Vorlesungsmaterial
von
Prof. Dr. Horst Völz

# Kybernetik

Dieses Material beruht auf dem Buch

Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Allgemeine Grundlagen für Naturwissenschaft, Technik und Medizin. Shaker Verlag, Aachen 2001

Es ist u.a. auch vollständig auf der CD enthalten

Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Datenspeicher von der Steinzeit bis ins 21. Jahrhundert. Digitale Bibliothek Bd. 159, Berlin 2007

Der Inhalt wurde verkürzt, ergänzt, auf den neuesten Stand gebracht und die Bilder farbig umgesetzt

Bei Angabe der Quelle ist das Material zum privaten Gebrauch voll nutzbar
Bei kommerzieller Nutzung bzw. in Publikationen usw. ist eine Abstimmung mit mir notwendig
Bilder sind in höherer Qualität ca. 2000×3000 Pixel oder *.cdr Version 12 verfügbar

Dieses Material wurde heruntergeladen von
aes.cs.tu-berlin.de/voelz bzw. http://www.medienwissenschaft.hu-berlin.de/vlz
Email: hvoelz(at).fpk.cs.tu-berlin.de bzw. h.voelz(at)infocity.de
Prof. Dr. Horst Völz, Koppenstr. 59, 10243 Berlin, Tel./Fax 030 296 31 07

# 1. Kybernetik

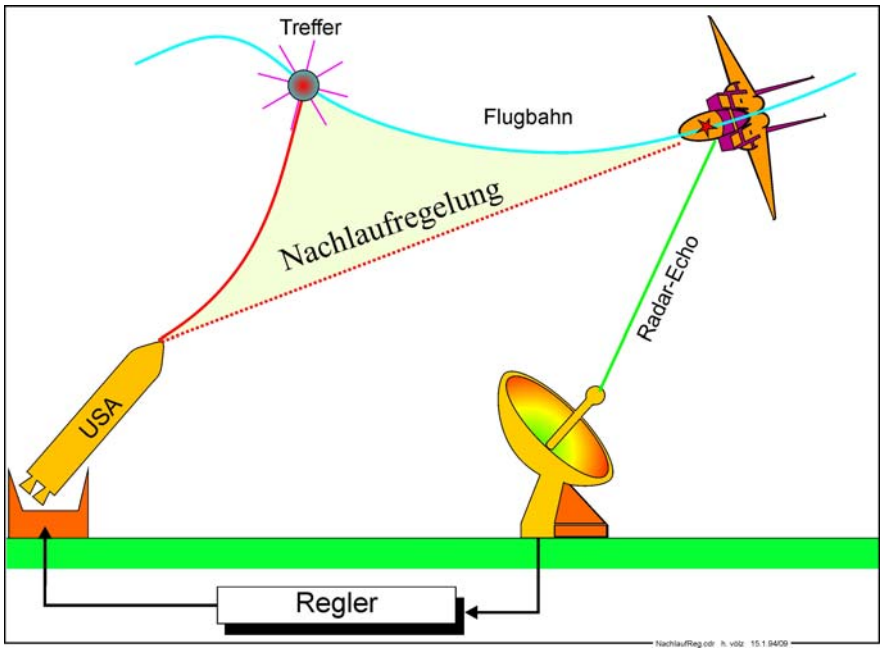
Begriff und Wissenschaft Kybernetik wurde von NORBERT WIENER (1894 - 1964) während einer Konferenz im März 1943 eingeführt. Ursprünglich sollte die neue Theorie ***Analogie*** heißen

*Griechisch* ***kybernetes****, lateinisch* ***gubernator****, englisch* ***govener*** Steuermann, Lotse, also etwa Steuermannskunst

1948 erschien sein englisches Buch, das bereits das zentrale Anliegen mit dem Titel deutlich macht (übersetzt):

**Kybernetik - Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine**

Im Sinne von Steuerung, Regelung wird ***Funktionelles*** abstrahierend von Substrat einheitlich zusammengefasst
So lassen sich Pflanzen, Tiere, Menschen, Gesellschaftliches und Maschinen einheitlich beschreiben
Die Kybernetik soll Querschnitts-Wissenschaft sein, die orthogonal viele andere Wissenschaften verbindet, aber nicht über den anderen steht.
WIENERS Idee der Kybernetik geht auf Betrachtungen zurück, die er während seiner Arbeiten im Krieg gewann
Zum Abschuss eines feindlichen Flugzeuges, muss die Rakete so nachgesteuert werden, wie ein Hund seinem Herrchen folgt



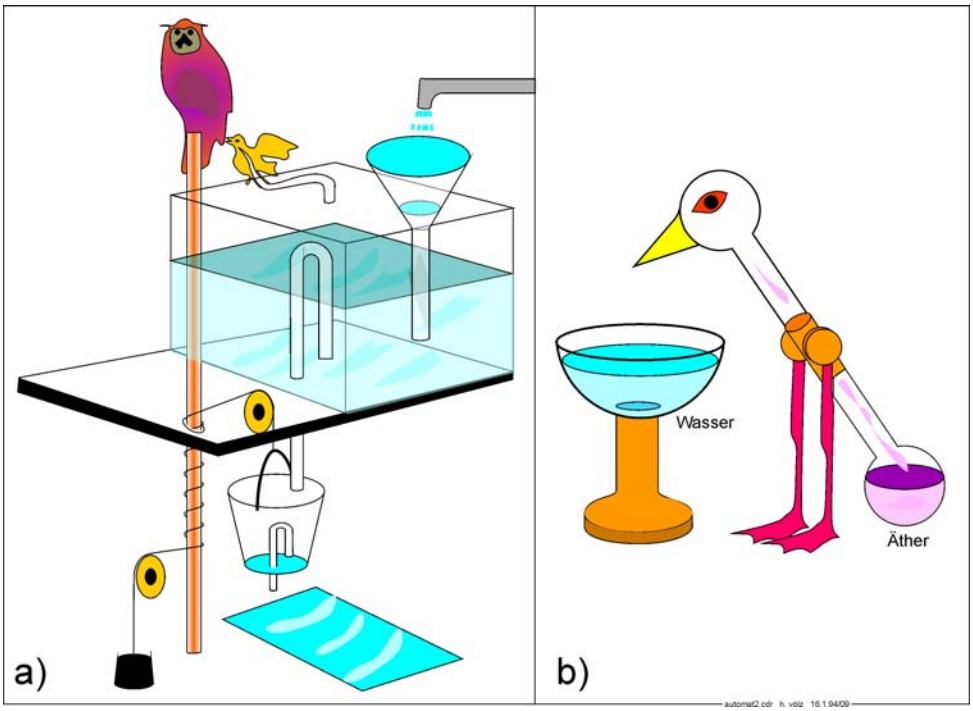

# 2. HEINZ VON FÖRSTER (1911 - 2002)

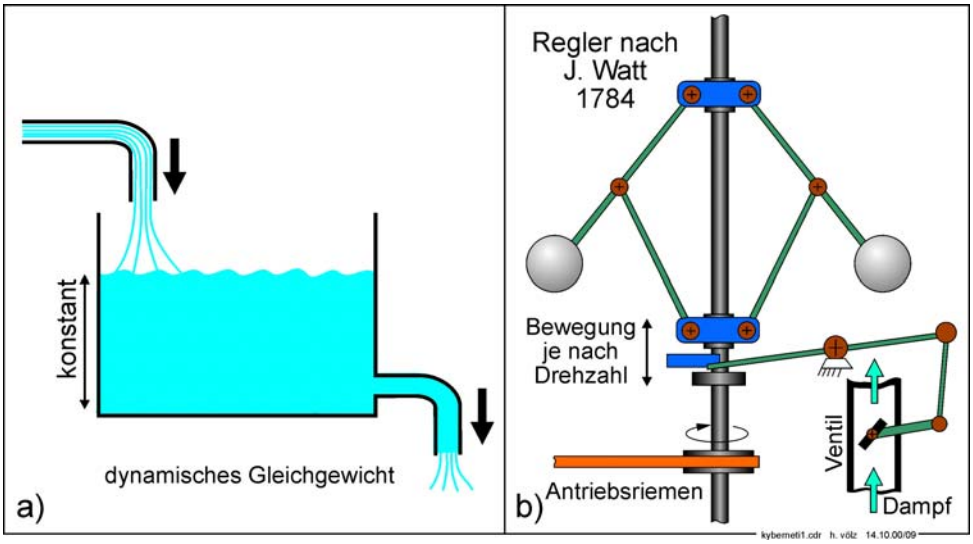
in „Wissen und Gewissen“ S.72/73:

*"Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine" kann als Definition von Kybernetik fungieren. Wenn auch das Wort Kybernetik vor ungefähr 150 Jahren von André Marie Ampére ... benutzt und dieses Konzept schon vor 1500 Jahren von Heron von Alexandria ... verwendet wurde, so war es der Mathematiker Wiener, der diesem Begriff schon im Jahre 1948 Namen und Bedeutung im modernen Kontext verlieh. ... Müsste man ein zentrales Konzept, ein erstes Prinzip der Kybernetik nennen, so wäre es „Zirkularität". ... Heute kann vielleicht „Zirkularität“ durch „Rekursivität“ ersetzt werden.*

# 3. Etwas Vorgeschichte

Regeln, Steuern wurde bereits im Altertum benutzt: z.B. sich selbst öffnende Tempeltüren, singende Vögel
WIENER wusste auch, dass bereits 1784 JAMES WATT (1736 – 1819) bzgl. seines Fliehkraftreglers zur Dampfmaschinensteuerung den ähnlichen englischen Begriff „governer“ benutzt hatte
Ähnliches hatte es 1834 ANDRÉ MARIE AMPÈRE (1775 – 1836) im „Essai sur la philosophie des sciences“ bzgl. wissenschaftlicher Methoden bei der staatlichen Regierung getan.
Ein ähnlich Ziel wie Wiener vertrat HERMANN SCHMIDT in einem Vortrag vom Oktober 1940 vor Ingenieuren und Biologen: „Regelungstechnik - die technische Aufgabe und ihre wirtschaftlichen, sozialpolitischen und kulturpolitischen Auswirkungen".
Dies führte zur berühmten Denkschrift von 1944, wodurch der erste Deutsche Lehrstuhl dieses Gebietes entstand auf den SCHMIDT berufen wurde.




