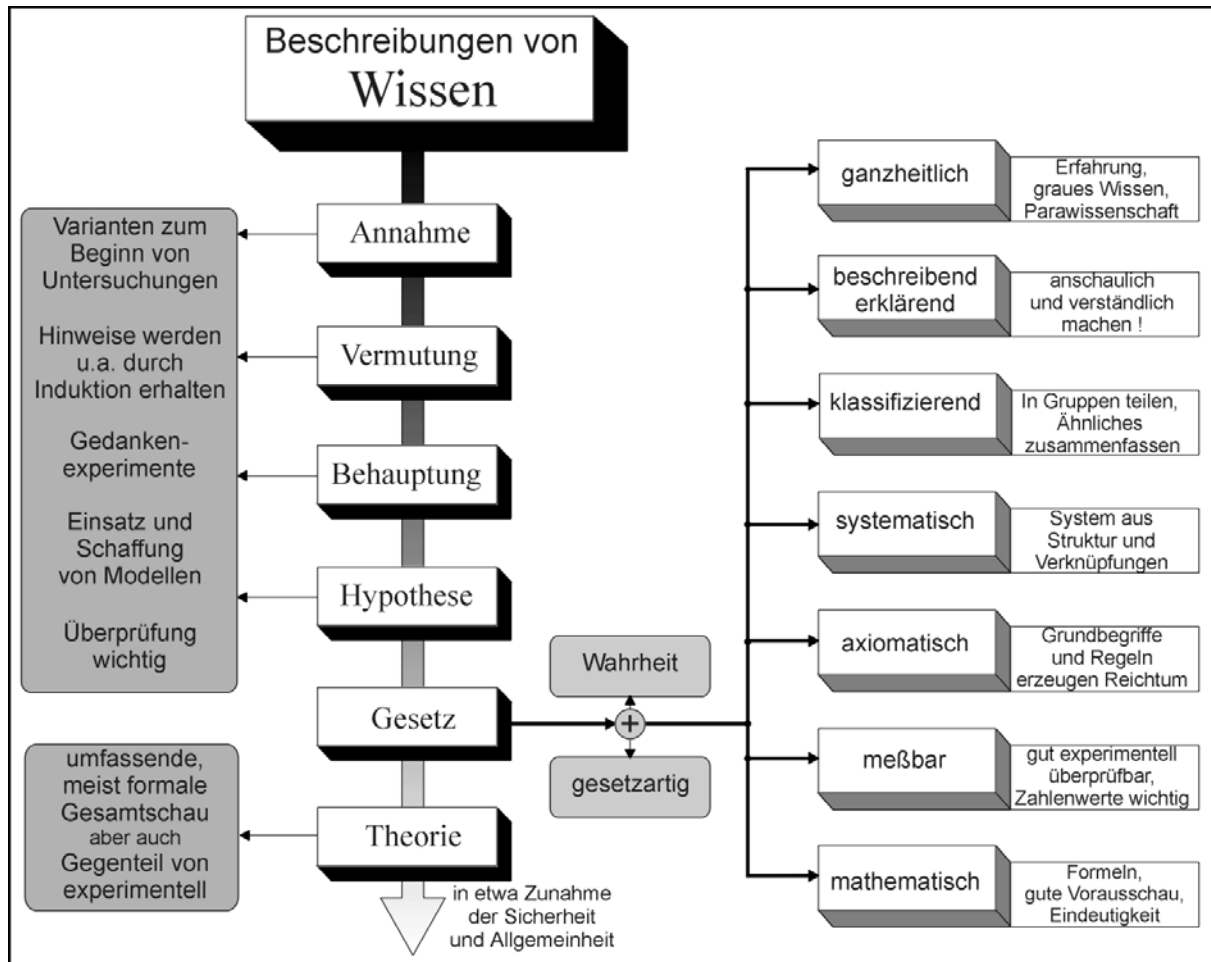


Wissenschaftstheorie

Aristoteles (384 - 322 v. Chr.): prägte in Untersuchungen zur Logik und Metaphysik die bis heute gängigen Grundtermini und Verfahren: Schluß, Beweis und Definition sowie die Einteilung in theoretische (auf Erkenntnis gerichtete) und praktische (auf Problemlösung und Anwendung zielende) Wissenschaft.

