

Vortrag von Prof. Dr. H. Völz

# **Struktur aus Sicht der Systemtheorie**

**Versuch einer Analyse zu den Strukturwissenschaften**

# Struktur

*lateinisch structura* Bau (-art), Mauer (-werk), ordentliche Zusammenfügung, Ordnung  $\approx$  Gefüge, Einheit, Aufbau, Konstruktion, Anlage, Bau, Gerüst, Gerippe; Beschaffenheit, Gebilde, Gliederung (Textur?)

*struere* (auf-) schichten, (er-) bauen

*structum* schichtweise über- oder nebeneinander legen, aufschichten, aneinanderfügen, errichten, ordnen zurück.

*Übertragen* Aufbau der Rede, Worte, Gedanke gemeint.

In der *Scholastik* wird Struktur auch zur Beschreibung von sprachlichen Gebilden benutzt.

Ins *Deutsche* kam es im 13. Jh. als *structure* für Bauen, Bauart, Bau, Bauwerk, Ordnung, Zusammenfügung.

## *Heute:*

1. [unsichtbare] Anordnung der Teile eines Ganzen zueinander, gegliederter Aufbau; innere Gliederung.
2. Gefüge, das aus Teilen besteht, die wechselseitig voneinander abhängen (Behörde, Fabrik, Bank)
3. (ohne Plural) erhabene Musterung bei Textilien, Tapeten oder ähnlich. (Relief, Oberfläche)
4. geologische Bauform (z. B. Falte, Salzstock usw.)

*Kontinuierlich*  $\Rightarrow \approx$  *Gestalt, Form, Aussehen*

Alle Wörter-Beispiele aus MATER:

Agrar-, Alters-, Bevölkerungs-, Fein-, Gesellschafts-, Gitter-, Grob-, Herrschafts-, Infra-, Konstituenten-, Kosten-, Kristall-, Krümel-, Macht-, Makro-, Mikro-, Oberflächen-, Organisations-, Persönlichkeits-, Produktions-, Satz-, Sozial-, Tiefen-, Trieb-, Wort-, *Zell-Struktur*

Zusätzliche Beispiele:

Baum-, Formel-, Gebäude-, Hilfs-, Kommunikations-, *Musik*-, Leitungs-, Material-, Netz-, Raum-Zeit-, Verwaltungs-, Wirtschafts- *Struktur*

# System

griechisch σύστημα (*systema*) aus mehreren Teilen (Elementen, Objekten, Subsystemen) zusammengesetztes Ganzes.

Die Teile sind aufeinander bezogen, sie wechselwirken miteinander

Aus übergeordneter Sicht sind sie oft sinn-, aufgaben- oder zweckbezogen.

„Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile!“ → Emergenz.

Die Makroebene ist das Ganze. die Mikroebene betrifft die Teile.

FRANZ VON GRILLPARZER (1791- 1872)

Ich weiß ein allgewaltig Wort,

auf Meilen hört's ein Tauber.

Es wirkt geschäftig fort und fort

mit unbegriff'nen Zauber,

ist nirgends und ist überall,

bald lästig, bald bequem.

Es paßt auf ein und jeden Fall:

das Wort - es heißt System.

# Gemeinsames $\Leftrightarrow$ Unterschied

Bei beiden gibt es ein *Ganzes und Teile* aus denen sie sich zusammensetzen.

*System* betont für die *Gesamtheit*  $\Leftrightarrow$  *Struktur* den *Zusammenhang* der Teile, Elemente

## Fragen

1. Gibt es **Systeme ohne Struktur?** die *Blackbox* betrachtet ausschließlich In- und Output (als Modell nur Verhalten)  
Gibt es **kontinuierliche Systeme, Elemente?** *ja viele* z. B. Verstärker, Transformator, ...
2. Gibt es **Strukturen ohne System?** Sie bilden dann keine Gesamtheit, sind nur Aggregat.  
sind eher zufällige Anhäufungen ohne Beziehung zwischen den Teilen, ohne Wechselwirkung  
Gibt es **kontinuierliche Strukturen?**  
Nein!?! Es müssen wohl immer diskret unterscheidbar abgegrenzte Elemente vorliegen.  
Stark vereinfachende Ausnahmen betreffen nur Material- und Oberflächenstrukturen  $\rightarrow$  Form, Gestalt?

