Prof. Dr. Horst Völz

Geschichte, Grundlagen und Anwendungen von Kybernetik – Teil 3

Dies ist die eigentliche Fortsetzung von Teil 1 unter berücksichtigt die weiteren Aspekte der Kybernetik.

Das Material beruht teilweise auf dem Buch

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

Umfangreiche weitere Literatur am Ende dieser Vorlesungsfolien.

Dieses Material wurde von meiner Homepage: horstvoelz.de heruntergeladen
Es ist für privaten Gebrauch frei nutzbar. Bei Publikationen, Vorträgen usw. ist die Angabe der Quelle notwendig.
Bei kommerzieller Nutzung ist eine Abstimmung mit mir erforderlich.
Die Bilder sind in höherer Qualität ca. 2000×3000 Pixel oder *.cdr Version X6 verfügbar.

Prof. Dr. Horst Völz, Koppenstr. 59, 10243 Berlin, Tel.: 030 288 617 08
Email: h.voelz (at) online.de

Gliederung

1. Weitere Aspekte der Kybernetik
2. Von black box bis Systembetrachtungen
3. Ursache-Wirkungs-Gefüge
4. Fortsetzung

Überblick

Im ***Teil 1*** wurden behandelt: Geschichte der Kybernetik sowie die Aspekte der Kybernetik, insbesondere ***Regelungs- und Steuerungstechnik*** sowie ***Rückkopplung***

Im ***Teil 2*** lag der Schwerpunkt ergänzend auf dem Verhältnis von ***Soft- und Hardware***.

Hier folgen nun die weiteren Aspekte folgendermaßen geordnet:

- **Black-Box-Methode:** Modelle, Struktur. **Systemtheorie:** Funktions-Strukturkonzept, analog - digital, Struktur, Hierarchie, Komplexität, Ordnung und Digitalisierung
- **Auslöse-Mechanismen:** Verstärkung (Potentiator), Erhaltungssätze, Schmetterlingseffekt. **Ursache-Wirkungs-Gefüge:** Determinismus usw., Evolution, Selbstorganisation, Autopoiesis, Emergenz, Synergie. **Optimierung**, Zielfreiheit, Zufall, Determinismus
- **Information:** Arten Entropien und Kanalkapazität in Nachrichtentechnik, Speicherung, Informatik, Fehlerhandlung, Kompression, Kryptografie und Automaten; **Speicher**
- **Künstliche Intelligenz, Künstliches Leben:** Mensch - Roboter, Kreativität, Lernen. Analog-Schlüsse. Vergleich von Mensch und Computer $\Rightarrow$ Künstliche Intelligenz, künstliches Leben, Spieltheorie.

Gliederung

1. Weitere Aspekte der Kybernetik
2. Von black box bis Systembetrachtungen
3. Ursache-Wirkungs-Gefüge
4. Fortsetzung

Black box und System-Betrachtungen

Mit der Kybernetik hat N. WIENER die black-box-Methode und umfassend den Systembegriff eingeführt. Hierzu gehörend werden im Folgenden u. a. behandelt:

Der Modell-Begriff, das Verhältnis von Funktion und Struktur sowie Komplexität, Ordnung und Hierarchie. Außerdem werden analog, kontinuierlich, diskret und digital sowie die Digitalisierung definiert.

Die Black-Box-Methode

reduziert ein System auf seine Eingangsgrößen (***inputs***) und die hervorgerufenen Ausgangsgrößen (***outputs***).
So wird (gewaltsam) eine sehr einfache Beschreibung komplexer Systeme erreicht.
Dabei interessiert nicht, wie das System in seinem Innern aufgebaut ist.
An die Stelle seiner Strukturbeschreibung tritt die funktionelle Beschreibung.
Es bleibt offen, ob es notwendig oder sinnvoll ist, die Struktur zusätzlich zu erkennen.
Wenn dies nachträglich geschieht, wird so schrittweise zur gray- oder white-box übergegangen.

Die black box ist eine radikale Anwendung vom OCKHAM'schen Rasiermesser.
(WILHELM VON OCKHAM, ca. 1284 – 1350).

Es reduziert den komplizierten Sachverhalt durch „Abschneiden" von allem nicht unbedingt Notwendigen.
Das wird so lange fortgesetzt, bis nur noch ein einfacher Zusammenhang übrig bleibt.
So lassen sich meist einfache, übersichtliche und für jeden einsichtige Modelle und Gesetze erreichen.
Nach OCKHAM geht diese Hoffnung auf Einfachheit auf den Glauben an die dem Menschen innewohnende Vernunft zurück.

Bemerkungen

Es ist wohl nie von WIENER untersucht worden, ob der Vorgang zur white box jemals zur vollständigen Erkennung des Systems führen kann.
Die black box hat eine gewisse Ähnlichkeit zur Informationstheorie von Shannon.
Dort interessiert nur die Statistik der Informationsströme.

Einführung vom System

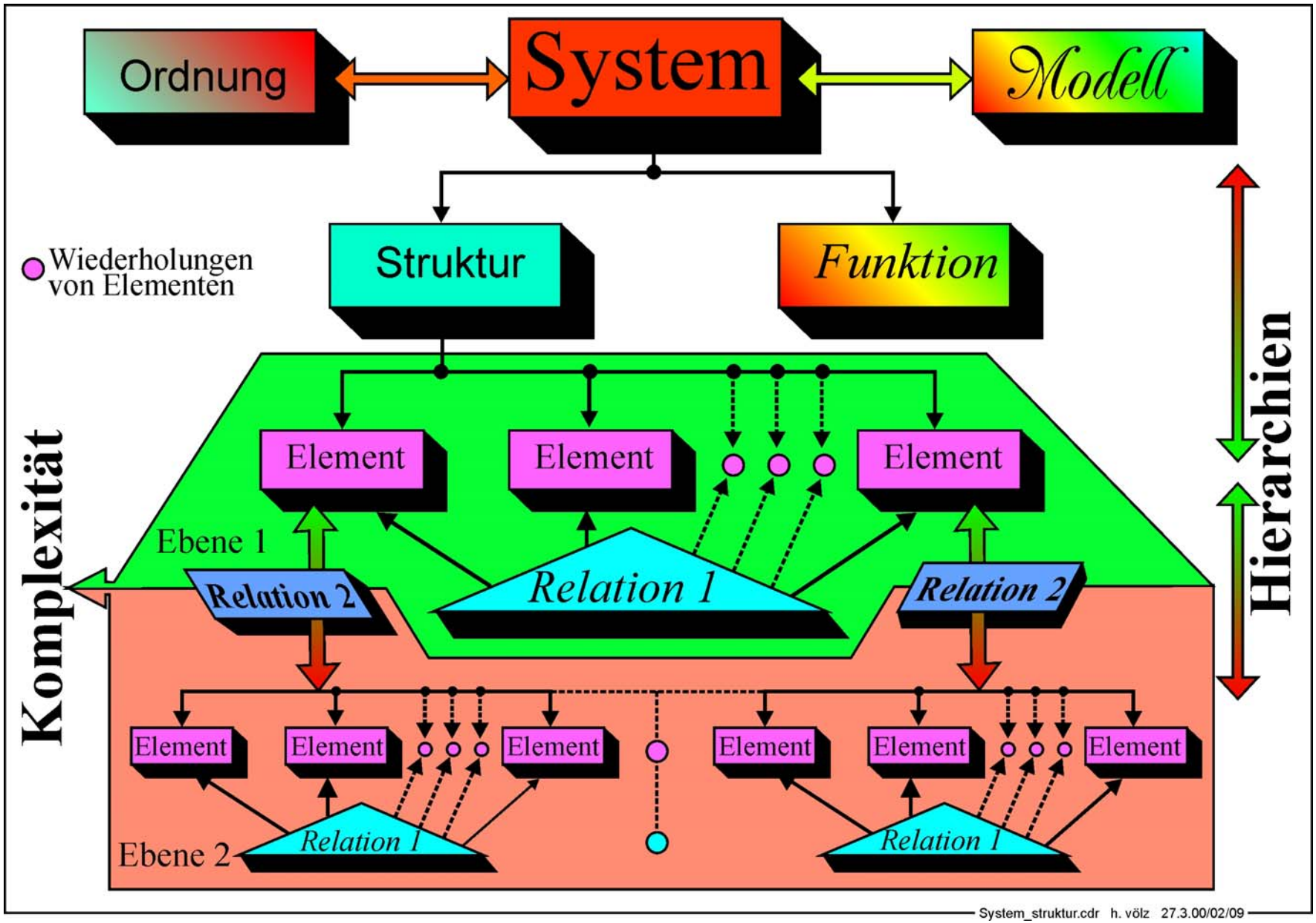
Griechisch ***systema,*** *lateinisch* systema: aus Einzelteilen zusammengefügtes und gegliedertes Ganzes,
Vereinigung, Gruppe, die in einem Staat zusammen Lebenden, Staatsgebäude, Staatsverfassung,
zusammengesetztes Lehrgebäude.
synistemi zusammensetzen, -stellen
Deutsch erstmalig 16. Jh. Kam mit der Zeit immer mehr in den allgemeinen Gebrauch.
Es gibt u. a. natürliche, biologische, soziale, gedankliche, mathematische und technische Systeme

System ist ein ***Ganzes***, das Teile enthält, die ***Elemente*** heißen.
Sie sind über ***Relationen*** (Einwirkungen) zum System und untereinander verbunden.
Die möglichen, zugelassenen Relationen sind entscheidend für die ***Struktur*** des Systems.
Die Elemente können aus (Unter-) Elementen (***Teilsystemen***) bestehen, dadurch wird eine ***Hierarchie*** erzeugt.
Dazu gehört auch eine ***Wechselwirkungsvielfalt***. Sie ist innerhalb der Ebenen meist stärker.
Bezüglich der Elemente kann eine gewisse ***Ordnung*** (Systematik) existieren oder hergestellt werden.

Das ***Verhalten*** eines Systems wird durch seine ***Funktion*** erfasst (wird später genauer erfasst).

Die Zusammenfassung von Elementen, Relationen usw. bestimmt die ***Komplexität*** (s. u.) des Systems
Das Ganze (System) ist oft ***mehr als die Summe seiner Teile***.
Es ermöglicht ***neue Qualitäten***, z. B. Emergenz, Synergie usw.

Systeme werden vielfach als ***Modelle*** u. a. zur Beschreibung der Natur usw. benutzt.


Ordnung
System
Modell
Struktur
Funktion
Wiederholungen von Elementen
Element
Element
Element
Ebene 1
Relation 2
Relation 1
Relation 2
Komplexität
Hierarchien
Element
Element
Element
Element
Element
Element
Ebene 2
Relation 1
Relation 1
System_struktur.cdr h. völz 27.3.00/02/09

System-Geschichte

v. Chr.

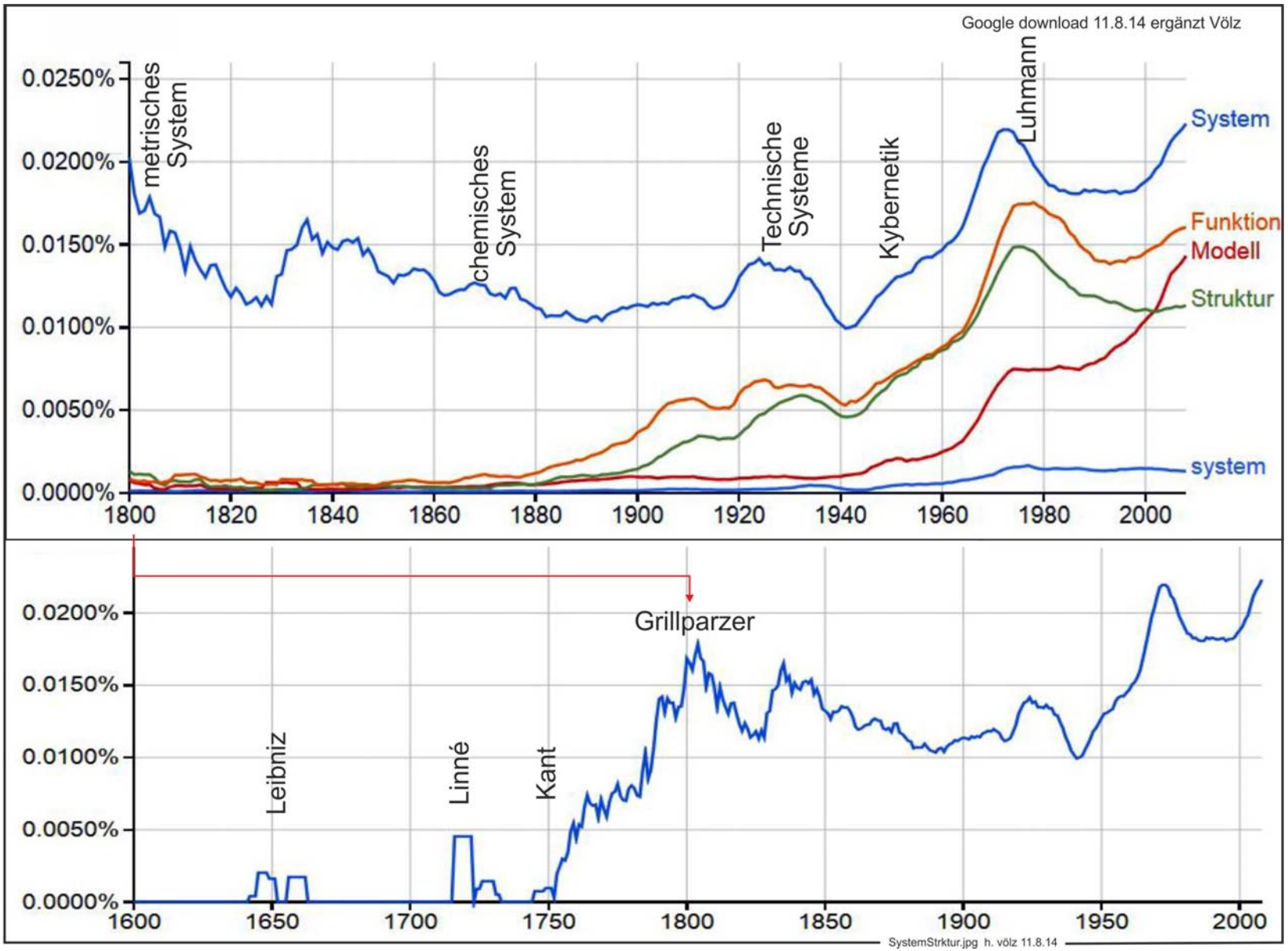
7000	I-Gong
500	Konfuzius eigentlich Kong Qiu (551 - 479 v. Chr.) überliefert u.a. ***I-Gong***
400	Aristoteles stellt ein System zur ***Einordnung der Tiere*** auf.

n. Chr.

13. Jh.	mittelhochdeutsch: ***structure***: Bauen, Bauart, Bau, Bauwerk, Zusammenfügung, Ordnung
14. Jh.	***astronomisches, kosmologisches System***
16. Jh.	Systematik als methodisch dargelegte Lehre, erstmalig deutsch, zunächst nur ***Sonnensystem***
17. Jh.	Inbegriff von ***Wahrheiten, Doktrinen***, u.a. GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ (1646 – 1716)
17. Jh.	Struktur in ***Anatomie*** übernommen, Morphologie
18. Jh.	Kreislauf-, Gefäß- und Nerven-System; Regierungs-, Verwaltungs-System
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, philosophische System
1790	CHARLES MAURICE DE TALLEYRAND (1754 – 1838) schlägt ***metrisches System*** vor, 1791 gesetzlich
19. Jh.	G. F. HEGEL (1770 – 1831), AUGUSTE COMTE (1798 – 1857) Systematisieren, ***gedankliche Systeme***
1834	A. M. Ampére (1775 - 1836): Essai sur la philosophie des ***sciences***.
1869	DMITRIJ MENDELEJEW (1834 – 1907) ***Periodensystem*** der chemischen Elemente
1876	M. DEWEY: ***Decimal classifikation*** and relativ index (DK).

Fortsetzung Geschichte

1901 ***Library*** of Congress Classification.
1905 P. OTLET; H. LAFONTAINE: Universal decimal classification.
1914 AXEL THUE; 1863 – 1922) ***Semi-Thue-System***, formale Sprachen (Mathematik)
1925 KARL KÜPFMÜLLER (1897 – 1977) beginnt Arbeiten zur Systemtheorie der ***Nachrichtentechnik***
1926 ALFRED JAMES LOTKA (1880 – 1949), VITO VOLTERRA (1860 – 1940) Offene Systeme
1926 JAN CHRISTIAAN SMUTS (1870 – 1950) „Holism and Evolution“ Systemtheorie der ***Evolution***
1926 **P. OPPENHEIM**: Die natürliche Ordnung der Wissenschaften.
1929 WOLFGANG KÖHLER (1887-1967) ***Gestaltpsychologie***
1935 H. E. BLISS: A bibliographic classification.
1938 L. N. TROPOVSKIJ: Tablicy bibliotenoi klasifikacii.
1947 **LUDWIG V. BERTALANFFY** (1901 – 1972) weitgehend allgemeine Systemtheorie
1948 **NORBERT WIENER** (1894 – 1964) Kybernetik mit System-Klassen
1950 Beginn ***digitaler Systeme***
1967 ILYA PRIGOGINE: dissipative Systeme, ***Selbstorganisation***
1970 WASSILY W. LEONTIEFF (1906 – 1999) ***Wirtschaft*** als System
1974 LYNN MARGULIS (*1938), James Lovelock (*1919): weltumspannendes ***Gaya-System***
1975 GREGORY BATESON (1904 – 1980): Selbstorganisation → ***Geist des Systems***
1977 NIKLAS LUHMANN (1927 - 1998) Buch: ***Soziale Systeme***


Google download 11.8.14 ergänzt Völz
0.0250%
0.0200%
0.0150%
0.0100%
0.0050%
0.0000%
1800
1820
1840
1860
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
metrisches System
chemisches System
Technische Systeme
Kybernetik
Luhmann
System
Funktion
Modell
Struktur
system
0.0200%
0.0150%
0.0100%
0.0050%
0.0000%
1600
1650
1700
1750
1800
1850
1900
1950
2000
Grillparzer
Leibniz
Linné
Kant
SystemStrktur.jpg h. völz 11.8.14

System-Begriff wird überdehnt

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.

