$  eine ebenso unbestätigte Vermutung darstellt wie zu  $t_2$ . Das aber ist **kontraintuitiv**.

Wir müssen zeigen können, wie wissenschaftliche Vermutungen durch Evidenzen, die sie bestätigen, gerechtfertigt werden können. Popper führte daher den **Bewährungsgrad** einer Theorie ein: Je häufiger eine Theorie dem Versuch der Widerlegung widerstanden hat, desto höher ist ihr Bewährungsgrad. Der Begriff des Bewährungsgrades entspricht genau unserem alten Begriff der Bestätigung einer Theorie (Hypothese), wodurch wir uns genau die Probleme wieder einhandeln, die Popper vermeiden wollte!

## Die Asymmetrie zwischen All- und Existenzaussagen

### Alle Raben sind schwarz.

Diese Allaussage lässt sich durch die Beobachtung von schwarzen Raben graduell **(induktiv) bestätigen**.

Diese Allaussage lässt sich durch die Beobachtung eines einzigen nichtschwarzen Raben absolut **(deduktiv) falsifizieren**.

Dies ist ein weißer Rabe.  
Nicht alle Raben sind schwarz.

### Es gibt schwarze Schwäne.

Diese Existenzaussage lässt sich durch die Beobachtung von weißen Schwänen graduell **(induktiv) falsifizieren**.

Diese Existenzaussage lässt sich durch die Beobachtung eines einzigen schwarzen Schwans absolut **(deduktiv) verifizieren**.

Dies ist ein schwarzer Schwan.  
Es gibt schwarze Schwäne.

Es gibt keinen intrinsischen Zusammenhang zwischen Verifikation/Bestätigung und induktiven (graduellen) Argumenten bzw. Falsifikation/Widerlegung und deduktiven (absoluten) Argumenten. Ob sich eine Hypothese absolut oder nur graduell bestätigen/falsifizieren lässt, hängt von ihrer logischen Form und nicht von der angewandten Methode ab. Verifikation und Falsifikation sitzen im selben Boot!



## [Jules] Henry Poincaré (1854-1912)

Poincaré ist ein bedeutender Mathematiker, Physiker und Wissenschaftstheoretiker, welcher in Paris lehrte. Er interessierte sich für nicht-Euklidische Geometrie, entdeckte einen Vorläufer der speziellen Relativitätstheorie und formulierte wichtige Gesetze in der Chaostheorie. In wissenschaftstheoretischer Perspektive gilt er als Begründer des Konventionalismus.

### Wichtigste Werke

*Science and Hypothesis* (1902)

*The Value of Science* (1905)

*Science and Method* (1908)

## Welchen Status haben die Axiome der Geometrie?

Die geometrischen Axiome sind ... weder synthetische Urteile a priori noch experimentelle Tatsachen. Es sind auf Übereinkommen beruhende Festsetzungen; unter allen möglichen Festsetzungen wird unsere Wahl von experimentellen Tatsachen geleitet; aber sie bleibt frei und ist nur durch die Notwendigkeit begrenzt, jeden Widerspruch zu vermeiden ... Mit anderen Worten: die geometrischen Axiome ... sind nur verkleidete Definitionen.  
(Poincaré, *Science and Hypothesis*)

### Historischer Hintergrund

**Kant** betrachtete die Axiome der Euklidischen Theorie als synthetische Urteile a priori (d.h. als Urteile, die vor aller Erfahrung liegen und gleichzeitig als die Bedingung der Möglichkeit der räumlichen Erfahrung gelten).

Die Weiterentwicklung der Geometrie durch **Hilbert und Lobachevsky** zeigte, dass sich alternative Geometrien entwickeln lassen, die dieselbe logische und mathematische Legitimität wie die Euklidische Geometrie besitzen.

**Poincaré** arbeitete mit der Geometrie von Lobachevsky und fand verschiedene Anwendungen, die zeigten, dass diese sich auf einigen Gebieten besser eignet als die Euklidische Geometrie.