- Begriff ist aber erst seit etwa Mitte des 20. Jahrhunderts gebräuchlich
- entspricht „**Philosophy of Science**“
- ist Teilgebiet der Philosophie, betrifft Voraussetzungen, Methoden und Ziele der Wissenschaften
- erfaßt Gesamtheit der Prinzipien, die einer Theorie zugrunde liegen



Theorie

griechisch Theoria hieß ursprünglich die Delegation der Zuschauer, die zu den heiligen Spielen in Delphi, Olympia und Delos entsandt wurde

theôrein: anschauen, betrachten

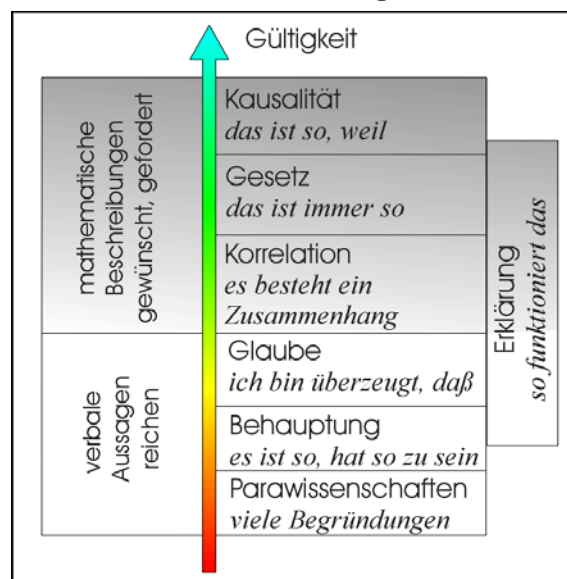
theoria: Betrachtung, Untersuchung, bewundernd-fordendes Schauen in Bezug auf das unwandelbar Seiende und Göttliche, Zusammenschau zur Erkenntnis mehr oder weniger verborgener Zusammenhänge, *Gegenteil* zum praktischen (genußhaften) Leben

lateinisch: theoria

René *Descartes*, (lat. *Cartesius*): (1596 - 1650) zeitlose, wertfreie Wissenschaft

deutsch ab Anfang 16. Jh.

Immanuel *Kant* (1724 - 1804): unterscheidet theoretische und praktische Philosophie



heutige Varianten

theoretisch

1. durch Denken gewonnene Erkenntnis Gegenteil zu Erfahrung.
2. Anschauen von etwas Gegebenem Gegenteil zu Handeln

Theorie

1. Gegensatz zum Handeln, zur Tat
2. wissenschaftliches **Lehrgebäude** \approx systematische Zusammenfassung und Verallgemeinerung von Erkenntnissen (heute am meisten gebräuchlich, umfaßt auch weitgehend 3.)
3. Zusammenwirken von **Erfahrung und Denken** mittels bestimmter Methoden um Wissen erlangen.