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, bei dem zwischen dem ***Input*** (Spenden, Gebete, ...) und dem ***Output*** (Glück, Gesundheit, langes Leben, ...) ***keine*** Korrelation besteht.

Von analog bis digital

Systeme und Signale können bzgl. ihrer „Feinheit“ unterschiedliche Eigenschaften besitzen.
Bei den Systemen können dabei die Struktur (Elemente und Verknüpfung) betroffen sein.
Bei den Signalen kann Unterschiedliches für die In- und Output auftreten.
In jeden Fall ist es üblich, dabei analog und digital zu unterscheiden. Doch das ist vielfach nicht korrekt.
Stattdessen müssen mehrere „ähnliche“ Begriffe genauer erklärt, definiert werden.
Die wichtigsten sind dabei:

analog, digital, diskret, kontinuierlich, quantisiert und stetig,

Für ein System können dabei Ein- und Ausgang unterschiedliche Signale annehmen.
Für den Gegensatz von kontinuierlich und digital (s. u.) zeigt die Tabelle einige Beispiele auf.

Ein- \ Ausgang	**kontinuierlich**	**digital**
kontinuierlich	Mikrofon, Lautsprecher, Elektrotechnik	Sampling, Analog-Digitalwandler
digital	Rückgewinnung, Digital-Analog-Wandler	Digitalrechner

Analog, Analogie

griechisch ***logos*** Vernunft + *lateinische* ***ana*** auf, wieder, aufwärts, nach oben
lateinisch ***analogia*** mit der Vernunft übereinstimmend, Gleichmäßigkeit
Substantiv ***Analogie*** ≈ Entsprechung, Ähnlichkeit, Gleichwertigkeit, Übereinstimmung. Anwendungen u. a.
Für den **Gegensatz** zu ***analog*** existiert kein Begriff: nur ***nicht-analog!***

- ***Technik*** (nur bedingt für Signale): Systeme mit gleichem Verhalten, Funktion, z. B. Analogrechner, elektromechanische, akustische oder wärmeelektrische Analogien; z. B. Analoguhr = drehende Zeiger
- ***Biologie***/***Medizin***: analoge Organe bzgl. Morphologie/Struktur, z. B. Auge Wirbeltier, Tintenfisch, Insekt
- ***Rechtsprechung***: juristisch ungeregelter Tatbestand, auf wesensgleiches bezogen; Deutschland unzulässig
- ***Literatur*** ≈ Fabeln, Parabeln, Märchen, Gleichnis
- ***Psychologie***: Denken, MAXWELL (Wasserströmung ⇔ elektrische Felder), KEKULE (Affen ⇔ Benzol)
- ***Kybernetik*** begründet sich auf Analogien u. a. Mensch ⇔ Maschine. Achtung! harte KI mit Fehlschlüssen
- ***Bionik***: Umsetzung des Körperbaus v. Delphinen zur Optimierung von Schiffsrümpfen, Lotos-Effekt usw.
- ***Platon***: menschliche Seele dreigeteilt (Vernunft, Wille, Begierden).
  Gerechter Mensch kontrolliert Begierden durch Vernunft, mit Unterstützung des Willens
  Analogie Dreiständeaufbau des Staates; erleuchteter Philosoph ⇔ Diktator regiert mittels der Krieger

Achtung: Technisch korrekt ist die Bezeichnung ***Analog-Rechner***.
Er simuliert wirklich analog den Ablauf andere Prozesse!

kontinuierlich

lateinisch ***continens, continuus***: zusammenhängend, angrenzend an, unmittelbar folgend, ununterbrochen, jemand zunächst stehend; ***contingere***: berühren, kosten, streuen, jemandem nahe sein, beeinflussen

Mathematik: Kontinuum der reellen Zahlen zwischen zwei Zahlen gibt es immer eine weitere

Physik: Kontinuumsmechanik berücksichtigt nicht die Mikrostruktur der Materie.

Signale: Möglichkeit beliebiger Zwischenwerten, bezüglich *Zeit und Amplitude* (Energie)

In ***Umgangssprache***: nicht vorhanden

Verwandt mit stetig

Deutsch: von stehen verwandt mit stet, stets. das Gegenteil von unstet.

Mathematik: spezieller als Grenzwert lim $f(x)$ für $x \rightarrow 0$

Umgangssprache: beharrlich, ununterbrochen, ständig

diskret

lateinisch ***discretion*** Unterscheidungsvermögen, Urteil und Entscheid
discretus: abgesondert, getrennt, ***discernere***: scheiden, trennen, unterscheiden, beurteilen, entscheiden

Physik Größen, die sich nur in endlichen Schrittweiten ändern.

Mathematik: etwas zerfällt oder gliedert sich in einzelne Punkte oder Elemente

Wert, Signal: nur endlich viele, meist genau definierte Werte

Umgangssprache (seit 16. Jh.): taktvoll, rücksichtsvoll, zurückhaltend, unauffällig, unaufdringlich, vertrauensvoll, geheim, verschwiegen

Verwandt mit Quant, quantisieren

lateinisch ***quantitas*** Größe, Anzahl bzw. ***quantum*** wie viel, so viel wie, inwieweit, irgendwie. Also Menge

Physik *Quant* (kleinstmögliche Energiestufung) durch Max Planck eingeführt

Philosophie: Zusammenhang von Quantität (≈ Menge) ⇔ ***Qualität*** (≈ Güte)

Wert, Signal: Erzeugen diskreter Amplituden und Zeitpunkte (Takte)

digital

*lateinisch **digitus*** Finger

Inhaltlich: zählen, ziffernmäßig, in Zahleneinheiten angeben

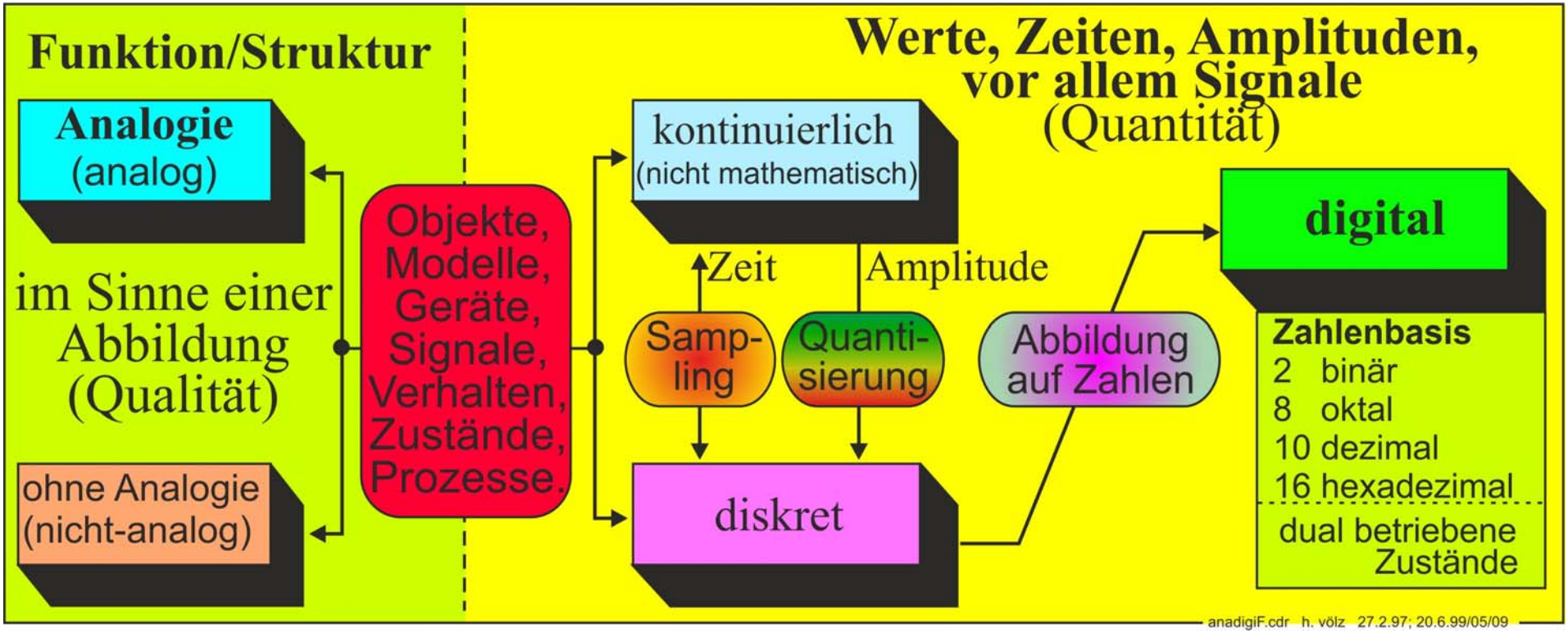
Biologie: digitalis Pflanze Fingerhut

Englisch: alte Maßeinheit Fingerbreite =18,5 mm

Wert, Signal: Zahlenbasis erforderlich: *binär* 2, *oktal* 8, *dezimal* 10, *hexadezimal* 16.

Zustände dürfen etwas abweichen, viele Codierungen, z. B. dual bei zwei physikalische Zuständen

BCD =binär codierte Dezimalzahl



Hieraus wir deutlich: analog und digital sind nicht richtigen Gegensätze.
Das gilt dagegen streng für kontinuierlich und diskret.
Erst bei einer Abbildung auf ein binäres Zahlensystem folgt aus diskret dann digital.
Dass es von diskreten Signalen keinen fehlerfreien Rückweg zu kontinuierlichen gibt, wird später behandelt.
Dabei muss auf die Kontinuierliche Digitaltechnik eingegangen werden.

kontinuierlich ⇔ diskret, digital

kontinuierlich	diskret - digital
Stärken, Vorteile	
• beliebig kleine (Verstärkung) und große Signale möglich • menschliche Sinne, technische Sensoren und Aktoren arbeiten so • Bei Übersteuerung setzen Verzerrungen weich ein	• Signale sind fehlerfrei zu regenerieren • verlustfreies Übertragen und Kopieren, Vervielfältigen • Verschachteln mehrerer, auch unterschiedlicher Signale • Fehlererkennung und -korrektur • Verlustfreie Komprimierung • Datenschutz (Verschlüsselung)
Schwächen, Nachteile	
Bei jeder Übertragung, Speicherung, Vervielfältigung, (Komprimierung) kommen Störungen, zumindest Rauschen hinzu	• Signale, Werte müssen eng begrenzte Pegel besitzen • müssen insbesondere hinreichend groß sein • Störendes Sampling-Rauschen • Der Takt darf bei Signalen nicht verloren gehen

Beschreibungen von Welt

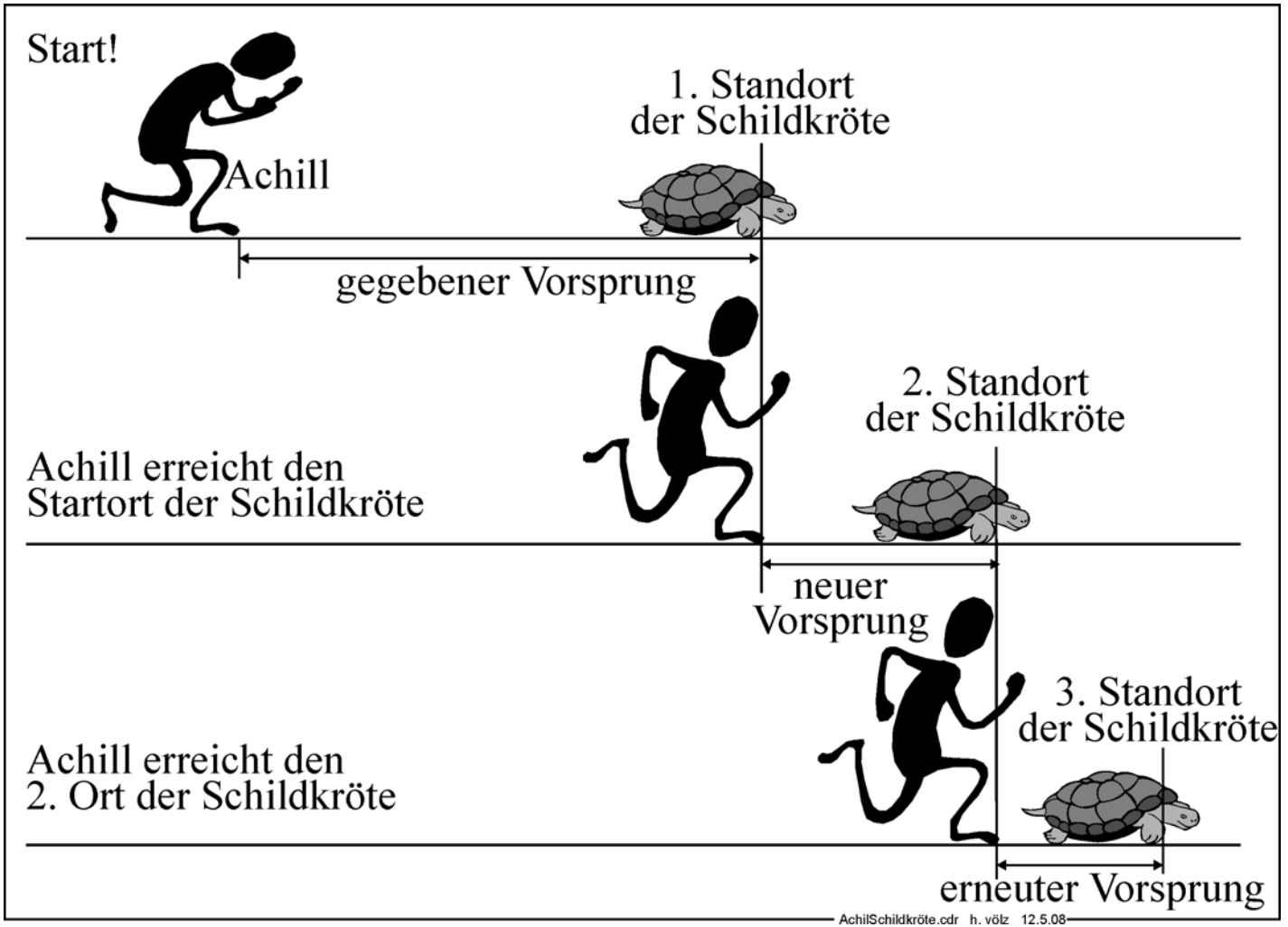
Es ist üblich die Begriffe kontinuierlich (analog) und diskret auch bei Beschreibungen der Welt zu benutzen. Dabei können weitere Begriffe und Gebiete einbezogen werden.

Typ, Art usw.	**kontinuierlich**	**diskret**
Griechen	ARISTOTELES	DEMOKRIT
Mathematik	Funktionen (unendlich)	Numerik (endlich)
Antinomien, Paradoxien	HILBERT-Hotel, grot = grün-rot Alle Raben sind schwarz	XENON (Pfeil, Wettlauf) Kretaer Lügner, GÖDEL- Unentscheidbarkeit
Methoden	Limes, Differential	Zählen, Messen
Beschreibung	Differentialgleichungen	Algorithmen, Numerik
Geräte	Analogrechner	Digital-Computer
Entsprechung	Welle	Korpuskel, Quant
Übergang	BOHR'sches Korrespondenz-Prinzip, HEISENBERG-Unbestimmheit	

Problem kontinuierlich ⇔ diskret

Tritt erstmals bei Griechen durch die Paradoxien von ZENON aus Elea (335 – 264 v. Chr.) auf; z. B. Wettlauf von Achilles mit der Schildkröte.

Wurde von ARISTOTELES aus Stagira (384 – 322 v. Chr.) durch Einführung des Kontinuums gelöst.



Kontinuierliche ⇔ diskrete Systeme

typisch ***diskrete*** (digitale) Systeme sind die ***Automaten und Rechner***, s. Teil 1/2 dieser Vorlesung.
Deshalb folgen hier ***nur*** Systeme mit ***kontinuierlichem Ein- und Ausgang***.
Auf die ***Wandlung*** zwischen kontinuierlich und diskret (digital) wird später eingegangen (Digitalisierung).

Die ***mathematische Behandlung*** von Systemen ist in der ***Elektronik*** am weitesten entwickelt.
Dabei ist auch der „tiefste“ Übergang zur white box gelungen.
Das (passive) System besteht dann aus einer (komplexen) ***Zusammenschaltung von R, C und L***.
So etwas ist leicht mit ***Analog-Rechner*** zu simulieren und betrifft die ***Funktion***, das ***Verhalten*** des Systems.
Kybernetisch betrachtet lassen sich die Beschreibungen fast aller anderen Systeme ***hierauf zurückführen***.

