

Thesen zum Modell

Die Welt ist viel komplexer als unser Gehirn. Damit wir die Welt erkennen, benötigen wir vereinfachte Betrachtungen, kurz Modelle. Es gibt viele Modelle, die unterschiedliches, als Unwesentliches auslassen. Sie müssen folglich widersprüchlich sein.

Unser Wissen ist ein Flickenteppich solcher Modelle mit vielen Löchern und an vielen Stellen passen die Flicker auch nicht zusammen.

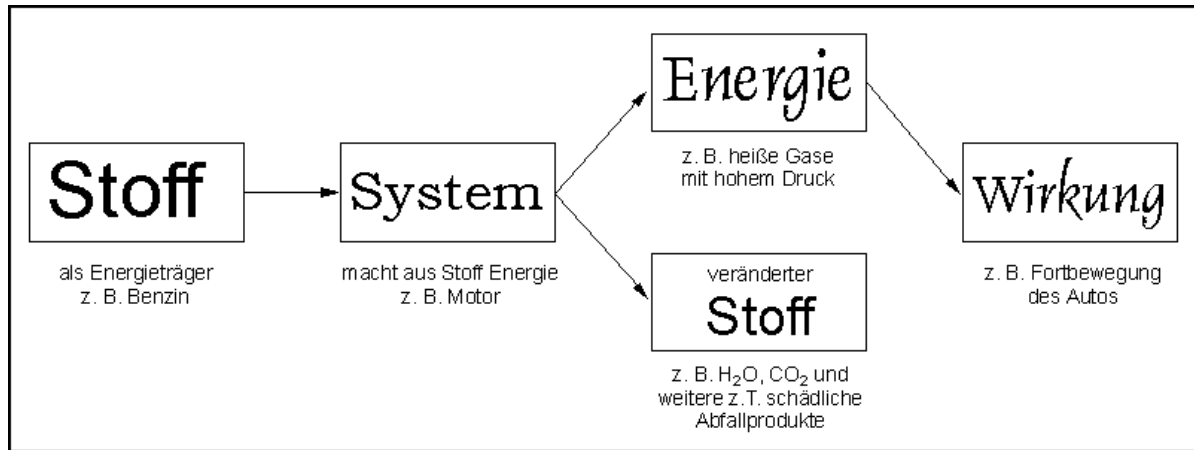
Daher sind zuweilen die alten Epen angemessener Solche Modelle sind u.a. die 3 Kategorien von Wiener: Stoff Energie Information, Zwei moderne Modelle Sind die Fraktale Geometrie und Chaosforschung

Stoff

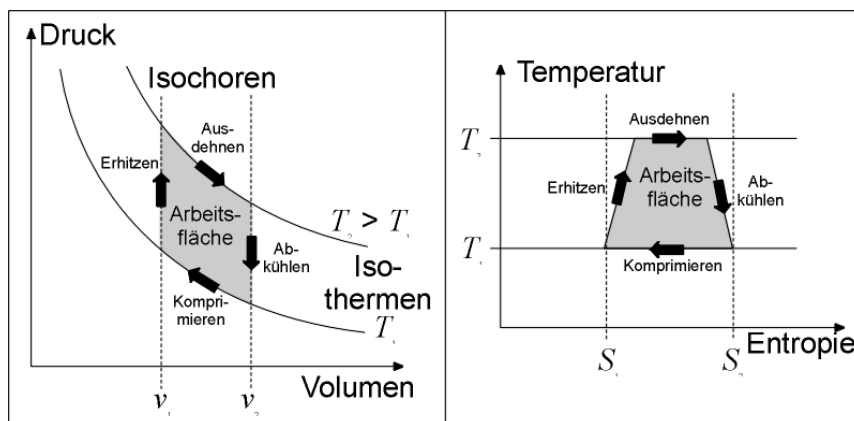
- ist primär und statisch gegeben, also in etwa unveränderlich
- ist meist unmittelbar sinnlich wahrnehmbar, erfahrbar
- besitzt vorwiegend physikalisch-chemische Eigenschaften, wie: Gestalt, Masse, Gewicht, Härte, Ausdehnung, Farbe, Temperatur usw.
- existiert in den Aggregatzuständen fest, flüssig, gasförmig
- ist teilbar, zumindest bis zu den Molekülen und Atomen
- ist die wesentliche (Modell-) Grundlage der Chemie
- durch Zusammenwirken mehrerer Stoffe (chemische Reaktion, Stoffwandlung) können neue Stoffe entstehen

Energie

- ist primär dynamisch, wirkt auf Stoffe ein und bewirkt dort etwas
- kann Bewegung der Stoffe hervorrufen
- kann die Eigenschaften der Stoffe verändern, z. B. ihre Form/Gestalt, Eis auftauen, Temperatur erhöhen
- ist die wesentliche (Modell-) Grundlage der Physik
- wird aus Energieträgern mittels spezieller Systeme erzeugt, die erfolgt fast immer durch Stoffumwandlung
- kann gespeichert werden, z. B. in Akkumulatoren, über/in Feldern (potentielle Energie)



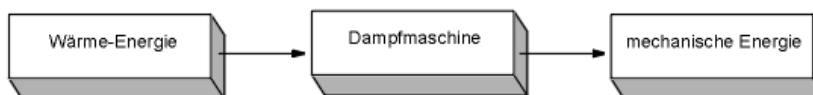
id/ergedi h.völz 2f/233



carnot.edr h.völz 16.3.97

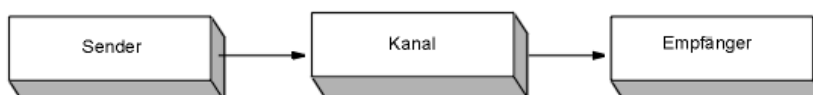
Problemvergleich für Wirkungsgrade

Wieviel Wärme kann in mechanische Energie gewandelt werden?



Carnot-Prozess 1824
Parameter: Temperaturen
Wirkungsgrad: $\eta = \frac{T_v - T_u}{T_v}$

Wieviel Information kann über den Kanal übertragen werden?



Shannon-Theorie 1940 (49)
Parameter: Statistik der Signale
Entropie: $H = - \sum p_i \cdot \log(p_i)$
Kanalkapazität: $C = 2 \cdot B \cdot \log \frac{P_u + P_s}{P_s}$

Was ist der beste Algorithmus zur Lösung einer Aufgabe?



Z. Z. keine Ansätze zur Lösung
wichtig könnten sein:
Programmgröße, Laufzeit, Speicherbedarf

id/ergedi h.völz 2f/233

Was ist keine Information?