# Struktur von Systemen

Sie betrifft die Gesamtheit der Elemente, ihre Funktion und ihre Wechselbeziehungen.

Ihre Relationen sind oft hierarchisch oder baumartig

Ihre Beziehungsgeflechte bewirken, dass das *System funktioniert* (entsteht und sich erhält).

Eine einfache Zusammenfassung von Elementen wird gewöhnlich als *Aggregat* bezeichnet.

Viele Systemtheoretiker verstehen ein System nicht als realen Gegenstand, sondern als *Modell der Realität*.

Ein Modell ist dann weder richtig noch falsch, sondern mehr oder weniger zweckmäßig,

also vom Betrachter abhängig, subjektiv und dem jeweiligen Untersuchungszusammenhang angepasst.

Eine Systemstruktur ist vorwiegend *statisch stabil*, mögliche Änderungen erfolgen meist gesetzmäßig.

Viele *wissenschaftlichen Beschreibungen/Begründungen* der Welt werden mittels Strukturen und deren möglicher Veränderungen gemacht.

Die *Technik* benutzt dagegen die Gesetzmäßigkeiten vorhandener oder bewusst erzeugter Strukturen.

In der *Informatik* gilt das vor allem für die Hardware. (Befehle  $\approx$  Strukturen?)

In der *Musik*: Sonate, Sinfonie, Satz aber auch Takt, Akkord usw.

# Systemtheorie

Sie wird *uneinheitlich* für *theoretische Ansätze in den Natur- und Sozialwissenschaften* verwendet

Betrifft vor allem natürliche, soziale oder technische Systeme

Beschreibt, untersucht und erklärt die *strukturellen Eigenschaften, das Verhalten* und die *funktionellen Leistungen*

Gelegentlich wird die Systemtheorie als Teilgebiet der *Kybernetik* definiert.

Zuweilen wird dabei die *Blackbox* mit nur In- und Output benutzt.

Dabei werden die Funktion und das Verhalten unabhängig von innerer Struktur und Material betrachtet.

Wesentlich sind Prozess-Wirkungen, zum Beispiel von Stoff-, Energie- oder Informationsflüssen.

In der *Kritik der reinen Vernunft* (1781) nannte IMMANUEL KANT das *philosophische System*

„die Einheit der mannigfaltigen Erkenntnisse unter einer Idee“.

Später vor allem in der *Nachrichtentechnik, Elektronik* ist es für komplexe Anwendungen, Aufbauten gebräuchlich.

Für die *Sozialwissenschaften* wurde es von NIKLAS LUHMANNN eingeführt

Bzgl. gesellschaftlicher Systeme: Religion, Wirtschaft, Recht, Kommunikation

Sein Ziel war u. a. die Komplexität der Welt zu reduzieren

HUMBERTO R. MATURANA und FRANCESCO J. VARELA verfolgten Anwendungen in der *Biologie, speziell Evolution*

*Wissenschaftstheorie* liegen ihr die Gesamtheit der Prinzipien einer Theorie zugrunde.

**Wichtige relevante Begriffe sind**

Verhalten, Funktion und Zustand

# Verhalten

beobachtbare, messbare Reaktionen oder Zustandsänderungen von Systemen, allgemein der Materie  
Es ist zeitabhängig, dynamisch und berücksichtigt den jeweils aktuellen Zustand.

Unterschieden werden:

**Sozialverhalten:** (Soziologie, Psychologie) Verhalten von Menschen und Tieren, die sich auf Reaktionen und/oder Aktionen anderer Gruppenmitglieder beziehen.

**soziales Verhalten:** (Pädagogik) Fähigkeit eines Individuums, sein Verhalten (z. B. Mimik, Gestik, Sprache, Handlung, Unterlassung) darauf abzustimmen, was andere von ihm erwarten und wie sie darauf reagieren.

**Aspekte der Verhaltensbiologie:** (Verhaltensforschung) Alle Aktivitäten und körperlichen Reaktionen eines Menschen oder Tieres, die sich beobachten oder messen lassen, auch Lernen.

Das reflektierte und aktive Verhalten des Menschen wird als **Handeln** bezeichnet.