# 6. Begriff Information

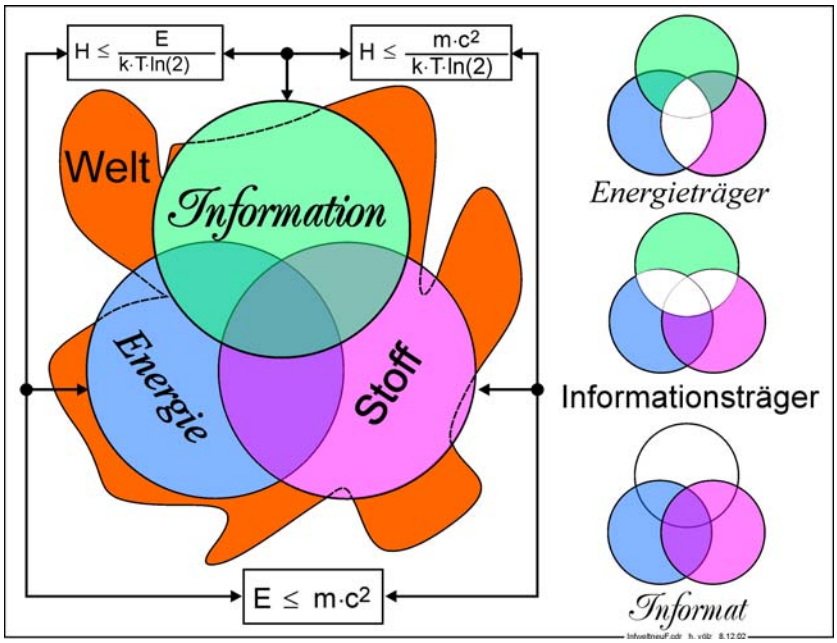
Für kybernetische Betrachtungen führte WIENER als neuen, zentralen Begriff „Information“ ein:

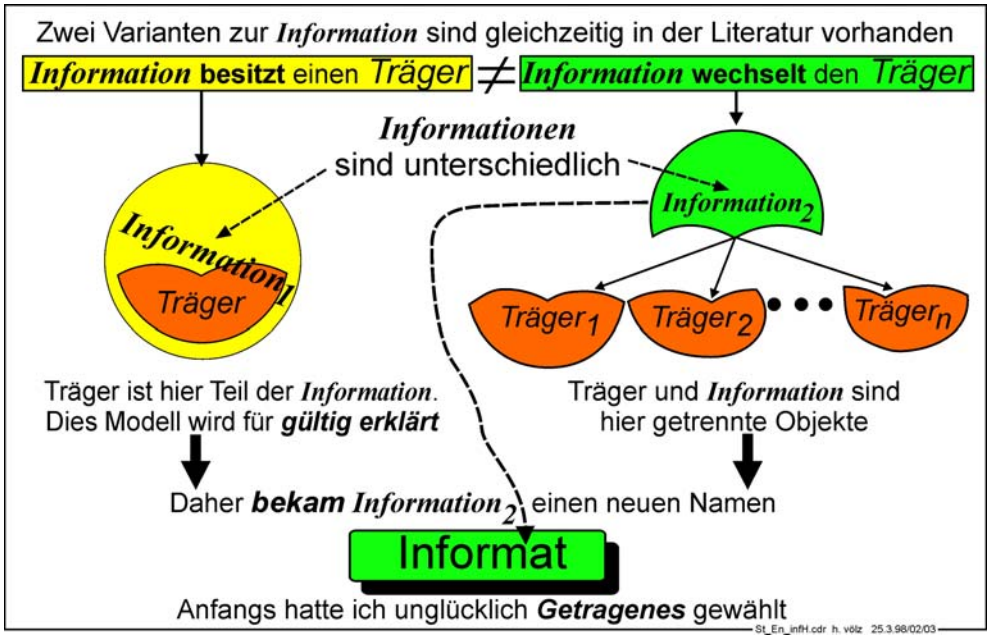
**Information is information nor matter or energy**

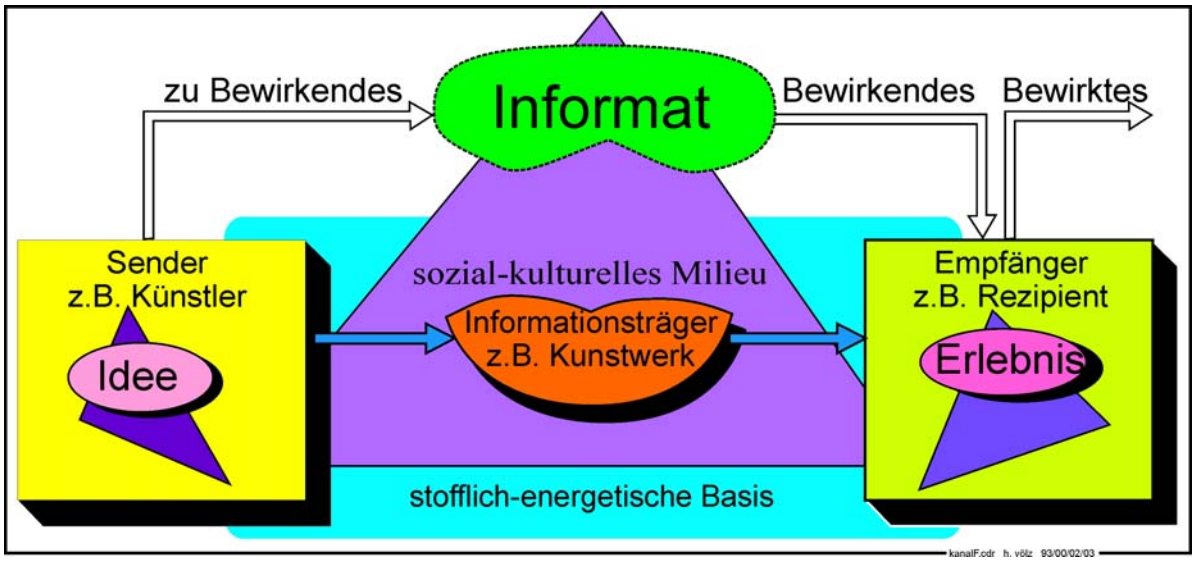
In der deutschen Ausgabe wurde ***matter*** als Materie übersetzt. Dies hatte im Kalten Krieg politische Auswirkungen.
Im Materialismus sind nämlich Materie und Bewusstsein die beiden zentralen, alternativen Kategorien
So wurde argumentiert, dass mit der dritten hinzugekommen Kategorie der Materialismus widerlegt sei
Für die Kybernetik hatte dies im „Sozialistischen Lager“ beachtliche negative Konsequenzen
DDR-typischer Begriff „Kybernetismus“ in Jahrestagung der 80er Jahre der DAdW. (alle Ismen = Abwertung?!)
Obwohl bereits 1907 LENIN (1870 – 1924) aus EINSTEINS $E = m \cdot c^2$ gefolgert hatte: „Materie ist Stoff und Energie“
Außerdem lautet die Übersetzung von matter: Angelegenheit, Sache; Stoff, Material, Thema, von Bedeutung sein, Inhalt, Substanz, Satz, Ding.
Somit ergibt sich aus dem Kontext des WIENER-Originals:

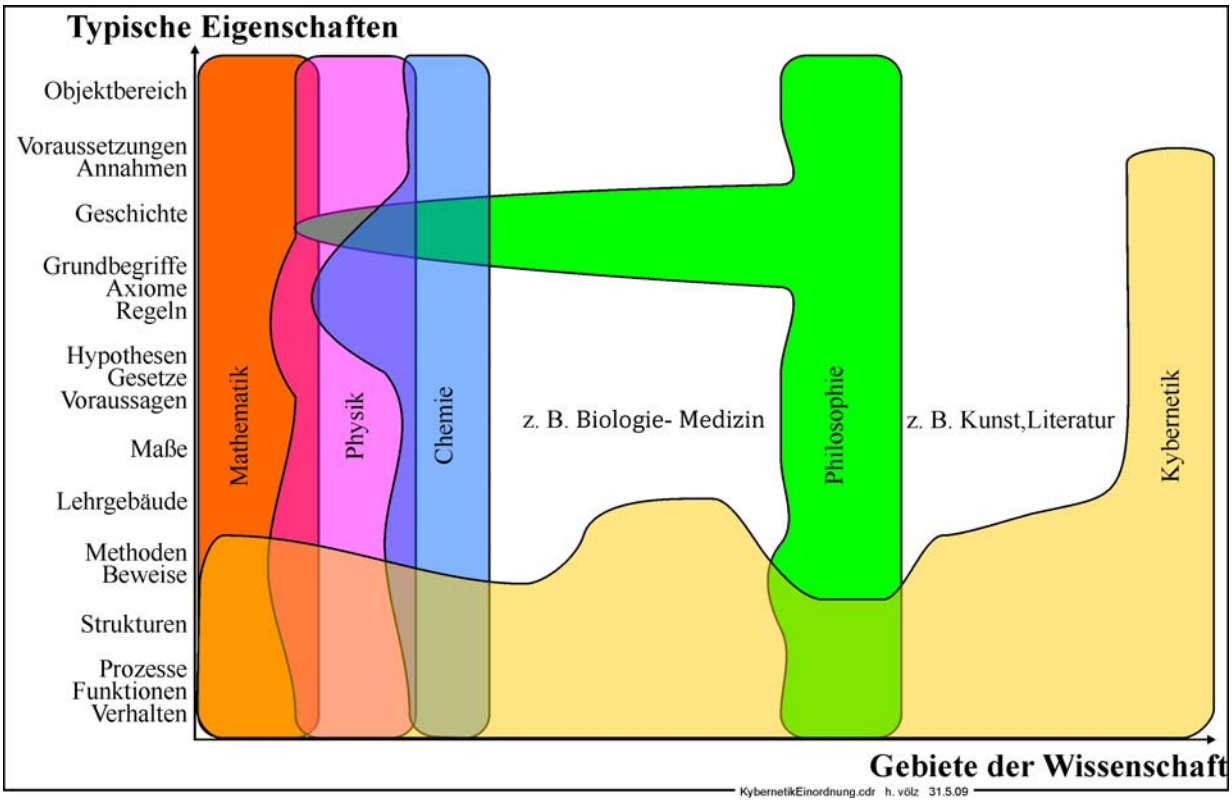
**Information ist ein Modell der Welt neben Stoff und Energie**

Neben den drei Modellen Stoff, Energie und Information gibt es noch weitere, z. B. auch biologische, medizinische, künstlerische, geschichtliche, theologische


H ≤ E / k·T·ln(2)
H ≤ m·c² / k·T·ln(2)
Welt
Information
Energie
Stoff
E ≤ m·c²
Energieträger
Informationsträger
Informat


Zwei Varianten zur Information sind gleichzeitig in der Literatur vorhanden
Information besitzt einen Träger ≠ Information wechselt den Träger
Informationen sind unterschiedlich
Information1
Träger
Information2
Träger1
Träger2
Trägern
Träger ist hier Teil der Information.
Dies Modell wird für gültig erklärt
Träger und Information sind hier getrennte Objekte
Daher bekam Information2 einen neuen Namen
Informat
Anfangs hatte ich unglücklich Getragenes gewählt


zu Bewirkendes
Informat
Bewirkendes
Bewirktes
Sender
z.B. Künstler
Idee
sozial-kulturelles Milieu
Informationsträger
z.B. Kunstwerk
Empfänger
z.B. Rezipient
Erlebnis
stofflich-energetische Basis




## 11. Von wem stammt der Begriff Information?

Im Vorwort zu Kybernetik von 1947 bzgl. Des Informationsgehalts sagt WIENER, dass R. A. FISCHER, SHANNON und er ungefähr zur gleichen Zeit auf die Idee der statistischen Beschreibung gekommen seien

Bezüglich SHANNON erwähnt WIENER nur, dass dessen Untersuchungen „im Problem der Verschlüsselung von Information“ lagen. Shannon verwendet jedoch ausschließlich ***Kommunikation***

Im WIENER-Buch existiert ein langes Kapitel: „Zufallsprozesse, Information und Kommunikation“. Hier gibt es keinen Hinweis auf SHANNON