Inhalt von Theorie

- ist grundlegendes Ideengebilde oder gedanklicher Entwurf eines Sachverhaltes
- entsteht im Erkenntnisprozeß nach Sichtung | Einschätzung des Stands der Dinge und des Wissens
- Menge von Gesetzesaussagen und Modellen über einen zunächst abstrakten Gegenstandsbereich,
 - der aber durch zunehmende Verfeinerung der Theorie konkretisiert werden kann
- dient effektivem sprachlichen Austausch unter Forschern sowie für der Lehre und Traditionsbildung
- wird als systematisch geordnete Form von Handlungswissen interpretiert
- ist geordnetes System von Sätzen, aber nicht Bild oder Modell von Weltausschnitten
- Physik enthält z. B. keine Aussagen über wirkliche, an sich seiende Elektronen, sondern über abstrakte Gegenstände
 - die eine bestimmte Masse, Ladung usw. haben
 - die bestimmten Gesetzen (elektromagnetische Wechselwirkung) gehorchen
- Güte einer physikalischen **Theorie** ist bestimmt z. B. durch
 - innere Konsistenz (Widerspruchsfreiheit)
 - Einfachheit,
 - Eleganz
 - ästhetische Schönheit der mathematischen Formulierung
 - Natürlichkeit der Erklärung möglichst vieler Phänomene und Experimente
 - Vorhersagekraft (technischer Erfolg)
 - z. T. auch Meinung anerkannter Autoritäten

Bemerkungen

Abstrakte Theorien umfassen mehr, sind aber weniger anschaulich, aber an Unanschauliches gewöhnt man sich – es *wird anschaulich*.

Gedankenexperimente ermöglichen Erweiterungen.

Proto-theorien

griechisch protos, der erste

was Wissenschaft von den landläufigen Tätigkeiten vorfindet

fundamentale Voraussetzungen für Wissenschaft betreffend

betreffen Geometrie (Raum) Chronometrie (Zeit) und Hylometrie (Stoff, Material)

Genauerer zu Raum und Zeit wird gesondert behandelt

➤ Proto-Physik, **Geometrie und Raum**

- Erfahrungen aus Landvermessung, Astronomie und räumlichem Handeln
- damit ist unmittelbar der **dreidimensionale** (euklidische) **Raum** gegeben
- er ist aber kein naturgegebener Gegenstand wie etwa ein Berg oder der Mond
- er ist kein Erfahrungsurteil, sondern Wissen über unsere Handlungen
- experimentell entsteht die **Ebene**, indem drei Flächen wechselseitig aufeinander angepaßt werden
- kein Meßverfahren kann die These der Dreidimensionalität aller Körper und Hohlkörper begründen, denn sie benötigen alle bereits hergestellte (eindeutige) räumliche Formen, wie Ebenen und rechten Winkel
- geometrische Sätze existieren daher vor aller messenden Erfahrung

➤ **Chrono**-Physik

griechisch chronos Zeit Dauer

Zeit ist noch stärker durch unser Reden und Reflektieren unserer Handlungen als der Raum bestimmt

Tag und Nacht, Jahreszeit und Mondzyklen, auch Kalender existierten lange vor der Uhr

Diese einfache Zeit-„Messung“ für die entsprechenden Abschnitte existierte lange vor der Physikalischen Zeit

➤ **Hylo**-Metrie

griechisch hyle Materie, Stoff

Warenaustausch ließ schon extrem früh ein Gefühl für die Menge (Masse) aufkommen

Wägkunst mittels der Balkenwaage existierte bereits vor 2000 Jahren

sie wurde sogar zum Symbol der Gerechtigkeit

Bzgl. Mengen ist Rechnen (Zählen) ebenfalls uralte

z. B. könnte 15×36 so erprobt werden, daß 15mal 36 Erbsen in einen Topf gelegt, dann nachgezählt 540 ergeben das ist aber kein Experiment, das Ergebnis steht vorher unabänderlich fest, kann nicht an der Erfahrung scheitern

➤ **Proto-Chemie** als Problem

Herstellung von Nahrung, Arznei, Gerbstoffen, Farbstoffen- Keramikgefäßen, Mörtel, Klebstoff usw.

Einteilung in trennende | vermengende Verfahren (Rezepte) für wiederholbare Erzeugung von Stoffeigenschaften

also in dieser Hinsicht ursprünglich Physik

Beleg könnte sein: zu chemisch kein Wort „chemologisch“, wie physikalisch ⇔ physisch, biologisch ⇔

biotisch, archeologisch ⇔ archaisch usw.