Heute besteht nämlich die Gefahr alles Information zu nennen. **Gegenbeispiele**, wie Holz, Steine Ernährung, Benzin, helfen da wenig weiter. besser ist die **Aussage**:

wenn

- stoffliche und/oder energetische Beschreibungen oder
 - andere Modelle (künstlerische usw.) eine effektive Beschreibung der Sachverhalte liefern
- dann ist das Modell Information nicht sinnvoll/nützlich

Das **Modell** „Information“ ist dagegen oft *dann sinnvoll, wenn*

- stofflich-energetische Modelle sehr umständlich sind
- Energie und Stoff unwesentlich sind
- die Stoff-Energie-Bilanz – z. B. Erhaltungssätze – im Modell nicht mehr gilt
- auch andere Modelle nicht greifen

Vielfach gilt dann das von Wiener eingeführte **Auslöseprinzip** oder Verstärkereffekt:

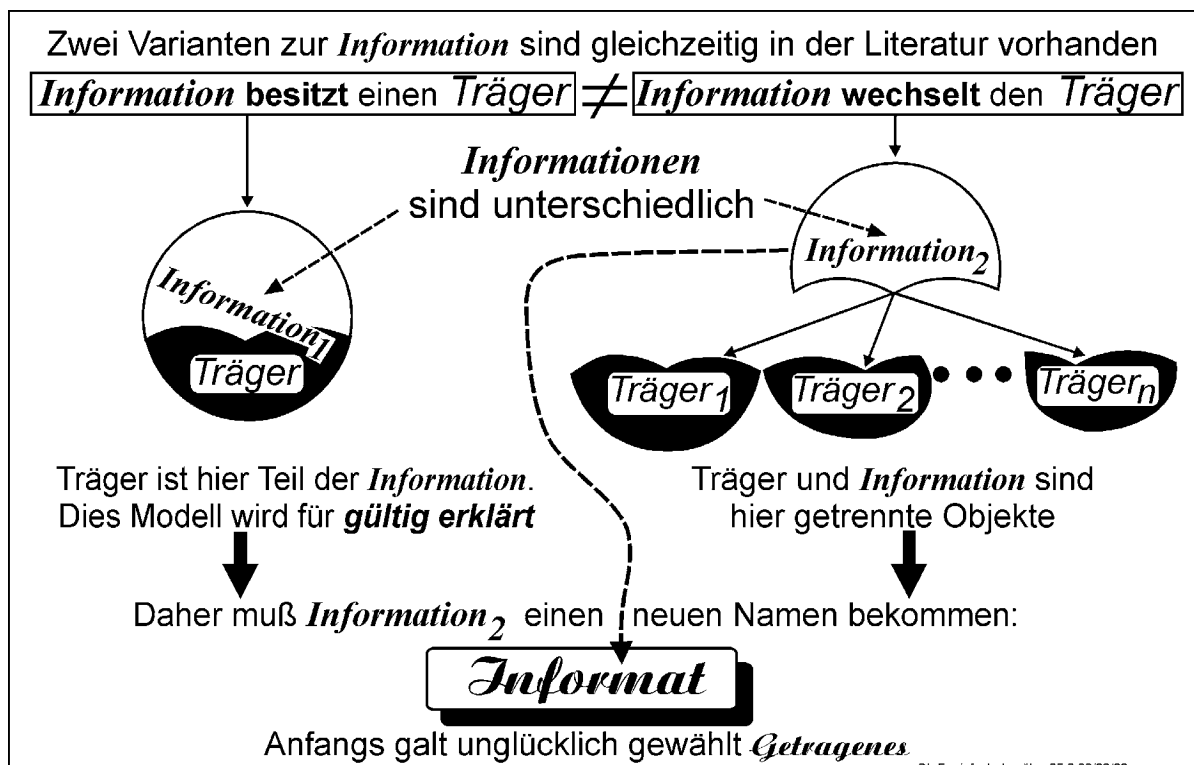
einem System wird eine „**kleine**“ Energie bzw. Stoffmenge zugeführt und löst dort eine **wesentlich größere** Energie bzw.

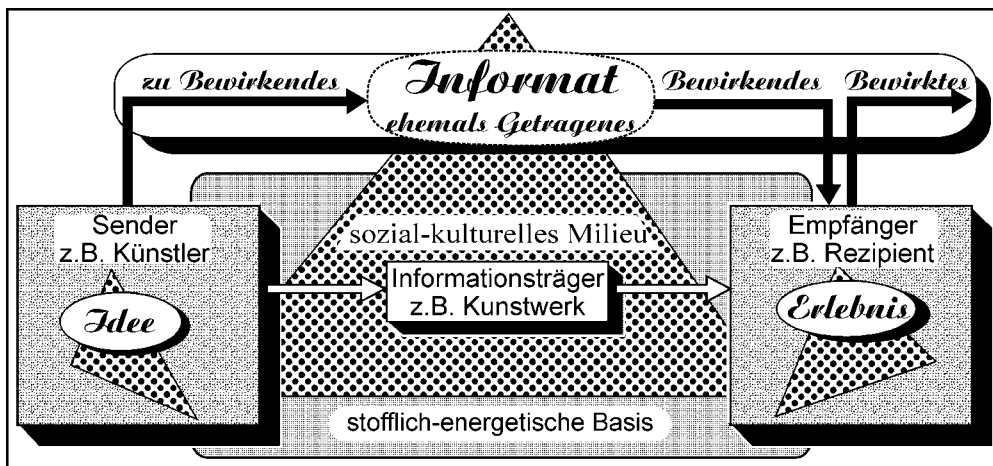
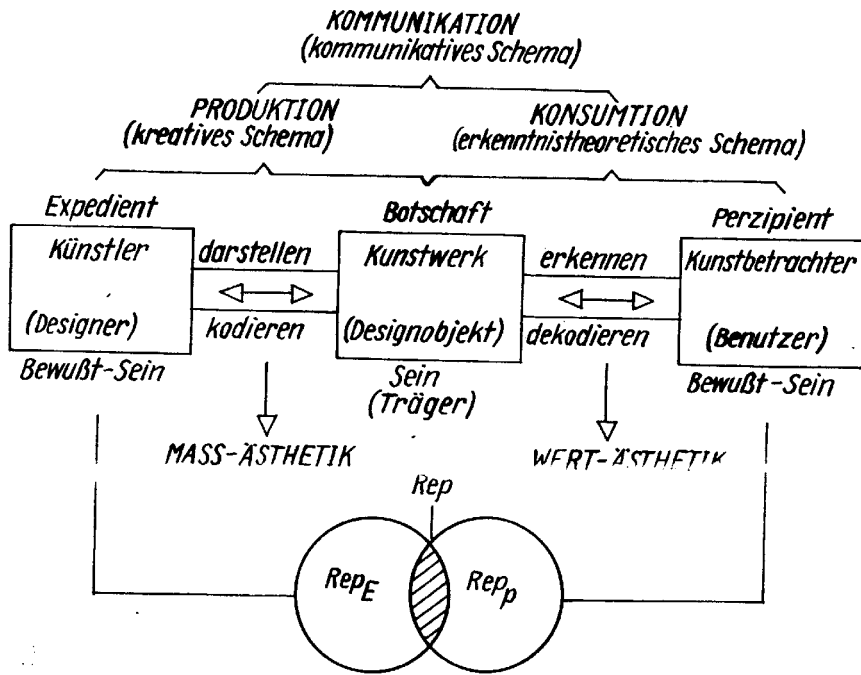
Stoffumwandlung aus. Sie werden aus Ressourcen des Systems gedeckt