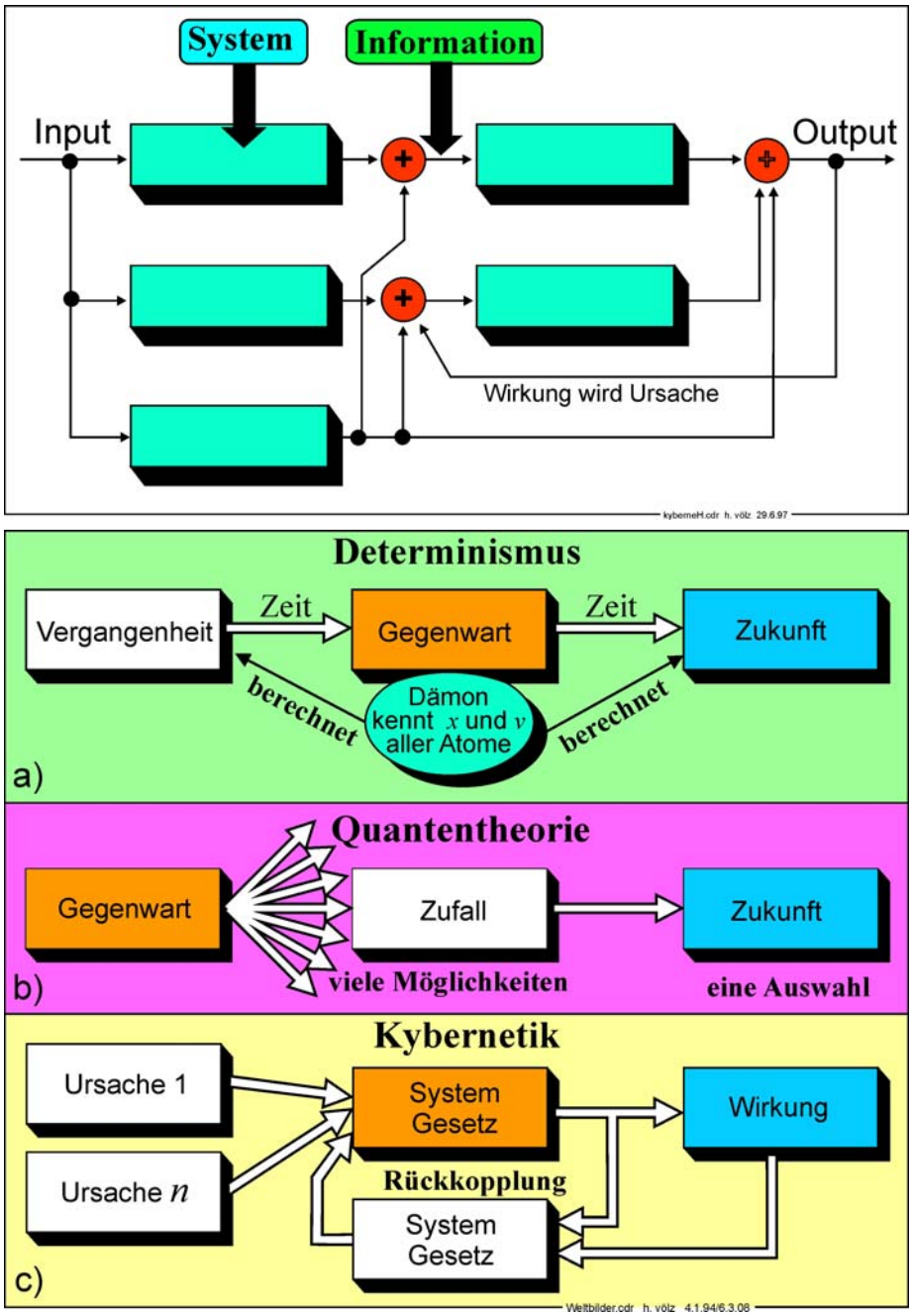
Auf S. 111 verweist WIENER auch auf JOHN VON NEUMANN (János; (1903 – 1957)

Der Begriff **ENTROPIE** wurde dagegen von WIENER für das SHANNON-Maß vorgeschlagen, und zwar in Analogie zur thermodynamischen Entropie

Eventuell drückt sich Wiener wegen Geheimhaltung um konkrete Aussagen

## 12. Aspekte der Kybernetik

- **Information** ist eine neue (dritte) „Größe“, u.a. neben Stoff und Energie.
- Es gibt ein komplexes **Ursache-Wirkungs-Gefüge**, das nicht nur (zeitlich) linear, sondern auch rückwirkend in Erscheinung tritt. Außerdem kann eine Wirkung gleichzeitig aus mehreren Ursachen hervorgehen
- **Regelungs- und Steuerungstechnik**, Konstanthaltung von Werten, Vorgegebene Zeitabläufe, Fließgleichgewicht usw. große Anwendungsbreite in der Automatisierung,
- Bei einer **Rückkopplung** wird die Wirkung wieder zur Ursache. Das kann sowohl zur Linearisierung als auch zur Selbsterregung führen. Dabei gibt es Bezüge zu Rekursion, fraktaler Geometrie, Dissipation usw.
- Der **Auslöse-Effekt** ermöglicht es, dass extrem kleine Energie unvermittelt sehr große Wirkungen hervorrufen. Flügelschlag eines Schmetterlings in China ⇒ eine Woche später Hurrikan in den USA.
- Bei der **Black-Box-Methode** interessieren nur Input und Output eines Systems, dessen innere Struktur uninteressant ist. Es gibt Übergänge zur Gray- und Whitebox
- Für detaillierte Betrachtungen sind **Systemklassifikationen** z.B. bzgl. $y = f(x)$ oder $y = f(t)$, die dann stabil, multistabil, autonom, steuerbar, zeitabhängig, stochastisch, hysteretisch usw. sein können
- Viele Entwicklungen haben **kein Ziel**, und erfolgen z.T. zufällig. Dabei wird aus vielen Möglichkeiten nur eine zur Wirklichkeit (Evolution, Quantentheorie).



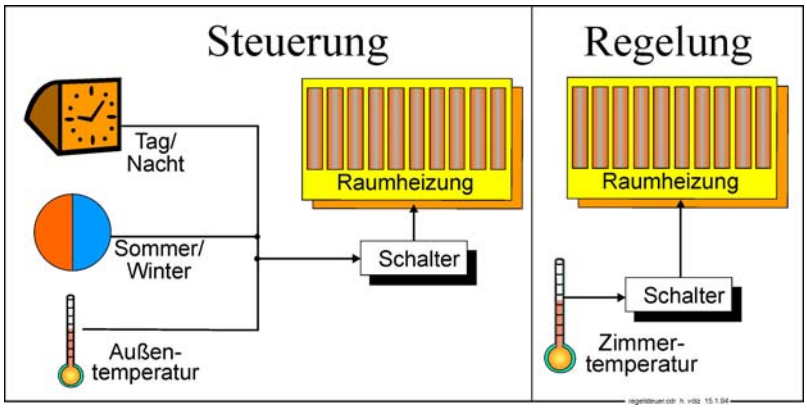

# 15. Regelungs- Steuerungs-Technik

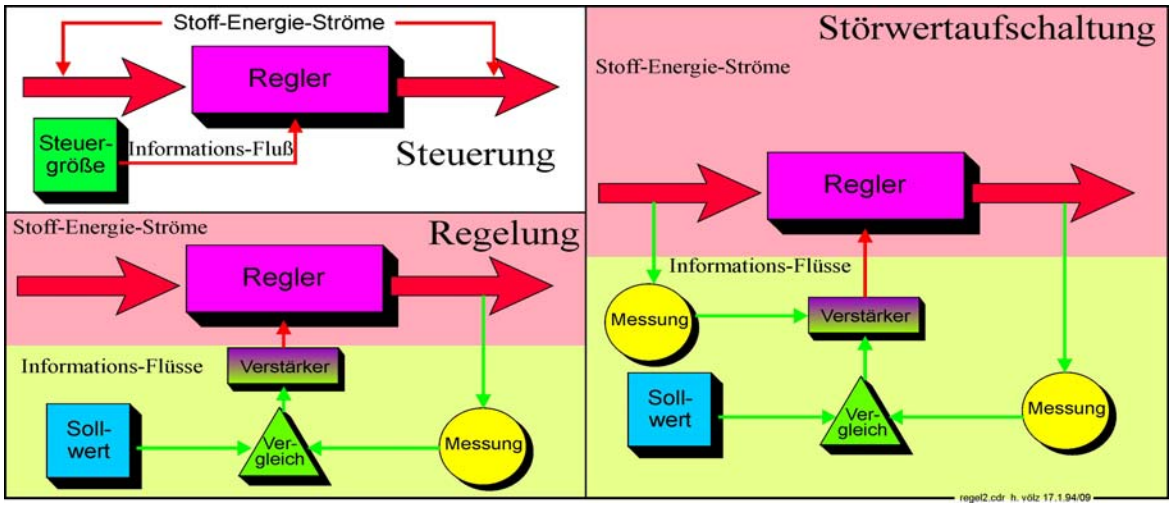
**Betrifft Systeme**, die durch Input beeinflussbar sind, z.B. Auto, Motor, Rakete, Lampe und Rechner
Es gibt drei Möglichkeiten des Betriebes
Meist ist hierbei zwischen der zu beeinflussenden ***stofflichen*** oder ***energetischen*** Seite
und der regelnden, steuernden ***Informations***-Seite zu unterscheiden

**Steuerung** (Folge- oder Nachlaufregelung): dem System wird ein fester Zustand oder zeitlicher Ablauf aufgeprägt
Typisch sind u.a. Nockensteuerung, Drehorgel, Kopierfräsen
Gegenüber Störungen kann ein gewünschter fester Zustand nur näherungsweise aufrecht erhalten bleiben
Für konstante Zimmertemperatur sind u.a. Jahres-, Tag-Nachtzeit, Außentemperatur zu berücksichtigen
Es bleiben dabei immer „Rest-“ Störungen bestehen, z.B. im Zimmer benutzte Geräte oder Personen

**Regelung**: Der Output (Istwert) wird hierbei gemessen und mit dem vorgegebenen Sollwert verglichen
Die Differenz von Ist- und Sollwert wird verstärkt und wirkt so auf das System ein, dass sie abnimmt
Durch diese Rückkopplung verbleibt aber immer eine gewisse Restdifferenz, sie ist funktionsnotwendig

**Störwert-Aufschaltung** bei Regelung ist eine Kombination von Steuerung und Regelung
Sie ermöglicht eine wesentlich bessere Einhaltung des Sollwertes




# 18. Rückkopplung

Jede Wirkung (Output) kann wieder zur Ursache (Input) werden
Unklar ist, wann Rückkopplung (Rückführung, englisch feed back) erstmalig benutzt oder verstanden wurde
Für die Elektronik sind historisch bedeutsam:

1913 EDWIN HOWARD ARMSTRONG (1890 - 1954) Rückkopplungsschaltung mit Triode (Radioröhre), führte zum Audion und Oszillator (Empfänger- bzw. Senderschaltung), u.a. auch ALEXANDER MEIßNER (1883 – 1958), LEE DE FOREST (1873 – 1961), WILHELM SCHLOEMILCH
1919 WILLIAM HENRY ECCLES (1903 - 1997) und F. W. JORDAN erfinden bistabile Kippschaltung (Flipflop als digitale Rückkopplung), heute Fundament vieler elektronischen Speicher
1927 HAROLD STEPHEN BLACK (Telefoningenieur) verbessert Qualität eines Signalverstärkers, indem er eine Gegenkopplung einführt
1940 NORBERT WIENER (1894 - 1964) bemerkt bei seinen Forschungsarbeiten über Flugabwehrmethoden im 2. Weltkrieg, dass Rückkopplung ein fundamentales Problem der Automatisierung ist.

Bald wurde Rückkopplung ein fundamentales Prinzip für viele, auch nichttechnische Anwendungen
Dabei werden drei Varianten unterschieden (Verstärkung als Faktor zwischen Output und Input)

- ***Mitkopplung*** erhöht die Verstärkung, ermöglicht Schwingungserzeugung und *Automaten*, die etwas von selbst tun, ermöglicht extrem kleine bzw. große Innenwiderstände (ideale Spannungs- bzw. Stromquellen)
- ***Gegenkopplung*** reduziert die Verstärkung und wirkt meist stabilisierend auf alle Systemeigenschaften, für viele Anwendungen ist insbesondere die Linearisierung von Kennlinien (senkt Verzerrungen) wichtig
- ***Blindkopplung*** führt das Ausgangssignal mit Phasenverschiebung zurück. So lassen sich u.a. steuerbare Blindwiderstände (Kapazitäten, Induktivitäten) erzeugen.

JOSEPH WEIZENBAUM (1923 – 2008): Automaten (auch Uhren) verändern total Leben der Menschen, sie müssen sich ihnen - oft gegen ihre Empfindungen und Wünsche - unterordnen, extrem jetzt beim Computer

Rückkopplung hängt eng mit Iteration, Rekursion, fraktaler Geometrie, Dissipation, Eigenwerte usw. zusammen

Typisch ist: $x = \sqrt{\sqrt{\sqrt{\cdots\sqrt{x}}}}$ für $0 > x \rightarrow x = 1$

# 19. Auslöse-Effekt und Black-Box

Beschreibung komplexer Vorgänge: Mit sehr kleiner Energie wird eine große Wirkung hervorgerufen
Verstößt gegen klassisches Prinzip: „kleiner Ursache → kleiner Wirkung“, bewirkt so Instabilität
Es besteht ein scheinbarer Widerspruch zu den (Energie-) Erhaltungssätzen.
Hierzu gehören u.a. Katastrophentheorie, Emergenz und Synergetik
Information steuert Stoff und Energie, die aus anderen Quellen als die Information stammen. Beispiele:

- Mimose legt bei leichter Berührung ( wenige mg) ihre Blätter zusammen, ganze Stängel hängen schlaff herab
- Leichte Bewegung am Abzug eines Gewehrs löst den Schuss aus
- Auch alle Signalverstärker, also fast die gesamte Elektronik, auch Laser gehören hierzu
- Brücken zerbrechen durch Resonanz einer darüber marschierenden Truppe
- Flügelschlag eines Schmetterlings in China löst in der folgenden Woche in USA einen Hurrikan aus
- Ein kleiner Knopfdruck kann vernichtende Atomraketen auslösen und so ganze Landschaften zerstören.