Die ***In- und Output*** können z. B. durch $y = f(t)$ – oder äquivalent $y = f(x)$ – beschrieben werden.
Vielfach kann – wie hier behandelt – von eventuellen „Störungen“ abgesehen werden.
Dann gilt die recht allgemeine ***Differentialgleichung***:

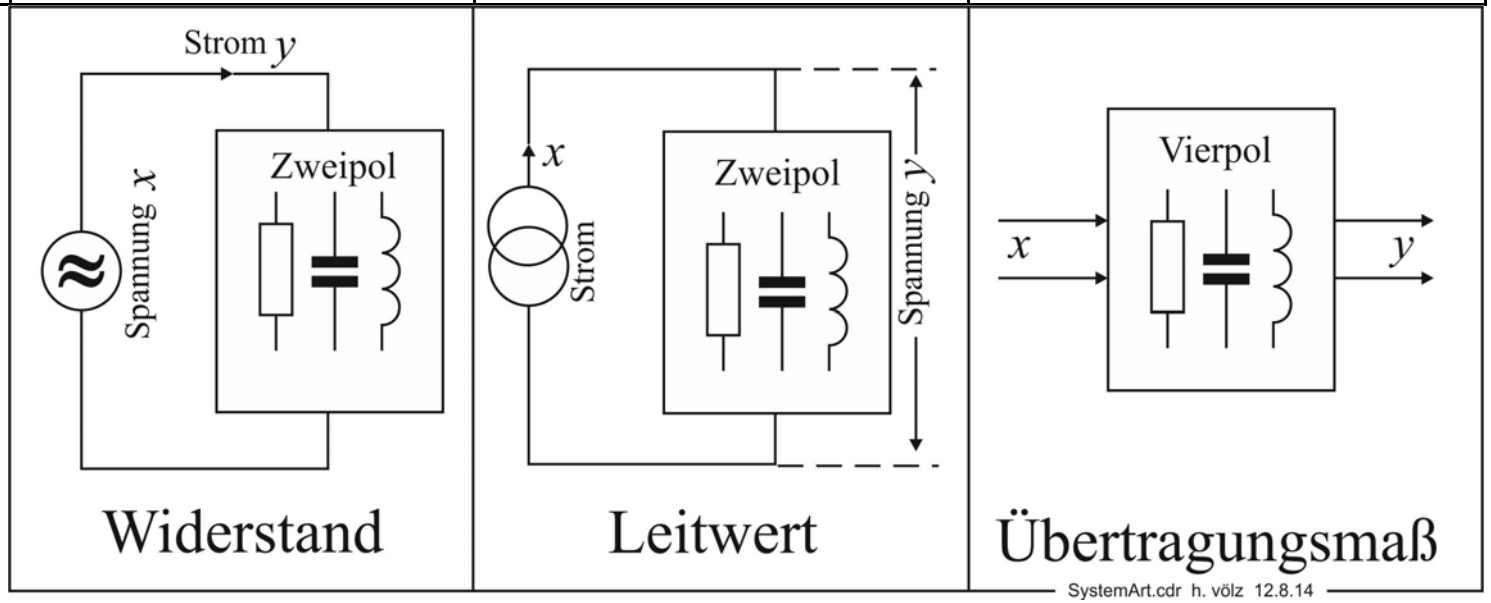
Fehler! Es ist nicht möglich, durch die Bearbeitung von Feldfunktionen Objekte zu erstellen.

Die ***Koeffizienten*** folgen aus den (Struktur-) Eigenschaften des Systems.
Für ***zeitinvariante*** Systeme sind alle Koeffizienten reell und konstant.
Die ***höchsten Ordnungen*** m und n hängen mit der ***Komplexität*** des Systems zusammen.
Für ***lineare*** und ***stabile*** Systemen muss zusätzlich immer $m \leq n$ gelten.

Varianten des Systems

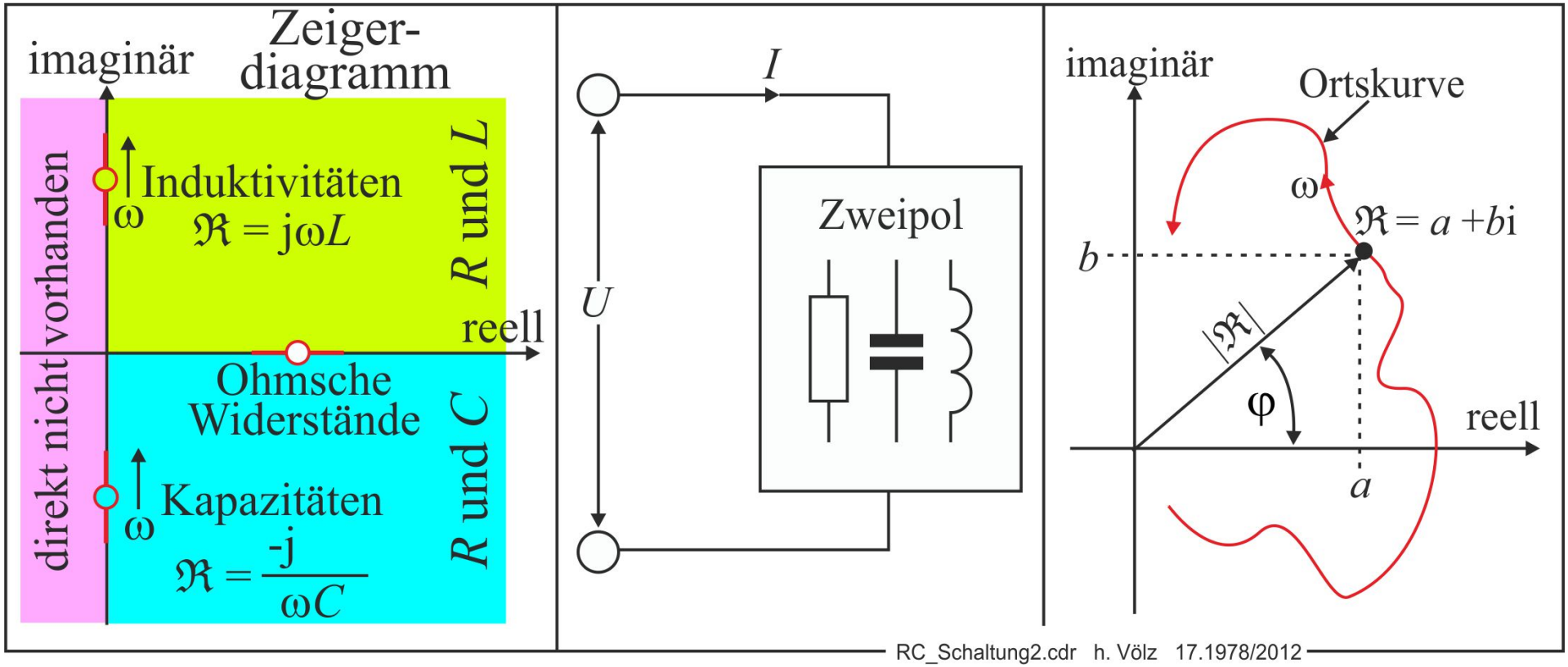
Für den Aufbau bzw. Betrieb sind ***Zwei- oder Vierpole*** als drei Möglichkeiten vorhanden.
In Analogie gelten sie für fast ***alle möglichen Systeme***. Es sind nur „Umrechnungen“ erforderlich.

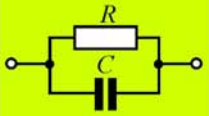
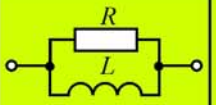
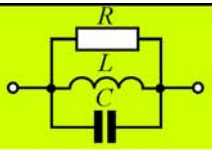
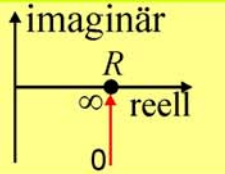
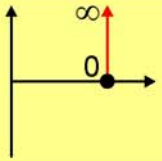
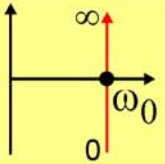
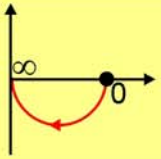
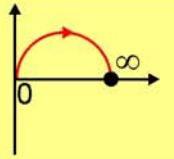
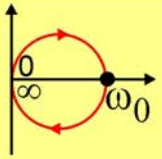
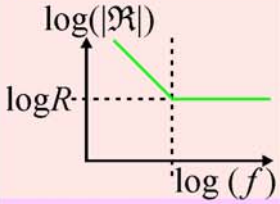
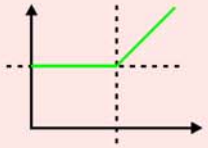
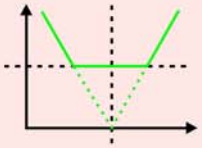
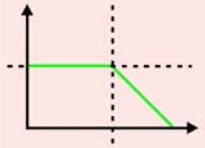
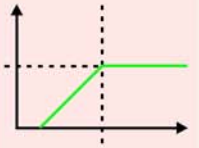
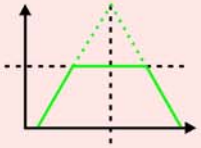
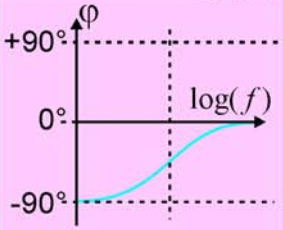
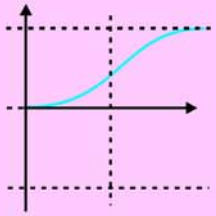
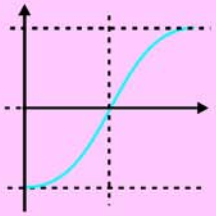
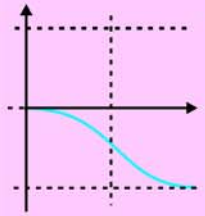
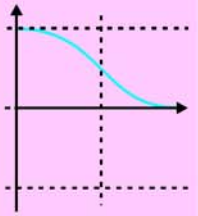
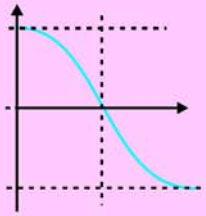
	Zweipole		**Vierpole**
	Widerstand	Leitwert	Übertragungsmaß
Eingang $x = x_e(t)$	Spannung	Strom	Strom oder Spannung
Ausgang $y = x_a(t)$	Strom	Spannung	Strom oder Spannung



Frequenzgang

Der Frequenzgang ω von Schaltungen ist typischer Weise komplex, bestehend aus Amplitude $|R|$ und Phase φ. Die entsprechende Darstellung erfolgt dann in der GAUß-Ebene mit $a+b\cdot i$ ($i = \sqrt{-1}$).

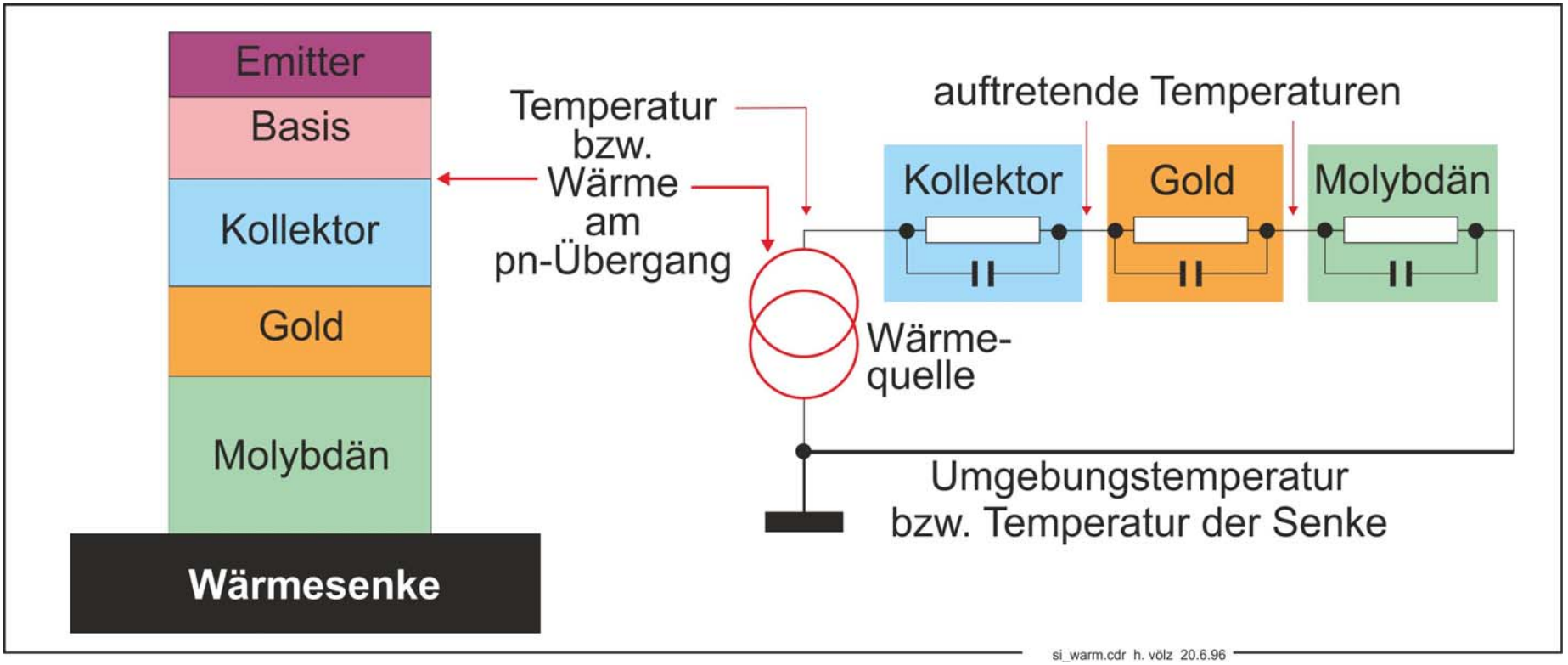


Schaltung						
Ortskurve						
Knick-Kennlinie						
Phasen-winkel						
ℜ	$R+\frac{1}{1+j\omega C}$	$R+j\omega L$	$R+j\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)$	$\frac{R}{1+j\omega RC}$	$\frac{j\omega LR}{R+j\omega L}$	$\frac{1}{\frac{1}{R}+j\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)}$
|ℜ|	$\sqrt{R^2+\frac{1}{\omega^2C^2}}$	$\sqrt{R^2+\omega^2L^2}$	$\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}$	$\frac{R}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}}$	$\frac{\omega LR}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}$	$\frac{1}{\frac{1}{R^2}+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}$
tan φ	$\frac{1}{\omega RC}$	$\frac{\omega L}{R}$	$\frac{\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)}{R}$	$-\omega RC$	$-\frac{R}{\omega L}$	$\frac{R}{\left(\frac{1}{\omega C}-\omega L\right)}$

RC_Schaltung5.cdr h. Völz 17.1978/2012

Anwendung auf Wärmeleitung

Ein Transistor erhitzt sich im Betrieb.
Die Wärme entsteht durch den Strom überwiegend an der Grenzfläche Basis-Kollektor.
Sie muss über Kollektor, Gold-Kontakt und Molybdän (als Wärmewiderstände) abgeleitet werden.
Die Zusammenhänge können mit dem rechts stehenden Ersatz-Schaltbild bestimmt, berechnet werden.
Die Kondensatoren betreffen die Wärmespeicherung (Wärmekapazität). [1]



Transportwerk Magnetbandgerät

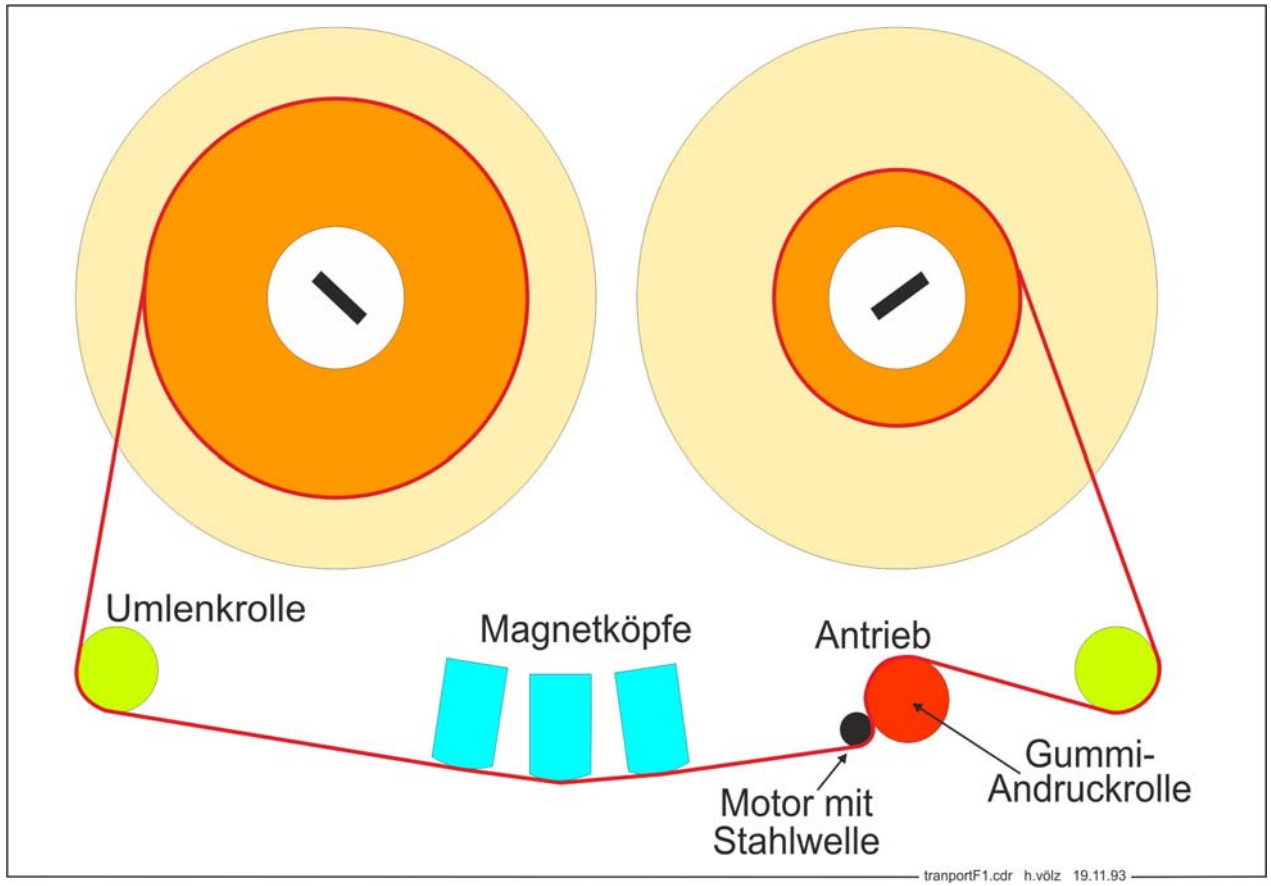
Es sollen die Störungen durch „Herstellungs-Mängel“ auf die Konstanz der Bandgeschwindigkeit untersucht werden.