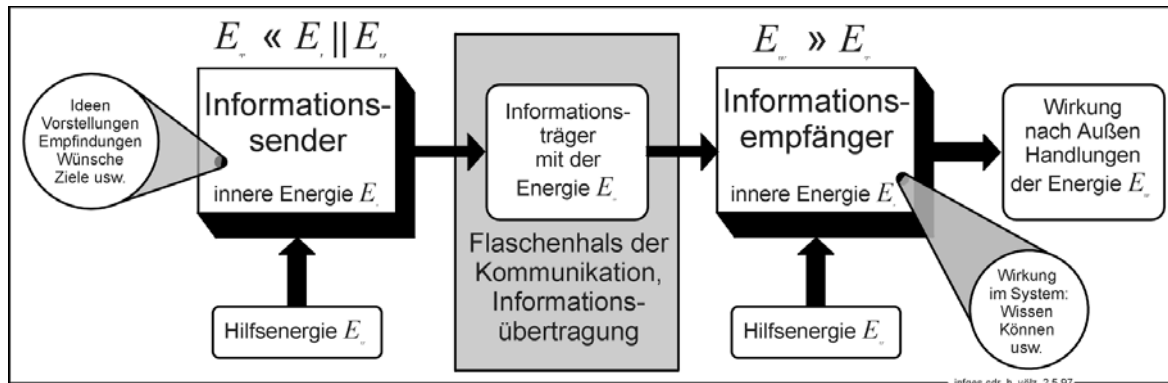
Daher ist Information im Prinzip **ressourcenfrei** und kann beliebig wachsen

Beispiele sind:

- Druck auf einen Klingelknopf löst Atombombe aus
- minimale Mengen eines Katalysators oder Enzyms, die sich oft nicht einmal verbrauchen, lösen gewaltige chemische Reaktionen aus







Information

- verändert Systeme bzw. löst deren **Verhalten** aus
- ihr Inhalt, Sinn bzw. ihre Wirkung hängt daher wesentlich vom jeweiligen **System** ab
- durch das System erhält sie folglich neben der stofflich-energetischen Komponente, dem **Träger** (carrier), einen zusätzlichen Aspekt, der als **Getragenes Informat** (carried) bezeichnet wird
- ihre **Komplexität** (Messung) kann nur aus der Information und noch stärker dem System ermittelt werden
- kann u. a. *gewonnen, erzeugt, gespeichert, verarbeitet und genutzt* werden
- sie existiert primär nur in der **Zeit**, d. h. funktionell.
- *gespeichert* ist Information *nur potentiell vorhanden*, um sie zu benutzen muß wieder ein Zeitablauf erzeugt werden
- Information (genauer Informat) ist *schwer* zu erzeugen/gewinnen, aber *leicht* durch Speichern (genauer des Trägers) zu vervielfachen
- Wegen der leichten Vervielfältigbarkeit kann einmal gespeicherte Information im Prinzip *nicht mehr verloren gehen*
- ist im Prinzip **ressourcenfrei**, kann also beliebig wachsen
- **Messen** liefert spezielle Aspekte der Information (und des Systems). Das **Bit** ist nicht ausreichend für die vielfältigen und komplexen Zusammenhänge
- Information kann *wahr, glaubhaft, wahrscheinlich, irrelevant oder falsch* sein, das gilt außerdem noch verändert in Bezug auf ausgewählte Systeme
- Information ist *additiv*, Wahrscheinlichkeiten sind multiplikativ

Information – Herkunft des Begriffs

Latein: informatio (Substantiv); informare (Verb)

„in“ und „forma“ \Rightarrow einformen; etwas eine Gestalt geben.

entspricht dem deutschen „Bildung“;

Bildung durch Unterricht; Belehrung usw.; Bildung durch erläutern, erklären usw.,

kam 15. bis 16. Jh. in die deutsche Sprache

Der Informator war lange Zeit der Hauslehrer

Begriff fehlt in den Lexika des 10. Jh. vollständig

Speichern – Etymologie

Begriff „Speicher“ \Rightarrow Lateinisch „spica“, deutsch: die Ähre

\Rightarrow Lateinisch „spicarium“, deutsch: etwa Vorratshaus

Deutsch recht früh der Kornspeicher (Gebäude, beachte Silo)

später war Speicher etwa synonym mit Lager/Lagerung für Waren und Gegenstände

neu bei technischen Einrichtungen: wie Warmwasserspeicher, Speicherbecken usw.

Englisch ähnlich: store, bedeutet Vorrats- und Warenhaus

storage, etwa Lager als Raum, Lager für Geld und Lagerung schlechthin

storage battery = Akkumulator (Sammler)

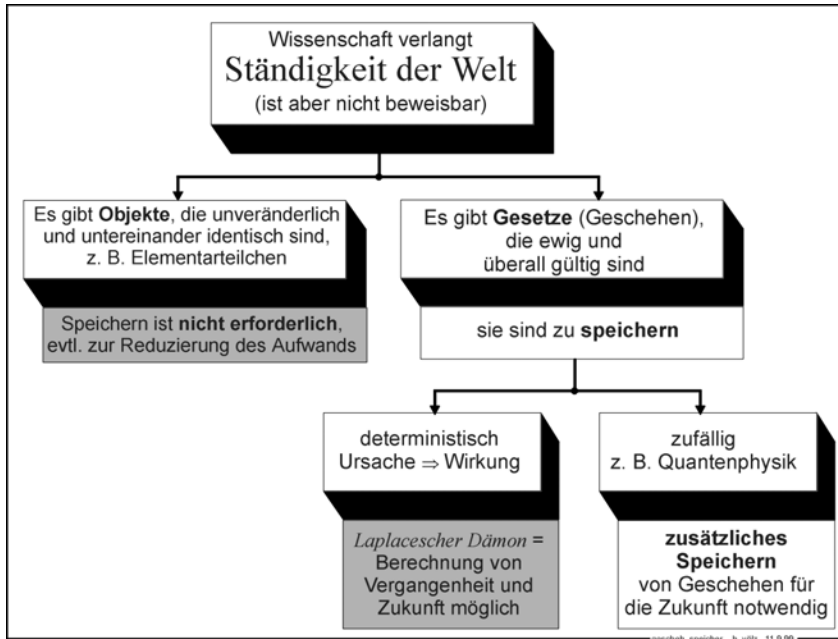
Synonyme etwa: Gedächtnis, memory, record(ing)

weiter gefaßt: Erinnerung, Gedenken, Andenken, Aufzeichnung, Protokoll, Archiv(ierung),

Sammlung, Denkmal, Museum

beachte auch: Kapazität für Kondensator und Spezialist

Informationstechnik bezog den Begriff auch auf Information



Was ist Speichern?