**Systemverhalten:** (Systemtheorie) wann und wie ein System von einem Zustand in einen anderen übergeht bzw. wie es auf einen Input reagiert.

siehe: Er ist *verhalten*  $\approx$  abwartend, zögernd

# Funktion

lat. *functio* Verrichtung; Geltung, *fungi, fungieren*  $\approx$  Anstellung, Aufgabe, Zweck; Tätigkeit, Arbeiten

1. **allgemein:** Zweck innerhalb eines Systems  $\approx$  Rolle: Schutz-, Überwachungsfunktion
  - a. (ohne Plural) Tätigkeit, Arbeit, Wirkung (eines Organs, des Gehirns; der Kunst usw.);
  - b. Amt, Stellung (von leitenden Personen); in Partei usw. leitende Funktion
  - c. [klar umrissene] Aufgabe innerhalb eines größeren Zusammenhanges, z. B. eines Körperorgans, einer Maschine (vgl. Technik) usw. Störungen  $\Rightarrow$  Krankheit
2. **Technik:** dem System zukommende Aufgabe, sein Ziel, Zweck  
Sie kann dynamisch und zeitabhängig sein, kann mittels Zuständen verändert werden.
3. **Mathematik:** veränderliche Größe, deren Wert von einer oder mehreren anderen abhängig ist. z. B. algebraische, zwei Variablen:  $f(x, y)$
4. **Musik:** auf die drei wesentlichen Hauptakkorde: Tonika, Dominante u. Subdominante zurückgeführte harmonische Beziehung
5. **Sprachwissenschaft:** Leistung eines sprachlichen Elements; der Sprache [Kommunikation]; syntaktisch in Architektur, exakten Wissenschaften, Kunst, Mathematik, Physiologie, Psychologie, Kontext zur Struktur.

Vgl. Funktionär  $\approx$  einer der funktioniert!



# Zustand

**veraltet:** zustehen = dabeistehen; sich ereignen.

**heute** recht unterschiedlich benutzt, z. B.:

**Allgemein:** Status, Großwetterlage, Tatbestand, Ereignis, Lebensmittelqualität, Politik, Wirtschaft usw.

**Physiologie:** Verfassung, Beschaffenheit, z. B. krankhaft, tranceähnlich, normal usw.

**Physik:** Aggregat-Zustände: fest, flüssig, gasförmig;

**Zustandsgrößen** beschreiben eindeutig die momentan festgelegten Eigenschaften und das Verhalten.

Unterscheiden: makroskopisch oder mikroskopisch

im thermodynamisches Gleichgewicht genügen 3 Zustandsgrößen  $p$ ,  $T$  und  $V$ .