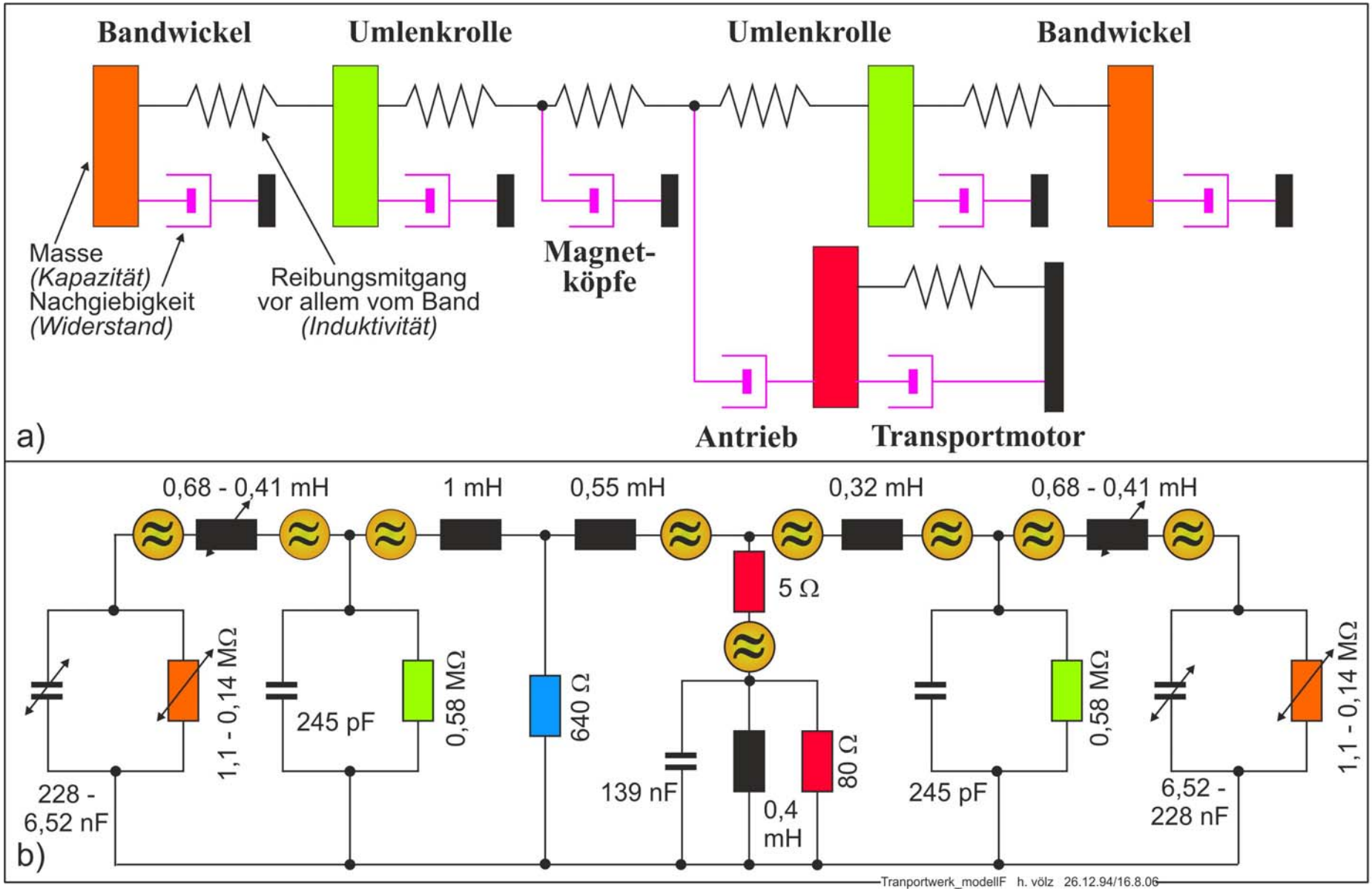
Der Aufbau besteht aus:

- Ab- und Aufwicklung vom Band
- Umlenkrollen,
- Magnetköpfe
- Antrieb aus Capstan und Andruckrolle

Sie alle können Störungen durch Unrundheit und Reibung hervorrufen.

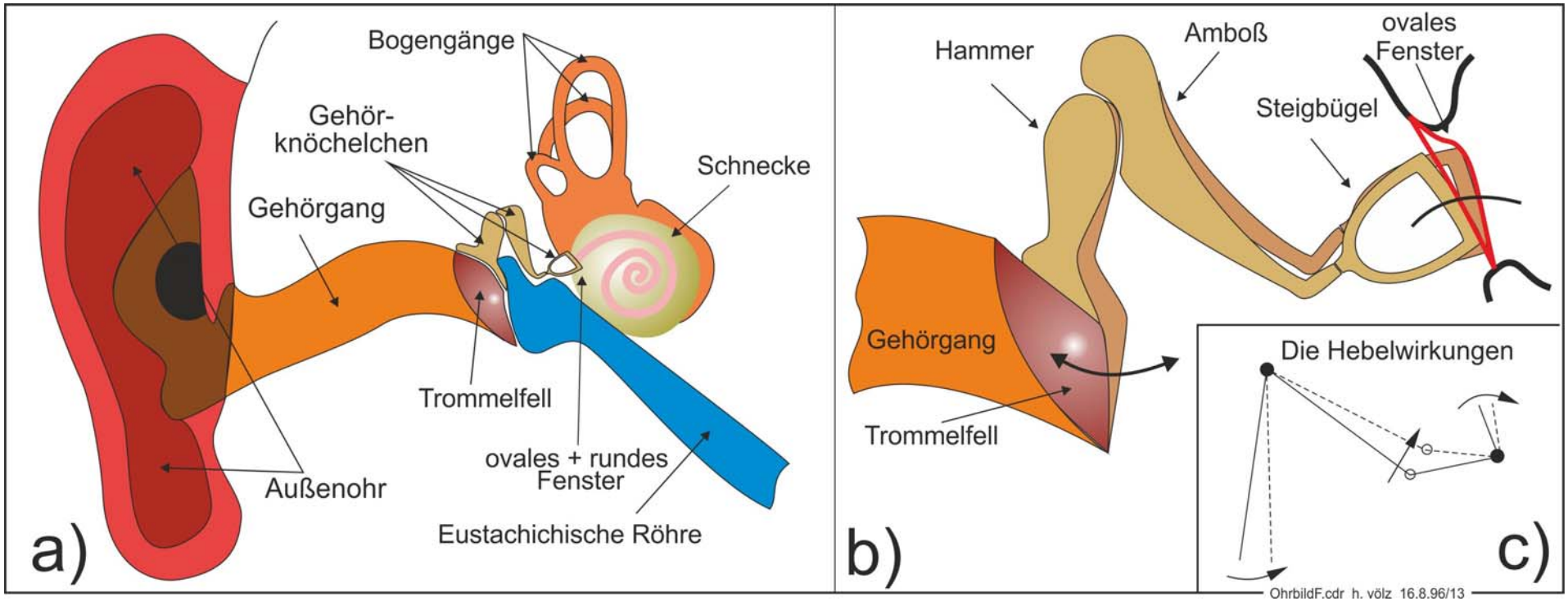
Die Systemanalyse erfolgt über die mechanischen Größen zu der elektrischen Ersatzschaltung. [1]

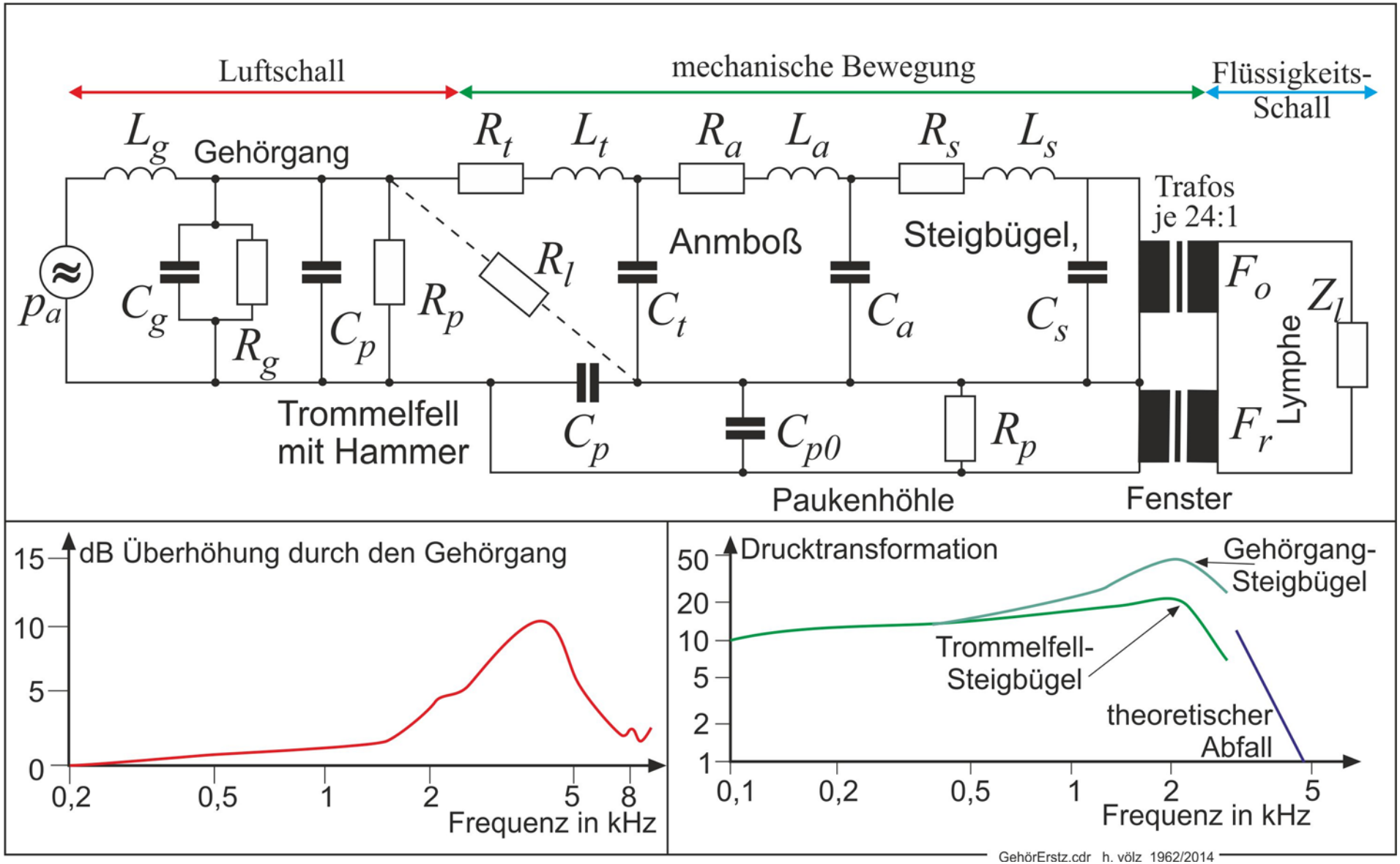



Bandwickel
Umlenkrolle
Umlenkrolle
Bandwickel
Masse
(Kapazität)
Nachgiebigkeit
(Widerstand)
Reibungsmitgang
vor allem vom Band
(Induktivität)
Magnet-
köpfe
Antrieb
Transportmotor
a)
0,68 - 0,41 mH
1 mH
0,55 mH
0,32 mH
0,68 - 0,41 mH
5 Ω
1,1 - 0,14 MΩ
245 pF
0,58 MΩ
640 Ω
139 nF
0,4
mH
80 Ω
245 pF
0,58 MΩ
6,52 -
228 nF
1,1 - 0,14 MΩ
228 -
6,52 nF
b)
Tranportwerk_modellF h. völz 26.12.94/16.8.06

Menschliches Gehör

Es besteht hauptsächlich aus Gehörgang, Trommelfell, Gehörknöchelchen und Schnecke mit Lymphe.
Es sind also Luftschall, mechanische Bewegung und Schallausbreitung in der Lymphe zu unterscheiden.
Die Systembetrachtung ist hier komplex und wurde von [2] übernommen.
Akustische Modelle behandelt allgemein WALTER REICHARDT (1903 – 1985) in [3].




Luftschall
mechanische Bewegung
Flüssigkeits-
Schall
L_g
Gehörgang
R_t
L_t
R_a
L_a
R_s
L_s
Trafos
je 24:1
p_a
C_g
R_g
C_p
R_p
R_l
Anmboß
C_t
C_a
Steigbügel,
C_s
F_o
Z_l
Lymphe
F_r
Trommelfell
mit Hammer
C_p
C_{p0}
R_p
Paukenhöhle
Fenster
15
10
5
0
dB Überhöhung durch den Gehörgang
0,2
0,5
1
2
5
8
Frequenz in kHz
50
20
10
5
2
1
Drucktransformation
Gehörgang-
Steigbügel
Trommelfell-
Steigbügel
theoretischer
Abfall
0,1
0,2
0,5
1
2
5
Frequenz in kHz
GehörErstz.cdr h. völz 1962/2014

System-Darstellungen

Physikalisch-technisch

- **Aufbau** aus Struktur und/oder Verhalten des technischen Gebildes
- **(Ersatz-) Schaltbild** aus passiven *R*, *C*, *L* und Gegeninduktivitäten sowie aktiven Elementen
- **Analogie-Modell** für nichtelektrische Anordnungen

Mathematisch

- **Formelausdruck** für Widerstand, Leitwert, Übertragungsmaß als komplexe Funktion $R(\omega)$
- **Polynom** gemäß den Nullstellen und Polen F (p_{0i}, $p_{\infty j}$)
- **Differentialgleichung** und deren Lösung z. B. mittels LAPLACE-Transformation
- **Zustandsgleichung** in einem wählbaren Zustandsraum
- **Stabilitätsbedingungen** unter den jeweils gegebenen Betriebbedingungen, einschließlich Rückkopplungen.

Graphisch

- **Frequenzgangdarstellung** bezüglich Betrag $|R(\omega)|$ und Phase $\varphi(\omega)$
- **Bodediagramm** mit Knickkennlien zur Vereinfachung des Frequenzganges
- **Einschwingverhalten** $f(t)$ nach einem Delta- oder Rampenimpuls
- **Ortskurve** Darstellung als Funktion der Frequenz in der komplexen GAUß-Ebene
- **Smith-Diagramm** bildet rechte GAUß-Halbebene in Einheitskreis ab, daher auch Werte $\pm \infty$ und $+j\,\infty$
- **PN-Plan** = Pole und Nullstellen in der δ - $j \cdot \omega$-Ebene
- **Zustandsdiagramm** gemäß Zustandsgleichung

Eigenschaften von Systemen

Infolge der Allgemeinheit des System-Begriffs sind sehr viele Eigenschaften möglich.
Die folgende alphabetische Aufzählung enthält nur die wichtigsten

- **abgeschlossen**: Es sind keine äußeren Wirkungen möglich (abgeschirmt), ist nur theoretisch möglich
- **adaptiv**: Es erfolgt eine (günstige) Anpassung an Einwirkungen
- **aktiv**: Wirkt von sich aus nach Außen
- **autonom**: Es ist weitgehend unabhängig von äußeren Einflüssen
- **deterministisch**: Es bestehen nur Ursache-Wirkungs-Relationen
- **digital**: Es gibt nur binäre Zustände
- **diskret**: Das Verhalten lässt nur endlich viele, einzelne Werte zu
- **dissipativ**: Es besitzt nichtlineares Verhalten, ist weitab vom Gleichgewicht
- **dynamisch**: Es folgt zeitlichen Einwirkungen
- **evoluierend**: Zeigt eine zeitliche Entwicklung, meist zu höherer Komplexität
- **flach**: Es gibt keine Unterelemente (Hierarchieebenen), höchstens eine Unterebene
- **hierarchisch**: Es gibt mehrere untergeordnete Elementebenen
- **hysteretisch**: Es besitzt ein Gedächtnis und ist dadurch nichtlinear
- **kausal**: Es werden (z. T. unberechtigt) Ursache-Wirkungs-Relationen angenommen
- **kontinuierlich**: Das Verhalten ist optimal durch kontinuierliche Größen zu beschreiben
- **linear**: Die Auswirkungen hängen linear von den Einwirkungen ab, Teilursachen addieren sich

Fortsetzung Eigenschaften von Systemen

- **metastabil**: Es gibt häufig mehrere etwa gleichwertige Zustände, die sich abwechseln können
- **multistabil**: Für die Struktur oder Funktion existieren mehrere diskrete Varianten, zwischen denen es wechseln kann
- **offen**: Es sind externe Einwirkungen möglich und üblich
- **passiv**: Es gibt keine eigenen Aktivitäten, sondern nur Reaktion auf äußere Wirkungen
- **rückgekoppelt**: Sein Ausgang wirkt auf den Eingang zurück, dadurch zuweilen instabil
- **selbstorganisierend**: Auf Grund interner Ursachen gibt es eine Entwicklung
- **selbstreferenziell**: Es besteht die Möglichkeit einer (Umwelt-) „Erkennung“ (Autopoese)
- **stabil**: Struktur, Funktion bleiben unveränderlich, System kommt nach endlicher Zeit zur Ruhe
- **statisch**: Meist liegt eine, auch bei externen Einwirkungen unveränderliche Struktur vor
- **steuerbar**: Durch externe Einflüsse lassen sich zielgerichtete Auswirkungen erreichen
- **stochastisch**: Eigenschaften, Verhalten, Struktur oder Funktion werden vom Zufall beeinflusst
- **strukturbewahrend**: Die Struktur ist gegenüber allen Einflüssen unveränderlich
- **zeitabhängig**: Im Laufe der Zeit erfolgen interne Änderungen
- **zeitinvariant**: Struktur und Funktion ändern sich nicht mit der Zeit, speziell gibt es kein Altern

Beispiele für gegensätzliche Eigenschaften

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

Ausgewählte Eigenschaften

Von den vielen System-Eigenschaften werden nun noch einige wichtige erklärt.

Das sind ***Modell, Struktur, Relation, Hierarchie, Ordnung*** und ***Komplexität***.

