

Vorlesungsmaterial
von
Prof. Dr. Horst Völz

Was ist Speichern

Dieses Material beruht auf dem Buch

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

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

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

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

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

Dieses Material wurde von aes.cs.tu-berlin.de/völz heruntergeladen
Email: [hvoelz\(at\).fpk.cs.tu-berlin.de](mailto:hvoelz(at).fpk.cs.tu-berlin.de) bzw. [h.voelz\(at\)infocity.de](mailto:h.voelz(at)infocity.de)
Prof. Dr. Horst Völz, Koppenstr. 59, 10243 Berlin, Tel./Fax 030 296 31 07

Was ist Speichern?

Speichern – Etymologie

Begriff „Speicher“ von *Lateinisch spica*, die Ähre, *spicarium* Vorratshaus

Deutsch recht früh der Kornspeicher (Gebäude)

später war Speicher etwa synonym mit Lager/Lagerung für Waren und Gegenstände
neu bei technischen Einrichtungen: wie Warmwasserspeicher, Speicherbecken usw.
erst ab den 50er Jahren mit der **Informationstechnik** auch Information-, Daten-Speicher
verwandte Begriffe sind Andenken, Archiv(ierung), Aufzeichnung, Denkmal, Erinnerung, Gedächtnis, Gedenken, Museum, Protokoll, Sammlung,

Englisch: store als Vorrats- und Warenhaus, storage etwa Lager als Raum für Geld und Lagerung

storage battery = Akkumulator (Sammeler), storehouse, warehouse

verwandte Begriffe: amnesia, attic, cache, elevator, granary, lethe, loft, mem, memory, mention, mind, mnemonic, pantheon, recollection, record(ing), register, reminder, reservoir, retrospection, stockpile

Französisch: commémorative, entrepôts, grenier, mémoire, rappel, réminiscence, silos, souvenir

Italienisch: accumulare, deposito, memoria, memorizzare, reminiscenza, ricordo, rievocazione, rimessa, soffitti und

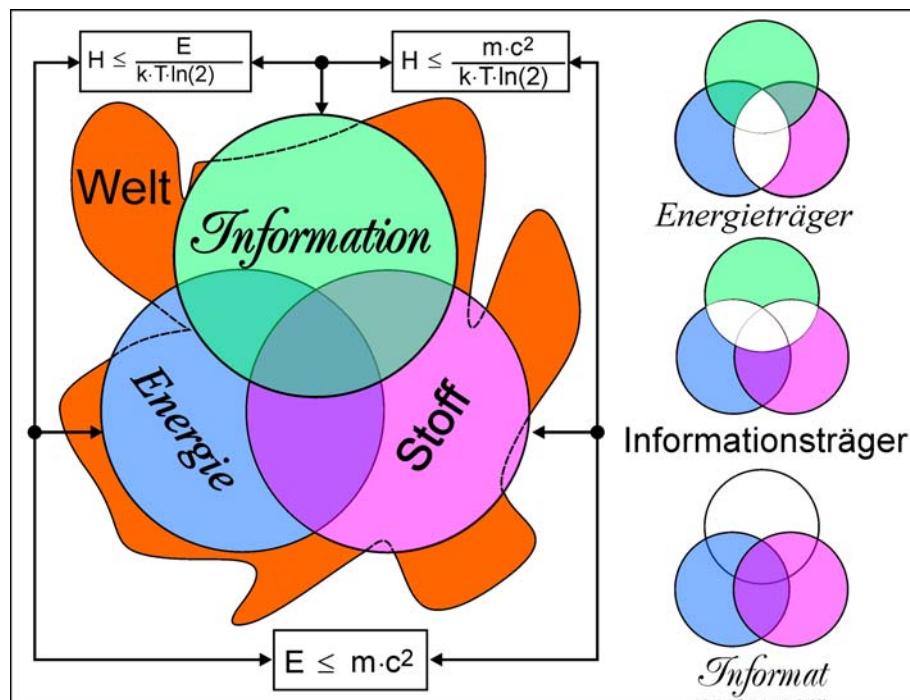
Spanisch: acuerdo, conmemoración, desván, evocación, memoria, memorias, recordatorio, recuerdo, rememoración, reminiscencia, retentiva.

Evtl. **Griechisch** und **Latein** noch ergänzen

Gespeichert werden kann (u.a.)

1. **Stoff**, Material, Waren, Lebensmittel u.a.; im Getreidespeicher, Materiallager, Gebäude, Raum oder Behältnis
2. **Energie**, u.a. Feder, Schwungrad, elektrochemische Batterie, Treibstofftank für Benzin, Öl usw.
3. **Information** in zwei Varianten, als
Zustände, wie Daten, Fakten, Texte, Bilder → beständig in der Zeit
Abläufe, wie Schall, Video, Prozesse, Geschehen → zeitlich veränderlich

Zur Vereinfachung wird im Folgenden als Oberbegriff „**Etwas**“ verwendet

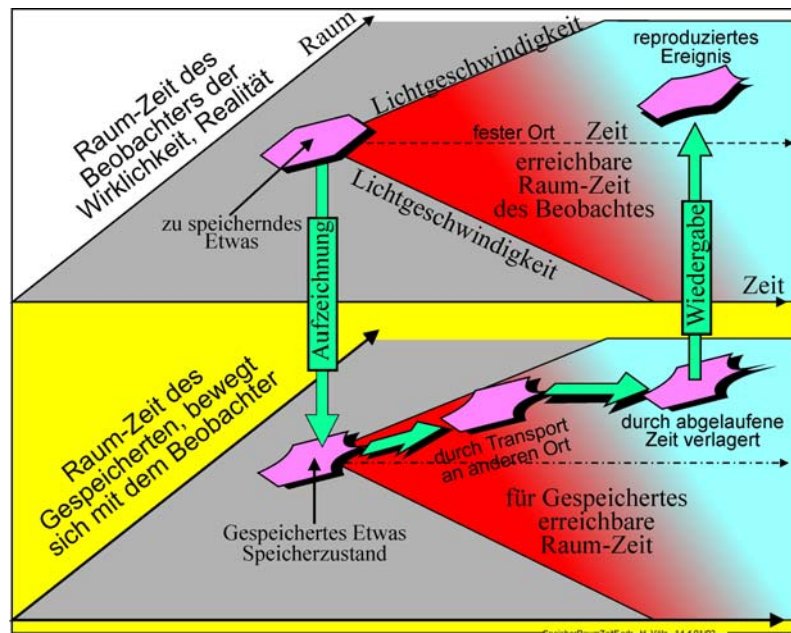


Erste Erklärung

Betont pragmatisch ausgelegt

- Ein „**Etwas**“ wird in der **Gegenwart** gespeichert, um es in der **Zukunft** und z. T. auch **anderweitig** verfügbar zu haben
- Durch das Etwas steht die Vergangenheit dann unabänderlich fest
- Mit der Benutzung des gespeicherten Etwas, sind aktuell Aussagen über die **Vergangenheit** möglich
Gilt u.a. für Geschichte, Museum, Geologie, Kosmologie, Archäologie und Kriminalistik

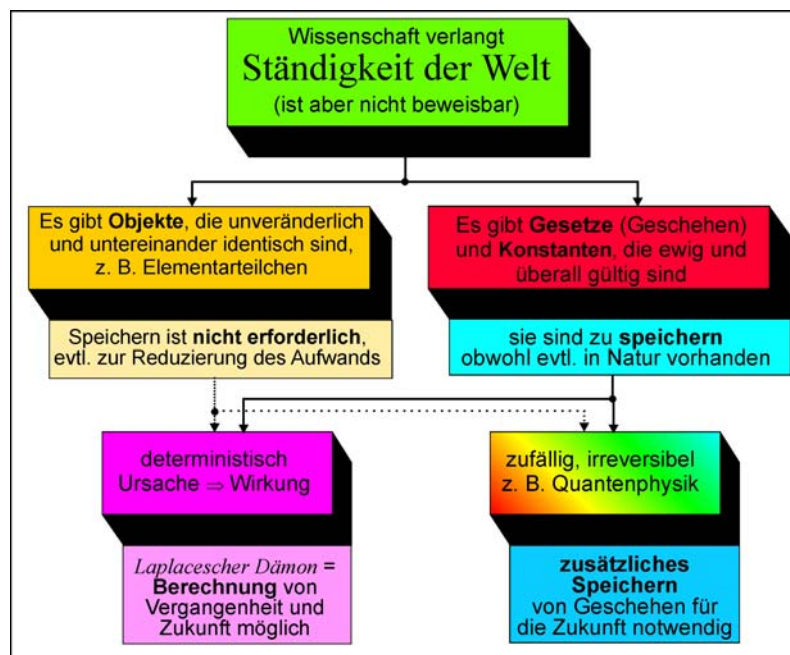
Eine Reise mit einer **Zeitmaschine**, wie bei HERBERT GEORGE WELLS, (1866 – 1946) von 1895 wäre natürlich viel „schöner“
Doch auch das setzt voraus, dass Vergangenheit (und Zukunft) existieren, also vorhanden = gespeichert sind



Dreierlei erforderlich

1. Ein **gerichteter Zeitablauf**, der aber *nicht aus den Naturgesetzen folgt* (Zeitpfeil)
Er ist aber erfahrungsgemäß (anschaulich) weit ausgeprägt vorhanden. Es gibt sogar mehrere Zeitpfeile
Dennoch, selbst ALBERT EINSTEIN (1879 - 1955) behauptete für die physikalische Zeit:
„Der Unterschied zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft ist für uns Wissenschaftler eine Illusion, wenn auch eine hartnäckige.“
2. Eine zeitliche **Veränderung der Welt**, sonst wäre nämlich Speicherung überflüssig
Doch für jede Wissenschaft ist (**Be-**) **Ständigkeit** eine entscheidende Voraussetzung
Typisch sind **ewige Gesetze** mit dazu gehörenden **Konstanten** und **Teilchen**
3. Eigentlich müssen sogar **irreversible Veränderungen**, u.a. als **Werden** und **Vergehen** auftreten, denn nur sie hinterlassen für eine Speicherung beständige Fakten
Alle Gesetze der klassischen Physik sind jedoch bezüglich der Zeit voll umkehrbar (reversibel)
Sie bleiben auch dann voll gültig, wenn t durch $-t$ ersetzt wird
Gäbe es nur sie, wäre keine Speicherung, kein Gedächtnis möglich!
*Lateinisch **ir-** un-, nicht + **vertere** kehren, wenden, drehen, **revertere** umkehren, zurückkehren, sich wenden an*