---

Bei einem System werden nur In- und Output betrachtet, das System selbst wird ohne Struktur als schwarzer Kasten = **Black-Box** angenommen, ermöglich einfache Beschreibung komplexer Systeme
Hierbei wird die strukturelle Beschreibung durch e eine betont funktionelle ersetzt
Schrittweise können dann innere Eigenschaften des Systems ergänzt werden, so entstehen Gray- bzw. White-Box
Es ist nicht sicher, ob der Übergang zur White-Box endgültig abgeschlossen werden kann
WIENER war es wichtig, die Systeme zu klassifizieren
Es besteht eine gewisse Analogie zum ***Modell*** und OCKHAM-schen Rasiermesser

# 20. System

*Griechisch* ***systema*** aus Einzelteilen zusammengefügtes und gegliedertes Ganzes, Vereinigung, Gruppe, die in einem Staat zusammen Lebenden, Staatsgebäude, Staatsverfassung, zusammengesetztes Lehrgebäude;
*Deutsch* erstmalig 16. Jh., mit der Zeit immer mehr allgemeiner Gebrauch.

- System ist ein **Ganzes**, das Teile enthält, die **Elemente** heißen und durch **Relationen** (Einwirkungen) zum System und untereinander verbunden sind
- Die Elemente können aus (Unter-) Elementen (als Teilsysteme) bestehen, dadurch wird eine **Hierarchie** (mehrere Schichten, Ebenen) erzeugt
- Die möglichen, zugelassenen **Relationen** sind entscheidend für die **Struktur** des Systems
- Das Verhalten eines Systems wird durch seine **Funktion** erfasst
- Die Zusammenfassung von Elementen, Relationen, Ebenen und Funktionen bestimmt die **Komplexität** des Systems
- Das Ganze (System) ist oft mehr als die Summe seiner Teile, es ermöglicht neue Qualitäten, z. B. Emergenz, Synergie
- Systeme werden vielfach als **Modelle** zur Beschreibung der Natur oder anderer Systeme benutzt

### FRANZ GRILLPARZER (1791 – 1872)

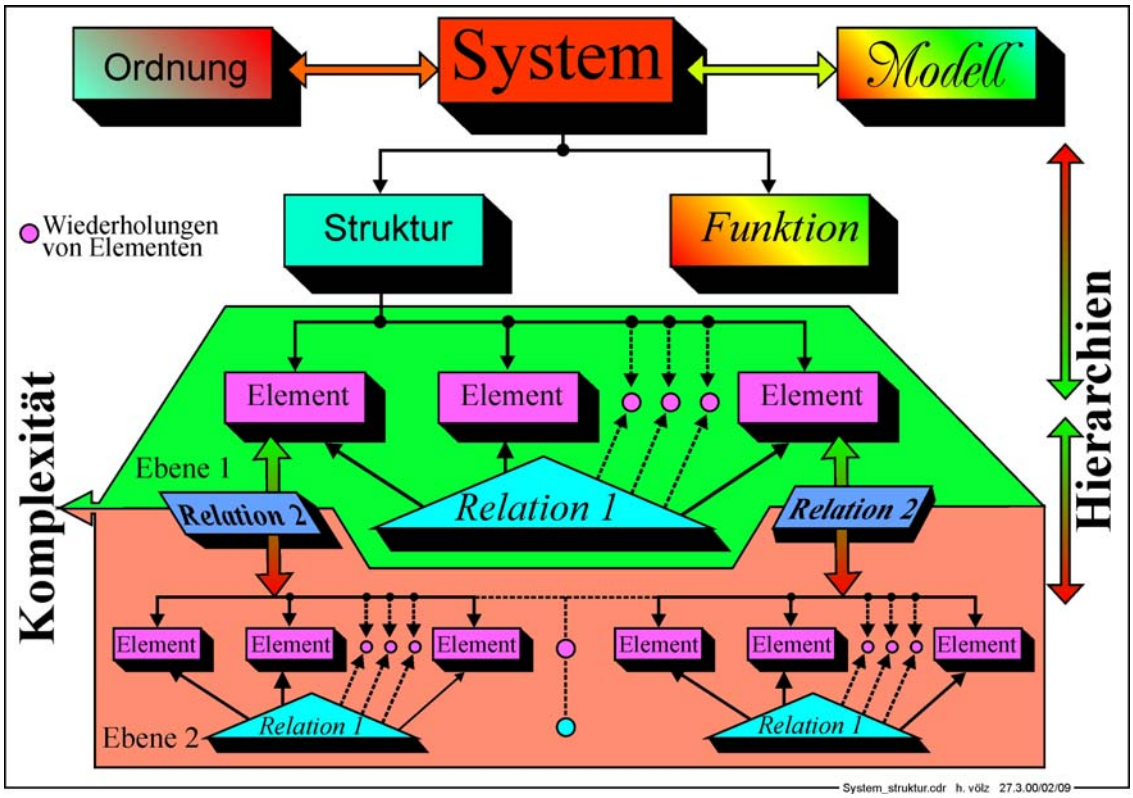
Ich weiß ein allgewaltig Wort,
auf Meilen hört’s ein Tauber.
Es wirkt geschäftig fort und fort
mit unbegriff’nen Zauber,
ist nirgends und ist überall,
bald lästig, bald bequem.
Es paßt auf ein und jeden Fall:
das Wort - es heißt System.

# 22. System-Varianten:

1. ***Entstehung - Inhalt – Anwendung*** (s. auch Geschichte):
   gedanklich, gegenständlich, natürlich, vom Menschen geschaffen, Natur ⇔ Gesellschaft ⇔ Technik
2. ***Aufbau*** (s. auch Struktur und Hierarchie):
   flach, hierarchisch, geschlossen, offen, kontinuierlich, diskret, digital
3. ***Relation von In- und Output*** z.B. *y = f(x) oder y = f(t)* (s. auch Regelungs-Steuerungstechnik)*:*
   deterministisch (kausal), zeitabhängig, linear, hysteretisch (Vorgeschichte), Schwellen (Lose), stochastisch, dynamisch, passiv, autonom, aktiv, rückgekoppelt, statisch
4. ***Einfluss von „Störungen“***
   stabil, strukturbewahrend, evolierend, adaptiv, autonom, metastabil, abgeschlossen, selbstorganisierend; selbstreferenziell (Autopoese), mit Gleichgewicht, steuerbar, multistabil, dissipativ, zeitinvariant

nach ***Alternativen | Gegensätze*** geordnet gilt etwa

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| gegenständlich | ⇔ | gedanklich | linear | ⇔ | nichtlinear (hysteretisch) |
| natürlich | ⇔ | vom Menschen geschaffen | zeitinvariant | ⇔ | zeitabhängig |
| unbelebt | ⇔ | lebend | statisch | ⇔ | dynamisch, multistabil |
| anschaulich, verbal | ⇔ | mathematisch | steuerbar | ⇔ | autonom, selbstorganisierend |
| theoretisch | ⇔ | angewendet | strukturbewahrend | ⇔ | evolierend |
| flach | ⇔ | hierarchisch | stabil | ⇔ | adaptiv, selbstreferenziell |
| abgeschlossen | ⇔ | offen | rückwirkungsfrei | ⇔ | rückgekoppelt |
| kontinuierlich (analog) | ⇔ | diskret, digital | deterministisch | ⇔ | stochastisch |
| passiv | ⇔ | aktiv | | | |




## 23. Etymologie: Struktur – Hierarchie - Relation

*Lateinisch*: ***structura***: ordentliche Zusammenfügung, Ordnung, Bauart
***structum*** schichtweise über- oder nebeneinander legen
***struere,*** aufschichten, aneinanderfügen, errichten, ordnen
*Übertragen*: Aufbau der Rede, Worte, Gedanken.
*Mittelhochdeutsch* 13. Jh. structure: Bauen, Bauart, Bau, Bauwerk, Zusammenfügung, Ordnung
*Scholastik*: Beschreibung von sprachlichen Gebilden
17. Jh. in Anatomie übernommen, Morphologie
19. Jh. breitere Anwendung, Organismen und Soziologie, besitzend, gegliedert

*Griechisch* ***hierós***: heilig, ***archein***: der Erste sein

*Lateinisch* ***relativus*** sich beziehen auf, bezüglich
***relatio*** Zurückgetragenes, Vorbringen, Erzählung, Beziehung, Rücksicht, Verhältnis
*Mittelhochdeutsch* 16. Jh. Bericht, Berichterstattung, Augenzeugenbericht, Vortrag, Nachricht
20. Jh. ***relativ***: in einem Verhältnis zu etwas stehen, dadurch bestimmt, unter gewissen Umständen, bedingt, verhältnismäßig

## 24. Strukturen – Hierarchie - Relation

**Strukturen** werden oft nicht **ge-,** sondern **erfunden**, sie werden System ähnlich wie bei Modellen zugeordnet
So spüren nur wir z. B. süß, bitter und Farben. Noch mehr gilt dies bei *Mythen*, Träumen usw.
Dennoch sind auch *Wahrnehmungsstrukturen* relativ stabil
Einige Eigenschaften des Systems übertragen sich auch auf seine Struktur. Daher gibt es a. u. folgende Strukturen:

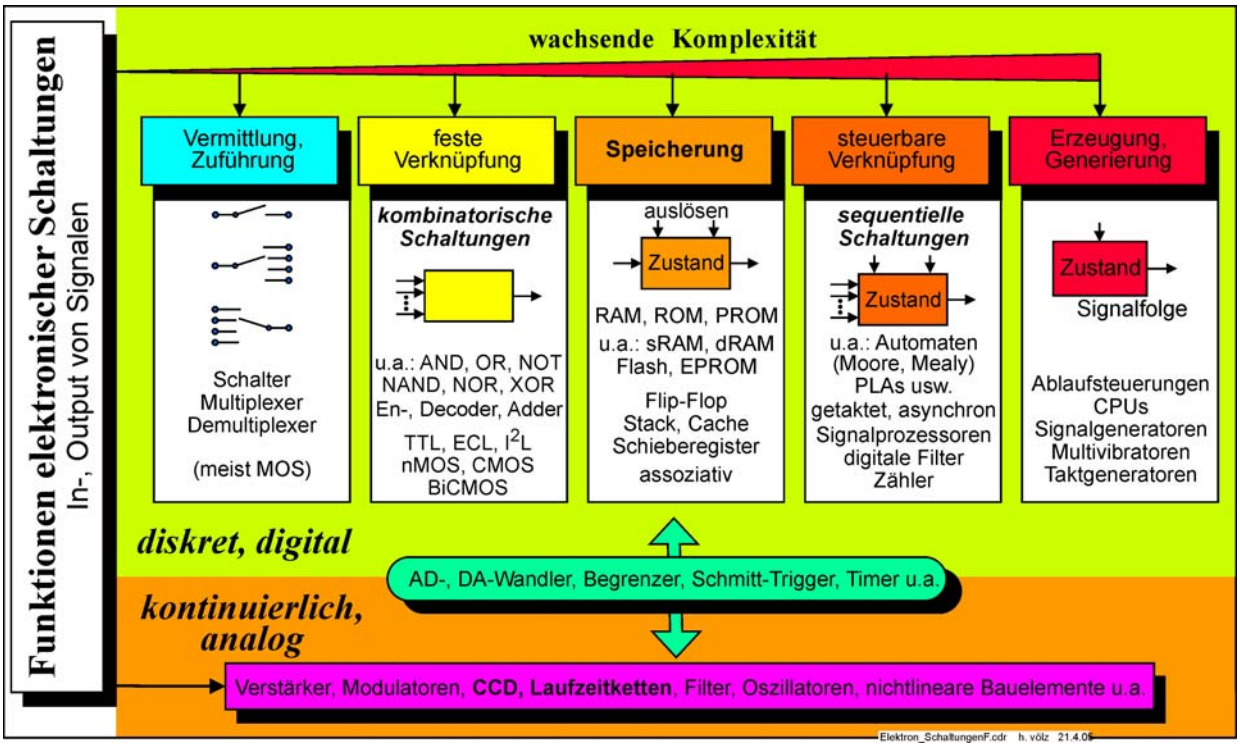
- *gedankliche*, z. B. von Theorien, Aussagen und Begriffen
- *abstrakte* wie die von Strahlung, Atommodell, Quarks und Kreislauf
- *physikalische* vor allem in Raum und Zeit und prozessartig
- *chemische* z. B. bei Molekülen
- *biologische* z. B. von Lebewesen
- *gesellschaftlich-kulturelle* u.a. bei Gruppen, Vereinen, Kulturen und Religionsgemeinschaften
- *Gleichgewichts*strukturen bzgl. Kristalle, Wärmetod usw.
- *dissipative* (metastabile), teilweise bei der Evolution (Grenzzyklen, Selbstorganisation)