Funktion (lateinisch functio Verrichtung) und ***Verhalten*** sind bereits ausreichend behandelt und zwar
im ersten Teil bei Regelungs- und Steuerungstechnik sowie Rückkopplung
sowie im Zusammenhang mir der obigen Systemgleichung und dazu den folgenden Aussagen.

Modell

Lateinisch ***modellus , modulus*** Maß in der Architektur, Maßstab, Grundmaß
modus Maß, Ziel, Vorschrift, Art und Weise
Deutsch um 1000: *model* ≈ Maß, Form, Vorbild; *modeln* = formen, nach einem Muster gestalten.
18. Jh.: *modellieren* ≈ ein Modell herstellen, etwas formen, z. T. künstlerisch
Heute: Vorbild, Muster, Entwurf, *auch* Fotomodell, Model, Mode ≈ kreative Schöpfung usw.
Ä*hnlich* sind: Abguss, Archetyp, Attrappe, Ausführung, Entwurf, Ideal, Imitation, Nachbildung, Urbild

In der ***Wissenschaft*** und bei ***Systemen*** hat *Modell* eine etwas ***abweichende*** Bedeutung.
Es ist dann eine ***Vereinfachung der Realität*** um über sie ***berechenbare Aussagen*** machen zu können.
Dazu werden nur wichtig erscheinende ***Ausschnitte der Welt*** betrachtet.
Das andere wird im Sinne vom OCKHAM'schen Rasiermesser abgeschnitten (s. o.).

So lassen sich im kybernetischen Sinne ***verschiedene Gebiete vergleichen, analog behandeln***.
Daher sind für die Kybernetik ***Stoff, Energie*** und ***Information*** drei wichtige Modelle der Welt (s. o.).
Modelle sind Vereinfachungen für unser Denken, Handeln, die Welt ist viel ***komplexer als unser Gehirn*** ist.
Mit ihnen ist es uns möglich, die ***Welt zu erkennen***.
Daher gibt es ***viele Modelle***, u. a. für Physik, Chemie, Medizin, Sozialwissenschaft, Kunst und Philosophie.
Dem Zweck entsprechend gibt es ***Erklärungs-, Erkenntnis- und Entscheidungs-Modelle***

Wegen der Vielzahl und ihrer teilweisen Widersprüchlichkeit meinte KARL STEINBUCH (1917 - 2005) [4]:
Unser ***Wissen*** ist ein ***Flickenteppich*** mit vielen Löchern, an vielen Stellen passen die Flicken nicht zusammen.

Struktur

lateinisch ***structura*** Bau (-art) Mauer (-werk) ordentliche Zusammenfügung, Ordnung.

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

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

übertragen auch Aufbau der Rede, Worte, Gedanken,

Scholastik: Beschreibung von sprachlichen Gebilden.

deutsch 13. Jh. *structure*: Bauen, Bauart, Bau, Bauwerk, Zusammenfügung, Ordnung.

17. Jh. in Anatomie übernommen, Morphologie.

19. Jh. breitere Anwendung, Organismen und Soziologie: besitzend, gegliedert.

Heute: Eine bestimmte (An-) ***Ordnung*** (s. u.) in einem Bezugsrahmen (meist für Systeme).

Es werden u. a. folgende Strukturen unterschieden (alphabetisch):

- ***abstrakt ≈gedanklich*** für Theorien, Aussagen und Begriffen (Atommodell usw.).
- ***biologisch***: z. B. von Lebewesen.
- ***chemisch***: z. B. bei Molekülen.
- ***dissipativ*** (metastabil): „auf dem Sprung“ in die Evolution, Selbstorganisation, Funktion und Struktur entsprechen sich. Oft treten Grenzzyklen auf: Unklar, warum hierbei nur gewisse Strukturen stabil sind.
- ***gesellschaftlich-kulturell***: von Gruppen, Vereinen, Kulturen, Religionsgemeinschaften usw.
- ***Gleichgewicht***sstrukturen: z. B. Kristalle und Wärmetod.
- ***physikalisch***: durch Raum und Zeit gegeben, auch prozesshaft

Struktur 2

Strukturen werden oft nicht **ge**funden sondern **er**funden.
So gibt es süß, bitter und Farben ***nur in uns***.
Ähnliches gilt bei ***Mythen***, Träumen, Wünschen, ja selbst Kulturen usw.
Dennoch sind ***Wahrnehmungs****-Strukturen* relativ ***stabil***.
Wir besitzen die Fähigkeit der ***Struktur- und Gestaltwahrnehmung.***

Hierarchie

Griechisch ***hierós*** heilig, ***archein*** der Erste sein.
Es gibt drei, meist mehrstufige Varianten:

- Bei ***Verwaltung, Wirtschaft, Justiz*** und ***Militär*** (Befehlshierarchie) mit jeweils festgelegten Rechten, Kompetenzen und Pflichten. Sie sollen bessere Organisation und effektivere Arbeit bewirken.
- Die ***katholische Kirche*** besitzt eine immanente, zweigliedrige Ordnung:
  Weihe-Hierarchie mit drei Stufen des göttlichen Rechts: Bischof, Priester und Diakon
  Ämter-Hierarchie mit durch die Kirche selbst eingerichtete Ämter (ähnlich Verwaltung usw.).
- In der ***Kybernetik*** und ***Systemtheorie*** ist der Begriff auf eine Struktur mit mehreren Ebenen verallgemeinert.

Durch die Beziehungen zwischen Elementen in einer Ebene und zwischen den Ebenen können oft recht komplexe Zusammenhänge vorhanden sein.

Relation

Lateinisch ***relativus*** sich beziehen auf, bezüglich.
relatio Zurückgetragenes, Vorbringen, Erzählung, Beziehung, Rücksicht, Verhältnis.

Deutsch 16. Jh.: Bericht, Berichterstattung, Augenzeugenbericht, Vortrag, Nachricht.
20. Jh. relativ: in einem Verhältnis zu etwas stehen, dadurch bestimmt, unter gewissen Umständen, bedingt, verhältnismäßig.

Heute: wird Relation ***in fast allen Bereichen*** und daher z. T. in ***recht unterschiedlicher Bedeutung*** benutzt

Synonym dann etwa: Abhängigkeit, Beziehung, Bezug, Konnex, Verbindung, Verhältnis, Verknüpfung und Zusammenhang.

In der ***Kybernetik*** und bei ***Systemen*** gibt es Relationen (Wechselwirkungen) zwischen den Elementen in einer Ebene und den verschiednen Ebenen.

Ordnung

lateinisch ***ordinare*** in Reihen anpflanzen, in Reih und Glied aufstellen, regeln, in ein Amt einsetzen
Pythagoreer: mathematische Ordnung (Zahlen) der göttlichen Welt, der Harmonie des Universums

Deutsch 9. Jh. *ordenen*: in Ordnung bringen, anordnen
Um 1000 *ordenungen*: Reihenfolge, Anordnung, Regel, Vorschrift, Einrichtung, Lebensweise

heute sehr unterschiedlich benutzt

Biologie: Ordnung als Kategorie zwischen Klasse und Familie in der Systematik
Chaostheorie: Ordnung (Struktur) entsteht am Rande des Chaos
Chemie: Ordnung der Elemente mittels der Ordnungszahl
Gesetz: Anordnung, Verordnung, Zuordnung, Regel, Vorschrift, Standard, Richtlinie
Gestalt: beruht auf Ordnung in Raum und Zeit, muss aber als Gesamtheit mehr als die Summe ihrer Teile sein
Mathematik: Ordinalzahl (erstens, zweitens usw.), Anzahl dagegen Kardinalzahl
Mythologie: Ordnung erwächst aus dem Chaos
Zivilisation, Kultur: Ordnung ist tiefes menschliches Bedürfnis, da sie Sicherheit (und Vereinfachung) bringt

Merke: Erziehung: Zucht und Ordnung?! ***Spruch***: Wer Ordnung hält, ist bloß zu faul zum Suchen!

Mischen als Gegenteil von Ordnung

Zum Mischen und Ordnen gehören immer ***mehrere unterscheidbare Objekte***.
Ordnung gibt es ***nur im menschlichen Geist***, der sie wieder herstellen kann (aus gemischten Kartenstapel).
Ordnen hängt offensichtlich mit Reduzieren der Komplexität zusammen.
Die Unordnung kann bei einmal Gemischtes nicht durch erneutes Mischen weiter gesteigert werden.
Die natürliche Zeitrichtung bewirkt Zufall (Thermodynamik), der Ordnung beseitigt (Zeitumkehr!).
Beispiel ***verschiedener Ordnungen***: HEINRICH HEINE (1797 – 1856) Buch der Lieder: ***Original*** (künstlerisch):

Im wunderschönen Monat Mai,
Als alle Knospen sprangen,
Da ist in meinem Herzen
Die Liebe aufgegangen.
Im wunderschönen Monat Mai,
Als alle Vögel sangen,
Da hab ich ihr gestanden
Mein Sehnen und Verlangen.

Wörter alphabetisch: alle, alle. als, als, aufgegangen, da, da, die, gestanden, hab, Herzen, ich, ihr, im, im, in, ist, Knospen, Liebe, Mai, Mai, mein, meinem, Monat, Monat, sangen, Sehnen, sprangen, und, Verlangen, Vögel, wunderschönen, wunderschönen.
Wörter grammatikalisch: Herzen, Knospen, Liebe, Mai, Monat, Sehnen, Verlangen, Vögel – aufgehen, stehen, haben, singen, springen – wunderschön – alle, ich, ihr, mein – als, da, die im, in, ist, und.
Wörter zufällig: alle, meinem, als, wunderschönen, aufgegangen, da, Mai, die, gestanden, hab, Monat, Herzen, Verlangen, ich, ihr, im, Knospen, Liebe mein, Monat, sangen, in, Sehnen, alle, sprangen, da, und, Vögel, im, wunderschönen, als, ist, Mai.

Kompliziert und komplex

Beide Begriffe werden auf Systeme, Objekte, Strukturen, Funktionen, Verhalten, Modelle, geistige Prozesse usw. ***angewendet***.

Sie sind teilweise ***miteinander verwandt***, und sind zuweilen schwer zu unterscheiden und betreffen vorrangig ***Schwierigkeiten***.

Komplex trifft auf ***technischen*** Gebilden zu, ***kompliziert*** ist wichtiger bei ***geistigen*** Prozessen.

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

In Folgenden werden die einzelnen ***Besonderheiten*** und unterschiedliche ***Definitionen*** herausgearbeitet.

Kompliziert

Lateinisch ***complicare*** zusammenfalten, -legen, -wickeln.
heute*: schwer verständlich*, meist ganzheitlich, das ***Gegenteil von*** einfach, leicht einsichtig, gut verständlich.
Wird vorwiegend ***umgangssprachlich*** gebraucht, ist auf geistige Prozesse bezogen und betrifft die Anschaulichkeit.
Ist gegeben wenn

- etwas für uns ***schwierig zu verstehen*** ist,
- uns der ***Aufwand zu hoch*** erscheint es zu erfassen, begreifen,
- bedingt aber nicht, dass es ***jemand anderes*** genauso schwer versteht,
- ist also vorwiegend ***subjektive, individuell***.
- ***ändert*** sich oft kaum im Laufe der Zeit, dafür sind ***neue Erkenntnisse***, Einsichten notwendig, das muss ***nicht absichtlich*** erfolgen.

Beachte auch Komplize: Mithelfer, Mittäter. komplizieren: verwickeln, erschweren

Komplexität

Lateinisch ***complecti*** umschlingen, umfassen. ***plectere***: flechten, ineinander fügen.
Heute: Anwendung in verschiedenen Wissenschaften und Techniken,
Betrifft: Systemen, Modelle, Strukturen, Funktionen und Verhalten.
Es gibt mehrere, unterschiedliche ***Kompexitäts-Theorien*** (Maße), für oft unterschiedliche Gebiete (s. u.).
Wichtig sind die Messbarkeit in Zahlenangaben und logische Ableitbarkeit.
Zuweilen genügt auch ein ***Vergleichsmaß*** gemäß „>“ und „<“.
Ein ähnlicher, aber nicht genau definierter Begriff ist ***Vielfalt***.

DÖRNER [5] wies nach, dass es für Menschen sehr schwer ist, mit Komplexität umzugehen.
Er muss dazu zu viele Merkmale parallel beachten, z. B. auch exponentielles Wachstum (s. Teil 1. Schach)
Dabei unterlaufen ihm meist völlig unerwartete Fehler.

SETH LLOYD hat eine Liste von 31 verschiedenen Definitionen zusammengestellt.
s. Spektrum der Wissenschaft. September 1995; 61.

Zwei indirekte, zusätzliche Beispiele zur folgenden Liste:
Entropie: K. eines thermodynamischen Systems entspricht der vorhandenen Unordnung, d. h. seiner Entropie.
Information*:* K. ist proportional zur Fähigkeit eines Systems, einen Beobachter zu überraschen, d. h. ihm Wissen (Kenntnis, Entscheidung, Information) zu liefern.

Arten von Komplexität

algorithmische: Rechenaufwand gemäß zeitlicher und räumlicher Komplexität eines Algorithmus für $n \to \infty$, Klassen P, NP, NP-vollständig (s. u. Komplexitätstheorie und Teil 1).
effektive: Grad an Regelhaftigkeit (statt Zufälligkeit) eines Systems.
effektorische: Vielfalt der Ausgabe-, Handlungsmöglichkeiten
Elektronische: Anzahl der Gatter, Transistoren usw., eingeteilt u. a. in SSI, MSI, LSI, VLSI, ULSI.
Fraktale: ausgedrückt durch HAUSDORFF- bzw. fraktale Dimension (s. Teil 1).
funktionale nach WOLGANG HILBERG (*1932) für logische Bauelemente.
grammatische: minimale Universalität, die eine das System beschreibende Sprache haben muss.
hierarchische: Anzahl der Ebenen, Elemente und Relationen eines hierarchischen Systems.
instrumentelle: A. A. MOLES: Anzahl der Anwendungsmöglichkeiten eines Objektes [6] (s. Teil 1).
KOLMOGOROFF-K.: kürzester bekannter Algorithmus (Zeichenkette) für ein Problem (s. u.).
konstruktionelle: MOLES: Anzahl der Bauteile, Elemente eines Systems, der Struktur eines Objektes [6].
Räumliche Rechen-K.: notwendige Speicherkapazität bzw. zur Systembeschreibung eines Computers.
sensorische: Vielfalt der Wahrnehmungs-Möglichkeiten, Beeinflussbarkeit eines (Nerven-) Systems.
speichernde: ähnlich der Größe der Speicherkapazität.
thermodynamische: Menge thermodynamischer Ressourcen zum vollständigen Aufbau des Systems (Entropie)
verarbeitende: Struktur-, Funktionsvielfalt, Leistungsfähigkeit eines Systems (Rechners), z. T. Befehlsvorrat.
Zahlen-K.: Umgang mit unterschiedlich großen Zahlen, u. a. bei RUCKER [7] und VÖLZ (s. u.)
Zeitliche Rechen-K.: Zeit, die ein Computer bis zum Ergebnis benötigt, für Algorithmus mit $n \to \infty$ Parametern.

Entstehen und Wachsen der Komplexität

Komplexität kann vorhanden sein, entstehen, zu- und abnehmen.

Das ***Entstehen*** und ***Zunehmen*** von Komplexität erfolgt vor allen durch:

- ***Evolution*** im Sinne einer Höherentwicklung.
- Aus dem Chaos (und ähnlichem) durch ***Entstehen*** neuer ***Strukturen***, z .B. wie im Teil 1 bei Fraktalen, ***Lindenmayer***-Systemen und zellularen Automaten beschrieben.
- Typisch sind ferner die Inhalte von ***Emergenz*** und ***Synergetik*** (s. u.)
- Technisch wird die Erhöhung der Komplexität u. a. für die ***Fehlerkorrektur*** und ***Kryptografie*** benutzt.

Vermindern der Komplexität

Hierfür gibt es viele Wege, die größtenteils „organisiert werden müssen:

- Vielfältige (wissenschaftliche) Methoden sind ***Gesetze, Algorithmen, Modelle, Analogien, Axiomatiken*** und ***Klassenbildungen***.
- Das ist für ***Lebewesen*** deshalb unbedingt notwendig, weil die Komplexität ihres ***Aufnahmevermögens*** (Gehirns) meist wesentlich kleiner als die der Wirklichkeit ist.
- Auch ***technische Kompressionsverfahren*** senken die Komplexität, viele Varianten wurden entwickelt, z. B. MP3.
- Sie erfolgt durch ***Entfernen von Relevanz*** und ist dann verlustbehaftet, nicht rücknehmbar; das bewirkt immer Ungenauigkeiten und Unschärfen, zumindest gemäß der HEISENBERG-Unschärfe.
- Bei digitalen und diskreten Systemen ist eine rücknehmbare Redundanz-Senkung möglich. Sie erfolgt u. a. bei digitalen (diskreten) Codes.
- Im Prinzip ist Komplexität soweit reduzierbar, dass dann das neue Gebilde für nichts mehr nützlich ist.

Ursprünglich waren einmal ***Geister, Götter*** usw. komplexitäts-reduzierende „Instanzen“.
Heute ist die Komplexität in Wissenschaft, Wirtschaft, Politik usw. überwiegend so groß, dass dadurch mittelbar ***Mystifizismus*** (im „alten“ Sinn) gefördert wird.

KOLMOGOROW-Komplexität

Sie geht au ANDREJ NIKOLAJEWITSCH KOLMOGOROW (1903 – 1987) zurück und ist so bestimmt:

- Es gibt eine universelle ***Turingmaschine*** *M;*
- dafür die ***Programme*** p_n und
- eine auf dem Speicherband stehende ***Inschrift*** *i.*

Ein Programm p_x erzeugt die Folge $s = M(p_x, i)$.
Weiter seien ***alle Programme*** p_n ***bekannt***, die auf dem Speicherband ***s erzeugen***.
Darunter ist $\mathbf{p_k}$ **das kürzeste** Programm.
Es besitzt die ***Länge ist*** $L_M(s)$: Dies ist dann die ***Kolmogorow-Komplexität*** bezüglich *M* und *s*.
Für jede andere 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 verbale Algorithmen

1. Für ***unendliche Zeichen***- (Ziffern-) ***Folgen***:

33333333333333...	wiederholen von 3
0101010101010...	wiederholen von 01
010010001000010000001...	Start $s_0 = 01$, wiederholen $s_1 = 0$ & s_0: ...$s_{n+1} = s_n$ & s_0

2. Für ***aufeinander folgende Zahlen:***

2 3 5 7 11 13 17...	Primzahlfolge
1 4 7 2 5 0 3 6 1 4 7 2...	Start $s_0 = 1$: $s_n+1 = (s_n + 3)$ Modulo 8

Bedeutsam ist hierfür ein Satz von GREGORY J. CHAITIN (*1947):

Endlich viele Ketten lassen sich verkürzen, aber nicht unendlich viele.