Ausnahmen zu den Schwierigkeiten bei 1. bis 3. gibt es nur **statistisch** in der **Thermodynamik** und **Quantenphysik** (s.u.)
Sie sind daher zumindest theoretisch für die Speicherung wichtig



Speichern ist fundamental

Es ist ähnlich selbstverständlich wie Raum und Zeit und wird daher oft nicht bemerkt oder berücksichtigt
Vieles gäbe es jedoch ohne Speichern nicht

- Kein Vergleich mit der Vergangenheit, daher **keine Entwicklung, Evolution** vorstellbar, vielleicht sogar unmöglich
- Keine Genetik möglich, damit keine Lebewesen, sowohl bezüglich der Erhaltung des individuellen Lebens als der Art
- Ein Mensch, der sein **Gedächtnis** verlor, lebt nur in der Gegenwart, weiß nichts von der Vergangenheit und kann daher auch nichts von einer Zukunft wissen oder gar planen
- Wir könnten weder andere wiedererkennen, noch uns selbst erkennen, Es gäbe kein Ich und Wir (FREUD)
- Undenkbar oder gar unmöglich wären Tabus, Verhaltensregeln, Sitten, Gebräuche und Gesetze
- Speichern ist folglich ein tiefes menschliches Bedürfnis

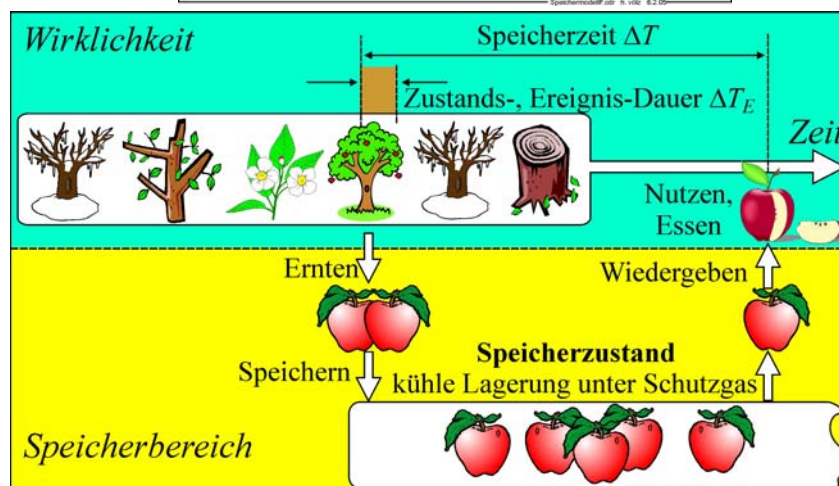
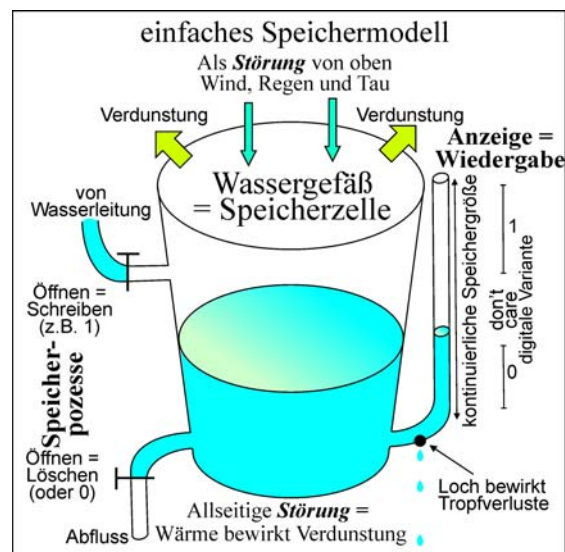
Dennoch ist Speichern nicht total

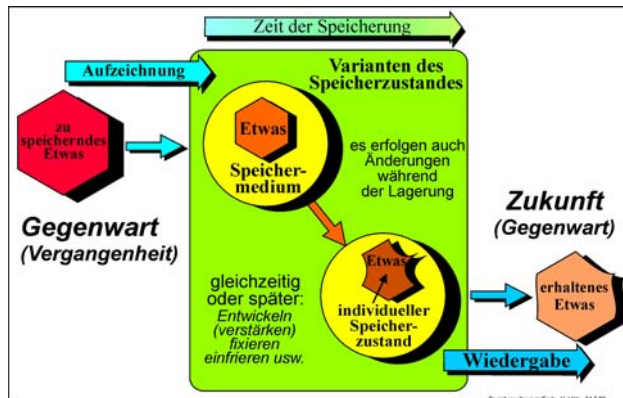
- Vieles **vergeht** einfach wie Schall und Rauch
- Von **uns** (leibliche Hülle) bleibt vielleicht nur – und das auch nicht für ewig – ein Häufchen Asche und eine Grabinschrift zurück
- Jede noch so gute **Photographie** ist kein detailgetreues Abbild, sondern bestenfalls ein aufs Bildliche begrenzter, räumlich-zeitlicher Ausschnitt der Wirklichkeit
- Analoges gilt für **Ton- und Filmaufnahmen**

Technische Speicherung soll und will viele Grenzen überwinden

Jedoch eine Perfektion kann nicht erreichbar werden, es wird u.a. immer geben

- Technische **Grenzen**, machen immer eine „verlustbehaftete Kompression“ erforderlich
- Zumindest bezüglich der Privatsphäre ist **Datenschutz**, teilweise auch **Geheimhaltung** notwendig
- Wegen geringer Kreativität und ökonomischer Konsequenzen sind **Urheberrechte** zu berücksichtigen, z. B. 20er Jahre Schallplattenverbot für Rundfunk, 50er Jahre Tonbandstreit, seit etwa 10 Jahren Kopier-Einschränkungen





Zwei Folgerungen

1. Speichern ist ein mehrstufiger Prozess

Er bildet das „Etwas“ der Gegenwart auf beständige **Zustände** (s.u.) ab, die dann wiedergegeben werden können

Beispiel	Aufzeichnung	Stabilisieren	Speicherzustand	Wiedergabe
Klassische Fotografie	Belichtung, Spaltung von AgBr	Entwickeln, Fixieren, Wässern	Silber- oder Farbbild	Papierbild DIA-Projektion
Elektronische Fotografie	elektrische Ladung der CCD-Zellen	Verstärkung und Umwandlung in Strom	Werte im Flash-Speicher	Wandlung in elektrische Signale

2. Der Speicher-Zustand ist ein (das) wesentliches Grundelement der Speicherung

Eine Speicherung setzt sich vorwiegend aus **mehreren Speicherzuständen** zusammen

Jeder Speicherzustand darf (eigentlich) **keine Zeitabhängigkeit** besitzen

Er muss also von einem **einzigsten (diskreten) Zeitpunkt** aus dem **kontinuierlich** anzunehmenden Zeitablauf stammen

Auch beim „Wert“ (Energie, Amplitude usw.) des Originals und Speicherzustandes sind kontinuierlich und diskret möglich

Das „**Bit**“ ist für die Speicherung der elementare (diskrete) Baustein mit nur zwei Werten 0/1

Rückrechnung statt Speicherung

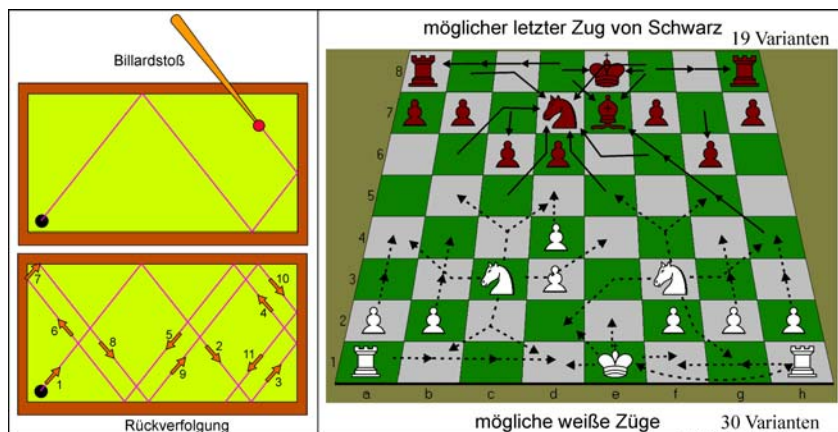
Daten und Gesetze ermöglichen uns Vorhersagen über die Zukunft zumachen

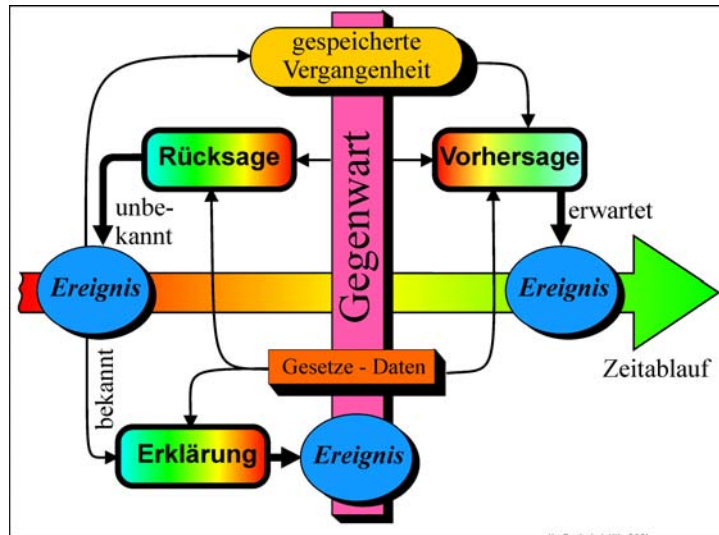
Formal sollte dies auch ähnlich für die Vergangenheit möglich sein

Gäbe es den LAPLACE-Dämon, so wäre das automatisch mit Daten aus der Gegenwart erfüllt, doch dafür wäre notwendig

Wenn die Welt	und wenn wir	dann wäre
- Deterministisch wäre - nur wechselwirkende Teilchen enthielte - die Newtonschen Bewegungsgleichungen uneingeschränkt gültig wären	- alle Naturgesetze kennen würden - alle Rand- und Anfangsbedingungen zu irgend einem Zeitpunkt kennen würden - und beides mit absoluter Genauigkeit - alle diese Daten Speichern könnten - mathematisch und schnell genug alle Gleichungen lösen könnten	- der Lauf der Welt in allen Einzelheiten eindeutig bestimmt (gleiche Ursachen erzeugt gleiche Wirkung) - alle Ereignisse der Vergangenheit und der Zukunft korrekt zu berechnen.