**Hierarchien** werden in vielen komplizierten Systemen zur besseren Handhabung geschaffen, organisiert
Vielfach sind sie mehrstufig, z.B. bei Justiz, Militär und Wirtschaftsunternehmen mit festgelegten Rechten, Kompetenzen und Pflichten
Die katholische Kirche besitzt sogar eine zweigliedrige Ordnung:

- ***Weihe***-Hierarchie: drei Stufen göttlichen Rechts: Bischof, Priester und Diakon
- ***Ämter***-Hierarchie: durch die Kirche selbst eingerichtete Ämter

**Relation** wird mit unterschiedlicher Bedeutung benutzt

- ***Synonym*** sind: Abhängigkeit, Beziehung, Bezug, Konnex, Verbindung, Verhältnis, Verknüpfung, Wechselverhältnis, Wechselbeziehung, Zusammenhang (Affäre!?)
- Bei Systemen gibt ***zwei Relationen***: 1. zwischen den Elementen, 2. vom (Teil-) System zu den Elementen




# 26. Kontinuierliche Systeme

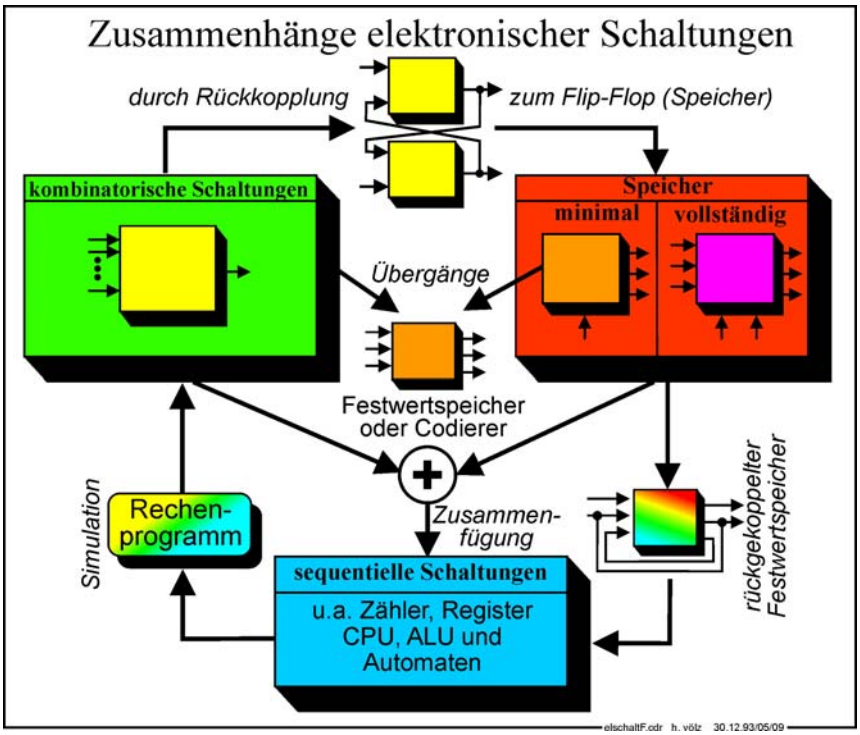
Besonders in der (Nachrichten-) Technik sind Signale wichtig
Die Eingangsgrößen $x(t)$ und Ausgangsgrößen $y(t)$ sind kontinuierlich
Bzgl. der Struktur existieren zwei Fälle:

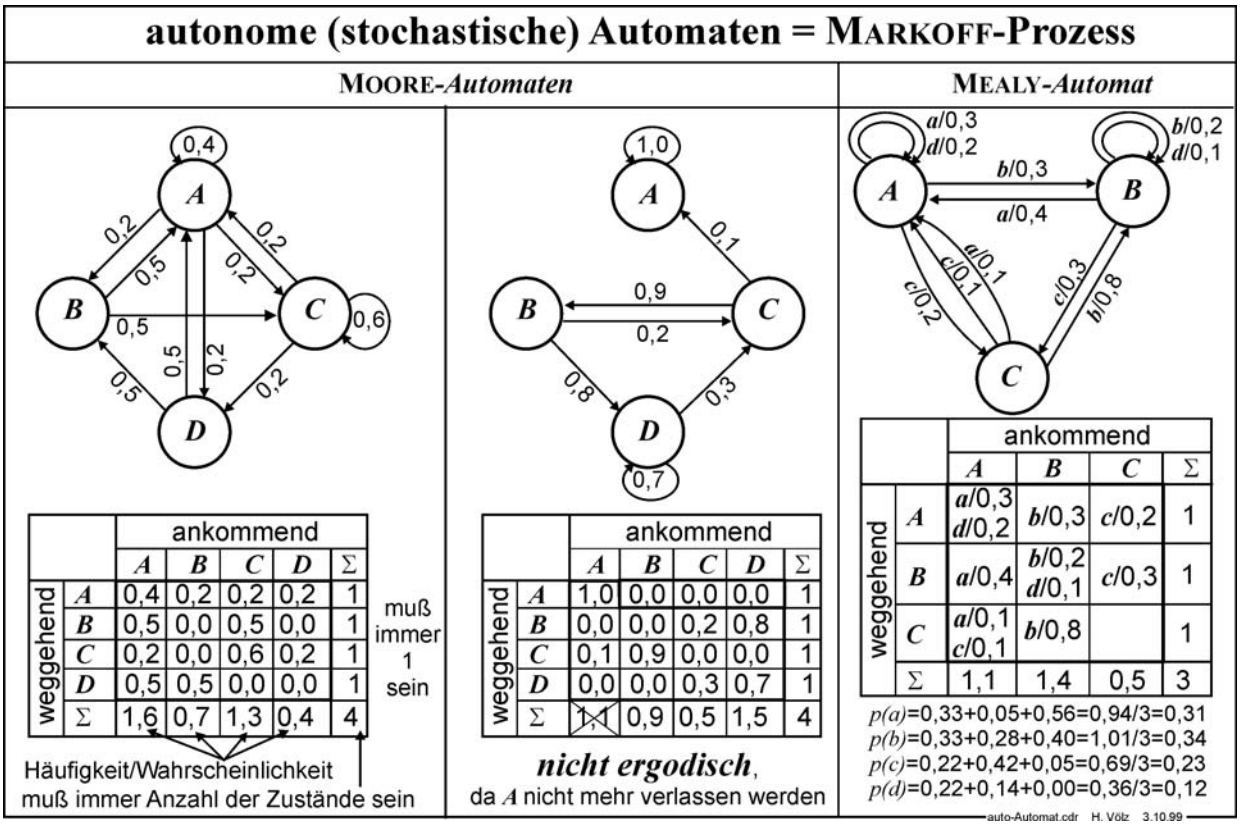
| | **Zweipole** | | **Vierpole** |
|---|---|---|---|
| | Widerstand | Leitwert | Übertragungsmaß |
| **Eingang** $x_e(t)$ | Spannung | Strom | Strom oder Spannung |
| **Ausgang** $x_a(t)$ | Strom | Spannung | Strom oder Spannung |

Die Beschreibung erfolgt mittels der Differentialgleichung

$$a_0 x(t) + a_1 \frac{dx(t)}{dt} + a_2 \frac{d^2x(t)}{dt^2} + \ldots + a_n \frac{d^n x(t)}{dt^n} = A\left[ b_0 y(t) + b_1 \frac{dy(t)}{dt} + b_2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + \ldots + b_n \frac{d^m y(t)}{dt^m} \right]$$

Für sie existieren viele andere Darstellungen und Auflösungen
Bei ***linearen*** und ***stabilen*** Systemen muss immer $m \le n$ gelten
Für ***zeitinvariante*** Systeme sind alle *Koeffizienten A*, $a_i$ bzw. $b_i$ reell und konstant




| weggehend \ ankommend | A | B | C | D | Σ |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 1 |
| B | 0,5 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 1 |
| C | 0,2 | 0,0 | 0,6 | 0,2 | 1 |
| D | 0,5 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 1 |
| Σ | 1,6 | 0,7 | 1,3 | 0,4 | 4 |

| weggehend \ ankommend | A | B | C | D | Σ |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1 |
| B | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,8 | 1 |
| C | 0,1 | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 1 |
| D | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,7 | 1 |
| Σ | ~~1,1~~ | 0,9 | 0,5 | 1,5 | 4 |

| weggehend \ ankommend | A | B | C | Σ |
|---|---|---|---|---|
| A | a/0,3 d/0,2 | b/0,3 | c/0,2 | 1 |
| B | a/0,4 | b/0,2 d/0,1 | c/0,3 | 1 |
| C | a/0,1 c/0,1 | b/0,8 | | 1 |
| Σ | 1,1 | 1,4 | 0,5 | 3 |

# 29. System-Geschichte

***v. Chr.***

7000 I-Gong
500 Konfuzius eigentlich Kong Qiu (551 - 479 v. Chr.) überliefert u.a. I-Gong
200 griechischer Atomismus
römische Antike: eigentlich nur musisch, sprachlich