Der Satz gilt auch für endlich lange, also technisch genutzte Ketten. Davon gibt es ja nur endlich viele. Für sie ist (fast) immer eine Kürzung möglich.

Weitere Komplexitätsmaße

Y. ASHBY benutzt eine Vielfalt-Konzeption und die Multistabilität [8].

W. HILBERG führte 1983 als Maß für digitale Bauelemente die deterministische Entropie ein [11].

NIKLAS LUHMANN (1927 – 1988) betrachtet die Komplexität Soziologischer Systeme, er gibt aber kein konkretes Maß an [8]

ANDRÉ ABRAHAM MOLES (1920 – 1992) unterscheidet instrumentelle konstruktionelle Komplexität.
Die erste berücksichtigt die Vielzahl der Anwendungsmöglichkeiten, die zweite den Aufbau von Objekten.
Ein Bleistift besteht z. B. konstruktiv aus der Mine und dem Holz: $K_i = 2$
Anwendbar ist er zum Schreiben, Zeichnen, als Lineal und seine Mine als elektrischer Widerstand $K_k = 4$.
In einem 2D-Diagramm lassen sich so viele „Dinge“ einordnen (s. Bild)
Oberhalb der Diagonalen liegen vor allem die Spiele und unterhalb kompliziert aufgebauten Einzweckdinge.
Auf der Diagonale befinden sich viele Computer.

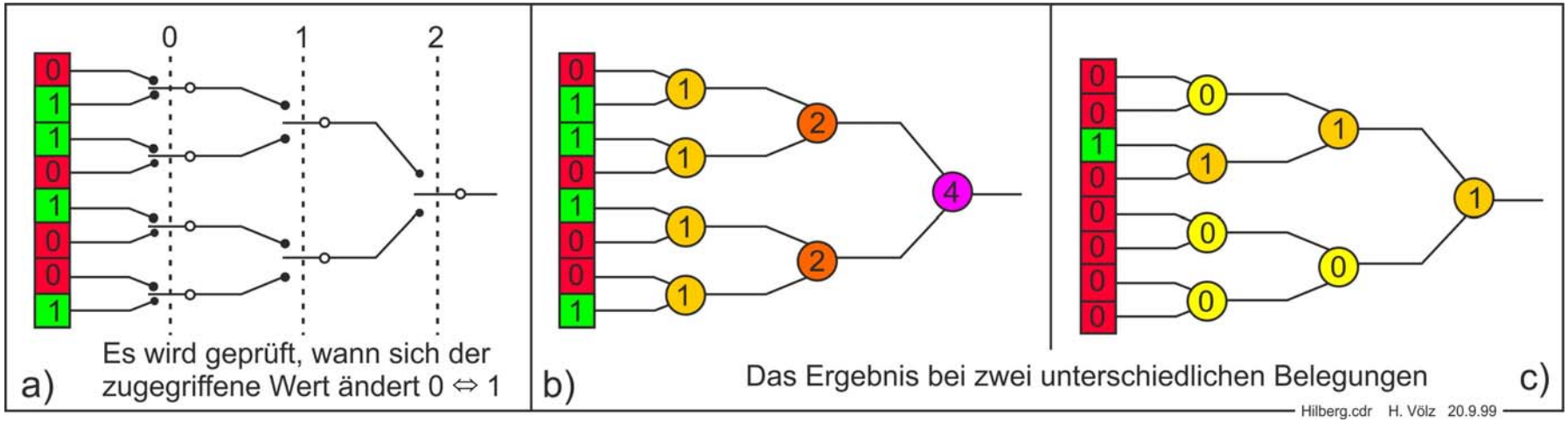
P. OPPENHEIM ordnet nach einem Komplexitäts-Prinzip die Wissenschaften in einem 2D-Diagramm [10].

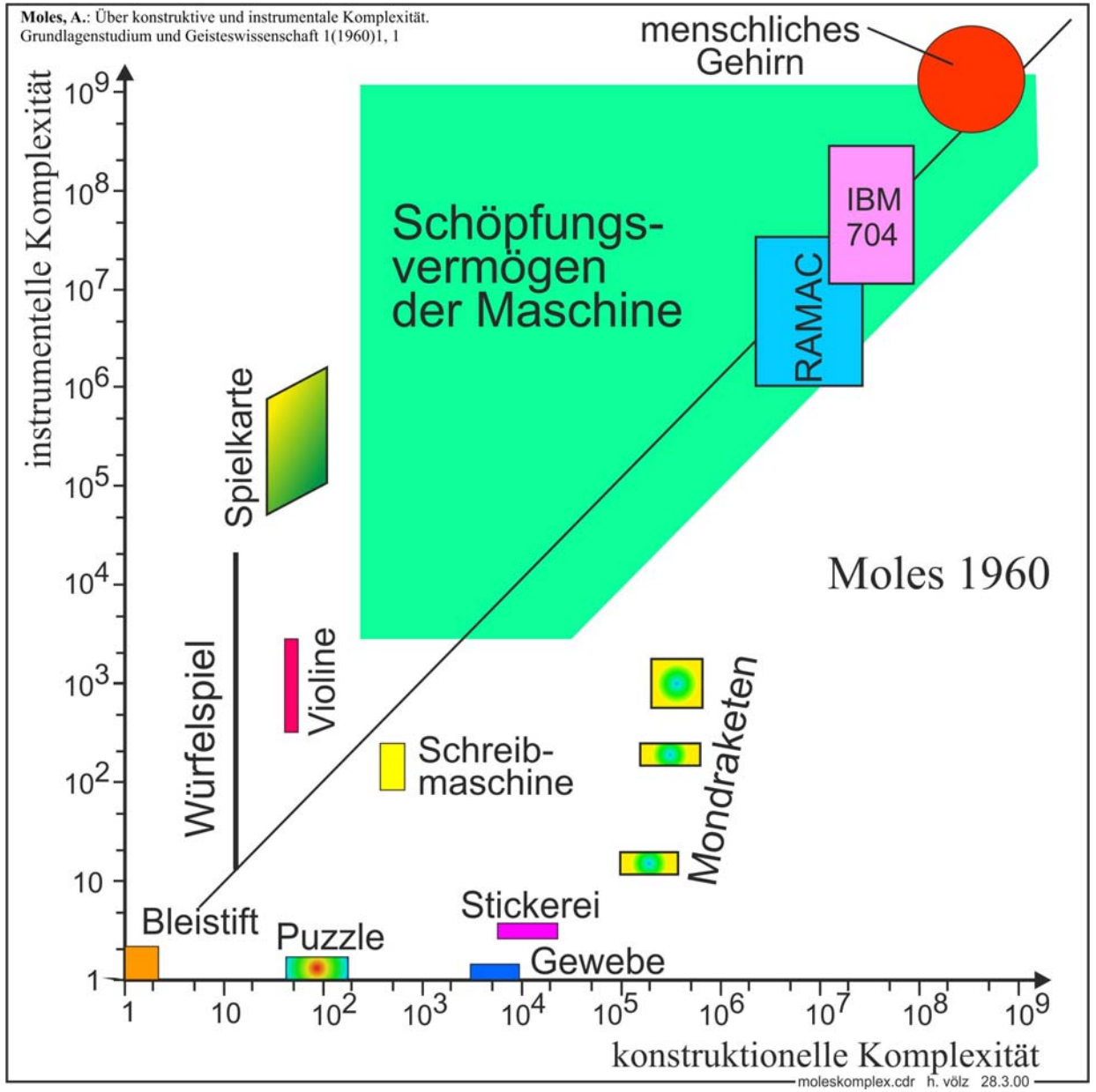
Hilbert Entropie

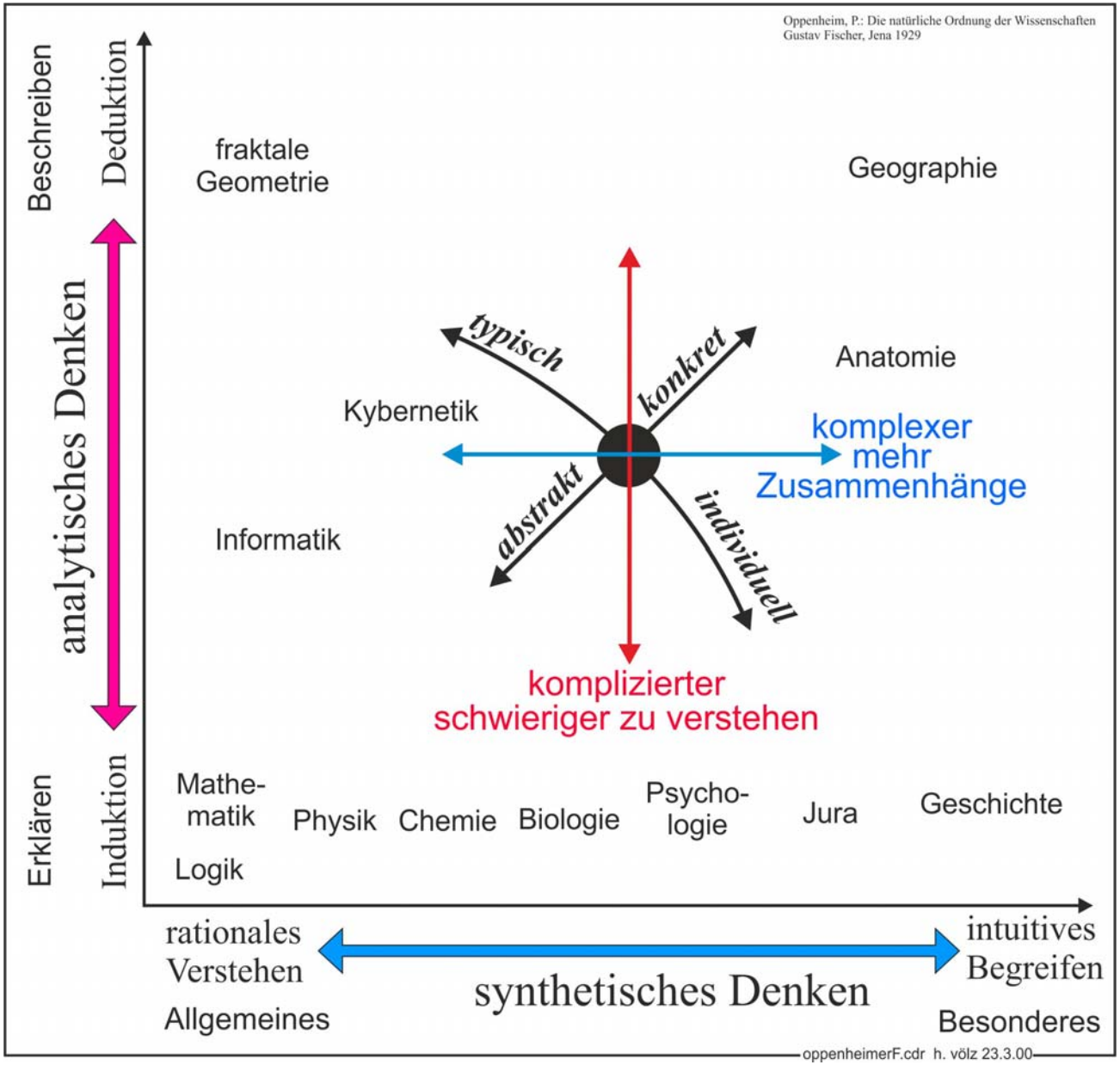
Die Bit-Folge 01101001 ist in übereinander liegenden Kästchen angeordnet.
Eine mehrstufige binäre Schalterhierarchie wird stochastisch betrieben und führt zum Ausgang.
Je Schalterhierarchie wird überprüft, ob der aktuell eingeschaltete Weg zu einer 1 oder 0 führt
So entsteht die deterministische Entropie. Für 8-bit-Ketten nimmt er Werte von 0 bis 2·ld(8) Bit an.
Für Gatter mit *n* Eingängen folgt:

C = 1	AND	C = 2^{n-1}	XOR
C = 2^n	*n*-stufiger Decoder	C = 1.97	RS-Flipflop
C = 3.31	Master-Slave-Flipflop	C = $m \cdot 2^{2n}$	Speicher mit *m*-Wort, *n* Adressen.

Grenzwertbetrachtungen zeigen, dass dieser Wert mit der klassischen Entropie übereinstimmt.
Außerdem hängt er gemäß CHAITIN, Levin mit der KOLMOGOROw-Komplexität zusammen.




Moles, A.: Über konstruktive und instrumentale Komplexität.
Grundlagenstudium und Geisteswissenschaft 1(1960)1, 1
menschliches Gehirn
Schöpfungs-vermögen der Maschine
IBM 704
RAMAC
Spielkarte
Würfelspiel
Violine
Schreib-maschine
Mondraketen
Moles 1960
Bleistift
Puzzle
Stickerei
Gewebe
instrumentelle Komplexität
konstruktionelle Komplexität
1
10
10^2
10^3
10^4
10^5
10^6
10^7
10^8
10^9
moleskomplex.cdr h. völz 28.3.00


Oppenheim, P.: Die natürliche Ordnung der Wissenschaften
Gustav Fischer, Jena 1929
Beschreiben
Deduktion
analytisches Denken
Erklären
Induktion
fraktale Geometrie
Geographie
typisch
konkret
Anatomie
Kybernetik
komplexer
mehr
Zusammenhänge
abstrakt
individuell
Informatik
komplizierter
schwieriger zu verstehen
Mathe-
matik
Physik
Chemie
Biologie
Psycho-
logie
Jura
Geschichte
Logik
rationales
Verstehen
intuitives
Begreifen
synthetisches Denken
Allgemeines
Besonderes
oppenheimerF.cdr h. völz 23.3.00

Unterschiedliche Zahlenbereiche

Die Erfahrung zeigt, dass wir mit Zahlen sehr unterschiedlich umgehen.
Als Erster hat hierauf RUCKER hingewiesen [7]. Er schlägt die folgende Vierteilung vor:

Klein	1 bis 1000;
Mittel	1000 bis Billion;
Groß	Namen für Zahlen sind kaum möglich, deshalb nennt er 10^{100} ein Googol;
Unvorstellbar	jedoch noch nicht unendlich.

Eine genauere Analyse entstand bei mir; [12] S. 565ff. und [13] S. 307ff:

Zahlenbereich	Zahlen	Bezug	Eventuelles Denkgesetz
binär	2	Logik, Wahrheit	Ja/nein
psychologisch	5 ... 9	Gedächtnis, Klassenbildung	Sofortiges Überblicken
anschaulich	bis ≈1000	Zählen in einer Stunde, vorstellbar	Lineare Einteilung
naturgegeben	bis ≈ 10^{99}	Physik, exponentiell, Wirklichkeit	Logarithmische Skala
kombinatorisch	riesig	Möglichkeit, Evolution	log(log(x))-Skala
mathematisch	∞	Theorie	Logik, Grenzwert?
unerschöpflich	ohne	Philosophie	??

Erklärung der Zahlenbereiche

Der ***binäre*** Bereich hängt mit Ja/Nein-Entscheidungen, Aussagenlogik, Boolesche Algebra, binäre Arithmetik usw. zusammen

Der ***psychologisch*** betrifft unser Gegenwartsgedächtnis. Die Begriffsbildung führt zu ld(150) ~ 7,23 Klassen, das entspricht 7±2 Chunks.

Im ***anschaulichen*** Bereich können wir noch Unterschiede mit bloßem Auge zu erkennen, z. B. mm bei 1 m. Dazu gehören die Bezeichnungen Million, Milliarde, usw. sowie die Vorsätze des SI wie: p, m, m, k, M, G.

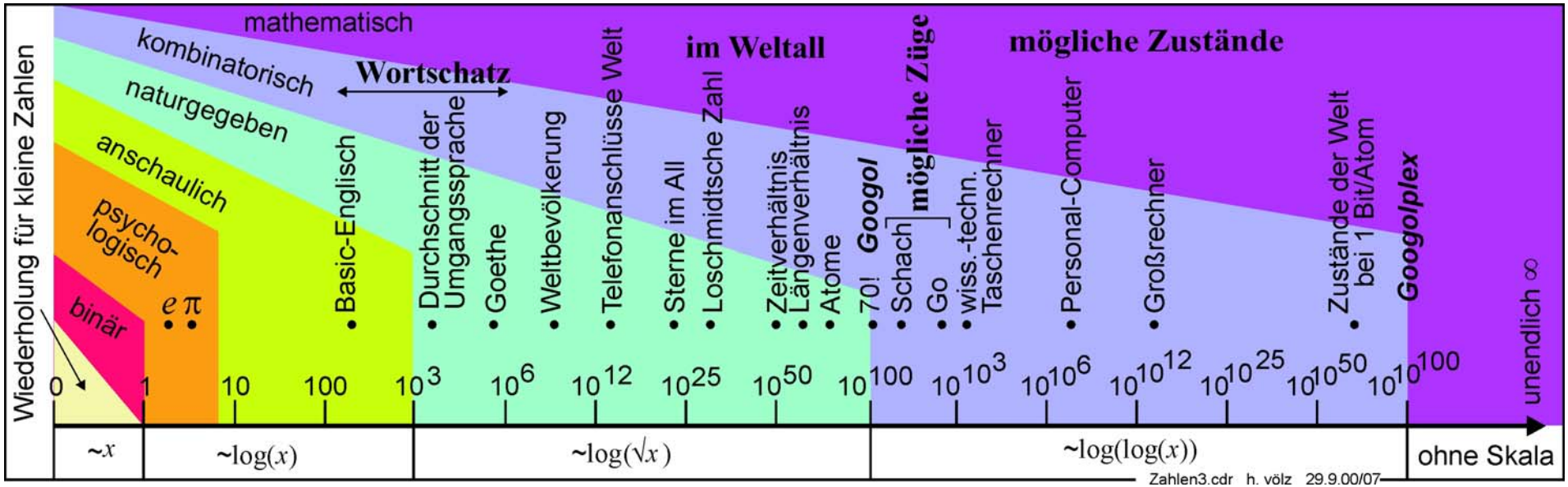
Der ***naturgegebene*** Bereich ist durch Zehner-Exponenten von -99 bis 99 bestimmt.
So beträgt z. B. die Masse Weltall etwa 10^{85} Elektronen
Die Gleitkomma-Arithmetik ist hier die angemessene Rechnungsweise.
Rechnen mit Exponenten gehorcht anderen Gesetzen als Peano-Axiom, betreffend dem Nachfolger

Der ***kombinatorische*** Bereich ist deutlich umfangreicher:
10^{80} Atome zur Speicherung mit je ein Bit ergeben $2^{(10^{80})} \sim 10^{(3 \cdot 10^{79})}$ Zustände,
also eine Zahl mit $3 \cdot 10^{79}$ Ziffern.