Speichern ist ähnlich **universell und selbstverständlich** wie der Zeitablauf und wird daher meist **nicht** besonders **bemerkt, dennoch**

- Viele **Sitten**, Sagen und Märchen
- **Freud** Psychoanalyse ist Aufklärung der Vergangenheit
- Blutrache, Kraut des Vergessens usw. sind Folgen
- **Münchhausens** Posthornezählung
- Nicht **Werkzeug** gebrauchen kennzeichnet den Menschen, sondern aufbewahren zur Kennzeichnung seines Gebrauchs
- **Systematik** der Speicherung äußerst schwierig (Zeug, Artefakt, Heidegger)

Speichern

- hebt den **Zeitablauf** der Information, der Signale auf
- schafft vom aktuellen Geschehen **Spuren für die Zukunft**
- dazu werden zeitlich **stabile Zustände** erzeugt, die gegenüber **Energie** beständig sind. Hierzu sind geeignet
 - 1) **Quantenzustände**
 - 2) **Energieschwellen** zwischen den Zuständen
- geht daher mit **Irreversibilität** einher
Musterbeispiel ist die magnetische Hysterese

Offensichtlich hinterläßt alles **Weltgeschehen Spuren** in diesem Sinn, z.B.:

- ⇒ Einschlag eines Meteoriten
- ⇒ Sedimente

⇒ Die gesamte Kultur kann als Speicherung des menschlichen Verhaltens aufgefaßt werden, Geschichtsschreibung, Archäologie

ein kriminalistisches Gutachten rekonstruiert Geschehen auf Basis der Spuren
Ohne Speichern (Gedächtnis) gäbe es nichts außer der Gegenwart,
keine Zukunft, keine Vergangenheit

Frage 1: wie hängt **periodisches Geschehen** mit Speichern zusammen?

Ohne Gedächtnis, Speicherung würden wir es nicht merken!
Daher z. T. auch für Speicherung nutzbar

Frage 2: was bedeutet dann die Zeitumkehr der klassischen Physik?

Es müßte alles gespeichert sein!

Gottfried August Bürger (1747 - 1792) **Münchhausen**

5. Geschichte: Abenteuer während der Gefangenschaft bei den Türken

Teil: Er kehrt in seine Heimat zurück.

Ich mußte, weil mein Litauer in der Türkei geblieben war, mit der Post reisen. Als sich nun fügte, daß wir an einen engen hohlen Weg zwischen hohen Dornhecken kamen, so erinnerte ich den Postillion, mit seinem Horne ein Zeichen zu geben, damit wir uns in diesem engen Passe nicht etwa gegen ein anderes entgegenkommendes Fuhrwerk festfahren mochten. Mein Kerl setzte an und blies aus Leibeskräften in das Horn, aber alle seine Bemühungen waren umsonst. Nicht ein einziger Ton kam heraus, welches uns ganz unerklärlich, ja in der Tat für ein rechtes Unglück zu achten war, indem bald eine andere uns entgegenkommende Kutsche auf uns stieß, vor welcher nun schlechterdings nicht vorbeizukommen war. Nichtsdestoweniger sprang ich aus meinem Wagen und spannte zuvörderst die Pferde aus. Hierauf nahm ich den Wagen nebst den vier Rädern und allen Päckereien auf meine Schultern und sprang damit über Ufer und Hecke, ungefähr neun Fuß hoch, welches in Rücksicht auf die Schwere der Kutsche eben keine Kleinigkeit war, auf das Feld hinüber. Durch einen andern Rücksprung gelangte ich, die fremde Kutsche vorüber, wieder in den Weg. Darauf eilte ich zurück zu unsern Pferden, nahm unter jeden Arm eins und holte sie auf die vorige Art, nämlich durch einen zweimaligen Sprung hinüber und herüber, gleichfalls herbei, ließ wieder anspannen und gelangte glücklich am Ende der Station zur Herberge. Noch hätte ich anführen sollen, daß eins von den Pferden, welches sehr mutig und nicht über vier Jahre alt war, ziemlichen Unfug machen wollte. Denn als ich meinen zweiten Sprung über die Hecke tat, so verriet es durch sein Schnauben und Trampeln ein großes Mißbehagen an dieser heftigen Bewegung. Dies verwehrte ich ihm aber gar bald, indem ich seine Hinterbeine in meine Rocktasche steckte. In der Herberge erholten wir uns wieder von unserm Abenteuer. Der Postillion hängt sein Horn an einen Nagel beim Küchenfeuer, und ich setzte mich ihm gegenüber. Nun hört, ihr Herren, was geschah! Auf einmal gings: Tereng! tereng! teng! teng! Wir machten große Augen und fanden nun auf einmal die Ursache aus, warum der Postillion sein Horn nicht hatte blasen können. Die Töne waren in dem Horne festgefroren und kamen nun, so wie sie nach und nach auftaueten, hell und klar zu nicht geringer Ehre des Fuhrmanns heraus. Denn die ehrliche Haut unterhielt uns nun eine ziemliche Zeitlang mit der herrlichsten Modulation, ohne den Mund an das Horn zu bringen. Da hörten wir den preußischen Marsch - Ohne Lieb und ohne Wein - Als ich auf meiner Bleiche - Gestern abend war Vetter Michel da - nebst noch vielen andern Stückchen, auch sogar das Abendlied: Nun ruhen alle Wälder. - Mit diesem letzten endigte sich denn dieser Tauspaß, so wie ich hiermit meine russische Reisegeschichte.

Speichern ist **fundamental**, u.a. ohne Speichern **gäbe es nicht**

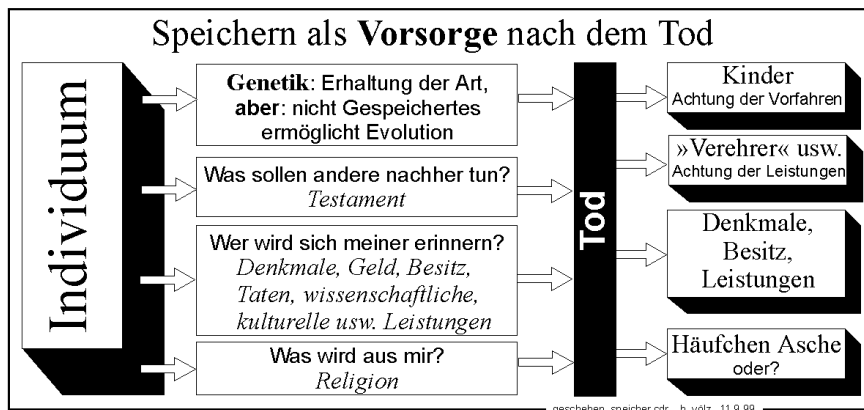
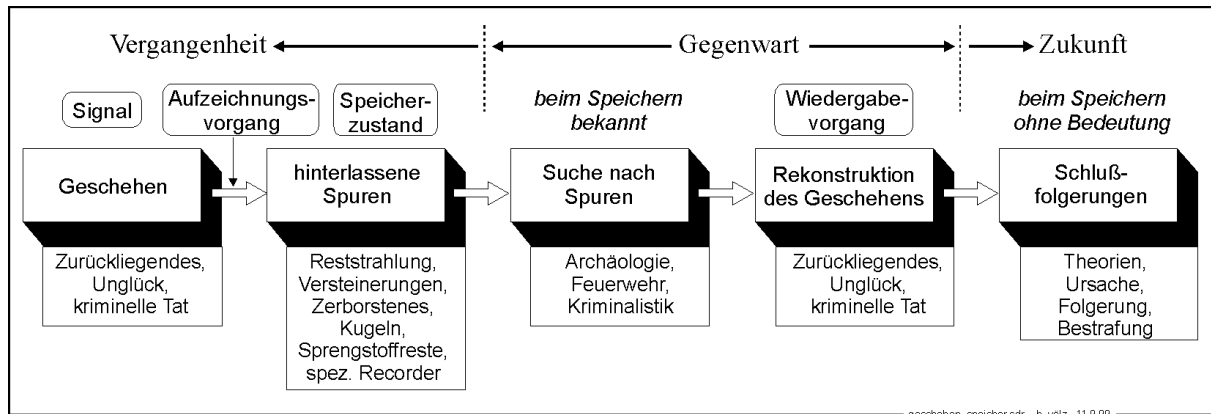
- die **Welt**, so wie sie ist, sich uns darstellt
- **Zukunft und Vergangenheit**, sondern nur Gegenwart
- **Lebewesen**, Genetik dient Erhaltung der Art
- **Gedächtnis**; was ist ein Mensch, der sein Gedächtnis verlor?
- **uns**, wir könnten andere und uns selbst nicht wiedererkennen
- **Tabus**, Verhaltensregeln, Sitten und Gebräuche, Gesetze
- also grundlegendes **Bedürfnis** des Menschen