***n. Chr.***

14. Jh. astronomisch, kosmologisch
16. Jh. methodisch dargelegte Lehre, erstmalig ***deutsch***, zunächst nur Sonnensystem
17. Jh. Inbegriff von Wahrheiten oder Zusammenstellung von Doktrinen (Plan, Konzept, Methode), u.a. GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ (1646 – 1716)
**18. Jh.** Kreislauf- Gefäß- und Nervensystem; Regierungs-, Verwaltungssystem
1735 CARL V. LINNÉ (1707 – 1778) „Systema naturae“
1750 JOHANN HEINRICH LAMBERT (1728 – 1777) unterscheidet Systemarten
1781 IMMANUEL KANT (1724 – 1804): Kritik der reinen Vernunft, das philosophische System ist „die Einheit der mannigfaltigen Erkenntnisse unter eine Idee”; was Erkenntnis zur Wissenschaft macht
1790 CHARLES MAURICE DE TALLEYRAND (1754 – 1838) schlägt metrisches System vor (1791 gesetzlich)
1869 DMITRIJ MENDELEJEW (1834 – 1907), JULIUS LOTHAR MAYER (1814 – 1878) Periodensystem der chemischen Elemente
19. Jh. GEORG WILHELM FRIEDRICH HEGEL (1770 – 1831), AUGUSTE COMTE (1798 – 1857) auch für Systematisieren benutzt und gedankliche Systeme
1914 AXEL THUE; 1863 – 1922) Semi-THUE-System, formale Sprachen (Mathematik)
1925 KARL KÜPFMÜLLER (1897 – 1977) beginnt Arbeiten zur Systemtheorie der Nachrichtentechnik
1926 JAN CHRISTIAAN SMUTS (1870 – 1950) „Holism and Evolution“ Systemtheorie der Evolution
1926 ALFRED JAMES LOTKA (1880 – 1949), VITO VOLTERRA (1860 – 1940) Offene Systeme
1929 WOLFGANG KÖHLER (1887-1967) Gestaltpsychologie
1947 LUDWIG V. BERTALANFFY (1901 – 1972) weitgehend allgemeine Systemtheorie
1948 NORBERT WIENER (1894 – 1964) Kybernetik mit System-Klassen
1949 TALCOTT PARSONS, (1902 - 1979) Beiträge zur soziologischen Theorie
1950 ca. allgemeine Systemtheorie, bei Technik: Beginn digitaler Systeme
1958 CLAUDE GUSTAVE LEVI-STRAUSS (*1908) Strukturale Anthropologie
1967 MANFRED EIGEN (*1927): Entstehung des Lebens Hyperzyklus
ILYA PRIGOGINE (1917 – 2003): dissipative Systeme, Selbstorganisation
1970 WASSILY W. LEONTIEFF (1906 – 1999) Wirtschaft als System
1974 LYNN MARGULIS (*1938), James LOVELOCK (*1919): weltumspannendes Gaya-System
1975 HUMBERTO MATURANA (*1928) / FRANCISCO VARELA (*1946) Autopoese ≈ *griechisch* Selbstmachen
1975 GREGORY BATESON (1904 – 1980): Selbstorganisation → Geist des Systems
1977 NIKLAS LUHMANN (1927 - 1998) Soziale Systeme

# 30. komplex ⇔ kompliziert

Beide Begriffe werden auf Systeme, Objekte, Strukturen, Funktionen, Verhalten, Modelle, geistige Prozesse usw. **angewendet**, sind z.T. ***schwer zu unterscheiden***

***Ähnliche Begriffe*** sind: beziehungsreich, diffizil, heikel, mehrteilig, problematisch, schwer fassbar, umständlich, undurchschaubar, unübersichtlich, unverständlich, verflochten, verschlungen, vertrackt, verwickelt, verworren, verzweigt, verzwickt, vielfältig, vielschichtig, zusammengesetzt

**komplex**

*Lateinisch* ***complecti*** umschlingen, umfassen. ***plectere***: flechten, ineinanderfügen
*Heute* bzgl. Messbarkeit und Zahlenangaben, logisch ableitbar,
Es gibt ***Komplexitäts-Maße***, komplex ist meist betont **wissenschaftlich** und **technisch**
Dennoch gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Definitionen und Anwendungen, z.B.:
LLOYD SETH hat Liste von 31 Definitionen zusammengestellt (Spektrum d. Wissenschaft. Sept. 1995; 61, s.u.)

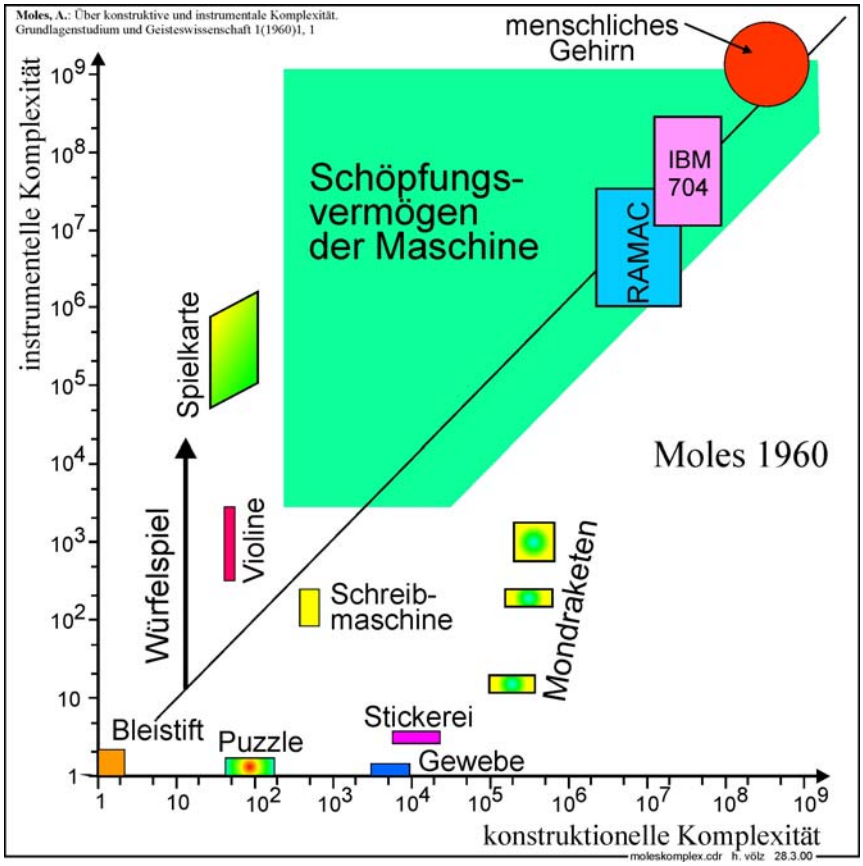
**kompliziert**

*Lateinisch* ***complicare*** zusammenfalten, -legen, -wickeln, auch *Komplize*: Mithelfer, Mittäter.
*Heute* etwa: schwer verständlich, ganzheitlich, Gegenteil von einfach, leicht einsichtig

- wird vorwiegend auf ***geistige Prozesse*** bezogen, betrifft ***Anschaulichkeit*** und z.T. Umgangssprache
- betrifft oft ***das Ganze*** von Systemen und Eigenschaften, das kein Element bzw. Teilsystem besitzt, z. B. *Emergenz*, Synergie
- wird meist angewendet, wenn Etwas schwer zu verstehen ist, der Aufwand zum Erfassen des Inhalts hoch erscheint
- Kompliziertheit kann sich durch neue Erkenntnisse ändern, selbst dann, wenn dies nicht absichtlich erfolgt
- Jemand anderes kann den gleichen Sachverhalt weniger oder mehr kompliziert empfinden
- kompliziert ist daher individuell, subjektiv

# 31. Arten der Komplexität

***Algorithmische*** K.: Rechenaufwand; unterscheidet zeitliche (Rechendauer) und räumliche (Speicheraufwand) eines Algorithmus für $n \to \infty$, sowie Klassen P, NP, NP-vollständig (Komplexitätstheorie)
***DÖRNER*-K.**: exponentielles Wachstum und Vielzahl der Merkmale, für Menschen schwer zu erfassen, daher eigentlich kompliziert (Schachspiel je Feld Verdopplung der Körner) DIETRICH DÖRNER (*1938)
***Effektive*** K.: Grad, Maß der Regelhaftigkeit ⇔ Zufälligkeit eines Systems
***Effektorische*** K.**:** Vielfalt der Ausgabe- bzw. Handlungs-Möglichkeiten
***Elektronische*** K.: Anzahl der Gatter, Transistoren usw., eingeteilt u.a. in SSI, MSI, LSI, VLSI ULSI
***Fraktale*** K.: ausgedrückt durch HAUSDORFF- bzw. fraktale Dimension
***Funktionale*** K. nach Wolfgang HILBERG (*1932) für logische Bauelemente (s.u.)
***Grammatische*** K.: minimaler Universalitätsgrad einer Sprache zur Beschreibung eines Systems
***Hierarchische*** K.: Zusammenfassung der Anzahl der Ebenen und Elemente sowie Relationen
***Instrumentelle*** K. bei MOLES Anzahl der Anwendungsmöglichkeiten eine Objektes (s.u.)
**KOLMOGOROW**-K.: kürzester bekannter Algorithmus (Zeichenkette) für ein Problem (s.u.)
***konstruktionelle*** K. bei MOLES Komponenten des Aufbaus, der Struktur eines Objektes (s.u.)
***Rechen*-K.**: s. algorithmische K.
***Sensorische*** K.: Möglichkeiten der Beeinflussung eines Systems, insbesondere Nervensystem
**SHANNON-*Entropie*** im Sinne von Überraschung durch eine Information
***Speichernde*** K. entspricht in etwa der Speicherkapazität
***Thermodynamische*** Entropie: im System bestehende Unordnung, Ressourcen zum vollständigen Aufbau des Systems
***Unschärfe*** (fuzziness): Maßzahl für die feinen Details eines Systems (≈ Fraktal)
***Verarbeitende*** K.: Leistungsfähigkeit, Funktionsvielfalt eines Rechners (Systems), z.T. Befehlsvorrat
***Zahlen-K.***: betrifft gedankliches Behandeln unterschiedlich großer Zahlen, u.a. bei RUCKER und VÖLZ (s.u.)




# 33. KOLMOGOROW-Komplexität

ANDREJ NIKOLAJEWITSCH KOLMOGOROW (1903 – 1987)

Es gibt:

- eine universelle Turingmaschine $M$
- Programme $p_n$
- eine auf dem Speicherband stehende Inschrift $i$

Ein Programm $p_x$ erzeugt die Folge $s = M(p_x, i)$
Es seien alle Programme $p_n$ bekannt, die auf dem Speicherband $s$ erzeugen
Hierunter gibt es ein kürzestes $p_k$

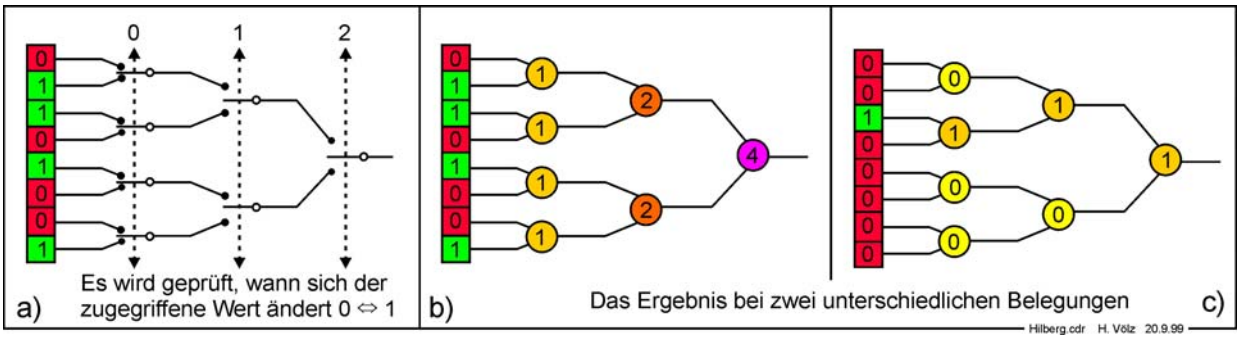
Die KOLMOGOROW-Komplexität bezüglich $M$ ist die Länge ist $L_M(s)$ dann
wenn für jede weitere universelle Turingmaschinen $U$ gilt: $L_M(s) \leq L_U(s) + K_{M,U}$
Dabei ist $K_{M,U}$ die Länge des Simulationsprogramms von $M$ auf $U$

***Beispiele*** für unendliche Folgen mit kurzem (kürzestem) verbalem Algorithmus

| | |
|---|---|
| 33333333333333 ... | wiederholen von 3 |
| 0101010101010... | wiederholen von 01 |
| 01001000100001000001 | Start $s_0$ = 01, wiederholen und anfügen $s_{n+1} = 0$ & $s_n$ |
| 2 3 5 7 11 13 17 ... | Primzahlfolge ( nur zum besseren Erkennen eingefügt) |
| 147250361472 ... | Start $s_0 = x_0$ =1: wiederholen und anfügen $x_{n+1} = (x_n + 3)$ Modulo 8 |

Satz von GREGORY J.CHAITIN (*1947): Es lassen sich endlich viele Ketten verkürzen, aber unendlich viele nicht
Satz gilt nicht für endlich lange, also technisch genutzte Ketten, Für sie ist (fast) immer eine Kürzung möglich