Der ***mathematische*** Bereich erfasst auch null und abzählbar unendlich sowie die reelle Zahlen.
Hierzu gehören auch die Inhalte von Berechenbarkeit: Unentscheidbarkeit

Übergänge und Unschärfen

Eine Reduzierung der Zahlen-Komplexität bewirkt Ungenauigkeiten und Unschärfen und Redundanzen.
Informationstheoretisch wird so Unbestimmtheit beseitigt und es entsteht neue Information.
Zu diesen Methoden gehören u. a.
Klassenbildung: Objekte (anschaulich) Eigenschaften(psychologisch), binär Klassenbildung.
Modellbildung: Wirklichkeit, durchschaubare, anschauliche Relationen. Kann zusätzliche Erkenntnisse liefern.
Evolution*:* Zukunft = Möglichkeiten (kombinatorisch) Wirklichkeit (naturgegeben)
Unscharfe Mengen von LOTFI ASKER ZADEH (*1921)
Unscharfe Modelle für Realitäten (Physik und Chemie).



Gliederung

1. Weitere Aspekte der Kybernetik
2. Von black box bis Systembetrachtungen
3. Ursache-Wirkungs-Gefüge
4. Fortsetzung

Der LAPLACE-Dämon

Ihn schuf PIERRE SIMON LAPLACE (1749 - 1827) um 1776 als ein höcht intelligentes Wesen.
Die grundsätzlichen Überlegungen zu dem Dämon beschreibt LAPLACE so:

„Der momentane Zustand des ‚Systems' Natur ist offensichtlich eine Folge dessen, was er im vorherigen Moment war, und wenn wir uns eine Intelligenz vorstellen, die zu einem gegebenen Zeitpunkt alle Beziehungen zwischen den Teilen des Universums verarbeiten kann, so könnte sie Orte, Bewegungen und allgemeine Beziehungen zwischen all diesen Teilen für alle Zeitpunkte in Vergangenheit und Zukunft vorhersagen.

Die Astrophysik, der Teil unseres Wissens, der dem menschlichen Geist zur größten Ehre gereicht, gibt uns eine, wenn auch unvollständige Vorstellung, wie diese Intelligenz beschaffen sein müßte. Die Einfachheit der Gesetze, nach denen sich die Himmelskörper bewegen, und die Beziehung zwischen ihren Massen und Abständen erlauben der Analysis, ihren Bewegungen bis zu einem gewissen Punkt zu folgen; und um nun den Zustand dieses Systems großer Massen für zukünftige oder vergangene Jahrhunderte zu bestimmen, genügt es dem Mathematiker, dass ihre Orte und Geschwindigkeiten zu einem Zeitpunkt durch Beobachtung gegeben sind: Die Menschheit verdankt diese Möglichkeit den leistungsfähigen Instrumenten, die sie benutzt, und den wenigen Beziehungen, die man zur Berechnung braucht. Aber unser Unwissen um die verschiedenen Ursachen, die beim Werden eines Ereignisses zusammenwirken, sowie ihre Komplexität zusammen mit der Unvollkommenheit der Analyse verhindern, dass wir die gleiche Sicherheit bei den meisten anderen Problemen haben. Es gibt also Dinge, die unbestimmt sind, die mehr oder weniger wahrscheinlich sind, und wir versuchen die Unmöglichkeit, sie zu bestimmen, dadurch zu kompensieren, dass wir die verschiedenen Grade der Wahrscheinlichkeit bestimmen. Es ist also so, dass wir einer Schwäche des menschlichen Geistes eine der schönsten und genialsten mathematischen Theorien verdanken, die Wissenschaft von Zufall und Wahrscheinlichkeit."

Notwendigkeiten und Grenzen

Der Dämon soll also alle ***Gesetze*** der Natur kennen;
Dazu die ***Orte*** und ***Geschwindigkeiten*** aller Teilchen zu einem frei wählbaren Zeitpunkt.
Dann kann er alles Weltgeschehen der Vergangenheit und Zukunft exakt berechnen.
Für ihn besitzt die Welt keine Geheimnisse, sie läuft wie eine große Maschinerie völlig vorher bestimmt ab.

Natürlich erkannte LAPLACE auch damit zusammenhängende Probleme
Für den Menschen gäbe es dann nämlich ***keine Freiheit*** und ***Verantwortung*** mehr.

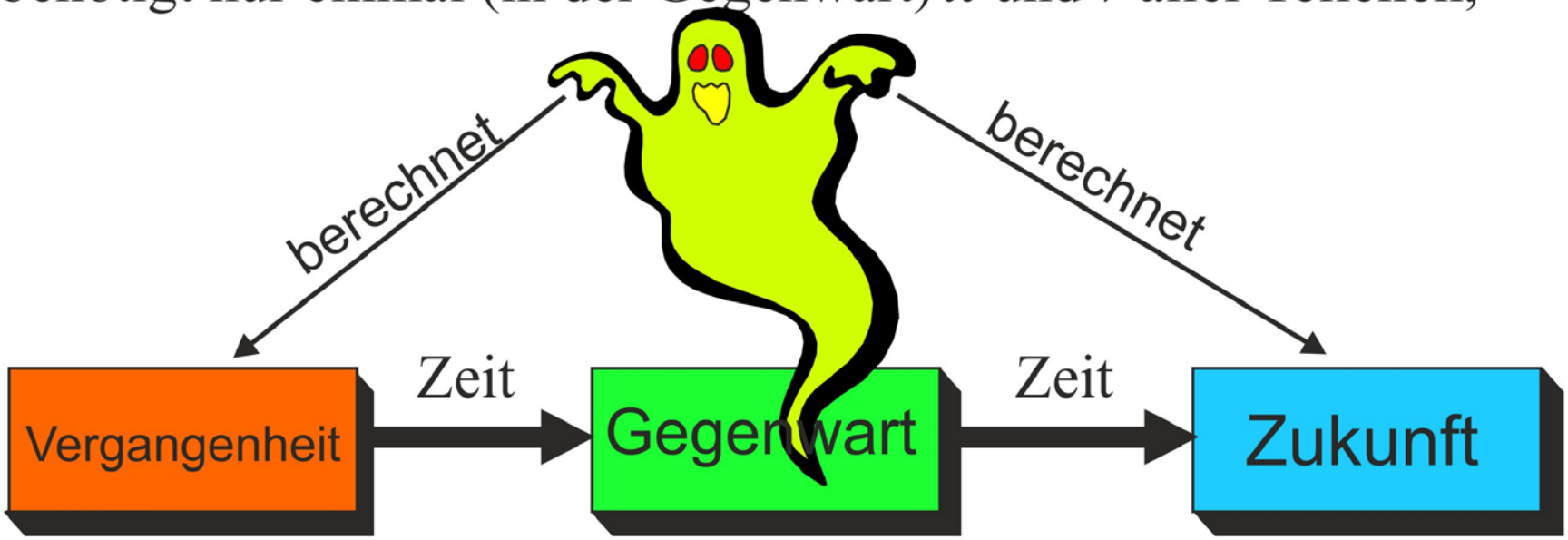
Aus heutiger Sicht ist die Wirklichkeit jedoch anders, und es folgt für den Dämon:

Wenn die Welt	**und wenn der Dämon**	**nur dann wären**
• deterministisch und ständig wäre, • nur wechselwirkende Teilchen enthielte, • die NEWTON'schen Bewegungsgleichungen uneingeschränkt gültig wären.	• alle Naturgesetze kennen würde, • alle Rand- und Anfangsbedingungen zu irgend einem Zeitpunkt kennen würde, • und zwar beides mit absoluter Genauigkeit, • alle diese Daten speichern könnte, • mathematisch leistungsfähig und • schnell genug, um alle Gleichungen exakt lösen zu können.	• der Lauf der Welt in allen Einzelheiten eindeutig bestimmt (gleiche Ursachen erzeugen gleiche Wirkungen), • alle Ereignisse der Vergangenheit und der Zukunft korrekt zu berechnen.

LAPLACE-Dämon

1766

Er kennt alle Naturgesetze und
benötigt nur einmal (in der Gegenwart) ***x*** und ***v*** aller Teilchen,



dann ist im das gesamte Weltgeschehen für alle Zeiten bekannt!

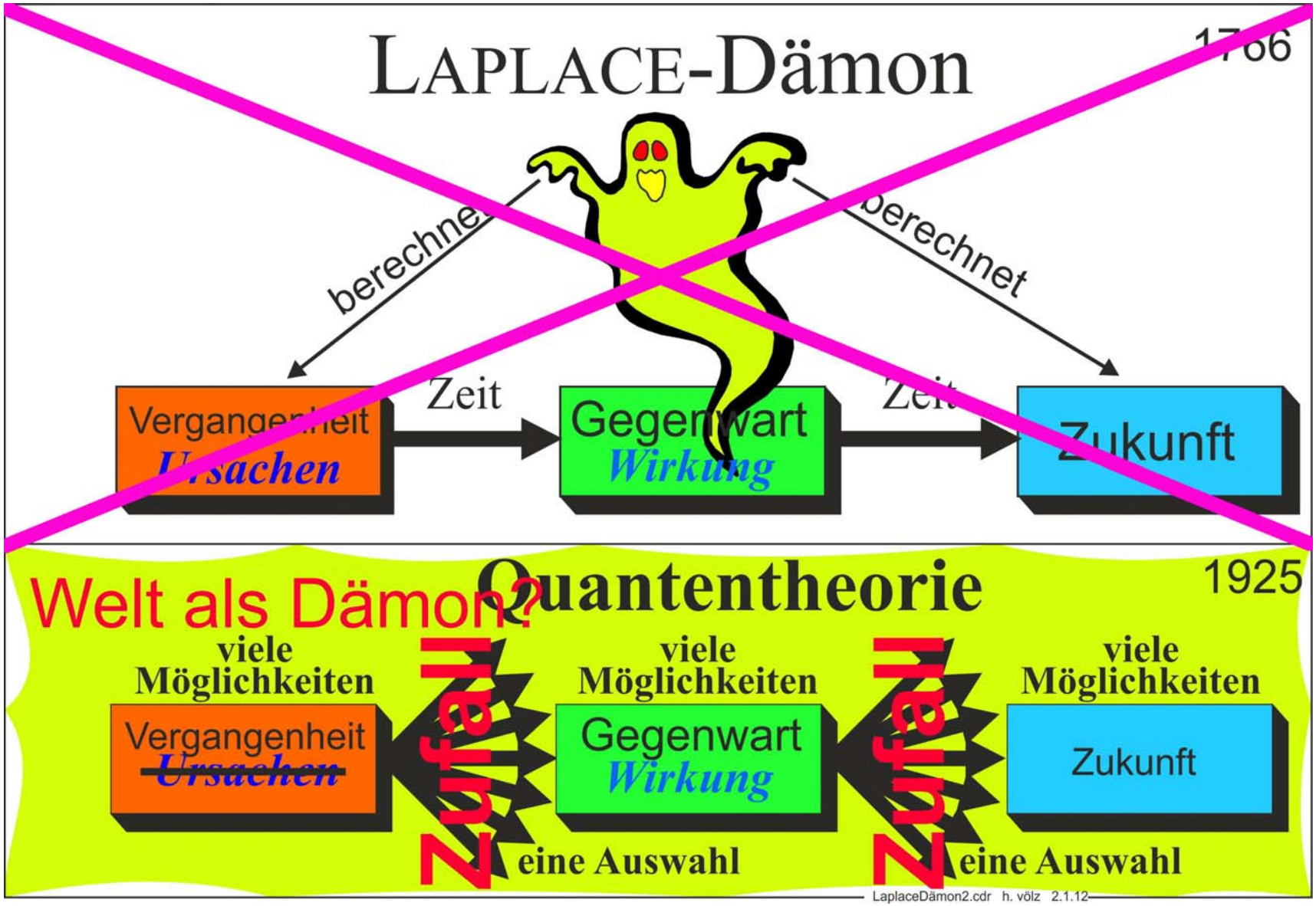
LaplaceDämon.cdr h. völz 2.1.12

Rationalismus

Vom LAPLACE-Dämon verblieben aber die typischen Rationalismus-Thesen bestehen

- Jede Erscheinung/Wirkung hat eine (einzige) Ursache.
- Geringe Änderungen der Ursache rufen auch nur geringe Änderungen in der Wirkung hervor. (Kontinuumshypothese).
- Oft ist dafür eine deutliche Vereinfachung selbst hoch komplexer Zusammenhänge notwendig, das führt aber (scheinbar) immer zum Erfolg.
- Unter gleichen Anfangsbedingungen sind die Abläufe exakt wiederholbar, das ermöglicht Experimente.
- Mathematik entspricht exakt den wirklichen Zusammenhängen, vielfach gilt auch: das ist der von „Gott“ gesetzte Zusammenhang und damit die Welt selbst.

Jedoch die ***Quanten-Physik*** bringt durch den objektiv vorhandenen Zufall weitere Einschränkungen.

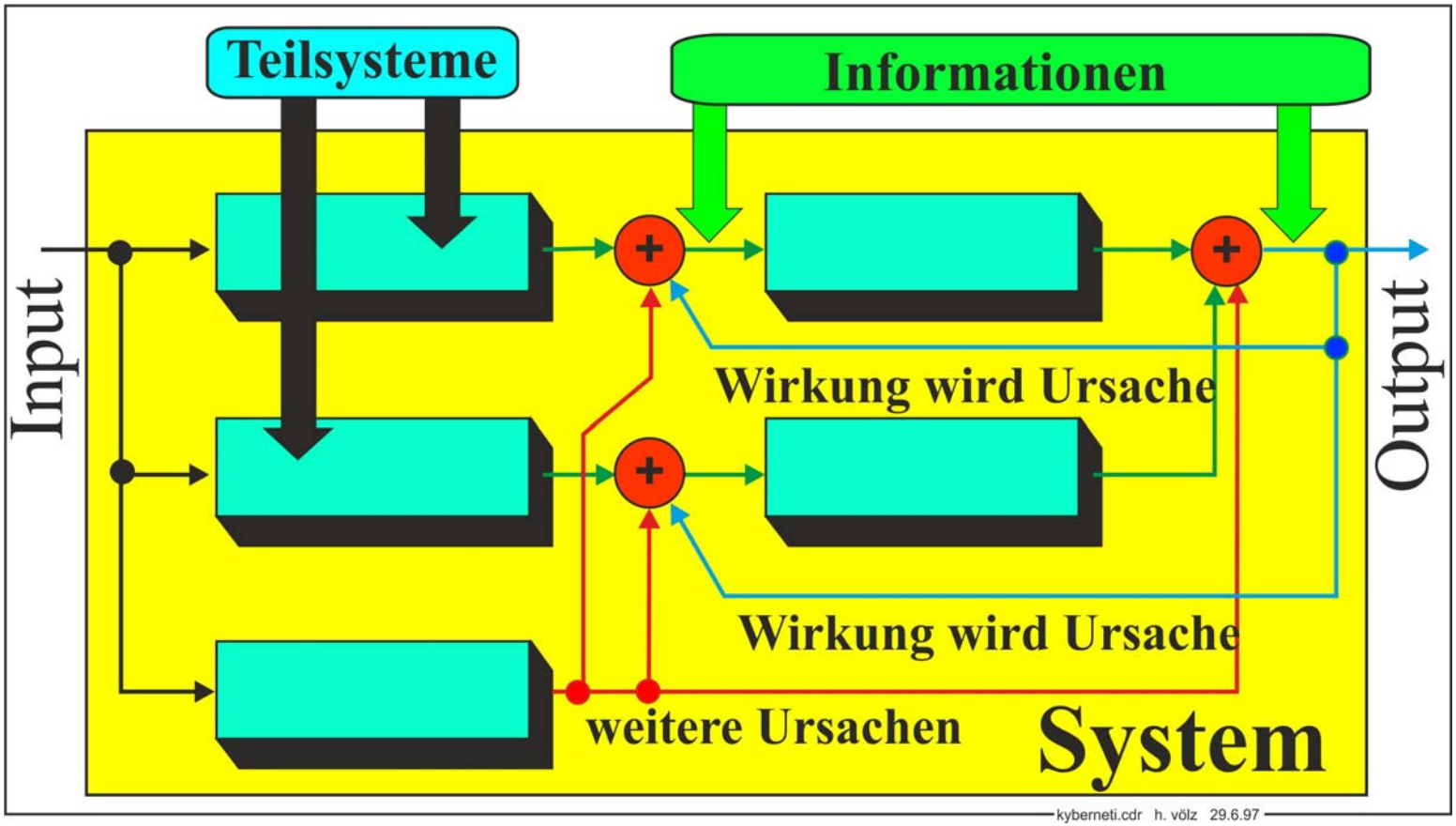

LAPLACE-Dämon
1766
berechnet
berechnet
Vergangenheit
Ursachen
Zeit
Gegenwart
Wirkung
Zeit
Zukunft
Welt als Dämon?
Quantentheorie
1925
viele Möglichkeiten
Vergangenheit
Ursachen
Zufall
eine Auswahl
viele Möglichkeiten
Gegenwart
Wirkung
Zufall
eine Auswahl
viele Möglichkeiten
Zukunft
LaplaceDämon2.cdr h. völz 2.1.12