## Welchen Status haben die Axiome der Geometrie?

Alle geometrischen Systeme sind auf **dieselbe Realität** bezogen. Sie behandeln denselben Raum, obgleich sie sich in der sprachlichen Formulierung unterscheiden und von verschiedenen/inkompatiblen Axiomen ausgehen.

Die Wahl einer Theorie ist letztlich rein **konventionell** und basiert auf Prinzipien der theoretischen Ökonomie und Einfachheit.

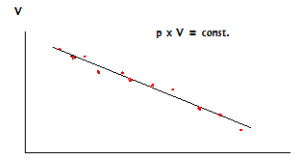
Der Grund, warum wir gewöhnlich die Euklidische Geometrie favorisieren, liegt darin, dass sie für die meisten Anwendungen die **einfachste Theorie** ist.

In Bezug auf **spezifische Anwendungen** kann es aber sein, dass eine andere, alternative Theorie bequemer als die Euklidische ist. Beispielsweise nutzte Einstein im Jahre 1915 eine nicht-Euklidische Geometrie um die Relativitätstheorie zu formulieren, da dies zu den einfachsten Resultaten führte.

### Welchen Status haben wissenschaftliche Hypothesen im allgemeinen?

Obwohl wissenschaftliche Theorien auf Erfahrung beruhen, so sind sie doch weder verifizier- noch falsifizierbar durch die Erfahrung allein!

Wenn wir beispielsweise ein mathematisches Gesetz finden möchten, das eine gegebene Serie von Beobachtungen beschreiben soll, dann wird üblicherweise die einfachste Linie eines gegebenen Graphen von Punkten interpoliert.



Die tatsächliche Kurve, die wir in unserer Theorie mit mathematischen Mitteln konstruieren, hängt sowohl von der Erfahrung als auch von der Einfachheit der Kurve ab – je einfacher die Kurve, desto mehr Punkte werden außerhalb dieser liegen.

➤ Die interpolierte Kurve – das angenommene Gesetz – ist keine direkte Generalisierung aus der Erfahrung, denn sie **korrigiert** die Erfahrung! Welche Linie wir wählen (welche Theorie wir favorisieren), hängt von unseren Entscheidungen ab!



**Pierre [Maurice M.] Duhem  
(1861-1916)**

Duhem war ein bedeutender Physiker und Mathematiker, der an der Universität von Bordeaux theoretische Physik lehrte. Auf dem Gebiet der Wissenschaftstheorie lieferte es sich einen heftigen Disput mit Poincaré. Seine bedeutendste Entdeckung, nämlich dass bei der empirischen Bestätigung einer Hypothese stets ein Gefüge weiterer Annahmen vorausgesetzt werden muss, ist als Duhem-Quine These in die Geschichte eingegangen.

#### Wichtigste Werke

*The Aim and Structure of Physical Theory* (1904/05)

*The Value of Science* (1904/05)

*Physics of a Believer* (1905)

*To Save the Phaenomena* (1908)

Duhem hat gezeigt, dass sich aus einer einzelnen Hypothese keine beobachtbaren Konsequenzen ableiten lassen, sondern nur aus der Hypothese zusammen mit einer ganzen Reihe von Zusatzannahmen (weitere Hypothesen, Annahmen über bestimmte Tatsachen und Annahmen zum experimentellen Versuchsaufbau).

H ... sei eine Hypothese, die überprüft werden soll  
A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> ... seien die entsprechenden Zusatzannahmen  
O ... sei der Beobachtungssatz, der sich aus H und A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> ableiten lässt.

**(H & A<sub>1</sub> & A<sub>2</sub> & A<sub>3</sub>) → O** unser H-D-Testmodell

Nun nehmen wir an, dass O nicht eintritt. Können wir daraus schließen, dass H falsifiziert wird? Offensichtlich nicht, denn nicht-O impliziert lediglich:

**nicht (H & A<sub>1</sub> & A<sub>2</sub> & A<sub>3</sub>) bzw.  
(nicht H) oder (nicht A<sub>1</sub>) oder (nicht A<sub>2</sub>) oder (nicht A<sub>3</sub>)**

Wir können aus dem Fehlschlagen eines empirischen Tests nur schließen, **dass entweder unsere Hypothese oder eine oder mehrere Zusatzannahmen falsch sind**. Weder die Beobachtung, noch die Logik kann uns zeigen welche der verschiedenen Annahmen wir verwerfen sollen!