Doch auch unter den eingeschränkten Bedingungen der Vorhersagen ist meist leider keine Rückrechnung möglich
Deshalb ist noch zusätzlich Speicherung wichtig!





kontinuierlich $\Leftrightarrow$ diskret

Zumindest infolge unserer Sinnesorgane erscheint uns die Welt kontinuierlich
 Auch viele technische Einrichtungen, wie Sensoren (z.B. Mikrophone) und Aktoren (z.B. Lautsprecher) funktionieren im Wesentlichen kontinuierlich
 Es ist immer noch unklar, ob die Welt bezüglich Raum, Zeit und Werte-Ausprägungen letztlich diskret oder kontinuierlich ist
Kontinuierlich bedeutet, dass **unendlich viele** Raum-, Zeit- oder Werte-**Punkte** existieren
Verlustfreies Übertragen, Speichern und Kopieren ist aber nur mit **diskreten** = **endlich vielen Werten** möglich
 Nur **diskrete** Werte lassen sich eindeutig auf einzelne Speicher-**Zustände** abbilden
 Nur sie lassen sich auch fehlerfrei übertragen, speichern, reproduzieren, vervielfältigen
 Andererseits besitzen nur kontinuierliche Werte kein Sampling-Rauschen

Möglichkeit einer umkehrbaren (eindeutigen) Abbildungen: $\infty \Leftrightarrow$ endlich

Sie ist häufig mittels einer **kontinuierlichen Funktion** + **endlich vielen Werten** möglich

Zum Verhältnis kontinuierlich und diskret				
Beispiele	Gerade	Kreis	System	Signal
Unendlich viele Werte sind notwendig			Frequenz- und Phasengang $f(\omega), \varphi(\omega)$	Zeitverlauf $y = f(t)$
Es genügen wenige Werte, die aber nicht unmittelbar das Objekt bestimmen	 zwei Punkte genügen	 drei Punkte genügen	Resonanz-, Grenzfrequenz, Güte, Stabilität, Pole, Nullstellen	Bandbreite, Spektrum, Korrelation $n = 2T/B$ Werte Samplingtheorem
Zusätzlich ist eine kontinuierliche Funktion erforderlich	 $y = m \cdot (x - x_0)$ Steigung m	 $(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2$	Übertragungsfunktion	Whittaker-Funktion $\sin(x)/x$

Problem der Amplituden-Quantisierung

Die Diskretisierung, Digitalisierung zeitabhängiger Prozesse, z.B. Signale betrifft immer zwei Größen

Energie E (Amplitude) und Zeit t

Dabei sind zwei **Grenzen** zu beachten

Fundamental: HEISENBERG-Unschärfe wegen $\Delta t \cdot \Delta E \geq h$, kann in der Praxis vernachlässigt werden

Technisch: Störungen, wie thermisches Rauschen (Amplitude), Zeitfehler durch Gleichlauf, Abtast-Fehler usw.

Als Folge hiervon ist für kontinuierliche Größen immer nur ein Speichern mit Toleranzen möglich

Technisch ist dabei jedoch eine ausreichende bis sehr gute, wenn auch keine exakt reproduzierende Speicherung möglich

Zusätzlich ist dabei aber eine **erstaunliche (unverständene) Tatsache** vorhanden:

Bisher ist es theoretisch und technisch nur möglich, die **Zeit**-Diskretisierung rückgängig zu machen (Sampling-Theorem)

Für die **Energie-** (Amplituden-) Diskretisierung ist kein entsprechendes Verfahren bekannt

Sehr fraglich ist, ob das mit dem **Quantensprung** zusammenhängt

Wahrscheinlich ist die **große Vielfalt der Signalverläufe** Ursache

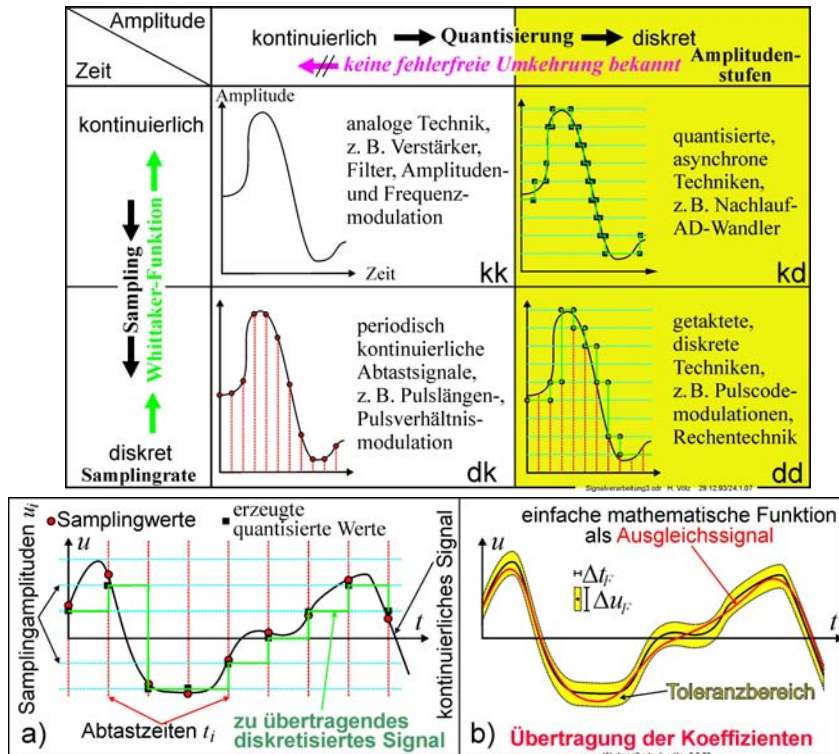
Es gibt nämlich für sie nur zwei Einschränkungen: fortlaufende (nicht rückläufige) Zeit und Stetigkeit der Amplitude

Lediglich die **Kontinuierlichen Digitaltechnik** ermöglicht Zeit- und Amplituden-Diskretisierung rückgängig zu machen

Hierzu dient eine **Signal-Approximation** innerhalb der o.g. oder anderer Grenzen (Toleranzen)

Dann werden aber nicht mehr Signale, sondern **nur Funktionskoeffizienten** gespeichert, übertragen

Mit ihnen kann bei der Wiedergabe sogar wieder ein kontinuierliches Signal generiert werden



Erste Ergänzung

Reversibilität

Sie liegt immer dann vor, wenn beim **Verschwinden der Einwirkungen** das System wieder den Ausgangszustand erreicht

Eine **Tür** lässt sich beliebig oft öffnen und schließen, ein **Motor** kann problemlos rechts und links herum betrieben werden

Ein **Pendel** mit fortlaufendem Hin- und Herschwingen → Zeitsymmetrie: Wandlung potentielle ↔ kinetische Energie

Allerdings müssen die **Reibungsverluste** ständig durch (irreversible) Energiezufuhr ausgeglichen werden

Sogar in der **Thermodynamik** existiert Reversibilität als idealisierter Grenzfall

Nämlich für **extrem kleine Veränderungen** der Zustandsvariablen (z.B. Druck oder Temperatur)

Außerdem müssen sie so **langsam ablaufen**, dass die Systeme ständig im thermodynamischen Gleichgewicht sind

Dann sind die Änderungen voll rückgängig zu machen

Klassische Physik: alles ist umkehrbar und reversibel → These: Naturgesetze gelten immer und überall

1916 EINSTEIN publiziert allgemeine Relativitätstheorie und führt für **Ständigkeit** die kosmologische Konstante ein

1922 ALEXANDER FRIEDMAN berechnet aus EINSTEIN-Gleichungen Expansion des Weltalls, Urknall und Raumkrümmung

1932 EINSTEIN betont seine „größte Eselei“ mit der kosmologischen Konstante

Weitere Ergänzungen

Die meisten realen Prozesse sind irreversibel

Sie laufen in einer **bestimmten Richtung** ab, u.a. Diffusion, Reaktionen, Temperatur- und Druckausgleich

Die Erfahrung zeigt uns z.B.: ein **zerbrochenes Gefäß** fügt sich nicht von selbst zum ursprünglichen, heilen zusammen

Ein Stein rollt einen Berg herunter, aber nicht von selbst hinauf

Ein heißes Getränk wird von allein kalt, ein kaltes aber nicht warm usw.