Dennoch ist Speichern **nicht total**

- vieles **vergeht** wie Schall und Rauch
- von unserer **leiblichen Hülle** bleibt vielleicht nur – und das auch nicht für ewig – ein Häufchen Asche und eine Grabinschrift
- Jede noch so gute **Photographie** ist kein detailgetreues Abbild, sondern bestenfalls ein aufs Bildliche begrenzter, räumlich-zeitlicher Ausschnitt
- gilt analog für **Ton- und Filmaufnahmen**

Technische Speicherung soll und will solche Grenzen überwinden
Perfektion wird jedoch nicht erreichbar sein, es wird u.a. immer geben

- technische **Grenzen**, machen immer eine „verlustbehaftete Kompression“ erforderlich
- zumindest bezüglich der Privatsphäre ist **Datenschutz** notwendig
- **Urheberrechte**, wegen geringe Kreativität und ökonomischen Konsequenzen: 50er Jahre Tonbandstreit, dann Bürokopie, heute MP3 und Bilder



Etappen der Geschichte der Speicherung

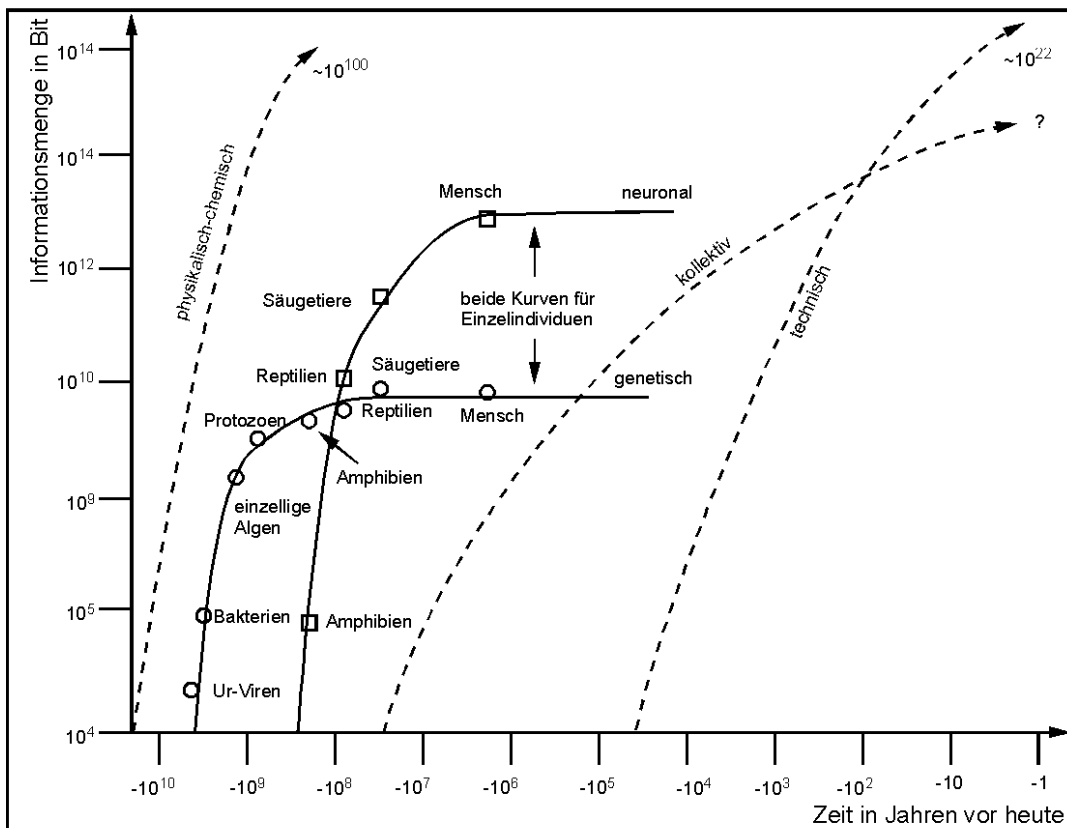
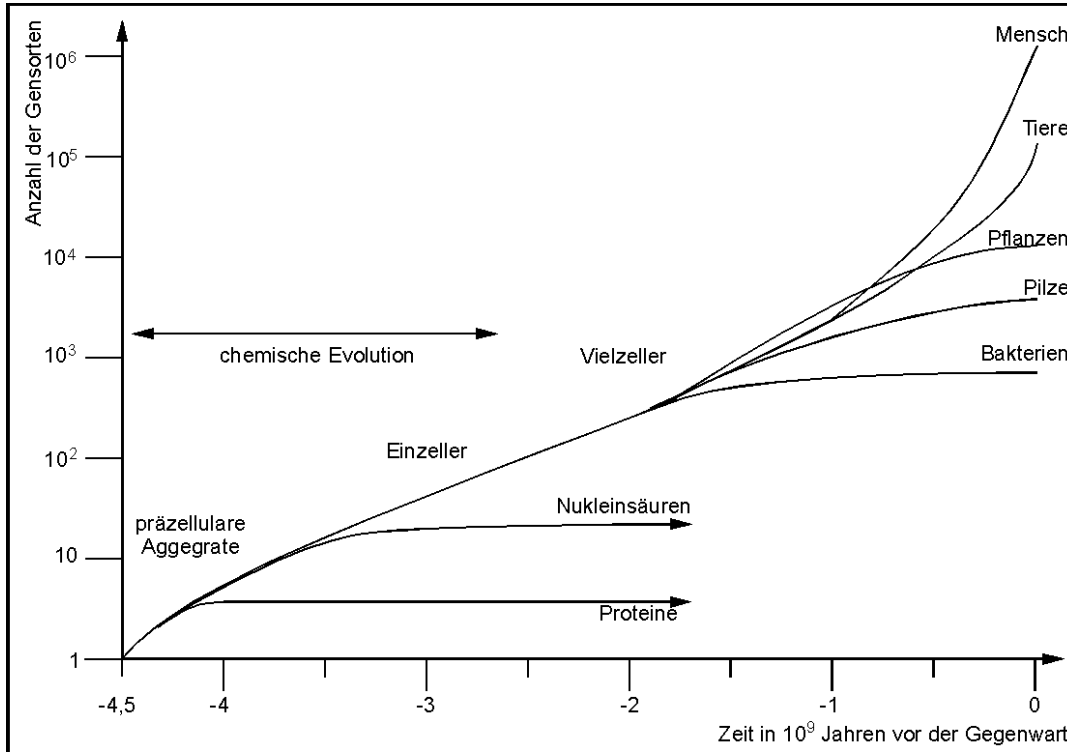
Art	Wo fixiert	Zweck	Alter
physikalisch-chemisch	Materie und/oder Felder	?	$1,5 \cdot 10^{10}$
genetisch	DNS-Sequenzen (in den Chromosomen)	Erhaltung der Art und des individuellen Lebens	$3 \cdot 10^9$
egotrop	Knochenmark bzw. unbekannt	Unterscheidung von ich und fremd	ca. 10^9
neuronal	verteilt über viele Neuronen, (Synapsen)	anpassendes Verhalten, Lernen	$5 \cdot 10^8$
kollektiv	verteilt über viele Individuen	gemeinsame Tätigkeit / Arbeit	$5 \cdot 10^7$
technisch	Speichermaterialien	langer Erhalt außerhalb des Menschen	$5 \cdot 10^4$