**Systemtheorie:** häufig diskrete Zustände von Speichern und Automaten. kontinuierliche Zustände ungebräuchlich.

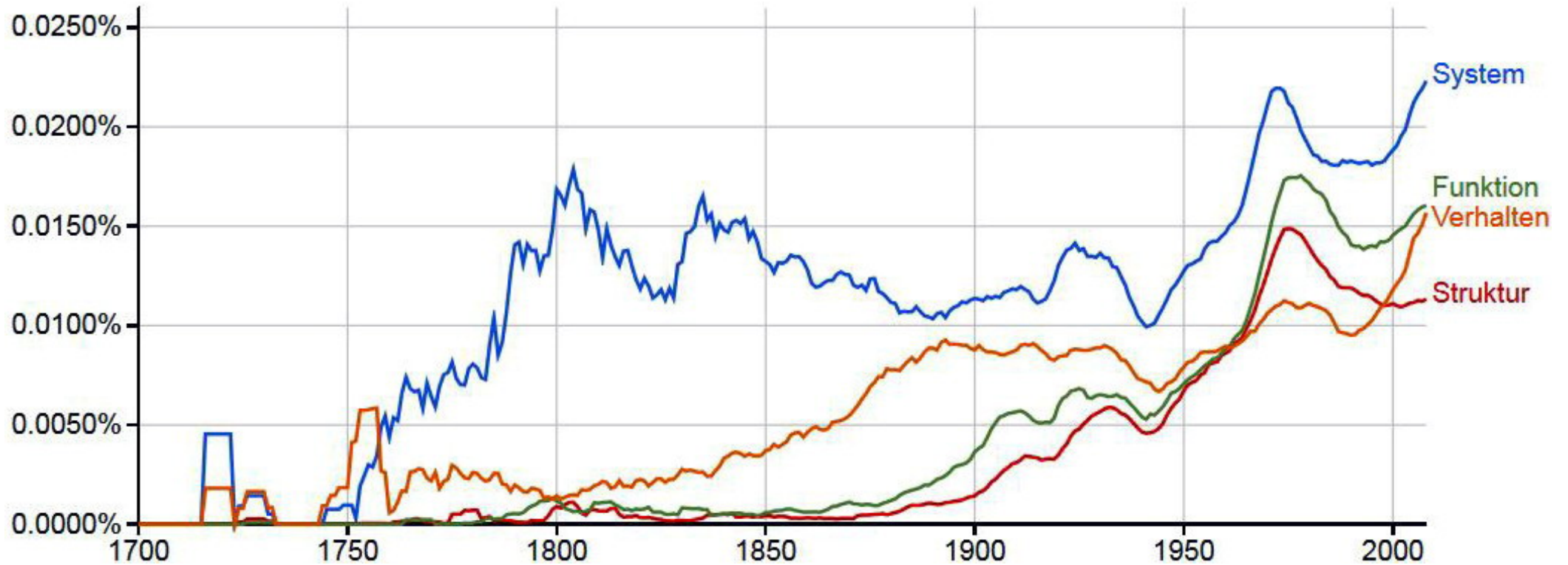
## Eigenschaften von Systemen

<b>Struktur</b>	<b>Verhalten</b>	<b>Funktion</b>
<p>Wird oft nicht gefunden, sondern <b>erfunden</b></p> <p>Z. T. kann <i>Komplexität</i> angegeben werden.</p> <p>Oft fest gegeben</p> <p>Änderung in der <i>Zeit</i> ist selten.</p> <p>dann sind verschiedene <i>Zustände</i> möglich</p>	<p>Ist ein <i>zeitlicher</i> Ablauf.</p> <p>Wird meist durch einen <i>Input</i>, häufig von <i>Information</i> bewirkt.</p> <p>Dadurch tritt <i>Output</i> (Wirkung, Informat) auf.</p> <p>Er kann auch (automatisch) aus dem Systemeigenschaften entstehen (Oszillator)</p>	<p>Ist vor allem <i>Aufgabe, Ziel</i> und <i>Inhalt</i></p> <p>Gilt teilweise auch für die <i>Zukunft</i></p> <p>Wird oft antizipiert und dann dazu eine Struktur konstruiert.</p> <p>Ein Zeitablauf kann auftreten oder gefordert sein.</p>

## Das Verhalten kann erfolgen

<b>deterministisch</b>	<b>stochastisch</b>	
<p>Ursachen lösen (gesetzmäßig) Wirkungen aus, z. B.:</p> <p style="text-align: center;"><math>s = v \cdot t</math></p> <p><i>mehrere Variablen linear usw. sind möglich.</i></p>	<p>Wenigstens eine Größe ist zufällig, z. B. Teilchen bei der Brownschen Molekularbewegung, Teilweise gelten Gesetze über viele Teilchen, z. B. <math>p \cdot V = \text{const.}</math></p>	
	<p style="text-align: center;"><b><i>probabilistisch</i></b></p> <p>Verteilungen der Zufallsgrößen sind <i>bekannt</i>; z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- radioaktiver Zerfall,</li> <li>- Würfel werfen,</li> <li>- Molekülgeschwindigkeit.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><i>statistisch</i></b></p> <p>Verteilungen der Zufallsgrößen sind (noch) <i>nicht bekannt</i>; z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reibung,</li> <li>- Wirbelbildung.</li> </ul>

# Benutzung der Wörter (Begriffe) im Deutschen nach Google



# System-Eigenschaften als Gegensatzpaare

abgeschlossen	↔	offen
aktiv	↔	passiv
deterministisch	↔	stochastisch, chaotisch
flach	↔	hierarchisch
gegenständlich	↔	gedanklich
kontinuierlich (analog)	↔	diskret, digital
lebend	↔	unbelebt
lernend	↔	gesetzt, feststehend
linear	↔	nichtlinear (hysteretisch)
mathematisch	↔	anschaulich, verbal
natürlich	↔	künstlich, vom Menschen geschaffen
rückgekoppelt	↔	rückwirkungsfrei
stabil	↔	adaptiv, selbstreferenziell
statisch	↔	dynamisch, multistabil
steuerbar	↔	autonom, selbstorganisierend (unveränderlich)
strukturbewahrend	↔	evoluierend
theoretisch	↔	angewendet
zeitinvariant	↔	zeitabhängig (hysteretisch)