Subjektive Entscheidung durch **Filmen** und anschließend rückwärts abspielen

Es gibt mehrere Zeitpfeile

- **Psychologischer:** entspricht unserem Empfinden, Gefühl. Gäbe es generell eine Zeitumkehr, würde vieles Handeln den Sinn verlieren. Es gäbe keine Verantwortung für Handlungen. Wir könnten uns der Zukunft erinnern!
- **Werden und Vergehen** in der Natur, z.B. Geburt und Tod

- **Kosmologischer:** das Universum dehnt ständig aus
- **Thermodynamischer:** Auswirkung der Entropie (s.u. Hauptsätze); Unordnung nimmt ständig zu
- **Menschliche Ordnen,** auch Anordnen von Objekten, als Informationsgewinn und Gegenmaßnahme zum thermodynamischen Zeitpfeil

Hauptsätze Thermodynamik

0. Hauptsatz

Streben nach Gleichgewicht, es stellt sich immer nach hinreichend langer Wartezeit ein
In geschlossenen Systemen gleichen sich Temperaturdifferenzen immer aus
Makroskopische Größen, wie Druck, Temperatur, Volumen usw. ändern sich dann nicht mehr

1. Hauptsatz

Betrifft **Energieerhaltung** $U = \Delta A + \Delta Q$; d.h. Änderung der inneren Energie (Zustand)

A = Arbeit = mechanische Energie, Q = Wärme (Energie), U = Gesamt-Energie

Definition des CARNOT-Prozess

Mechanische Arbeit ist jederzeit vollständig in Wärme umwandelbar, aber nicht umgekehrt (Zeitpfeil)

Ein Prozess ist dann *reversibel*, wenn er sich fortwährend im thermischen Gleichgewicht befindet

Es gibt kein Perpetuum mobile 1. Art, das dauernd Energie erzeugt, ohne sie der Umgebung zu entziehen

2. Hauptsatz

Es gibt keine natürlichen Prozesse, bei denen die Gesamt-Entropie abnimmt

Irreversibilität der natürlichen Prozesse, **Wärmetod**

Definition der Entropie $\Delta S = \Delta Q/T$, später BOLTZMANN Äquivalenz $S = k \ln(W)$

W = Wahrscheinlichkeit, T = absolute Temperatur, k = BOLTZMANN-Konstante

Es gibt kein Perpetuum mobile 2. Art, das ständig periodisch Wärme in Arbeit wandelt (nicht beweisbar!)

H-Theorem Boltzmann Die Geschwindigkeitsverteilung der Moleküle muss durch Stöße solange zunehmen bis die Entropie ein Maximum besitzt

3. Hauptsatz

Am absoluten Nullpunkt $T = 0$ besitzt ein System keine Anregungsenergie mehr

Absoluter Nullpunkt experimentell nie erreichbar. Dort $T \rightarrow 0 \Rightarrow \Delta S \rightarrow 0$

Ableitung der Boltzmann-Formel

Mikrozustand

Bestimmt die Eigenschaften einzelner Teilchen

Bei Halbierung des Volumens ist für ein Teilchen die Aufenthalts-Wahrscheinlichkeit $W = 1/2$

Makrozustand

Charakterisiert die Gesamteigenschaften des Systems mit N Teilchen

Dafür, dass sich alle N im halben Volumen befinden gilt $W = (1/2)^N$

Werden nun zwei Systeme mit W_1 und W_2 sowie S_1 und S_2 vereinigt, dann muss gelten

$$W = W_1 \cdot W_2 \text{ und } S = S_1 + S_2$$

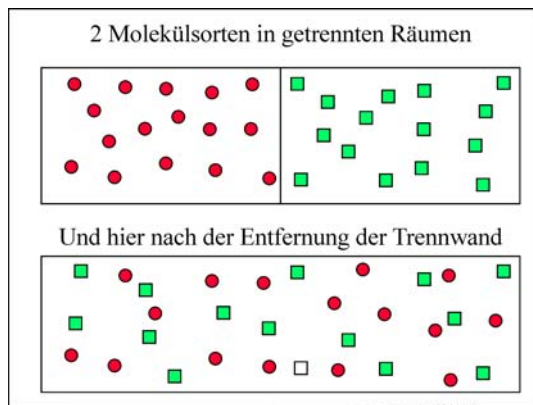
Dies ist macht aber den Logarithmus bezüglich der Wahrscheinlichkeiten $\ln(W)$ notwendig

Das ist außerdem vorteilhaft, weil die Wahrscheinlichkeit für wachsendes N sehr schnell extrem klein wird

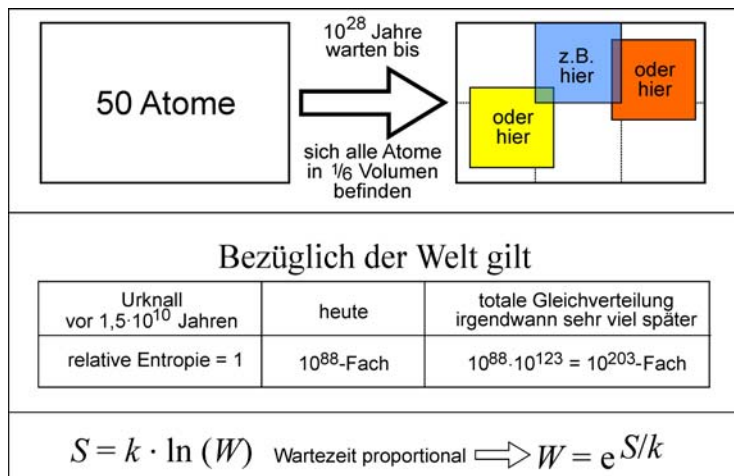
Für eine Übereinstimmung mit der „alten“ Entropie ist noch die BOLTZMANN-Konstante erforderlich

$$k = 1,38065812 \dots \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$S = k \cdot \ln(W)$$



(Gilt für Zimmertemperatur)



Bedeutung des Messprozesses

Um festzustellen, welcher aktuelle (Speicher-) Zustand vorliegt, muss eine Messung (Wiedergabe) erfolgen
Sie **entzieht dem Zustand** notwendigerweise **Energie** und verändert ihm dadurch
Im **Makroskopischen** kann diese Änderung **sehr gering** nämlich « Energie des Speicherezustandes sein
Im **mikroskopisch Kleinen** ist dies unerfüllbar, **Quantenzustände** werden sogar **meist zerstört**
Es gilt zumindest die **HEISENBERG-Unschärfe**, sodass zusätzlich auch die **Messzeit** eingeht
Die Folgen sind **Dekohärenz** als aufgehobene Superposition und **Nichtlokalität** (s. Quantenspeicher)
Irreversibilität ist einerseits für Speicherezustände notwendig, bedeutet andererseits auch Unzuverlässigkeit der Speicherung

Historische Etappen

Art	Wo fixiert	Zweck (Ziel)	Jahre
physikalisch-chemisch	Materie, Welle und/oder Felder	? (sie geschehen einfach)	$1,5 \cdot 10^{10}$
egotrop	unbekannt, später Immunsystem (teilweise Knochenmark)	Unterscheidung von Ich und Fremd, Nutzen und Schaden	$>3 \cdot 10^9$
genetisch	DNS-Sequenzen (Chromosomen)	Erhaltung von Art, individuellem Leben	$3 \cdot 10^9$
neuronal	Neuronen + Synapsen	anpassendes Verhalten, Lernen	$5 \cdot 10^8$
kollektiv	verteilt über viele Individuen	gemeinsame Tätigkeit / Arbeit	$5 \cdot 10^7$
technisch	Speichermaterialien (Werkzeug)	langer Erhalt außerhalb des Menschen	$5 \cdot 10^4$

Elementare physikalisch-chemische Speicherung

Es werden nur Prozesse betrachtet, die einfach zufällig oder zwangsläufig (unmittelbar) geschahen und noch geschehen
Ihr Spektrum ist sehr groß, typische Beispiele gibt es in der **Kosmologie** und **Geologie** sowie beim **Wetter**
Die **absichtliche, technische** Speicherung wird später behandelt und ergänzt dann die folgenden Aussagen
Die elementare physikalisch-chemische Speicherung ermöglicht uns vor allem einen Rückblick in die Vergangenheit
Dafür sind zwei sich ergänzende Richtungen mit mehreren Unterpunkten zu unterscheiden:

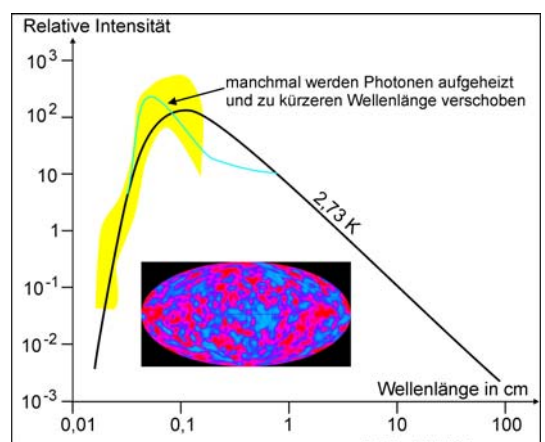
- Einiges **bleibt über ein hinreichend lange Zeit** im wesentlichen unverändert, beständig:
 - Sedimente, chemische Ablagerungen, Schichten am Meeresboden, im Gestein, in Pflanzen, Tiere usw.
 - Bauten, Ruinen, Reste von Kulturen usw., die noch erhalten, versandet oder andersartig geschützt überdauert 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** des Vergangenen 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.