➤ **Proto-Biologie** ebenfalls problematisch

Planck zur Theorie

Daß eine neue wissenschaftliche Theorie, Wahrheit sich normalerweise

„nicht in der Weise durchzusetzen pflegt, daß ihre Gegner überzeugt werden und sich, als belehrt erklären, sondern vielmehr dadurch, daß die Gegner allmählich aussterben und daß die heranwachsende Generation von, vornherein mit der Wahrheit vertraut gemacht wird“.

Beweggrund hierfür war vor allem der Freitod von Ludwig Boltzmann (1844 - 1906), der zeitlebens für die Atomtheorie und die Statistik eintrat, aber fast nur Gegner dazu hatte

Gesetz

Etymologie

griechisch: nómos, agraphos nicht aufgeschrieben, natürlich

lateinisch: lex

Als Wort so nur im **Deutschen** vorhanden

im 8. Jh. *gisezzida* später *gesetzedede* Gesetz, Recht meist ungeschrieben, u. a. Ehe-Gesetz

15. Jh. *setzen* bestimmen, festsetzen einrichten, oft in Bezug auf Ehe

Platon (ca. -428 bis ca. -347) vernünftige Norm über das, was innerhalb eines Staatsgefüges zu tun oder zu unterlassen ist.

Immanuel Kant (1724 - 1804): Sittengesetz muß ein unbedingt zu befolgendes Gebot der sittlichen Vernunft enthalten, das eine Pflicht zu bestimmtem Handeln begründet (kategorischer Imperativ)

heute werden unterschieden: Rechts-, Sitten- und Naturgesetz

Inhalt

Bibel: *Gott* ist zugleich Schöpfer und Gesetzgeber: moralisch und rituell

Heraklit (-550 bis -480): göttliche *Weltvernunft* (logos) Grundlage für Weltgesetze

Stoiker: (≈ -500) das *All durchdringende* vernünftige, ewige Gesetz

Archimedes (-287 bis -212) u. a.: benutzen Begriffe wie *Theoreme, Prinzipie* aber auch *Regel*

Lukrez (-58): unterscheidet kosmologisch-physikalisches (Naturgesetz), und juristisch-politisches Gesetz (natürliches d. h. Naturrecht)

Galilei (1564 - 1642), **Kepler** (1571 -1630), **Descartes** (1596 - 1650) setzen auf mathematische *Abhängigkeit* zwischen physikalisch meßbaren Größen. Mannigfaltigkeit der Erscheinungen wird in ein *Bündel gefügt*

D'Alembert (1717 - 1783): Beziehung zwischen positiv gegebenem und *sinnlich wahrnehmbaren* Elementen

Kant (1724 - 1804): „Der *Verstand* schöpft seine Gesetze nicht aus der Natur, sondern schreibt sie dieser vor“

Hegel (1770 - 1831): Gesetz ist das *Dauerhafte*, das Bleibende und das Identische in der Erscheinung

Mach (1838 - 1916) betont *Denkökonomie*

Naturgesetz

antike Wissenschaft kennt nur drei quantitative Gesetze

- Hebelgesetz der Mechanik
- Auftriebsgesetz der Hydrodynamik
- Reflexionsgesetz der Optik

Kant unterscheidet:

- allgemeine Denkgesetze wie die Logik
- Gesetze der Dinge wie die Physik
- Gesetze des Bewußtseins wie die Ethik

heutiger Stand betrifft:

- Aussagen, die einen allgemeinen Sachverhalt ausdrücken
- mit Notwendigkeit treten unter gleichen Bedingungen gleiche Tatbestände und Abläufe ein
- Anwendung von Gesetzen erfolgt zur Erklärung und Voraussage
- sie sollen immer Universalität besitzen, haben aber auch empirischen Gehalt
- daher ist es schwierig, Gesetze von anderen Aussagen zu unterscheiden
- innerhalb der Sozialwissenschaften ist eine Verbindlichkeit von Gesetzen umstritten
- Gesetz muß **zwei Bedingungen** erfüllen, wahr ist nicht hinreichend, deshalb zusätzlich gesetzartig:
 - **wahr sein:** der Wirklichkeit entsprechend, also erklärend und vorhersagend
 - **gesetzesartig:** Begriff ist schwer zu beschreiben, z. B.:
falsifizierbar: „jeder Baum hat Blätter“
All-Aussage: „Alle Äpfel in diesem Korb sind rot“, (wenn \Rightarrow dann)