# Kurze Erklärung der Eigenschaften

- **abgeschlossen:** Es gibt keine äußeren Wirkungen. Dies ist nur theoretisch möglich. In der Nachrichtentechnik erfolgt dies z.B. durch eine Abschirmung.
- **adaptiv:** Es erfolgt eine automatische (günstige) Anpassung an vielfältige äußere Einwirkungen.
- **aktiv:** Es existiert ein Output, der nach Außen wirkt.
- **analog:** sehr fein differenzierter Werte fähig  $\approx$ kontinuierlich (nicht diskret, digital)
- **autark:** ohne Energiezufuhr von außen
- **autonom:** Das Verhalten folgt weitgehend Eigengesetzlichkeiten, der Einfluss von Außen ist gering.
- **autopoietisch:** sich selbst erzeugend (Autopoese von *Maturana* und *Varela*)
- **chaotisch:** Es wird sehr sensibel auf Inputs und Bedingungen reagiert. Eine Vorhersage des Verhaltens ist kaum möglich (Wetter).
- **deterministisch** (auch **kausal**): Es besteht eine strenge Ursache-Wirkungs-Relation.
- **diskret:** Das Verhalten lässt nur endlich viele, einzelne Werte zu, gilt meist auch für die Inputs.
- **dynamisch:** Es folgt zeitlichen Einwirkungen oder zeigt selbständiges Verhalten in der Zeit.
- **evaluierend:** Es zeigt eine zeitliche Entwicklung, die vorwiegend zu höherer Komplexität führt.
- **flach:** Es gibt keine Unterelemente, höchstens eine Hierarchieebene.
- **geregelt:** durch äußere oder innere Einflüsse gezielt beeinflusst.
- **hysteretisch:** Es hat ein Gedächtnis und meist ist dadurch der Zusammenhang zwischen In- und Output nichtlinear.
- **kontinuierlich:** Das Verhalten ist durch kontinuierliche Größen zu beschreiben.
- **lernend:** besitzt Speichereigenschaften zu Vergangenheit und nutzt sie.
- **linear:** Die Outputs hängen linear (monoton) von den Inputs ab. Teilursachen addieren sich daher direkt in der Wirkung.
- **multistabil:** Seine Struktur | Funktion besitzt mehrere diskrete Varianten, zwischen denen es wechseln kann.
- **passiv:** Es gibt keine eigenen Aktivitäten, sondern nur Reaktionen auf äußere Wirkungen.
- **rückgekoppelt:** Einige | alle Outputs wirken irgendwie auf den Eingang zurück. Dadurch gewinnt das „übergeordnete“ System (also einschließlich der Rückkopplung) neue Eigenschaften, die u.a. von besonders stabil, linear bis instabil und selbstschwingend (Oszillator) reichen.
- **selbstreferenziell:** Es besteht die Möglichkeit einer (Umwelt-) „Erkennung“.
- **stabil:** Bei allen Einflüssen bleiben Struktur und Funktion unveränderlich erhalten, bei keinem Input kommt der Output nach endlicher Zeit zur Ruhe.
- **statisch:** Meist ähnlich stabil und Gegenteil von dynamisch.
- **stochastisch:** Einige oder alle Eigenschaften werden vom Zufall beeinflusst.
- **strukturbewahrend:** Alle Einflüsse lassen die Struktur unverändert (enger als stabil).
- **zeitinvariant:** Viele oder alle Eigenschaften ändern sich nicht mit der Zeit, speziell gibt es kein Altern.

# Systematik der Wissenschaften

≈Ordnung von Zusammenhängen

Suche nach einer nützlichen *Einteilung / Klassifikation der Wissenschaften*

wurde schon von *Aristoteles* und seitdem immer wieder mit relativ geringem Erfolg versucht.