Speichern in der Natur

Für uns entspricht es einem Rückblick in die Vergangenheit. Dafür sind zwei Hauptwege mit vielen Unterpunkten zu unterscheiden. Beide ergänzen sich außerdem gegenseitig:

- einiges bleibt über ein hinreichend lange Zeit im wesentlichen unverändert, beständig
 - Sedimente, chemische Ablagerungen, Schichten am Meeresboden, im Gestein, in Pflanzen, Tiere usw.
 - Bauten, Ruinen, Reste von Kultur usw., die noch erhalten, versandet oder andersartig geschützt überdauert haben
 - Schriften und Bilder in | auf Stein, auf Papyrus usw., die eventuell aber erst entziffert werden müssen
 - Mumien, Kadaver im Moor, im Eis usw.
- es sind gesetzmäßige Prozesse bekannt, die aus Vorhandenem (Überbleibsel, Reste) eine Rekonstruktion zur Vergangenheit ermöglichen
 - Reststrahlung als Rudiment vom Urknall

- Verzögerungen infolge von Laufzeit, z.B. der Lichtgeschwindigkeit
- Auswirkungen von Katastrophen, wie Meteoriten (Krater), Vulkanausbrüche, Überschwemmungen, Erdbeben usw.
- Auswirkungen der Evolution und Erosion, Quervergleiche
- Möglichkeiten der Datierung, z.B. Carbonmethode
- Absonderungen von Lebewesen, spezielle chemische Reaktionen, Versteinerungen, Baumringe, Skelette usw.



gensorte.cdr h. vözl 25.12.93

Immunsysteme

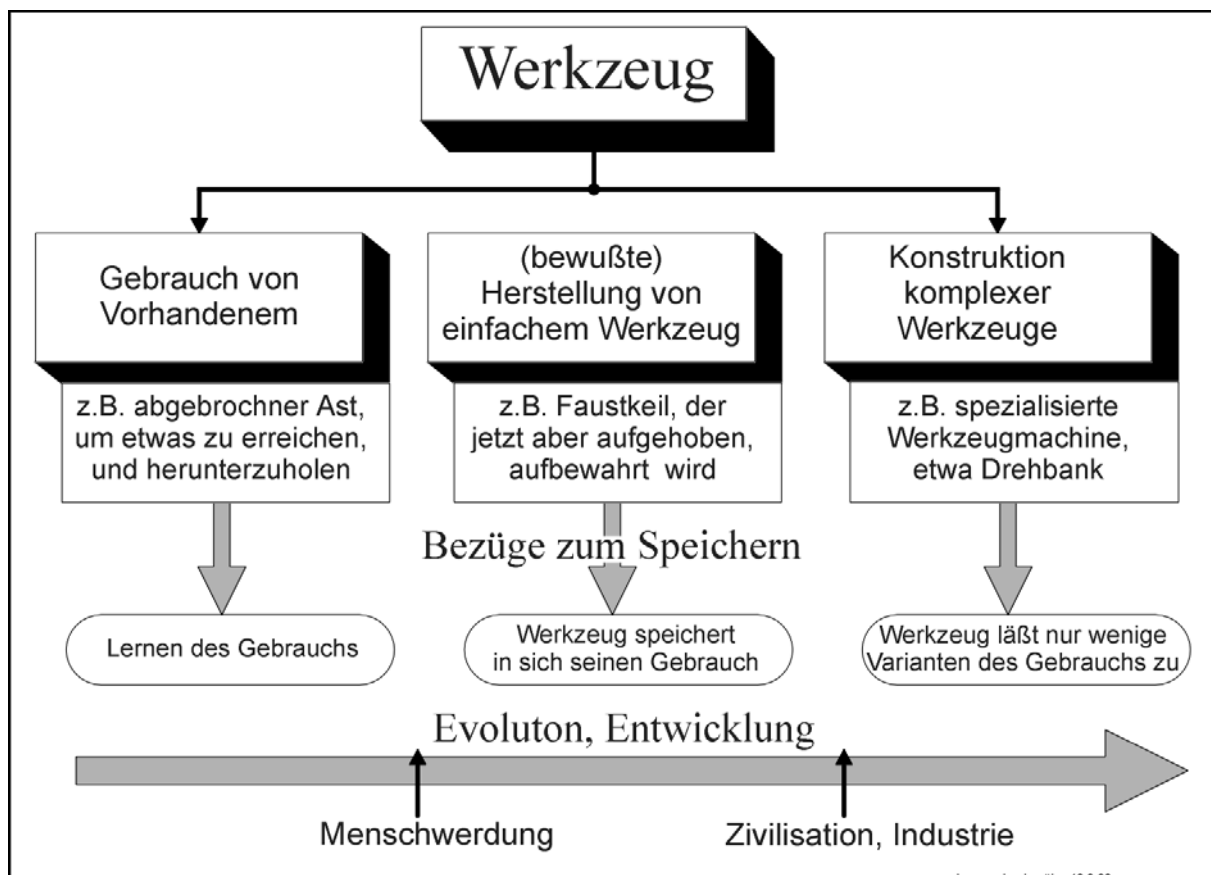
Tweel, J.G. van der: Immunbiologie Spektrum der Wissenschaft

Alle Organismen des Tierreichs haben Strategien entwickelt, um körperfremde, oftmals lebensbedrohende Substanzen von ihrem inneren Milieu fernzuhalten. Zur Erkennung und Vernichtung von „nicht körpereigenen“ sind **zahlreiche Lösungen** entworfen worden. Das Spektrum reicht von den Amöben (potentielle Feinde werden einfach verschlungen und verdaut) bis zu den Säugetieren (spezialisierte Gewebe und Zellen, die komplizierte zusammenarbeiten).