Nehmen wir an, wir hätten zwei sich ausschließende Hypothesen H<sub>1</sub> und H<sub>2</sub>, und nehmen wir weiter an, alle Zusatzannahmen, die wir machen müssen, um diese Hypothesen zu testen, lassen sich durch ein einziges Symbol A darstellen, dann haben wir die folgenden Annahmen:

H<sub>1</sub> oder H<sub>2</sub>  
(H<sub>1</sub> und A) → O<sub>1</sub>  
(H<sub>2</sub> und A) → O<sub>2</sub>

Nun machen wir einen Test und finden O<sub>1</sub> und nicht O<sub>2</sub>. Daraus können wir schließen, dass:

**nicht (H<sub>2</sub> und A) bzw. (nicht H<sub>2</sub>) oder (nicht A)**

> **Holismus**: Wir wissen nicht, ob H<sub>2</sub> oder die Zusatzannahmen zur falschen Vorhersage führten.

> **Unbestimmtheit**: Das Argument gelingt nur, wenn wir wissen, dass nur eine der beiden Hypothesen korrekt ist. Wir können aber nie die Möglichkeit ausschließen, dass es weitere Hypothesen H<sub>3</sub>, ..., H<sub>n</sub> gibt, die inkompatibel mit H<sub>1</sub> und H<sub>2</sub> sind. Ein Entscheidungsexperiment ist nur möglich, wenn wir alle möglichen Hypothesen erschöpfend in Betracht gezogen haben. Dazu aber sind wir nie in der Lage.

## Kuhns Paradigmen und Revolutionen



**Thomas [Samuel] Kuhn**  
(1922-1996)

Kuhn gilt als einer der wichtigsten amerikanischen Wissenschaftstheoretiker. Er lehrte in Berkeley und später am MIT Philosophie und Wissenschaftsgeschichte. Sein wichtigstes Werk „Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen“ schrieb er schon als Student in Havard. Er gilt als einer der wichtigsten Kritiker des Falsifikationismus.

Wichtigstes Werk

*The Structure of Scientific Revolutions*  
(1962)

## Kuhns Paradigmen und Revolutionen

Der Grundzug von Kuhns Theorie ist die Betonung des revolutionären Charakters wissenschaftlichen Fortschritts, wobei eine Revolution in der Wissenschaft zur endgültigen Aufgabe einer theoretischen Struktur (eines Paradigmas) führt, die durch eine andere, mit ihr unvereinbare (inkommensurable) Struktur ersetzt wird.

### Kuhns Vorstellung von wissenschaftlichem Wandel





## Paradigmen und Normalwissenschaft

Normalwissenschaft ist ein Problemlösen, das sich nach den Regeln eines Paradigmas richtet.

Eine voll entwickelte Wissenschaft wird durch ein einziges Paradigma geleitet:

- Die Probleme und Rätsel eines Paradigmas sind entweder **theoretischer** oder **instrumenteller** Natur (Berechnung der Planetenbewegungen vs. Präzisierung teleskopischer Betrachtungen).
- Das Scheitern bei der Lösung paradigmatischer Probleme wird als **Scheitern des Wissenschaftlers** und nicht als Scheitern des Paradigmas gewertet.
- Ein Normalwissenschaftler muss dem Paradigma, in welchem er arbeitet, **unkritisch** gegenüberstehen.
- Die Ausbildung eines Wissenschaftlers innerhalb eines wissenschaftlichen Paradigmas besteht im Lösen von **Standardproblemen**, der Anwendung der Theorie auf **Standardsituationen** sowie dem Ausführen von **Standardexperimenten**, die ihn mit den Methoden und Techniken des Paradigmas vertraut machen.
- Probleme, die sich einer Lösung widersetzen, werden eher als **Anomalien** im Paradigma statt als **Falsifikationen** des Paradigmas betrachtet.