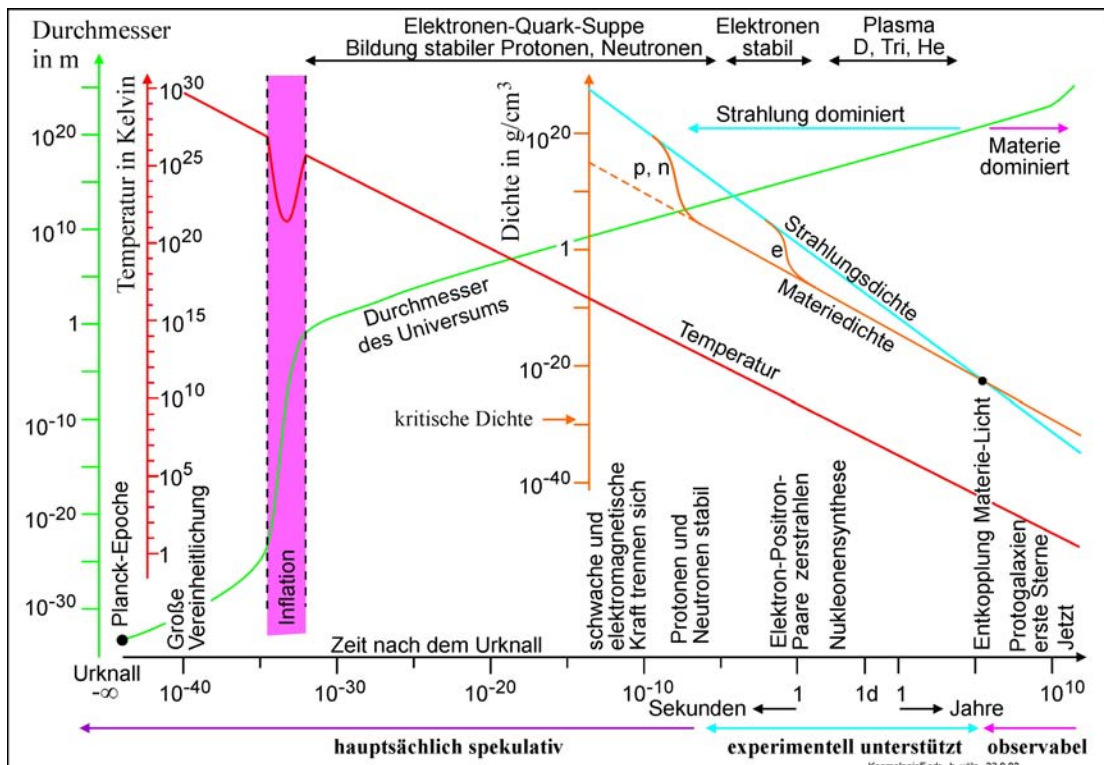
Beispiel Kosmologie

Als Weltbeginn wird heute der **Urknall** vor ca. $1,5 \cdot 10^{10}$ Jahren mit höchster Energie auf extrem kleinem Raum angenommen
Ihm folgte die Expansion mit Temperatur-Erniedrigung
Schrittweise entstanden dabei Photonen, Elektronen, Protonen, chemische Elemente, Moleküle, Galaxien, Sterne usw.
Als „gespeichertes“ Relikt des Urknalls existiert heute die weitgehend diffuse Reststrahlung von etwa 2,7 K
Auch die typische Verteilung der Elemente wird als „Speicherung“ der Entwicklung herangezogen

Ein Kommentar von SHELDRAKE:

„Es ist nach wie vor nicht auszuschließen, dass wir in einer gedächtnislosen Welt leben, die von ewigen Gesetzen regiert wird. Es könnte aber auch sein, dass der Natur ein Gedächtnis innewohnt ...“.





Egotrope Speicherung

Wahrscheinlich bereits vor dem Leben, jedoch spätestens mit ihm, mussten „Objekte“ unterscheiden

Ich $\Leftrightarrow$ Fremd, nützlich $\Leftrightarrow$ schädlich, Nahrung $\Leftrightarrow$ Gift

Inhaltlich ist über ihren Beginn ist kaum etwas bekannt

Erst bei höheren Lebewesen entwickelt sich dazu das Immunsystem

Seine Schädigung wird deutlich sichtbar: von Allergien bis zu AIDS und Tumoren

Ferner wirkt es sich störend bei Organverpflanzungen aus

Mit Schutzimpfungen kann es verstärkt werden

[Völz Bd. 1], [Desowitz], [Siefert].

Genetische Speicherung

Die ersten Lebewesen entstanden vor etwa 3.10^9 Jahren

Der dazugehörige genetische Code ist seit 1963 bekannt

Formal gesehen sind hier Daten mit dazu gehörenden Algorithmen gespeichert

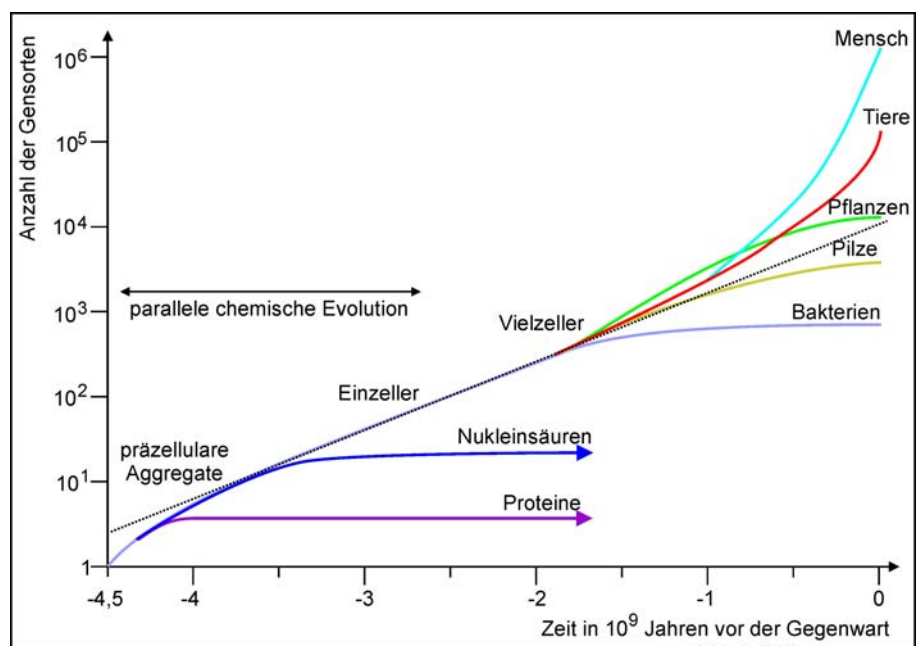
Alle entsprechenden Daten eines Lebewesens sind dabei parallel in den bis zu 10^{15} Zellen vorhanden

Das scheint eine gewaltige Verschwendung zu sein, zeigt aber, welche Bedeutung die Natur der Speicherung beizmisst

Die Speicherung lässt auch zu, dass durch Mutation, z. B. Strahlungseinflüsse, Veränderungen zur Evolution möglich sind

Dabei ist das Verhältnis von Stabilität zur Änderbarkeit offensichtlich genau ausgewogen

Wesentlich als „Speicher“ sind ferner Samen und Eier



Zunahme der Gensorten bei der Evolution nach [Kaplan]

Neuronale Speicherung → Gedächtnis

Mit der Tierwelt entstand die aktive Ortsveränderung → Notwendigkeit, sich schnell neuen Umgebungen anzupassen
Zusätzlich an Land verlangt dies auch Klima und Wetter

Das konnte die „begrenzte“ Speicherkapazität der Genetik nicht leisten

Folge: **Neuronen** als hoch spezialisierte Zellen für individuelles Lernen über Erfahrungen → **Gehirn**

Neuronale Information konnte (musste) mit dem individuelle Tod verloren gehen

Die Ergänzung (Wechsel) erfolgte, als etwa 85 % der Grenze der Genetik erreicht wurde → Reptilien

Diese 85 %-Regel hat sich inzwischen bei Hunderten von Technologie-Ablösungen bestätigt

Bei höheren Lebewesen, insbesondere beim Menschen wird von **Gedächtnis** und des Inhalt = **Erinnerung** gesprochen
Althochdeutsch (9. Jh.) githethnissi im Sinne von Andacht benutzt

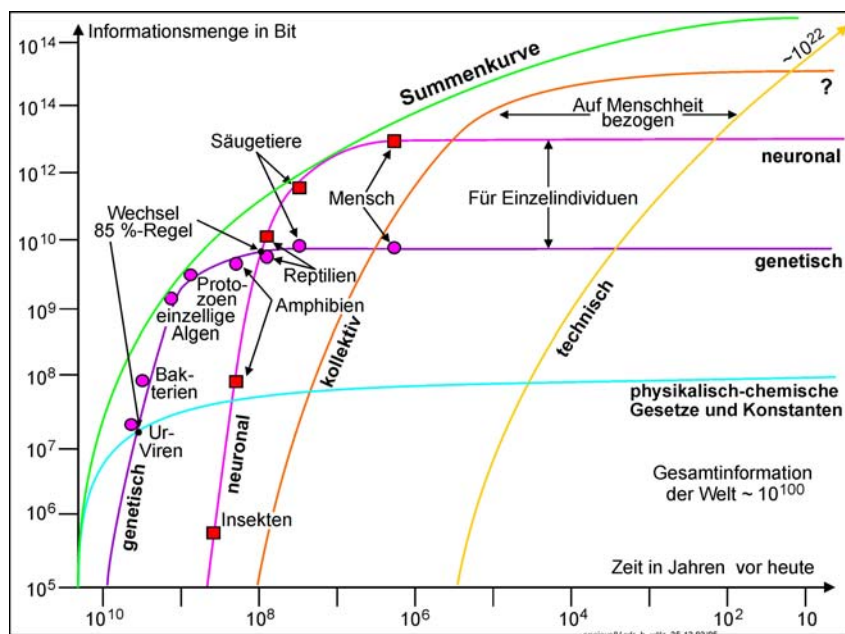
Mittelhochdeutsch: gedächtnisse für Denken an Irgendetwas, an früher Geschehenes oder Erfahrenes

In anderen germanischen Sprachen: dachtnisse, gedachtnesse, gedachtnis, gedenknisse, gedenkenesse und ghedechnisse

Erinnern lateinische **aperire** öffnen, einlassen zurückgehen, Dann Althochdeutsch zunächst nur als Verb: **innarol** inner, tiefer
Mittelhochdeutsch **inwendig**, im Innern liegend und **innern** als erinnern, in Kenntnis setzen, belehren und überzeugen

Das Substantiv erst im 15. Jh. und bedeutet etwa bewahrter Eindruck, Andenken, Gedenken

Heute wird Gedächtnis recht allgemein zunächst nur in Bezug auf Lebewesen, später auch auf Technik übertragen



Die **Speicherkapazität** von Gehirnen wird formal aus der Anzahl Neuronen $\times$ Verknüpfung durch Synapsen bestimmt