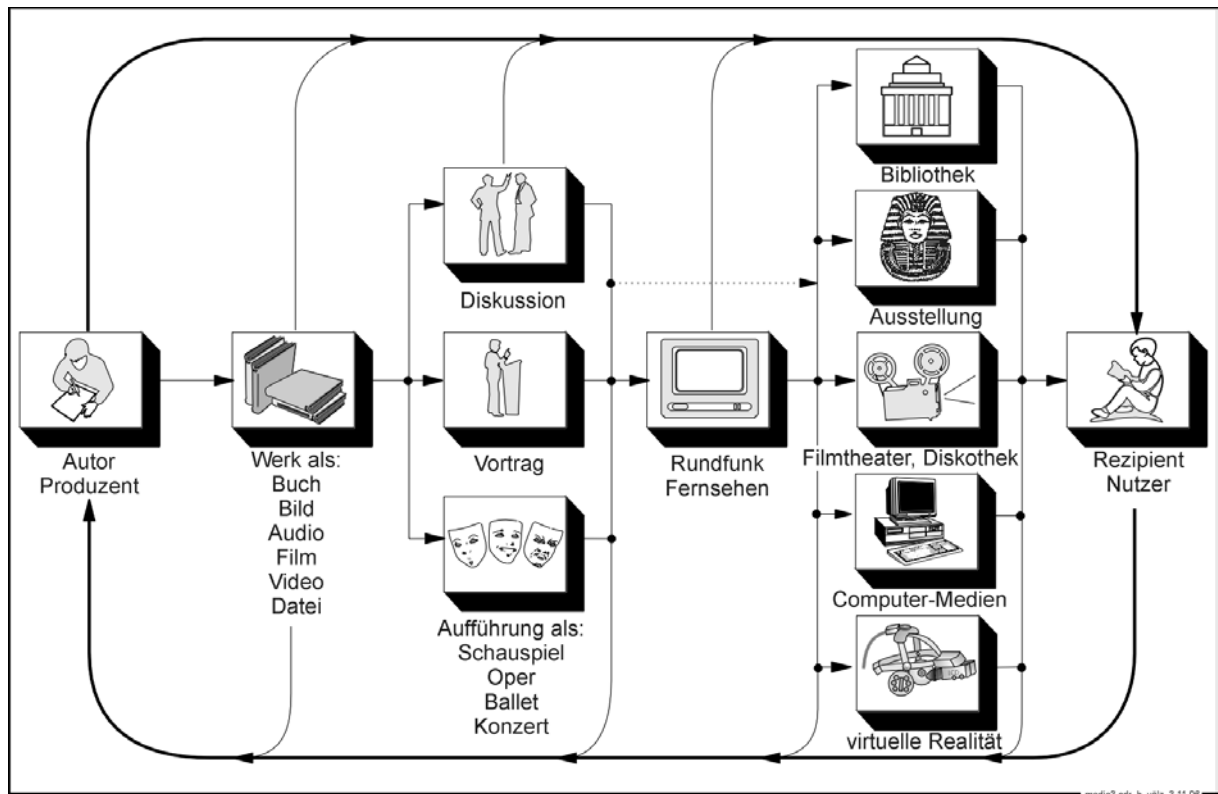
Zelluläre Immunität ist im Tierreich früh entstanden, schon bei Einzellern (Protozoen) vorhanden, fremdes Plasma wird vernichtet bzw. Gewebe abgestoßen. Amöben können ihr eigenes Cytoplasma von fremdem Material unterscheiden. Weiterentwickelt von den Phagozyten bzw. weißen Blutkörperchen. Bei zu großen Teilen erfolgt zunächst eine Einkapselung. Bei den Wirbellosen fördern humorale Stoffe (Opsonine) die Erkennung körperfremder Substanzen durch die Amöbocyten. Bei den Mehrzellern erfolgt Entwicklung z. T. bis hin zur Nahrungsaufnahme und Zellabstoßung. Schon bei den Polypen, Korallen und noch stärker bei den Ringelwürmern und Weichtieren entwickelt sich ein gewisses Gedächtnis für Fremdes. Es wird im wiederholten Falle schneller abgestoßen. Schmetterlinge scheinen wegen ihres kurzen Lebens keine Immunität zu besitzen.

Humorale Immunität beruht u.a. auf speziell gebildete Antikörper mit dem zugehörigen spezifischen Gedächtnis. Es ermöglicht bei neuen Fällen schnellere Reaktionen. Es tritt wohl erst bei den (kieferlosen) Fischen auf. Bei den Wirbeltieren entwickelt sich hieraus das System mit den Immunglobulinen zur Erkennung der Antigene (Fremdstoffe).

Immunität wird meist erst bei ihrem **Fehlverhalten** erkannt: AIDS, Autoimmunität, Allergien, Organabstoßung usw.



Jahr	Techniken	Abstand Jahre
1450	Buchdruck	
1830	Photographie	380
1900	Lochkarte, Schallplatte	70
1950	elektronische Medien	50
1985	optoelektronische Medien	35
2010	???	25



Leistungen der Informationstheorie der Nachrichtenübertragung

- **Beschreibend**
Einteilung Quelle; Kanal, Störung, Empfänger; Universalisierung dieses Schemas:
Quelle = Output: System = Input+Output
- **Analytisch-meßtechnisch**
Berechnung einer Quelle: Entropie; Durchlaßfähigkeit eines Kanals: Kapazität
- **Konstruktiv**
Modulation und Codierung der Signale;
a) Redundanz der Quelle;
b) Anpassung Kanal <-> Quelle
- **Mittelbar zur Theorie gehörend**
Erfassung von Fehlern; Fehlererkennung; Fehlerkorrektur; Distortionstheorie; Kryptographie
- **Was die Theorie nicht leisten kann**
Aussagen und Berücksichtigung von Inhalt
auch syntaktisch z.B. Bilder
mehr noch Semantik/Pragmatik

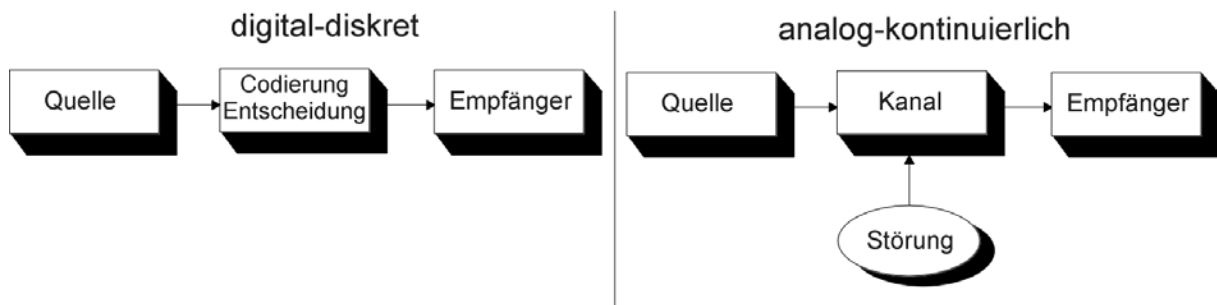
Claude Elwood **Shannon**

* 30.04.1916
 1936 - 1938 Magister (PhD)
 1940 Dissertation „Algebra für theoretische Genetik“
 (Grundlagen der Booleschen Algebra)
 1941 Fellow of the IAS, Princeton
 1940 - 1945 Grundlagen zur **Kryptographie** (Geheimhaltung USA)
 1941 - 1972 Mathematics Department der Bell-Laboratorien
1948 **Mathematical Theory of Communication Informationstheorie**
 1958 Professor am MIT (Massachusetts Institute of Technology)
 1960 ca. Shannon Maus
 † 24.2.2001