ANDRÉ ABRAHAM MOLES (1920 – 1992): Ein Bleistift besteht konstruktiv aus der Mine und dem Holz. Anwendbar ist er zum Schreiben und Zeichnen, aber auch als Lineal, und was seine Mine betrifft sogar als elektrischer Widerstand




# 35. Entstehen und Reduzieren von Komplexität

**Entstehen**

- erfolgt durch Evolution als Höherentwicklung
- Entstehen aus Chaos und bei Fraktalen, u.a. zu den Attraktoren
- U.a. Systeme von ARISTID LINDENMAYER (1925 – 1989) und BENOIT B. MANDELBROT (*1924)
- Emergenz und Synergetik als neue Qualitäten

**Reduzieren**

- ist durch vielfältige Methoden möglich, wichtig sind u. a. Gesetze, Algorithmen, Modelle, Axiomatik
- ist für Lebewesen unbedingt notwendig
- entspricht technischen Kompressionsverfahren
- erfolgt durch Entfernen von Relevanz (nicht rücknehmbar), selten durch Redundanzsenkung (rücknehmbar), hierzu sind oft passende Codes erforderlich (ASCII, MIDI)
- bewirkt immer Ungenauigkeiten und Unschärfen, u. a. HEISENBERG
- bedeutet vielfach Entstehen von nutzbarer Information
- Man kann offensichtlich die Komplexität soweit reduzieren, dass dann das neue Gebilde nichts mehr nutzt.
- ursprünglich Geister, Götter waren komplexitätsreduzierende Gebilde
- ähnlich fördert heute die hohe Komplexität von Wissenschaft, Wirtschaft, Politik usw. Mystifizismus

# 36. Zahlenklassen RUCKER

RUDY RUCKER (*1946) hat vier Zahlenbereiche eingeführt, in denen wir unterschiedlich denken

- ***klein***: 1 bis 1000
- ***mittel***: 1000 bis $10^{12}$
- ***groß***: Mit Kennwert Googol = $10^{100}$, weil keine Namen für Zahlen existieren
- ***unvorstellbar***, aber noch nicht unendlich

**Einige Argumente**
Hat man einmal mit dem **Zählen begonnen**, so ist es schwer, damit wieder aufzuhören.
215 v.Chr. berechnete ARCHIMEDES (ca. 285 – 212 v.Chr.) Die „**Sandzahl“** = Welt enthält $10^{63}$ Sandkörner

Um 1930 erfand der Neffe des Mathematikers EDWARD KASNER (1878 – 1955) Begriff **Googol** für $10^{100}$
In der Kabbala existieren **Zahlenmystische** Begriffe bis etwa 30
Es gibt **Zahlbessene** = Arithnomanen, vor allem sie regieren die Welt
Erfährt man mittlere Zahlen unmittelbar **sinnlich**, so sind sie etwas ganz anderes als Zahlen in den **Zeitungen**
**Geschlossene Masse**, z.B. Kirchengemeinde ist beschränkt, religiöse Zeremonie: dass man sich einer größeren Gruppe angehörig fühlt. Inder besitzen dafür das Wort „darshan“. Macht über die Massen. Auch Predigt zielt darauf ab.
**Offene Masse** z.B. Straßendemonstration: Sie will und muss wachsen und kennt dafür keine Grenzen. Wenn sie nicht mehr wächst, erreicht sie ihr Ende

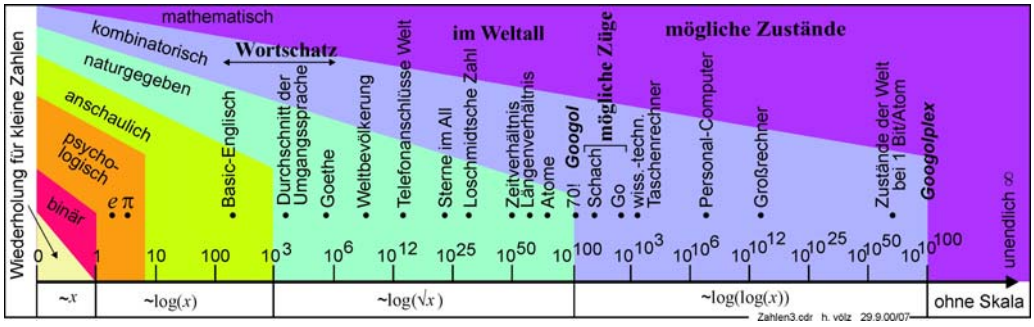
# 37. Meine Zahlenbereiche

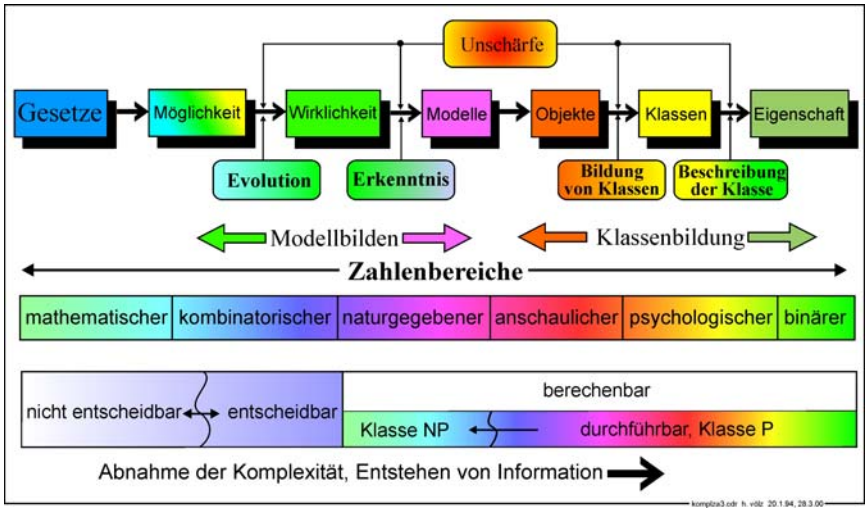
**binär** Ja/Nein-Entscheidungen, Aussagenlogik, Boolesche Algebra, binäre Arithmetik usw.
**psychologisch** Unser Gegenwartsgedächtnisses = 7 Chunks = Klassenzahl bei Begriffsbildung: ld(150 Bit) ~ 7,23, intuitiv werden immer 7 ± 2 Klassen gebildet, Zahl 7 ist fundamental für Kommt sehr oft und überall vor, vgl. [Schneider] und [Völz: Wissen]
**anschaulich** 1000 ist gerade noch unmittelbar vorstellbar. Mit bloßem Auge sind mm beim m zu erkennen; historisch Million, Milliarde, Billion, Billiarde, Trillion usw. Vorsätze beim SI: wie p, m, m, k, M, G, T,
**naturgegebene**: $10^{-99}$ bis $10^{99}$. Masse Weltall/Elektron ~ $10^{85}$. Gleitkomma-Arithmetik der Rechner. Rechnen mit Exponenten gehorcht anderen Gesetzen als Peano-Axiom: Nachfolger-Problem
**kombinatorisch**: $(10^{10})^{10}$:$10^{80}$ Atome Speicherung je eines Bit: $(2^{10})^{80}$ ~ $(10^{3\cdot10})^{79}$ Zustände = Zahl mit $3*10^{79}$ Ziffern.
**mathematisch**: null und abzählbar unendlich, sehr dichte Staffelung der Zahlen
**Berechenbarkeit: Unentscheidbarkeit: Unerschöpflichkeit**. Sprache ist unerschöpflich. 100 Wörter + Satzlänge 10 Wörter → $10^{200}$ verschiedene Sätze. Um sie auszusprechen nicht einmal Zeit des Bestehens der Welt ausreichend.

### Übergänge und Unschärfen zwischen den Bereichen

**Klassenbildung**: Objekte (anschaulich); Eigenschaften(psychologisch), binär Klassenbildung.
**Modellbildung**: ***Wirklichkeit*** (physikalisch) durchschaubare, anschauliche, wesentliche ***Relationen***. Kann zusätzliche Erkenntnisse liefern.
**Evolution**: ***Zukunft*** ⇒ ***Möglichkeiten*** (kombinatorisch) ⇒ ***Wirklichkeit*** (naturgegeben)

**Reduzierung der Komplexität** bewirkt ***Ungenauigkeiten*** und ***Unschärfen*** (u.a. HEISENBERG) und ***Redundanzen;***
Informationstheoretisch **Unbestimmtheit beseitigt**. **Entstehen von Information**



# 39a. Kommunikationsarten

**Nur Beispiele eingetragen**

| | Mensch | Lebewesen | Technik |
|---|---|---|---|
| Mensch | Umgangsprache, averbale Kommunikation, Gesten und Mimik Musik, Formeln, Bilder | Dressur, Haustier, Nutztier | Tastatur, Maus, Spracheingabe, Virtuelle Welt, Programmsprache |
| Lebewesen | Blindenhund | Tierkommunikation | Industrielle Viehzucht |
| Technik | Bild-, Sprach-, Musikausgabe, Massenmedien | automatische Fütterung, Weidezaun | Interfaces |

# 40. Zwei Ergänzungen

HERRMANN SCHMIDT und NORBERT WIENER sind die ersten Vertreter der Kybernetik
Jedoch aus jeweils etwas unterschiedlicher, aber sich dann ergänzender Sicht
SCHMIDT betont stärker Regelungstechnik, vorher u.a. in Biologie (Homöostase) und Volkswirtschaft erfolgreich
SCHMIDT soll teilweise den Menschen stärker einbezogen haben

WIENER soll sein Theorem der linearen Vorhersage aus dem Kopf, in stundenlangen Ferngesprächen auf Pentagon-Tonbänder diktiert haben. Sind später nach Transkription als Geheimsache erschienen. Es kam nicht zum Kriegseinsatz. Es wurde eine einfacher digitale Variante seines Schülers SHANNON benutzt**.**

# 41. Kybernetik heute?

Trotz des sehr großen Anstiegs der Inhalte, gibt es heute bestenfalls noch Rudimente
Ihr Umfang ist so umfangreich geworden, dass sie als Wissenschaftszweig zu groß geworden ist
Wie es keinen Lehrstuhl für Natur- oder Geisteswissenschaft gibt, kann auch keinen für Kybernetik geben
Zunächst erfolgte eine inhaltliche Spezialisierung: wie pädagogische, biologische, medizinische, technische und mathematische Kybernetik.
Besonders wichtig wurden dann Regelungs-Steuerungstechnik sowie Informations- und Systemtheorie (-technik)
Andere Spezialisierungen, führen die Kybernetik indirekt fort, unvollständige alphabetische Liste:
Automaten, Automatisierung, Bionik, Chaos-Theorie, Dissipation, Emergenz, Fraktale Geometrie, Fuzzy-Technik, Informatik, Katastrophentheorie, Kommunikation, Künstliche Intelligenz, Künstliches Leben, Modellierung, Neuronale Netze, nichtlineare Optik, Operationsforschung, Optimierung, Roboter, Selbstorganisation, Selbstregulation, Spieltheorie, Synergetik.

**Optimierung** (*lateinisch **optimus*** Bester, Hervorragendster) Es gibt es meist oft mehrere, gleichzeitige Ziele, die sich z.T. widersprechen. Daher Kompromisse notwendig. Z.B: MP3-Video-Player: klein, leicht, geringer Stromverbrauch, kleine Batterien, großes Display, umfangreicher Bedienungskomfort, große Lautstärke, hohe Klangqualität usw.