Das ergäbe für den Menschen $10^{11} \times 10^4 = 10^{15}$ (Bit), als verbale Gedächtnisleistung ergeben sich jedoch nur 10^6 bis 10^8 Bit

Zum Vergleich: Das in Büchern gesammelte Weltwissen wird auf 10^{13} Bit geschätzt

Tier	Neuronen	Synapsen/Neuron	Tier	Neuronen	Synapsen/Neuron
Hohltier	ca. 10^2	kaum	Frösche, Kröten: total	$4 - 7 \cdot 10^6$	
Fadenwurm (Asearis)	162	ca. 50	Vorderhirn	$2 - 4 \cdot 10^6$	
Plattwürmer	400		Zwischenhirn	$4 - 9 \cdot 10^5$	
Meeresschnecke Aplysia	$5 \cdot 10^4$		Mittelhirn	$1,5 - 2,5 \cdot 10^6$	
Anneliden (Regenwurm)	$5 \cdot 10^5$		Rautenhirn	$2 - 3 \cdot 10^6$	
Insekten (Augen über 80 %)	$10^5 - 10^6$	10 - 100	verlängertes Mark	$5 - 9 \cdot 10^5$	
Tintenfisch (octopus)	10^8				
Spitzmaus (Zwischenhirn)	$6 \cdot 10^5$				
Maulwurf (Zwischenhirn)	$1 \cdot 10^6$				
Igel (Zwischenhirn)	$1,2 \cdot 10^6$				
Frösche, Kröten: total	$2 \cdot 10^6$		Maus: Großhirn	$3,6 \cdot 10^7$	
Archikortex	$7 \cdot 10^5$		Mittelhirn	$1,5 \cdot 10^7$	
Zwischenhirn	$8 \cdot 10^4$		Zwischenhirn	$1,7 \cdot 10^7$	
Neokortex	$5 \cdot 10^4$		Kleinhirn	$4 \cdot 10^7$	200 - 10^4
Großhirn von Halbaffe (Tarsius)	$3,8 \cdot 10^8$		Mensch: Großhirn	$2 \cdot 10^{10}$	$10^3 - 10^4$
Meerkatze	$2,5 \cdot 10^9$		Zwischenhirn	10^6	
Schimpanse	$5,5 \cdot 10^9$		Rückenmark	$1,5 \cdot 10^7$	$10 - 10^5$
Wal, Delphin, Elefant	10^{10}		Hirnstamm	$2,5 \cdot 10^7$	
			Kleinhirn: Körnerzellen	10^{11}	
			Purkinje-Zellen	$2 \cdot 10^7$	1 - $6 \cdot 10^4$

Biologische Gedächtnisse			
rein genetisch	immunbiologisch, egotrop	neuronal (Verhalten)	
	genetisch determiniert		individuell erworben
Erhaltung der Art, grundlegende Lebensprozesse	Schutz gegen externe Schadeinflüsse	Erbgedächtnis, z. B. Taxis, Reflex	Individualgedächtnis z. B. Lernen, Denken

GedächtnisseVar.odr h. völk ca. 1999/09

Probleme des Vergessens

Mit dem individuellen Gedächtnis entstehen auch Probleme des **Vergessens** und **Nichtvergessen können**. Oft wird hiermit vergeblich versucht, mit der eigenen Vergangenheit ins „Reine“ zu kommen (Autobiographien!?) Psychologen nennen das Rationalisierung, jeder Mensch hat wohl so etwas von einem „Un-Gedächtnis“ Das war schon in der Antike bekannt.

In die Unterwelt angekommen musste er aus dem Fluss Lethe trinken, um alles Irdische zu vergessen

Im elften Gesang von **Homers** (ca. 750 - 700 v.Chr.) Odyssee wird der Abstieg Odysseus in die Unterwelt geschildert

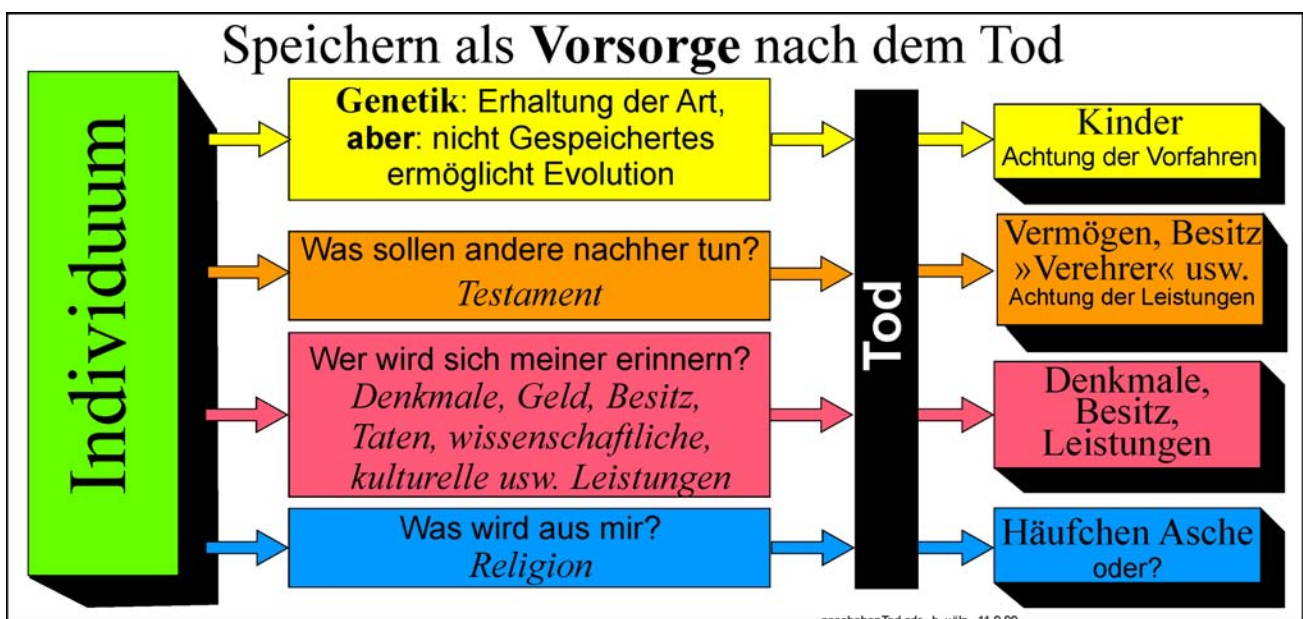
Die Toten, denen er im Hades begegnet sind stumm; sie haben Sprache und Erinnerung verloren

SIEGMUND FREUD (1856 - 1939) fand Methoden, um das Verdrängte wieder in Erinnerung zu bringen

Märchen kennen das Kraut des Vergessens (nach Vergewaltigung). Negativ ist die Blutrache

Gründlich behandelt wurden Zusammenhänge im "Einstein-Forum" [Berliner Zeitung, 14.12.93, S. 29]:

„Diskussionen um das Vergessen führen in Deutschland fast zwangsläufig zu unterschiedlicher politischer Kritik. ... Die Vorstellungen Nietzsches aber auch Heideggers wurden genauso betrachtet, wie das historische Wissen über die Leistung des Vergessens in der antiken Demokratie Athens. In all diesen unterschiedlichen Sichtweisen wurde deutlich, dass es zum einen zwar illegitimes Vergessen gibt, aber andererseits auch die Notwendigkeit, Bestimmtes zu vergessen. 'Ein Mensch, der nichts vergessen kann, ist wie jemand, dem der Schlaf entzogen wird', hatte Nietzsche einmal gesagt. Man war sich im wesentlichen einig, dass es ein 'heilendes Vergessen' gebe. Allzuoft wird dies in Deutschland jedoch mit Verdrängung gleichgesetzt, denn vergessen kann man nur wirklich, wenn man die Konflikte zuvor gelöst hat.“



Kollektive Speicherung

Auch für die kollektive Speicherung gilt: „**Das Ganze ist mehr als die Summe der Teile**“

In der Evolution tritt das erstmalig bei den **staatenbildenden Insekten** auf

Das einzelne Individuum verfügt nicht über alle Informationen des Staates → **Arbeitsteilung und Spezialisierung**