## Krise und Revolution

Zu einer Krise kommt es, wenn:

- eine Anomalie die entscheidenden Grundlagen eines Paradigmas bedroht;
- eine Anomalie in Bezug auf soziale Erfordernisse dringlich ist;
- es zu viele Anomalien gibt oder die Zeitspanne ihrer Resistenz zu groß wird;
- sich ein rivalisierendes Paradigma einstellt.

Die Paradigmen lösen sich nicht so voneinander ab, dass das eine die Anomalien des anderen löst, sondern dieser Prozess ist so zu beschreiben, dass ein neues Paradigma ganz andere Fragestellungen mit sich bringt, und damit die Problemstellungen des alten Paradigmas als obsolet oder müßig betrachtet.

**Rivalisierende Paradigmen erachten unterschiedliche Fragen als legitim oder bedeutsam!**

## Die Inkommensurabilität von Paradigmen

Anhänger rivalisierender Paradigmen leben „in verschiedenen Welten“. Weil die Fragen, Problemstellungen und überhaupt die Ansicht, was eigentlich die Phänomene sind, die die Theorie zu erklären hat, für zwei rivalisierende Paradigmen so extrem unterschiedlich sind, kann es nach Kuhn **kein logisches oder empirisches Argument** geben, dass die Überlegenheit des einen über das andere Paradigma beweist und das darüber hinaus einen vernunftgeleiteten Wissenschaftler zwingen könnte, den Wandel zu vollziehen.

➤ Wenn zwei Paradigmen keine wissenschaftlichen Standards miteinander teilen, dann gibt es keine gemeinsamen Voraussetzungen, vor welchen sich stringente Argumentationen für und wider eine Theorie überhaupt entwickeln lassen.

**Rivalisierende Paradigmen sind einander inkommensurabel!**



## Paul [Karl] Feyerabend (1924-1994)

Der österreichische Philosoph Paul Feyerabend beschäftigte sich vorwiegend mit der Wissenschaftstheorie, Erkenntnistheorie und den sozialen Folgen der Wissenschaft. In seinem wichtigsten Werk (*Wider den Methodenzwang*) behauptete er, dass der Wissenschaftsfortschritt hauptsächlich durch Irrtümer, Irrationalitäten und abgelehnte Theorien zustande gekommen ist.

### Wichtigste Werke

*Wider den Methodenzwang* (1974)

*Science in Free Society* (1978)

*Wissenschaft als Kunst* (1984)

Wenn die wissenschaftlichen Methodologien (Verifikationismus, Falsifikationismus, Holismus etc.) als Regeln aufgefasst werden, die vorschreiben, wie sich ein Wissenschaftler in einer realistischen Situation entscheiden soll, dann sind diese nach Ansicht Feyerabends nicht nur wirklichkeitsfern, sondern **schädlich**:

Der Gedanke, die Wissenschaft könne und sollte nach festen und allgemeinen Regeln betrieben werden, ist sowohl wirklichkeitsfern als auch schädlich. Er ist wirklichkeitsfern, weil er sich die Fähigkeiten des Menschen und die Bedingungen ihrer Entwicklung zu einfach vorstellt. Und er ist schädlich, weil der Versuch, die Regeln durchzusetzen, zur Erhöhung der fachlichen Fähigkeiten auf Kosten unserer Menschlichkeit führen muss. Außerdem ist der Gedanke für die Wissenschaft selbst von Nachteil, denn er vernachlässigt die komplizierten physikalischen und historischen Bedingungen des Fortschritts. ... Alle Methodologien haben ihre Grenzen, und die einzige ‚Regel‘, die übrigbleibt, lautet ‚Anything goes‘. (Paul Feyerabend, in: *Wider den Methodenzwang*)

### Wissenschaft vs. Wissenschaftsmethodologie

**Scharlatan:** Relativ ungebundene Einführung eines neuen, noch unentwickelten Standpunktes, ohne diesen anschließend auf die Probe zu stellen.