**Synergetik** (*griechisch **synergein*** zusammenarbeiten) eingeführt von H. HAKEN als Zusammenwirken vieler einzelner Elemente bzw. Teilsysteme, Entstehen neuartiger kollektiver Größen und Methoden, spontane Ausbildung von Strukturen in komplexen Systemen, u.a. Selbstorganisation (Versklavung), z. B. Kristallbildung, Laser, lebende Zelle, Magnetismus). Typisch BENARD-Zelle ~ $(10^7)^3$ ~ $10^{21}$ Moleküle im Millimeterbereich ⇔ intermolekularen Kräfte bei $l0^{-10}$ m

# 42. WIENERs politisches Problem

**JOSEPH WEIZENBAUM: Reden.** S. 57:

*Norbert Wiener hat vor langer Zeit ein Buch geschrieben: God and Golem Inc., also »Gott und Golem GmbH«. Er hat schon sehr früh einen Zusammenhang zwischen der Technik und dem Bösen in der Welt gesehen. Er hat auch den Computer erkannt als ein Instrument, das uns wahrscheinlich irgendwann beherrschen wird. Er hat - ich glaube, es war 1946 oder 1947 - einen Brief veröffentlicht, den er an einen Kollegen geschickt hat, der ihn gebeten hatte, ihm eine seiner Arbeiten zu schicken. In diesem Brief sagt er deutlich, das macht er nicht mehr. Er macht seine Arbeit, aber er wird sie nicht weitergeben, weil er ganz genau weiß, dass seine Arbeiten aus den Gebieten Kybernetik und Mathematik zu dem Zweck benutzt werden, letztendlich Raketen herzustellen, die von einem Kontinent zum anderen geschossen werden können.*

*"I do not expect to publish any future work of mine, which may do damage in the hands of irresponsible militarists."*

*Norbert Wiener, der in Harvard studierte, hat schon als sehr junger Mann im MIT angefangen zu lehren und natürlich gewusst, dass das MIT schon damals sehr eng mit dem amerikanischen Militär verbunden war.*

Zu „Gott und Golem“ (annotiert): Solche Mythen wie der Golem-Mythos tauchen immer wieder auf, sie sind schon uralt. Z.B. zeigen sie sich in der griechischen Tradition, in der altgriechischen Literatur. Prometheus, der das Feuer den Göttern gestohlen hat und dafür streng bestraft wurde. Atomkraft haben wir sozusagen den Göttern gestohlen. King oder Tarzan sind amerikanische Phänomene.

## 43. Verunglimpfung von WIENER

MURRAY GELL-MANN (*1929): **Das Quark und der Jaguar**
Er verweist sogar im Sachwortverzeichnis unter „Wiener“ nur auf diese Stelle von S. 122

*Der Begriff »Kybernetik« wurde von Norbert Wiener, einem bedeutenden, aber etwas verschrobenen Mathematikprofessor am Massachusetts Institute of Technology, eingeführt, der schon als Kind seine geniale Begabung gezeigt hatte und niemals seine Lust an bizarren Verhaltensweisen verlor. Als ich am MIT studierte, fand ich ihn hin und wieder schlafend im Treppenhaus liegen, wo sein fülliger Körper den Verkehr ernsthaft behinderte. Einmal steckte er seinen Kopf in das Arbeitszimmer meines Doktorvaters, Viki Weisskopf, und äußerte einige Worte, die Viki völlig sinnlos erschienen. »Oh, ich dachte, alle europäischen Intellektuellen würden Chinesisch sprechen«, sagte Wiener und eilte den Gang hinunter.*

## 44. Beispiel für Wirken in der Literatur

HERMANN HESSE (1877 – 1962) „Glasperlenspiel“ 1943:

*Die analytische Betrachtung der Musikwerke hatte dazu geführt, dass man musikalische Abläufe in physikalisch-mathematische Formeln einfing. Wenig später begann die Philologie mit dieser Methode zu arbeiten und sprachliche Gebilde nach der Weise auszumessen, wie die Physik Naturvorgänge maß; es schloss die Untersuchung der bildenden Künste sich an, wo von der Architektur her die Beziehung zur Mathematik schon längst vorhanden war. Und nun entdeckte man zwischen den auf diesem Wege gewonnenen abstrakten Formeln immer neue Beziehungen, Analogien und Entsprechungen». Eine solche Entwicklung bedarf «der gemeinsamen Grundlage einer geistigen Moral und Redlichkeit» und wäre unseriös ohne «eine puritanische Scheu vor 'Allotria', vor Vermischung der Disziplinen und Kategorien ... eine tiefe und wohlberechtigte Scheu vor dem Rückfall in die Sünde der Spielerei und des Feuilletons.*

## 45. Zwei Kybernetik-Witze aus der DDR-Zeit

Was ist der Unterschied von Gammler und Kybernetiker? Ein Kybernetiker gammelt nicht so vor sich hin, sondern mit System

Gott ist ein spezielles kybernetisches System, mit der Besonderheit, dass zwischen dem Input: Spenden, Gebete usw. und dem Output: Glück, Gesundheit, langes Leben usw. keine Korrelation besteht

## 46. Geschichte

| | |
|---|---|
| #### v. Chr. ###### | |
| 230 | PHILON baut Öllampe mit Niveauregelung |
| 100 | HERON VON ALEXANDRIA automatisches Theater, Türöffner, Programmwalze |
| n. Chr. | |
| 270 | Schwimmventil zur Konstanthaltung der Durchflussmenge |
| 1000 | jüdische Sage von Golem als Synagogendiener der Prager Rabbi Löw |
| 13. Jh. | OCKHAM Vereinfachung durch „Modell“ |
| 1560 | A. RAMELLI entwickelt Nockensteuerung |
| 1633 | C. DREBBEL baut einen thermostatisch geregelten Ofen |
| 1738 | VAUCANSON: 2 Musikautomaten, programmierte Ente, Webstuhl (Nockensteuerung) |
| 18. Jh. | Musikautomaten, programmierte Ente usw. |
| 1784 | Fliehkraftregler von JAMES WATT (1736 – 1819), konstante Drehzahl bei wechselnder Last |
| 1805 | J. M. JACQUARD: Lochbandsteuerung für Webstühle |
| 1834 | ANDRÉ MARIE AMPÈRE (1775 – 1836) Kybernetik im „Essai sur la philosophie des sciences“ |
| 1867 | C. MAXWELL: Beginn der Regelungsindustrie |
| 1873 | SPENCER Drehautomat mit Magazinanlage, Steuerwelle, zylindrische |
| 1905 | M. TOLLE: Regelung von Kraftmaschinen |

1913 EDWIN HOWARD ARMSTRONG (1890 - 1954) entdeckt bei Triode Phänomen der Rückkopplung
1919 WILLIAM HENRY ECCLES (1903 - 1997) und F. W. Jordan erfinden bistabile Kippschaltung, Flipflop
1925 WAGNER beschreibt biologische Regelung
1930 W. R. HESS: Die Regelung des Blutkreislaufes
1933 FRISCH: Volkswirtschaftliche Regelkreise
1940 (1948) CL. SHANNONS Arbeit zur Kommunikation
- WIENER bemerkt im 2. Weltkrieg bei Arbeiten zur Flugabwehr, dass Rückkopplung fundamental für Automatierung ist, führte ihn zur Begründung der Kybernetik
- H. SCHMIDT: Denkschrift: Gründung eines Instituts f. Regelungstechnik

1943 NORBERT WIENER (1894 - 1964), ARTURO ROSENBLUETH und JULIAN BIGELOW: Konzept der Teleologie, Artikel: „Behavior, Purpose and Teleologie“ es ähnelt der causa finalis von ARISTOTELES Die Ursache liegt in der Zukunft, beim Ziel
1943 MCCULLOCH und WALTER PITTS entwickeln die Idee der Nervenaktivität
1944 R. OLDENBOURG, H. SARTORIUS: Dynamik selbsttätiger Regelungen
1946 bis 1953 in New York internationale Symposien zur Kybernetik
1948 N. WIENER: „Kybernetik, Steuerung und Informationsübertragung in Lebewesen“
1950 J. TINBERGEN, N. F. MOREHOUSE, H. MITTELSTAEDT: Regelkreise in der Wirtschaft
1959 H. ROHRACHER: Psychologische Regelprobleme
1960 A. E. KOBRINSKIJ: „Moskauer Hand“, Muskelströme steuern Prothese

# 47. Literatur


Ashby, Y.: Einführung in die Kybernetik. Suhrkamp Verlag, Frankfurt/M 1974

Benedikt, H.E.: Die Kabbala, Verlag H. Bauer Freiburg im Breisgau 1986

Dörner, D.: Die Logik des Mißlingens - Strategisches Denken in komplexen Situationen. rororo, Reinbek bei Hamburg, 1992

Dreyfus, H. L.: Was Computer nicht können. athenäum, Frankfurt/M 1989

Foerster, H. v.: Wissen und Gewissen. Suhrkamp, Frankfurt/M 1993

Frank, H.: Kybernetik - Brücke zwischen den Wissenschaften. Unschau-Verlag, Frankfurt a. M. 1966.

Haken, H. u. Haken-Krell, M.: Entstehung von biologischer Information u. Ordnung. Darmstadt 1995.

Hertz, H.: Die Prinzipien der Mechanik, im neuen Zusammenhang dargestellt. Leipzig 1894. Neu in Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 263. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig 1984.

Ifrah, H.: Universalgeschichte der Zahlen, Campus-Verlag, Frankfurt/New York 1986

Jürgens, H.: Peitgen, H.-O.; Saupe, D.: Fraktale - eine neue Sprache für komplexe Strukturen. Sonderheft Spektrum der Wissenschaft: „Chaos und Fraktale“ (1989) S. 106-118

Kämmerer. W.: Kybernetik. Akademie Verlag, Berlin 1977

Klix, F.: Information und Verhalten. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1983 (1971)

Lerner, A.: Grundzüge der Kybernetik. Verlag Technik, Berlin 1970

Mandelbrot, B. B.: Die fraktale Geometrie der Natur. Birkhäuser, Basel - Boston, 1987

Masani, P.R.: Norbert Wiener 1894 - 1964, Birkhäuser, Basel - Boston - Berlin 1990

Moles, A.: Über konstruktive und instrumentale Komplexität. Grundlagenstudium und Geisteswissenschaft 1(1960)1, 1

Röhrentrop, K.: Entwicklng der modernen Regelungstechnik. R. Oldenbourg, Müchen - Wien 1971. Eine gute geschichtliche Darstellung der *Regelungstechnik* von den frühen Anfängen bis zur Gegenwart Dort sind auch viele Schemazeichnungen alter regelungstechnischer Anordnungen enthalten.

Rucker, R.: Der Ozean der Wahrheit - über die logische Tiefe der Welt; Fischer-Logo; Frankfurt/M. 1990

Schmidt; H.: Regelungstechnik. Die technische Aufgabe und ihre wirtschaftliche, sozialpolitische und kulturpolitische Auswirkung. Z. Verein Deutscher Ingenieure, 85 (25.1.1941) Nr. 4; 81-88

Schneider, E.: Von der Null bis zur Unendlichkeit. Wegweiser - Verlag, Berlin 1939

Shannon, Cl. E.: Mathematische Grundlagen der Informationstheorie. R. Oldenbourg, München - Wien, 1976; Original: „A mathematical theory of communication. Bell Syst. Techn. J. 27 (1948)
**Ein/Aus,** Ausgewählte Schriften zur Kommunikations- und Nachrichtentheorie. Verlag Brinkmann + Bose, Berlin 2000.

Ursul, A. D.: Information. Dietz-Verlag, Berlin 1970

Völz, H.: Elektronik; Grundlagen - Prinzipien, Zusammenhänge. 5. Aufl. Akademie Verlag, Berlin, 1989.

Völz, H.: Grundlagen der Information. Akademie Verlag, Berlin, 1991. ISBN 3-05-500779-4

Völz, H.: Information verstehen - Facetten eines neuen Zugangs zur Welt. Vieweg & Sohn, Braunschweig - Wiesbaden, 1994. ISBN 3-528-05395-X

Wiener, N.: A scientist rebels, Atlantic Monthly 179 (1946) 46; Bill. Atomic Scientist 3(1947) 31

Wiener, N.: Kybernetik - Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine. Econ-Verlag, Düsseldorf - Wien - New York - Moskau, 1992. Originalausgabe: Cybernetics or control and communication in the animal and the machine. Hermann, Paris 1948

Fabrik um 1900

Zur Demonstration für Fliehkraftregler mit Transmissionswelle und Riemen von einer Dampfmaschine zu den einzelnen Maschinen