Bemerkungen

- Wir beobachten nicht die Naturgesetze sondern ihre Auswirkungen
- Wir sehen also die Lösungen von Gleichungen und nicht Gleichungen selbst
- Wahrheiten | *Gesetze* geben Sicherheit **a priori**,
Beobachtungen dagegen nur Wahrheiten **a posteriori**
- A priori galt früher für:
 - „Parallelen schneiden sich nicht“, „Jedes Ereignis hat eine Ursache“
 - durch nichteuklidische Geometrie bzw. Quantentheorie überholt.
- Gesetze sind auch etwas Gesetztes, also von einer Autorität kommende Sätze

Typische **Arten** von Gesetzen

statistisch	\Leftrightarrow	deterministisch \approx kausal \approx gesetzmäßig
empirisch	\Leftrightarrow	theoretisch
beschreibend	\Leftrightarrow	erklärend
Mikro	\Leftrightarrow	Makro \Leftrightarrow Kosmos
klassifikatorisch	\Leftrightarrow	topologisch \Leftrightarrow metrisch (Carnap)

Zeitlogik bei Gesetzen

- Carl Friedrich Freiherr von **Weizsäcker** (*1912):
- wissenschaftliche **Theorie** ist weder aus **Erfahrung** logisch abgeleitbar noch durch Erfahrung verifizierbar
- probabilistischer Empirismus belegt die empirischen Gesetze mit **Wahrscheinlichkeiten** für die Zukunft
- Vergangenheit ist unwiederbringlich, unabänderlich, rückwärtige Wahrscheinlichkeiten daher keinen Sinn
- **Falsifikation** ist dann gemäß Darwin als Überleben der „tüchtigsten“ Theorie auffaßbar
- Noch mehr gilt dies für Kuhns **Paradigma** (schon zuvor existiert es in der Nische)
- Entwicklung hat Ausgangspunkt aber kein Ziel, nicht Entwicklung **zu** sondern Entwicklung **von**
- **Erfahrung** als Lernen aus der Vergangenheit für die Zukunft ist Vorbedingung für Wissenschaft
- Sie ist eine Konsequenz der **Struktur der Zeit**
- Behauptungen über **Vergangenheit** sind objektiv falsch oder richtig, weil Vergangenheit faktisch ist
- Behauptungen über **Zukunft** sind weder wahr noch falsch, sondern **möglich, notwendig oder unmöglich**, denn die Zukunft ist offen
- **Gegenwart** ist problematisch, weil sie physikalisch unendlich kurz ist
- **Zeitlogik** ist also ganz was anderes als die **zeitlose, klassische Logik**, die immer gelten soll
- klassische zeitlose Logik ist Grenzfall der Zeitlogik, wie klassische Physik Grenzfall der Quantenphysik

Hypothese \Leftrightarrow These

griechisch thesis das Aufstellen, Behauptung, Ausspruch, aufgestellter Satz; *lateinisch thesis*

griechisch hypothetikos; lateinisch hypotheticus Voraussetzung, Annahme, Unterstellung; eine Behauptung aufstellen, annehmen, voraussetzen; *eigentlich:* darunter setzen, stellen, legen

Aristoteles (-384 bis -322): Hypothesen sind Behauptungen, die „von Lernenden geglaubt“ werden können, letztlich aber doch beweisbar sind

deutsch Ende 16. Jh. These, 18. Jh. Hypothese, 20. Jh. Hypothese, in der Chemie auch Synthese