**Wissenschaftler:** Relativ ungebundene Einführung eines neuen, noch unentwickelten Standpunktes, der anschließend der härtesten Prüfung unterzogen wird.

Ein Wissenschaftler unterscheidet sich von einem Scharlatan weder darin, wie er zu seinen Thesen gekommen ist, noch in den Inhalten der vertretenen Theorie. Der Unterschied besteht darin, wie der Wissenschaftler mit seinen Hypothesen umgeht. Er ist bereit, sie in allen möglichen Fällen auf die Probe zu stellen; er arbeitet ihre Konsequenzen und internen Schwierigkeiten heraus; er berücksichtigt die Einwände gegen seine Ansicht und wird sie aufgeben, wenn sie der Kritik nicht standhält.

**In der Wissenschaft reicht es nicht aus, seinen Launen und Neigungen nachzugehen!**

# Was ist eigentlich eine wissenschaftliche Theorie?

## Der klassische (syntaktische) Ansatz



Rudolf Carnap  
(1891-1970)

Eine wissenschaftliche Theorie ist eine Menge von Sätzen, die in einer Sprache mit spezifischem Vokabular und klar angegebener Struktur formuliert sind.

### Theoretische Prinzipien

mathematisch formulierte Axiome der Theorie

**Beispiel:**  $P \times V = \text{const.}$

### Theoretische Terme

Grundbegriffe der Theorie, die sich nicht auf Beobachtbares beziehen

**Beispiel:** kinetische Energie, Positron

### Korrespondenzregeln

Verfahren der Messung der einzelnen Symbole

**Beispiel:**  $p$  sei der Druck an einem Druckmessgerät

### Beobachtungsterme

Ausdrücke, die einen empirischen Gehalt besitzen

**Beispiel:** ist rot, wiegt 3 Tonnen

### Uninterpretierte Formelsysteme und Korrespondenzregeln

Theorien als solche sind dem syntaktischen Ansatz zufolge **uninterpretierte Mengen von Sätzen**, die in bestimmten mathematischen oder logischen Beziehungen zueinander stehen.

**Korrespondenzregeln** dienen als ein Mittel, durch das den theoretischen Termen in den Prinzipien der Theorie eine beobachtungsbezogene (oder messbare) Bedeutung verliehen wird. Erst dadurch wird den Theorien **empirischer Gehalt verliehen**.

**Operationalismus**: Ein theoretischer Term ist synonym mit der „Menge von Operationen“, durch die er bestimmt oder gemessen wird.

### Verdienste der klassischen Position

Klärung des Unterschieds zwischen einer **Theorie** als solcher (als uninterpretierte Menge von Prinzipien) und dem Bereich, der zur **Anwendung einer Theorie** gehört (Interpretation der theoretischen Terme mittels Korrespondenzregeln)

Wenn man eine Menge von Erklärungsprinzipien als „Theorie“ bezeichnet, so ist das unabhängig davon, in welchem Grade diese Prinzipien untermauert sind. Manche Theorien sind gut bestätigt, andere nicht.

Erläuterung, wie Theorien, welche nicht **theoretische Terme** wie „Kraft“, „Feld“, „das Unbewusste“ usw. verwenden, **empirische Signifikanz** erlangen können

Eine Theorie hat nach der klassischen Auffassung nur dann empirische Signifikanz, wenn sie prüfbare Konsequenzen besitzt. Korrespondenzregeln bauen eine Brücke zwischen theoretischen Prinzipien und Fakten der Beobachtung.

Anwendung des **hypothetisch-deduktiven Theoriemodells**

Die Hypothesen (Prinzipien) einer Theorie sollen einerseits die beobachtungsbezogenen Konsequenzen erklären und werden umgekehrt durch diese bestätigt.

Unterscheidung zwischen **Entdeckungs-** und **Bestätigungsdimension**:

Die philosophische Analyse wissenschaftlicher Theorien muss sich ausschließlich um die Funktion der Hypothesen kümmern. Die Umstände, unter denen eine Theorie entdeckt und aufgestellt worden ist, gelten als belanglos. Worauf es ankommt, ist die begriffliche Struktur der Theorie und die Verfahren, mit deren Hilfe man sie auf die Probe stellen kann.