Literaturauswahl

A Mathematical Theory of Communication. Bell System Technical J. 27 (Juli 1948) 379ff., 623ff.
Communication in the Presence of Noise. Proc. IRE 37 (1949) pp. 10 - 20,
 (eingereicht am 24.3.1940, Jahreszahl 1940 wahrscheinlich Druckfehler im Original!)
Prediction and Entropie of printed English Bell Sys. Techn. J. 30 (1951) 1, 50f
Mathematische Grundlagen der Informationstheorie. R. Oldenbourg, München - Wien, 1976 (Übersetzung von
 Mathem. Theory,
 Weaver sollte nicht erwähnt werden, da völlig unwissenschaftlich u.z. T. sogar falsch)

Shannon-Kanäle



Raten von Kartenklassen als Beispiel für Codierung

Skatblatt als Zufallsgenerator

4 Klassen bilden:

Z	Zahl	7,8,9,10	50%
M	Männlich	Bube, König	25%
W	Weiblich	Dame	12,5%
A	Aß	Aß	12,5%

Theorie sagt (siehe unten) 1,75 Ja/Nein-Fragen im Mittel notwendig
 Diese theoretische Aussage ist die **Entropie**.

Spielablauf

häufig wiederholt: Mischen: Karte ziehen, nicht zeigen
 Über mit Ja/Nein beantwortbare Farben Klasse erraten

Ziel:

mit möglichst wenig Fragen möglichst viele Karten im statischen Mittel finden
 Notwendigkeit eine Spielstrategie finden und anwenden

Bezüge zur Informationstheorie

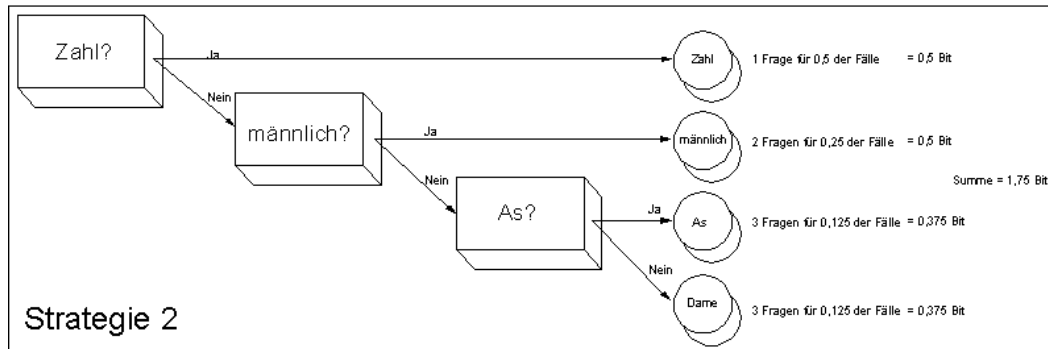
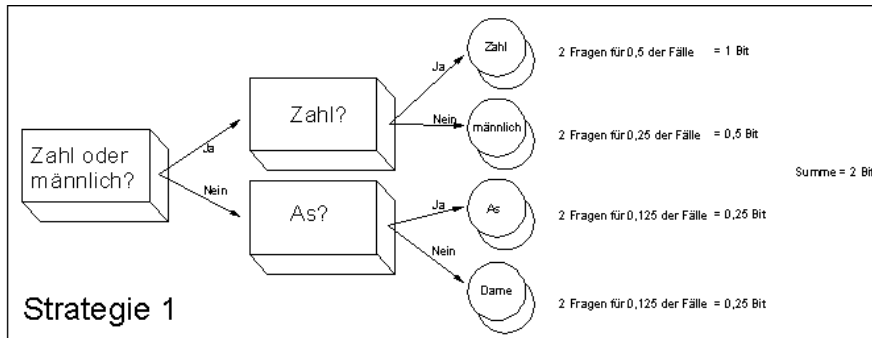
Kartenauswahl <-> Signalquelle

Raten <-> Signalerkennung

Strategie <-> Codebaum

Spiel veranschaulicht

BIT ist eine Ja/Nein-Frage = beseitigte Unsicherheit = 1,75 Bit/Karte als Entropie



Zur Ableitung der Entropie-Formel Es werden unterschieden:

binäre Speicherplätze, Symbol-Bit, Signal-Längen	Anzahl der genutzten Zeichen möglichen Zustände, Symbol-Realisierungen, konkrete Signale
$n = \text{ld}(m)$	$m = 2^n$
♦ s1	0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1
♦ s2	0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1
♦ s3	0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1
♦ s4	0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1

Aus der Geschichte (vor Shannon) ist bekannt,

- daß eine **Informationsmenge**, den Speicherplätzen, ... entspricht und
- daß die konkreten Signale nur die **Erscheinungen** dieser Information sind.

Da aber die m Erscheinungen, Zeichen wahrgenommen werden, gilt

$$n = \text{ld}(m).$$

als Informationsmenge je Symbol auf. Sie wird im folgenden Entropie H genannt

Nun treten in der Regel aber die erscheinenden Signale mit

unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten p_1 bis p_m auf.

Zur Vereinfachung werde zunächst Gleichwahrscheinlichkeit angenommen. Dann gilt

$$p_i = 1/m \quad \text{und} \quad H = -m \cdot p_i \cdot \text{ld}(p_i).$$

Für die unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten gilt entsprechend:

$$H = - \sum_{i=1}^m p_i \cdot \text{ld}(p_i).$$

- Das p_i entspricht einer Wahrscheinlichkeits-Bewertung der einzelnen Signale,
- das $\text{ld}(p_i)$ übersetzt ihr Auftreten in die „internen“ Zustände und
- die Summe bildet den Mittelwert über alle möglichen Zeichen.

Entropieformel von Shannon Voraussetzungen und Möglichkeiten

- es gibt ein genau definiertes Alphabet aus n Symbolen
sie dürfen dann nicht mehr geändert werden
- jedes Symbol tritt mit einer festen Wahrscheinlichkeit p_i auf

Bemerkungen

Wahrscheinlichkeit gilt *a priori*
meist physikalisch bedingt,
z. B. Würfel, Urne, Kartenspiel, Quantentheorie

Ergodensatz ermöglicht u.a.
zeitliche und parallele Ereignisse gleichermaßen zu betrachten

Häufigkeit ist *a posteriori* bestimmte Wahrscheinlichkeit
z. B. durch Abzählen
wichtig sind repräsentative Stichproben
Grenzwertsatz beachten

angenommene **Gleichverteilung** führt zu
einem Maximum der Entropie und kann
daher zur Bestimmung einer *Obergrenze*
genutzt werden

anvend_entropie.cdr h. vözl 30.11.98