- beide Begriffe werden heute ähnlich verwendet, wobei eine These als weniger abgesichert gilt
- vermutlich richtige Annahme, mittels der bestimmte Tatsachen erklärt werden können
- Hypothesen sind **einheitlicher** (wahrscheinlicher), je weniger logisch abhängige Annahmen sie enthalten, sie müssen dann aber nicht einfacher sein

- **Induktion** (Verallgemeinerung) kann zum Aufstellen von Hypothesen dienen, deren Inhalt aber über das Beobachtbare hinausgehen muß
- Francis **Bacon** (1561 - 1626) entwickelt Methode des Empirismus in Richtung Verifikation
- **Verifikation**: Hypothesen können durch gewonnene Erkenntnisse bestätigt werden, dann folgt aus den Annahmen, Folgerungen und Begründungen eine verbindliche Theorie (*hypothetisch-deduktive Methode*)
- Sir Karl Raimund Karl **Popper** (1902 - 1994): 1934 „**Logik der Forschung**“: unser gesamtes Wissen besteht aus Hypothesen, deren Wahrheit nie sicher ist (All-Sätze durch Beobachtung nicht bestätigbar), deshalb Bewährung, strenge Prüfung, ein Gegenbeispiel genügt, = **Falsifikation**
lateinisch: falsus: unbegründet, grundlos, irrig falsch
 Dennoch werden Hypothesen zuweilen weiter benutzt
- Thomas Samuel **Kuhn** (1922 - 1996): 1962 „The Structure of Scientific Revolutions“ Wissenschaft wird vom **Paradigma** (vorherrschende Hypothesen) bestimmt, ihm widersprechende Anomalien führen zu einer wissenschaftlichen Revolution = Paradigmenwechsel, bestimmt Grundvoraussetzungen neu
griechisch paradigma: Beispiel, Vorbild, Verweis, Beweis, Urbild, Modell, Muster oder mustergültiges Beispiel
- Erfolg einer Hypothese ist kein Wahrheitskriterium, sie kann dort erfolgreich sein, wo die Abweichung keine Rolle spielt

Arten von Hypothesen

insbesondere bei statistischen Methoden lassen sich drei Arten unterscheiden, wobei in der gewählten Reihenfolge

- die *Allgemeinheit* ihrer Aussagen abnimmt
- aber ihre *Präzision* zunimmt
- **Arbeitshypothese**
 - benutzt subjektive Vermutungen
 - bildet Grundlage für (Vor-) Untersuchungen
 - begründet Vorgehen für weitere Arbeiten / Untersuchungen
- **wissenschaftliche bzw. Forschungshypothese**
 - enthält Aussagen aus vorangegangenen Untersuchungen zu Ursachen, Zusammenhängen, Merkmalen, Bedingungen usw.
 - verlangt weitgehend klare Begriffsbildungen
 - gewünscht sind mathematische Modelle
- **statistische Hypothese**
 - betrifft Behauptungen über teilweise unbekannte Verteilungen
 - gilt nur für eine Grundgesamtheit

Falsche Hypothesen (Beispiele)

1. Columbus

These: *Ost-Indien ist auch zu erreichen, wenn ich hinreichend lang nach Westen segele*

- Die Idee war nicht neu, aber Kolumbus hatte einige zusätzliche Erkenntnisse gewonnen
- Er hatte große Schwierigkeiten, Geld zur Durchführung des Experiments zu bekommen
- Obwohl das Gewünschte nicht eintrat, hielt Kolumbus daran fest, eine neue Ost-Route gefunden zu haben
- Die falsche Hypothese hat aber zur Entdeckung eines neuen Erdteils geführt
- Zu Lebzeiten erhielt Kolumbus dafür wenig Anerkennung und Dank.
- Heute steht fest: Kolumbus war nicht der erste Europäer, der den Boden Amerikas betrat