## Der klassische (syntaktische) Ansatz

### Probleme der Unterscheidung zwischen Theorie und Beobachtung

Was als die Daten einer Theorie gilt, das hängt von den Theorien im Hintergrund ab.

**Ohne Theorien gibt es in der Wissenschaft gar keine Beobachtungsdaten.**

Beobachtungsaussagen können nur so genau sein, wie das begriffliche Gerüst der Sprache (Theorie), das sie verwenden. In der Physik beispielsweise ist der Begriff „Kraft“ ein präziser Ausdruck, weil er eine zentrale Rolle in der Newtonschen Mechanik spielt; in der Alltagssprache ist der Begriff „Kraft“ nur ungenau, weil unsere Alltagstheorien mannigfaltig und ungenau sind.

**Präzise formulierte Theorien sind Voraussetzung für präzise Voraussagen.**

Jede Beobachtungsaussage ist fehlbar. Um die Wahrheit einer Beobachtungsaussage (wie „Dies ist ein Stück Kreide.“) nachzuweisen, muss man sich auf eine oder mehrere Theorien stützen; und je zuverlässiger die Gültigkeit nachgewiesen werden soll, desto umfassender muss das herangezogene theoretische Wissen sein.

**Beobachtungsaussagen sind ebenso fehlbar wie die Theorien, derer sie bedürfen.**

## Der semantische Ansatz



Bas van Fraassen  
\*1941

### Modelle statt uninterpretierte Formelsysteme

Ein theoretisches Modell postuliert eine Menge von Gegenständen, deren Eigenschaften und Verhalten durch spezifische Gesetze wiedergegeben wird.

Ein **Newtonsches Teilchensystem** ist ein Modell mit Teilchen als Massepunkten, das die drei Newtonschen Bewegungsgesetze erfüllt.

Das **Molekularmodell des Gases** ist ein Modell, in dem die Moleküle durch elastische Kugeln wiedergegeben werden, die in einem abgeschlossenen Raum Masse und Bewegung haben und den Grundgesetzen der statistischen Mechanik unterliegen.

- Ein Modell ist eine **idealisierte** Wiedergabe eines realen, physikalischen Systems.
- Für ein Modell kann es **verschiedene sprachliche Formulierungen** geben.

### Isomorphie (Strukturgleichheit)

Nach der semantischen Auffassung bestehen Theorien aus Modellen sowie aus der empirischen Hypothese, dass die Modelle die Welt in bestimmten Hinsichten annähernd wiedergeben. Insofern diese Wiedergabe gelingt – insoweit das Modell den Daten angemessen ist – besitzt die Theorie erstens ein Erklärvermögen und kann zweitens durch die Daten gestützt werden.



## Was eigentlich ist eine wissenschaftliche Theorie?

Der syntaktische Ansatz	Der semantische Ansatz
Fundamental sind die uninterpretierten <b>Sätze der Theorie</b> .	Fundamental sind die <b>Modelle</b> , die durch die Sätze der Theorie spezifiziert werden.
Eine Theorie gilt als bestätigt, wenn sich aus deren <b>Prinzipien</b> (ihre Hypothesen, Naturgesetze) mittels der <b>Korrespondenzregeln</b> empirische <b>Konsequenzen ableiten</b> lassen.	Eine Theorie gilt als bestätigt, wenn das durch Sätze der Theorie beschriebene <b>Modell</b> (weitgehend) <b>isomorph zu einem realen, physikalischen System</b> ist.
Wissenschaftler „konstruieren“ eine <b>abstrakte Wissenschaftssprache</b> , aus der sich mittels weiterer Regeln beobachtbare Konsequenzen ableiten lassen.	Wissenschaftler „konstruieren“ <b>ideale, abstrakte Modelle</b> für reale Zusammenhänge in der Welt (empirische Systeme).