Eine Vorstufe für die Kollektiven Speicher sind u.a. Tiergesellschaften

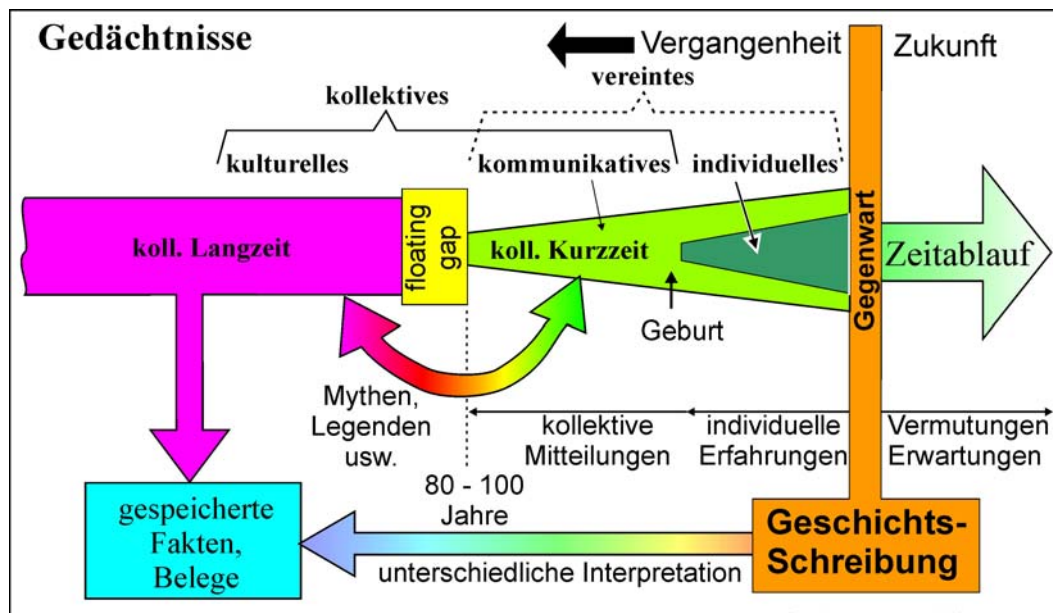
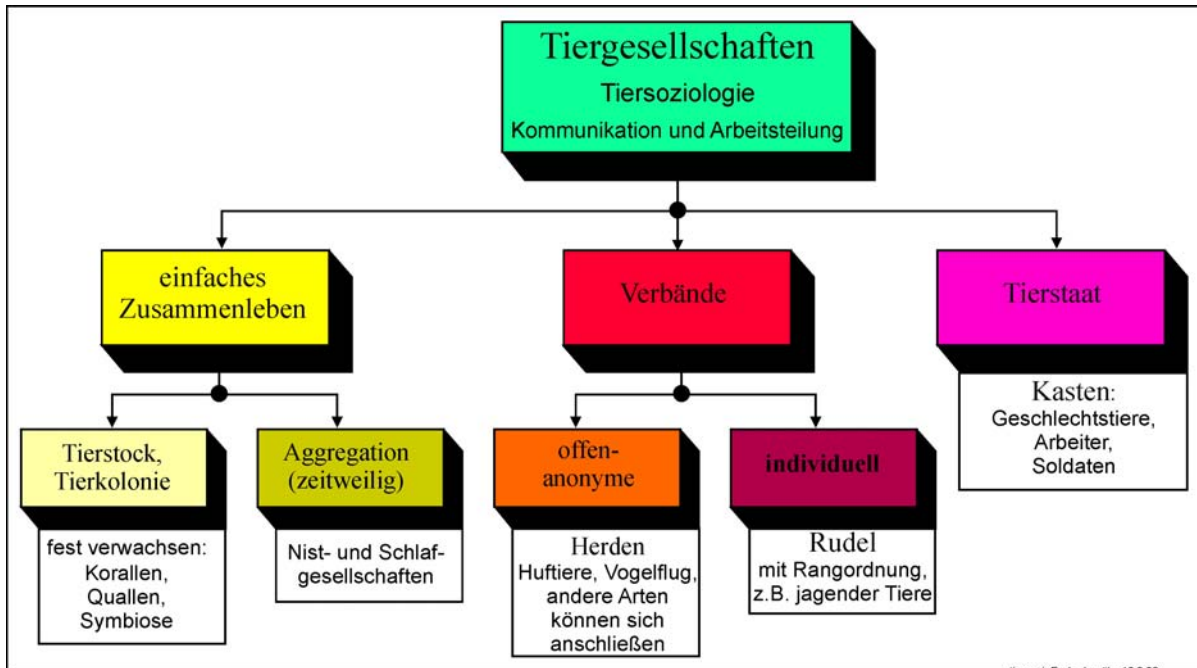
Besonders ausgeprägt ist die kollektive Speicherung in der menschlichen Gesellschaft → **Kultur und Zivilisation**

U.a. Traditionen, Mythen, Religionen, Rituale, künstlerische und wissenschaftliche Schulen, geistige Bewegungen

Fließband: Montags- und Freitags-Produktion, Ausfall eines **Spezialisten**

Einen kleinen Teil des kollektiv Gespeicherten lernt jedes Kind während seiner **Sozialisierung**

Als Folge entstehen „**neue Gedächtnisse**“, die unterschiedlich aus vielen individuellen Gedächtnissen ableiten

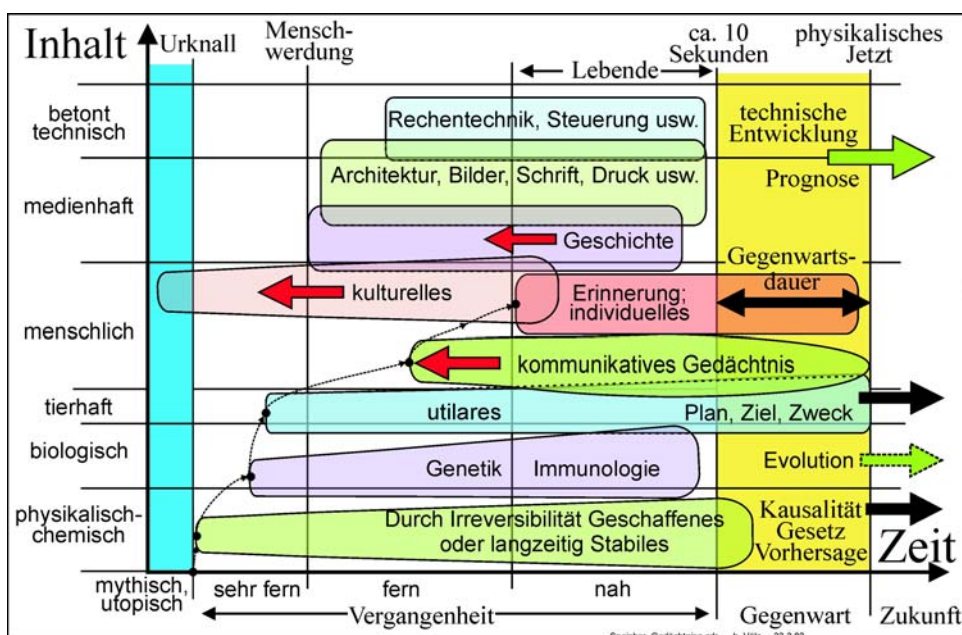
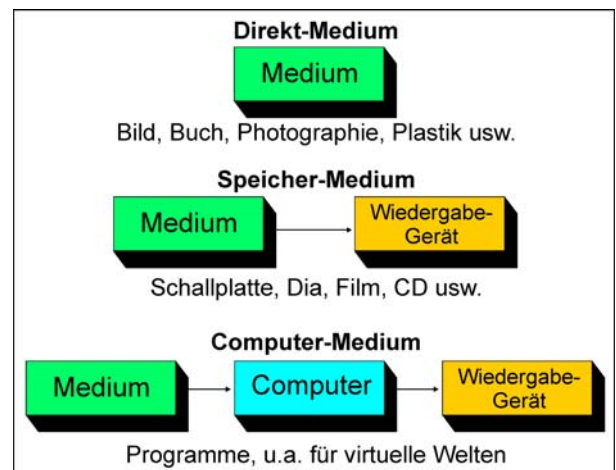
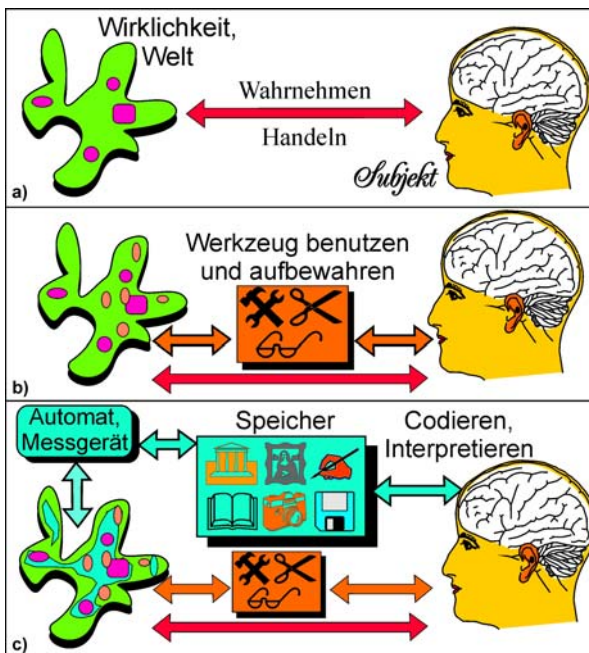
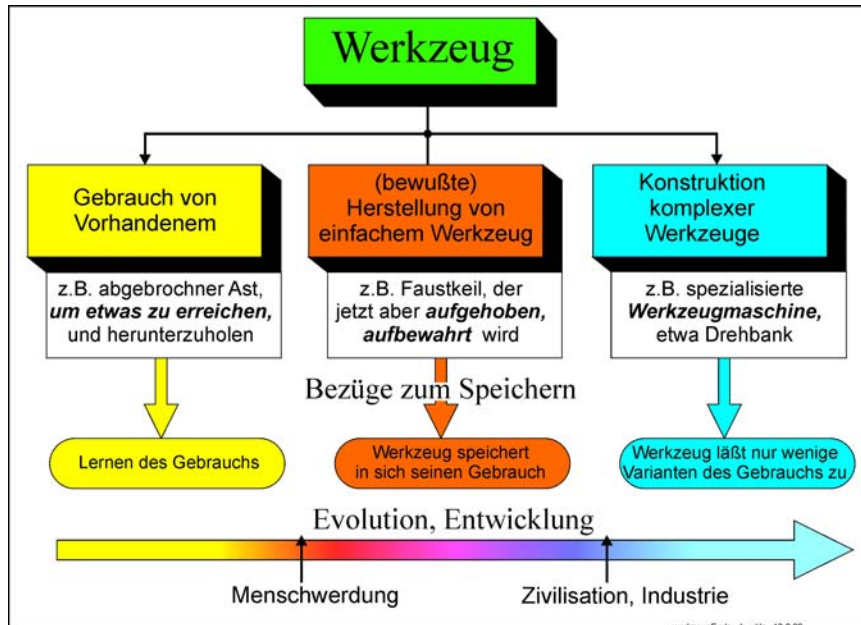


Technische Speicherung

Eine technische Speicherung ermöglicht Wissen außerhalb vom Menschen zu speichern
 Sie beginnt wahrscheinlich mit dem Aufheben – nicht mit dem Benutzen – von **Werkzeug**
 Denn im Werkzeug ist sein Gebrauch festgelegt: HEIDEGGER: „Für einen Hammer sieht alles wie ein Nagel aus“
 Hieran schließt sich die **bewusste** und dann die **maschinelle Herstellung** von Werkzeugen
 Um 6000 v. Chr. entstehen erste Schriften, 1500 v. Chr. erstes, 400 v. Chr. das griechische Alphabet
 Bezüglich der „eigentlichen Speichermedien“ gilt dann weiter

Jahr	Techniken	Abstand, Jahre
-300 000	Werkzeuggebrauch	300 000
-35 000	Felsbilder	30 000
-5 000	Schrift	6 500
1450	Buchdruck	380
1830	Photographie	70
1900	Lochkarte, Schallplatte	50
1950	elektronische + magnetische Medien	35
1985	optoelektronische Medien	???
20??	???	???