2. Äther

- Sir Isaac **Newton** (1642 - 1727) Licht besteht aus *Korpuskeln*
- Christiaan **Huygens** (1629 - 1695) wählt *Wellenauffassung*, kann sie nicht durchsetzen
- Thomas **Young** (1773 - 1829) setzt Wellenansatz um 1800 durch
- Problem ist aber das **Medium**, in dem sich Licht bewegt; es wird ein **Äther** definiert
- Albert Abraham **Michelson** (1852 -1931) Versuch von 1887 erzwingt die Aufgabe der Hypothese
- Albert **Einstein** (1879 - 1955) formuliert 1905 die Relativitätstheorie

Postulat

lateinisch postulare: fordern), *lateinisch postulatium*, Forderung

Euklid von Megara (um 300 v. Chr): Aussage über die Möglichkeit einer geometrischen Konstruktion, u. a. Parallelen-Postulat

- logisches Postulat: eine Aussage nicht zugleich wahr und falsch sein
- Immanuel Kant (1724 - 1804) a priori gegebene Postulate: praktischen Vernunft, Willensfreiheit, Unsterblichkeit der Seele und Gott

- fordert eine logisch nicht beweisbare Annahme als gültig anzuerkennen
 - ist für die weitere Beweisführung notwendig
 - für sie sprechen praktisch-systematisch zwingende Gründe
- *gegenwärtig* z. T. synonym mit Axiom

Prinzip

lateinisch principum das Erste, wovon etwas in irgendeiner Anordnung den Anfang nimmt
sprachlich formuliertes Prinzip entspricht Grundsätzen, meist wie etwas funktioniert

Beispiele

logisches Prinzip betrifft das ausgeschlossene Drittes, etwas kann nur wahr oder falsch sein

Prinzip vom *zureichender Grund*: Behauptung muß für Anerkennung einen erkennbaren Grund besitzen

Physik: Archimedes (Wasserverdrängung), Bernoulli (Luftströmung), Induktion (elektromagnetisch)

Kausalitätsprinzip: jedes Geschehen hat Ursachen

Biologie: Schlüssel-Schloss-Prinzip

Regel

lateinisch regula Leiste, Latte, Stab, Richtscheid, Grundsatz, *regere* gerade richten, lenken, leiten, herrschen

9. Jh. *regula* Ordensregel, Regel, Vorschrift, Norm, Maß

18. Jh. *Regul* entspricht regulieren, auch *regelmäßig* bzgl. Wiederkehr und gleichmäßig

19. Jh. *Regler* Vorrichtung zum selbsttätigen Regeln

heute Richtschnur, Richtlinie, Vorschrift, Norm

Varianten

- Norm von Aussagen: immer wenn etwas → dann ist erlaubt, verboten, geboten usw.
- stets mit Blick auf das Handeln, Tun oder Unterlassen
- Subjekt bzgl. einer Regel: befolgt | erfüllt | verstößt gegen | untersteht | scheitert
- Gebotsregel in einer Gruppe
- eine Regel ist innerhalb einer Theorie begründbar
- Regeln sind aus Handlungen | Sachlagen erschließbar, helfen beim Erwerb von Fertigkeiten
- Reglements als Mengen von Regeln

Analogieschluß

vgl. auch analog ⇔ digital

Analogie ist eine wesentliche Grundlage zur Erweiterung | Verallgemeinerung neuer Theorien, Hypothesen usw.