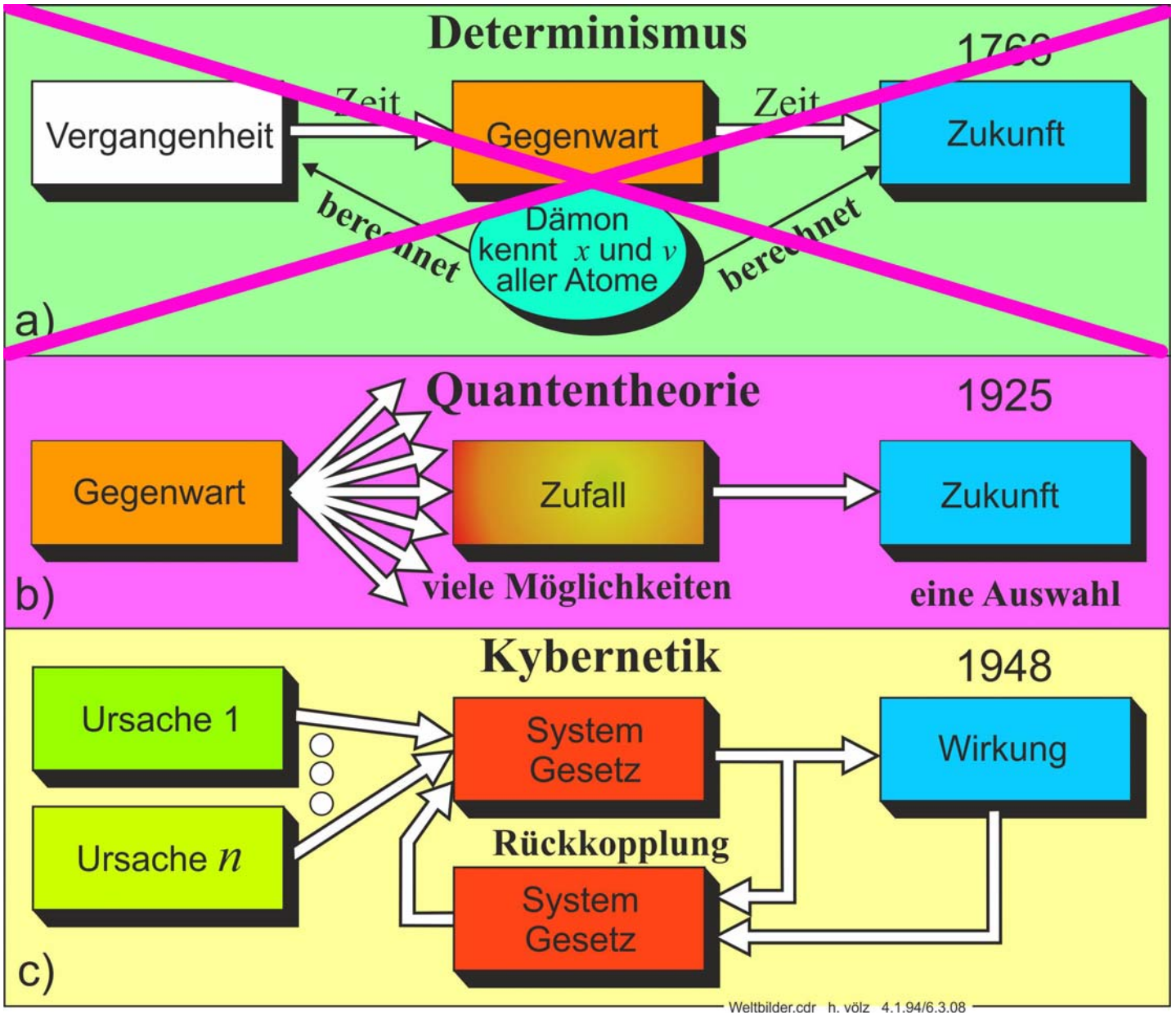
Auswirkung der Kybernetik

Mit der Kybernetik wird deutlich:

- Die Wirkung kann wieder per ***Rück-kopplung*** zur Ursache wer-den.
- Ein Gesche-hen hat meist ***mehrere Ursachen***.

So entsteht das typische ***Ursache-Wirkungs-Gefüge***




Determinismus
1760
Vergangenheit
Zeit
Gegenwart
Zeit
Zukunft
berechnet
Dämon
kennt x und v
aller Atome
berechnet
a)
Quantentheorie
1925
Gegenwart
Zufall
Zukunft
viele Möglichkeiten
eine Auswahl
b)
Kybernetik
1948
Ursache 1
Ursache n
System
Gesetz
Wirkung
Rückkopplung
System
Gesetz
c)
Weltbilder.cdr h. völz 4.1.94/6.3.08

Auslöse-Mechanismen

Durch komplizierte Ursache-Wirkungszusammenhänge können geringste Ursachen große Wirkungen auslösen.
Das widerspricht dem Rationalismus, sogar wenn dabei ein ***deterministischer Zusammenhang*** besteht.
Scheinbar besteht dann sogar ein Widerspruch zum (Energie-) ***Erhaltungssatz***.
WIENER hat hierfür einschließlich einiger Erweiterungen den Begriff Auslösemechanismus geprägt.
So löst ein geringer Duck auf einen ***Klingelknopf*** ein lautes Läuten (oder gar eine Atombombe) aus.
Am ***Abzug*** eines Gewehrs kann mit kleiner Kraft der energiereiche Schuss ausgelöst werden.
Bei der ***Mimose*** bewirken Teilchen von nur wenigen mg, dass sie ihre Blätter zusammenlegt und ganze Stängel schlaff herabhängen
In der ***Physiologie*** kann ein sehr kleiner ***Reiz*** erheblich das Verhalten verändern.
Bei all diesen „Effekten“ werden gespeicherte ***innere Energien*** freigesetzt.
Im stark übertragenen Sinn kann so recht allgemein von einem ***Verstärker-Effekt*** gesprochen werden.
Unter Verstärker werden jedoch fast nur ***elektronische Einrichtungen*** verstanden.
Aber auch ***Hebel, Rolle, Keil*** usw. können als Verstärker für Kraftwirkungen aufgefasst werden.
Um alle derartigen Mechanismen zusammenfassend beschreiben zu können, ist ein umfassender neuer Begriff notwendig.
Aus diesem Grunde wurde von mir der Begriff ***Potentiator*** eingeführt (s. u. und horstvoelz.de).

Stabilität der Planetenbahnen

Neben den deterministischen Auslösemechanismen gibt es auch betont zufällige, oder die so erscheinen

Die wohl erste deutliche Abweichung vom Rationalismus entdeckte 1903 HENRI POINCARE (1854 – 1912).
Sie beantwortete eine Ausschreibung von 1887 des Königs Oskar II. von Schweden.
Sie war mit 2 500 Goldkronen dotiert und sollte die Stabilität unseres Planetensystems beweisen.
Sie gewann POINCARE und das trotz seiner Negativaussage, die er bereits am Dreikörperproblem fand:

> *„Die kanonischen Gleichungen der Himmelsmechanik besitzen kein (ausser bei speziellen Anfangsbedingungen) geschlossenes analytisches Lösungsintegral ausser dem Energieintegral.“ … „Eine sehr kleine Ursache, die wir nicht bemerken, bewirkt einen beachtlichen Effekt, den wir nicht übersehen können, und dann sagen wir, der Effekt sei zufällig. Wenn die Naturgesetze und der Zustand des Universums zum Anfangszeitpunkt exakt bekannt wären, könnten wir den Zustand dieses Universums zu einem späteren Moment exakt bestimmen. Aber selbst wenn es kein Geheimnis in den Naturgesetzen mehr gäbe, so könnten wir die Anfangsbedingungen doch nur annähernd bestimmen. Wenn uns dies ermöglichen würde, die spätere Situation in der gleichen Näherung vorherzusagen – dies ist alles, was wir verlangen –, so würden wir sagen, dass das Phänomen vorhergesagt worden ist und dass es Gesetzmässigkeiten folgt. Aber es ist nicht immer so; es kann vorkommen, dass kleine Abweichungen in den Anfangsbedingungen schliesslich grosse Unterschiede in den Phänomenen erzeugen. Ein kleiner Fehler zu Anfang wird später einen grossen Fehler zur Folge haben. Vorhersagen werden unmöglich, und wir haben ein zufälliges Ereignis.“*

Diese wohl erste Negativ-Aussage geriet jedoch durch den Ersten Weltkrieg in Vergessenheit.
So waren erst neuere Feststellungen für WIENERs Aussage notwendig.

Zufällige Auslöse-Effekte

Typisch ist der von EDWARD NORTON LORENZ (1917 – 2008) gefundene Butterfly-, ***Schmetterlings-Effekt***.
Er fand ihn 1960 bei den Simulationen seines ***einfachen Wettermodells*** mit einem Computer.
Kleinste Änderungen der Anfangsdaten riefen, stark abweichende Ergebnisse der Wetterprognosen hervor.
Der Flügelschlag eines Schmetterlings in China kann so in der folgenden Woche Auslöser eines Hurrikans in den USA sein.

Dass ***Brücken*** allein durch Resonanz von einer im Gleichschritt marschierenden Truppe zerbersten, folgt so.
Ebenso so ***Wirbel-Theorie*** von LUDWIG PRANDTL (1875 – 1953), Umschlag laminare → turbulente Strömung.
Heute gehören solche Effekte u. a. zur ***Katastrophen-Theorie, Emergenz*** und ***Synergetik*** (s. u.).
Meist besitzen dabei die Lösungen von ***Differentialgleichungen*** an Punkten ***Verzweigungen*** oder ***Umbrüche***.
Viele dieser Fakten hängen dabei mit ***Rückkopplung*** und ***Rekursivität*** zusammen.
Obwohl sie theoretisch gut verstanden werden, klaffen bei den ***Auslöse-Effekten*** beträchtliche ***Theorielücken***.

Es gilt dann nämlich nicht mehr ***Ursache → Wirkung*** bzw. ***weil → deshalb***.
Eine wichtige Aussage ist dabei: Das ***Ganze ist eben mehr als die Summe der Teile***.

Dennoch ist prinzipiell nicht ausgeschlossen, dass eine ***tiefgreifende Detaillierung***, also gewaltige ***Erhöhung der Komplexität*** des Modells, eine hinreichend gute Beschreibung ermöglichen könnte.
So erfahren die wenigen, stabilen Gebiete des ***Astroiden-Gürtels*** und die vielfältige Feinstruktur der ***Jupiter-Ringe*** eine einsichtige Erklärung.
Mit den ***Fraktalen*** werden so ***Wolken*** und ***Landschaften*** natur-ähnlich aus einfachen Formeln generiert.

Synergie

Griechisch ***synergía*** Mitarbeit, von ***syn*** mit, zusammen und ***érgon*** das Werk.
Inhaltlich heute etwa: Das ***Zusammenwirken*** verschiedener Kräfte, Stoffe oder Faktoren und zwar so, dass die Gesamtwirkung größer als die Summe der Wirkung der Einzelkomponenten ist.
Dabei fördern sich die einzelnen Komponenten gegenseitig, das entspricht einem ***Holismus***.

Das Ganze ist dann mehr als die Summe seiner Teile.

Diese Aussage geht bereits auf ARISTOTELES aus Stagira (384 – 322 v. Chr.) zurück!

Das interdisziplinäre Gebiet entstand Ende der 1960er Jahre vor allem durch HERMANN HAKEN (*1927).
Es wird für komplexe Systeme in Physik, Biologie, Soziologie, Wirtschaft, Ökonomie usw. benutzt.
Neu wurden dazu Bifurkation, Ordnungsparameter, Versklavung, Selbstorganisation und spontanes Entstehen von Strukturen (Evolution) eingeführt bzw. erklärt.
Typisch hierfür sind u. a. Kristallbildung, Laser, lebende Zelle und Magnetismus.

In der ***Pharmazie*** können sich so zwei gleichzeitig eingenommene Medikamente in ihren Wirkungen gegenseitig verstärken. (Wirkung von Alkohol!)

Auch die ***Gestaltphysiologie*** macht hiervon Gebrauch (wir sehen Gesamtheiten).

Von RICHARD BUCKMINSTER FULLER (1895 – 1983) erklärte so die Eigenschaften seiner geodätischen ***Kuppel***.

Emergenz

Lateinisch ***emergere*** auftauchen, hervorkommen, sich zeigen

Inhaltlich besteht eine enge Beziehung zur Synergetik. Es setzt ***hierarchische Systeme*** voraus.
Betont wird hierbei das ***Erscheinen neuer Phänomene*** auf einer ***höheren Ebene,*** was aber erst durch Zusammenwirken auf tieferen Ebenen hervorgerufen wird.
Diese Phänomene lassen sich daher als Ganzes nicht allein aus den einzelnen Teilen erklären

Ein typisches Beispiel ist die ***Bildung des Bewusstseins***, das rein biologisch nicht zu erklären ist.
Dieser Zusammenhang wurde vor allem von den Philosophen SAMUEL ALEXANDER und CONWY LLOYD MORGAN entwickelt.
Auch der ***Verstand*** kann nur so erklärt werden.

Bei ***Pflanzen*** wird von Emergenzen dann gesprochen, wenn bei der Bildung von Organen außer der Epidermis noch darunter liegende Gewebeschichten beteiligt sind.
Beispiele: Stacheln von Rose und Brombeere, Brennhaare des Brennnessels und Tentakeln vom Sonnentau.

Autopoiesis

Auch Autopoiese von *altgriechisch* ***αὐτός*** selbst und ***ποιέω*** schaffen

Der Begriff wurde von dem chilenischen Neurobiologen HUMBERTO R. MATURANA (*1928) geprägt.
Er betrifft den Prozess der ***Selbsterschaffung*** **und** ***-erhaltung*** eines Systems.
Er ist das charakteristische ***Organisationsmerkmal*** von Lebewesen bzw. lebenden Systemen.
Diese Organismen nehmen zwar ***Substanzen aus der Umwelt*** in sich auf, wandeln sie jedoch sofort in verwertbare Baustoffe um.
Substanzen die dagegen für die Selbstreproduktion keine Bedeutung haben, werden ignoriert.

Autopoietische Systeme sind folglich rekursiv; es gibt keine Trennung zwischen Erzeuger und Erzeugnis:
Das Produkt des funktionalen Zusammenwirkens ihrer Bestandteile ist genau jene Organisation, die die Bestandteile produziert.

Nach diesem Prinzip lassen sich lebende von nicht-lebenden Systemen unterscheiden

Optimierung

Sie ist nützlich bis notwendig, wenn für eine Entwicklung mehrere, sich z. T. widersprechende Ziele existieren.

Für einen Walkman wären z. B. erwünscht:
klein, leicht, geringer Stromverbrauch (Batterien), großer Bedienungskomfort, hohe Empfangsleistung, große Lautstärke und hohe Klangqualität.

Es muss daher ein Kompromiss gefunden werden, der die „beste“ aller möglichen Varianten beinhaltet.

Ziel-Freiheit

Die Kybernetik nimmt an oder behauptet gar:
Bei der natürlichen Entwicklung, Evolution und bei fast allem Geschehen existiert kein (langfristiges) Ziel.

Aktuell (zu jedem Zeitpunkt) gibt es immer ***viele Möglichkeiten*** der Weiterentwicklung.
Aus ihnen wird jeweils – vorwiegend ***zufällig*** – ein zum Zeitpunkt gerade „Bestmögliches“ angenommen.

Die ***Evolutions-Theorie*** berücksichtigt zusätzlich die ***Bewährung*** des zufällig Ausgewählten in der Zukunft.

Ziele setzt außerdem wahrscheinlich ***ausschließlich der Mensch***.

Gliederung

1. Weitere Aspekte der Kybernetik
2. Von black box bis Systembetrachtungen
3. Ursache-Wirkungs-Gefüge
4. Fortsetzung

Zur Fortsetzung

Es fehlen vor allem noch die folgenden wichtigen Gebiete der Kybernetik:

- **Information:** Entropie-Arten und Kanalkapazität in Nachrichtentechnik, Informatik, Fehlerhandlung, Kompression, Kryptografie, Automaten, Lernen, Überraschungswert, Rezeption. Emotionen, Bezüge zur Kunst und Umgang mit Information.
- **Speicher:** Prinzip, Arten in Natur, Leben und Technik, Gedächtnis. Kenndaten
- **Künstliche Intelligenz**: Kreativität, Lernen, Expertensysteme, Spieltheorie, Analog-Schlüsse, Vergleich von Mensch und Computer, Roboter sowie künstliches Leben,.

Hierzu werden zunächst alte Folien benutzt, die dann schrittweise aktualisiert werden.

Literatur

[1] Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information Bd. 3 Geschichte und Zukunft elektronischer Medien. Shaker Verlag Aachen 2007

[2] Völz, H.: Vorschlag eines elektrischen Ersatzschaltbildes für das menschliche Gehör. Proceedings 3rd International Congress on Acoustics (1959), S.37-39

[3] Reichardt, W.: Grundlagen der Elektroakustik. Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig K.G., existiert in vielen Auflagen, z.B. Leipzig 1954/58

[4] Steinbuch, K.: „Mensch und Maschine“ in Nova Acta Leopoldina. Informatik. J. Barth. Leipzig 1972

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

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

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

[8] Luhmann, N.: Soziale Systeme. Suhrkamp, Frankfurt/M 1987

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

[10] Oppenheim, P.: Die natürliche Ordnung der Wissenschaften, Gustav Fischer, Jena 1929

[11] Hilberg, W.: Große Herausforderungen in der Informationstechnik. Sprache und Technik, Groß-Bieberau, 2000

[12] Völz, H.: Grundlagen der Information. Akademie - Verlag, Berlin 1991

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