U.a. wichtig für die Dokumentation, Literaturrecherche

Die folgende Auswahl listet (wichtige?!) Beispiele auf:

- 400 v.Chr. *Aristoteles* stellt ein System zur Einordnung der Tiere auf.
- 1735 Carl von *Linné* (1707 - 1778) Systema naturae (Biologie).
- 1834 A. M. *Ampère* (1775 - 1836): Essai sur la philosophie des sciences.
- 1876 M. *Dewey*: Decimal classification and relativ index (DK).
- 1879 Ch. A. *Cutter*: Expansive classification.
- 1901 Library of Congress Classification.
- 1905 P. *Otlet*; H. *Lafontaine*: Universal decimal classification.
- 1926 P. *Oppenheim*: Die natürliche Ordnung der Wissenschaften.
- 1933 S. R. *Ranganathan*: Colon classification.
- 1935 H. E. *Bliss*: A bibliographic classification.
- 1938 L. N. *Tropovskij*: Tablicy bibliotenoj klasifikacii.
- 1965 B. M. *Kedrov*: Klasifikacija nauk (topographisch).
- 1966 H. G. *Frank*: Riemannsche Flächen für topologische Anordnung.

Darüber hinaus gibt es Systematiken für Teilgebiete, wie z. B. System der *chemischen Elemente*

# Wortbildungen

**Derivation** = Anhängen eines *Affixes* an einen Wortstamm

**Konversion** = kommt ohne Hinzufügung von Lautmaterial aus.

**Kompositum** = Kombination von (freien) Wortstämmen bzw. (freien) lexikalischen Morphemen

Grammatikalischer Kopf (rechts) überträgt die grammatikalischen Eigenschaften auf das ganze Wort

Unterschied Kern ist für die semantischen Eigenschaften zuständig. Meist gilt **Kopf = Kern** → **Determinativkomposita**

Zuweilen Abweichungen: u.a. Doppelköpfig vertauschbar = schwarzrotgold, pars pro toto: Taugenichts, Nimmersatt, Kuckuck, Tamtam, Wauwau, oder umfassender bei Lachfalten, Lebewesen, Wickelkind, Schlüsselbund usw.

## Strukturwissenschaft

**müsste eigentlich** eine Wissenschaft sein, die Strukturen allgemein und systematisch untersucht.

zumindest aber irgendwie „Strukturen“ betrifft, setzt eine allgemeine **Definition von Struktur** voraus.

Das kann ich aber bei den mir bekannten Arbeiten nicht feststellen!

Offensichtlich gibt es nicht einmal eine Definition für Strukturwissenschaft.

Bestenfalls gibt es eine uneinheitliche Aufzählung: s. Wikipedia:

# Schema für Strukturwissenschaften

nach: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Strukturwissenschaft&oldid=131262195>

<b>Mathematische Grundlagen</b>	<b>anwendungsorientierte Mathematik</b>
mathematische Logik, Beweistheorie, Rekursionstheorie, Modelltheorie, Mengenlehre	Mathematische Physik, Mathematische Chemie Mathematische Biologie, Dynamische Systeme Kontrolltheorie
<b>Strukturen der Mathematik</b>	<b>Regelungstechnik, mathematische Systemtheorie</b>
Kombinatorik, Zahlentheorie, Algebra, Analysis Geometrie und Topologie (Mathematik), Spieltheorie Wahrscheinlichkeitsrechnung, Stochastik, Statistik Numerik	Operations Research, Optimierung Finanzmathematik Kryptographie Informationstheorie
<b>Theoretische Informatik</b>	<b>Allgemeine Systemtheorie</b>
Formale Sprachen Komplexitätstheorie der Informatik Berechenbarkeitstheorie	Kybernetik, Synergetik, Selbstorganisationstheorie mathematische Chaosforschung bzw. Behandlung nichtlinearer dynamischer Systeme <b>mathematische Katastrophentheorie</b> als Teil der Differentialtopologie
<b>Semiotik</b>	Komplexe Systeme, Netzwerkforschung Komplexes Netzwerk, System Dynamics ingenieurswissenschaftliche Systemtheorie
<b>mathematische Linguistik</b>	

Damit sind der Begriff und die dazugehörige Wissenschaft eigentlich *unwissenschaftlich, inhaltsleer*.