Platon: menschliche Seele dreigeteilt (Vernunft, Wille, Begierden). Gerechter Mensch kontrolliert Begierden durch Vernunft, mit Unterstützung des Willens. Dreiteilung steht *in Analogie* zum Dreiständeaufbau des Staates: der erleuchtete Philosoph | König regiert Gesellschaft mittels der Krieger

Biologie: Analoge Organe haben gleiche Funktion, sind aber entwicklungsgeschichtlich verschiedener Herkunft
 Beispiele: Fledermaus- und Insektenflügel, Säugetier- und Insektenauge, Ranken verschiedener Pflanzen

Physik: elektrischer Strom in Analogie zu durch Röhren strömende Flüssigkeit

Technik: elektrische Analogiemodelle (Schaltungen) für mechanische, akustische, wärmetechnische usw. Erscheinungen

Kybernetik betrachtet Kommunikations- und Steuerungssysteme bei lebenden Organismen in Analogie zu Maschinen. Achtung!: Umkehr von Technik zu Mensch (harte KI) führt zu Fehlschlüssen

Bionik: Umsetzung des Körperbaus von Delphinen zur Optimierung von Schiffsrümpfen

Logik: induktive Beweisführung: Wenn Größen in einer | mehrerer Hinsicht einander ähnlich sind, könnten sie auch in anderen Hinsichten einander ähnlich sein

Kunst: Parabel *griechisch parabole*: Gleichnis. Erzählung lehrhaften Charakters, die mittels Analogieschluß zu enträtselnde allgemeine Wahrheit des menschlichen Lebens führt (lebensnahes Wort-Bild)

Paradoxie - Antinomie

Paradoxie. griechisch *paradoxon* von *para* daneben, dabei, von her, gegen, wider und *doxa* Ansicht, Meinung; **etwa**: der allgemeinen Meinung entgegen, sonderbarer Lehrsatz, jenseits des Glaubens

Antinomie zusammengesetzt aus Präfix *griechisch anti* da-, entgegen und *griechisch nemein* (nomie) ordnungsgemäß aus-, ver-, zuteilen, lenken, leiten, verwalten; **etwa**: gegen das Gesetz

Aporie ist ähnlich, heute aber kaum mehr gebräuchlich, *griechisch aporia*, etwa Ausweglosigkeit, ausweglose Lage und Schwierigkeit

- Alle betreffen also Widersprüche, scheinbare mehr bei Paradoxien und wirkliche, zuweilen auch unlösbare mehr bei Antinomien
- In der Wissenschaft haben sie zuweilen vorzeitig auf (wissenschaftliche) Probleme aufmerksam gemacht und so einen Paradigmawechsel angekündigt
- Fast immer verlangen sie eine (spannende) geistige Auseinandersetzung
- Eigenwillig definiert sie Falletta als eine Wahrheit, die auf dem Kopf steht, um Aufmerksamkeit zu erregen. Er unterscheidet drei Varianten:
 - Behauptung, die *widersprüchlich* erscheint, aber wahr ist. „Der Schnee ist rot“ gilt z. B. wenn er im Abendrot betrachtet wird oder Blutspuren enthält
 - Behauptung, die *wahr* erscheint, aber Fehler enthält. „Die Sonne ist genauso groß wie der Mond“, gilt nur für den Betrachtungswinkel von der Erde aus
 - logische Beweiskette, die zu *widersprüchlichen Schlußfolgerungen* führt. „Dieser Satz ist falsch“: Ist er richtig, so ist seine Aussage falsch; ist er falsch, so ist sie richtig
- Es gibt auch bildliche Antinomien u. a. unmögliche Perspektiven des M. C. Escher
- Des Umfanges wegen werden Antinomien und Paradoxien getrennt behandelt

Geschichtliches Beispiel

1844 führte Friedrich Ludwig Gottlob Frege (1848 - 1925) den Mengenbegriff ein

1870 vertiefte ihn Georg Cantor (1845 - 1918)

1900 fordert David Hilbert (1862 - 1943) vollständige Axiomatisierung aller mathematischen Theorien

1901 stellt Bertrand Arthur William, 3. Earl Russell (1872 - 1970) eine entscheidende Frage: „Ist die Menge aller Mengen wieder eine Menge?“. Sie war wissenschaftlicher Beginn der logischen Antinomien

1930 legte Kurt Gödel (1906 - 1978) den Unvollständigkeitssatz der Zahlentheorie vor