Wann und was künftig einmal als neues Medium genutzt wird, ist z.Z. unklar



	kulturelles Gedächtnis	Gedächtnis der Geschichte
Ereignisse, Geschehen	Wiederholung	Einmaligkeit
Ziel, Inhalt	Stabilität der Gemeinschaft	Ausweis von Veränderungen
Zeitraum	ferne bis mythische Vergangenheit	Menschwerdung bis nahe Vergangenheit
Bezug	Riten, Feste	Quellen, Dokumente, Fakten
Personen	Helden, Götter	reale Persönlichkeiten
Art der Betrachtung	von Innen auf die Gemeinschaft	als Beobachter von Außen
Quellenberücksichtigung	nichts hinzufügend oder wegnehmend	interpretierend, erklärend
Aussage	wortgetreu	wahrheitsgemäß
Emotionalität	heiß, anmutend, erzählend	kalt, sachlich, wissenschaftlich

	kommunikatives Gedächtnis	kulturelles Gedächtnis
Inhalt	Geschichtserfahrungen im Rahmen individueller Biographien	mythische Urgeschichte, "wichtige" Ereignisse in einer absoluten Vergangenheit
Formen	informell, wenig geformt, naturwüchsig, entstehend durch Interaktion, Alltag	gestiftet, hoher Grad an Geformtheit, zeremonielle Kommunikation, Fest
Medien	lebendige Erinnerung in organischen Gedächtnissen, Erfahrungen und Hörensagen	feste Objektivationen, traditionell symbolische Kodierung/Inszenierung in Wort, Bild, Tanz usw.
Zeitstruktur	80 - 100 Jahre, mit der Gegenwart mitwandernder Zeithorizont von 3 - 4 Generationen	absolute Vergangenheit einer mythischen Urzeit
Träger	unspezifisch, Zeitzeugen einer Erinnerungs-Gemeinschaft	spezialisierte Traditionsträger

	Gene	Meme
Substrat, Träger	DNS, Doppelhelix	vereintes Gedächtnis (individuell)
Vervielfachung	Zellapparat	Nachahmung (technische Speicherung)
Wirkung	Arterhaltung, Prozesse des Lebens	Zusammenhalt der Gesellschaft, Kultur
Stabilität, Schutz	Zellkern-Membran, Immunität	Riten, Mythen, Strafen, Altruismus, Intelligenz
Mutation	Zufall, z.B. durch harte Strahlung, Fehlerrate etwa 10^{-4}	absichtliche, selten zufällige Variation, Mangel der Nachahmung; „Fehler“-Rate recht groß
Schädliches	Viren, Krankheiten	Krieg, Missbrauch, Verschwendung, Egoismus
Geschwindigkeit	Neues erst nach vielen Generationen	kurzfristige Mode bis lange Tradition
Selektion	Überlebens-Chance, Fitness, Nische	Akzeptanz, Gefallen, Lustgewinn
Evolution	darwinistisch (Bewährtes)	lamarckistisch (Erworbenes)



Gedächtnis1.odr h. Völz 25.8.09

Systematik von Speichern

Eine **Systematik** der Speicherung äußerst schwierig

Grund sind die vielfältigen Speichermedien, -prinzipie (magnetisch, optisch, elektrisch usw.) und Verfahren (bewegt usw.)

Recht geeignet erwies sich bisher nur der morphologischer Kasten von (1966) nach FRITZ ZWICKY (1898 – 1974)

Er ist eigentlich etwas anders für Kreativprozesse und Prognose gedacht, ermöglicht hier aber neue Einsichten

In Abwandlung des Prinzips kann man von den physikalischen Koordinaten des Informationsträgers ausgehen

Funktion	Erklärung	Beispiele
$f(x)$	koordinatenfrei	Zahlen, Messwerte, Daten
$f(x, y)$	1 Ortskoordinate	Weg, Schallplattenrille
$f(x, y, z)$	2 Ortskoordinaten	Bild, Karte
$f(t)$	3 Ortskoordinaten	Denkmal, Architektur
$f(x, t)$	zeitabhängig	Signal, Sprache
$f(x, y, t)$	1 zeitabhängige Ortskoordinate	Belastung einer Straße
$f(x, y, z, t)$	2 zeitabhängige Ortskoordinaten	Film, Fernsehen
$f(x, y, z, t)$	3 zeitabhängige Ortskoordinaten	Theateraufführung

Nach diesen 8 Varianten lassen sich u.a. alle Informationsprozesse erfassen und einteilen

Drei Hauptgruppen sind dann Kopier- und Speicherprozesse sowie Übertragungen, speziell gilt:

- Aufzeichnungsvorgang $f(t) \rightarrow f(x)$
- Speicherzustand $f(x) \rightarrow f(x)$
- Wiedergabevorgang $f(x) \rightarrow f(t)$
- Übertragung $f(t) \rightarrow f(t)$

Energie-Direkt-Umwandlungen (Funktechnik 19/67; 373)

	Mechanisch	Thermisch	Licht	elektrisch	chemisch
mechanisch	einfache Maschinen	Reibungswärme, Wärmepumpe, Kältemaschine	Tribolumineszenz	Dynamo-maschine, Mikrophon	
thermisch	Wärmekraftmaschine	Absorptionskältemaschine	Glühlampe	MHD-Generator Seebeck-Effekt thermionische Dioden	endotherme chemische Reaktionen
Licht	Radiometer	Lichtabsorption	Fuoreszenz	Speerschicht-Photozelle	Photosynthese, Photodissoziation
elektrisch	Elektromotor, Elektro-Osmose MHD-Pumpe	Peltier-Effekt, Thomson-Effekt	Spektrallampe, Leuchtstoffröhren	Speicherung in Akku oder Pumpen-Speicherwerk	Elektrolyse, Elktrodialyse
chemisch	Osmose, Muskel	exotherme chemische Reaktion, spez. Verbrennung	Chemie-Lumineszenz, (Leuchtkäfer)	galvanische und spez. Brennstoff-Elemente	Präreaktion in Brennstoff-Elementen

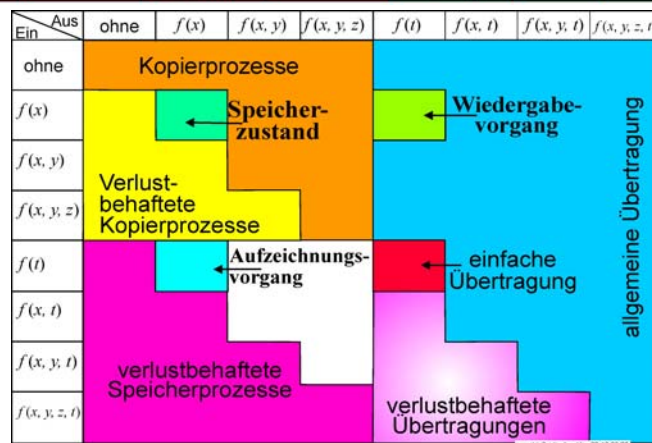
Anregungs- und Emissionsprozesse aus Analystechnik

Zeilen = Anregung; Spalten = Emission

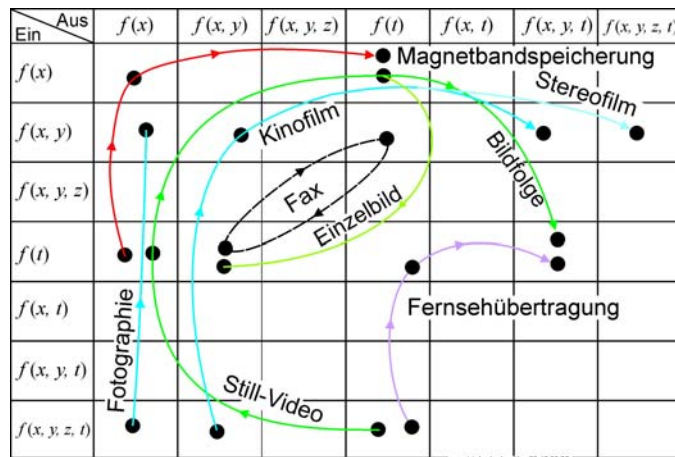
	$h\nu$	E	i	N
$h\nu$ Photonen	Reflexion, Fluoreszenz	Photo- und Auger-Elektronen	Photodesorption von Ionen	Photodesorption von Neutralteilchen
e Elektronen	durch Elektronen induzierte Emission	Sekundärelektronen; reflektierte und Augereffekt	durch Elektronen induzierte Ionendesorption	durch Elektronen induzierte Desorption von Neutralteilchen
i Ionen	durch Ionen induzierte Emission	durch Ionen induzierte Elektronen-Emission (Kathodenfall)	Sekundär-Ionen-Emission, Reflexion	Kathodenzerstäubung
N neutrale Teilchen	durch Neutralteilchen induzierte Emission	durch Neutralteilchen induzierte Elektronenemission	durch Neutralteilchen induzierte Ionenemission	Kathodenzerstäubung
kT thermisch	thermische Strahlung	Thermische Elektronenemission	thermische Ionendesorption	thermisches Verdampfen
E Feld		Feldelektronenemission	Feldionenemission	
Mechanisch		Exoelektronenemission		Ultraschall-desorption

Ein \ Aus	ohne	$f(x)$	$f(x, y)$	$f(x, y, z)$	$f(t)$	$f(x, t)$	$f(x, y, t)$	$f(x, y, z, t)$
ohne	Formel	Daten-speicherung	Symbole, Ziffern, Buchstaben	Analytische Geometrie	Daten-übertragung			
$f(x)$	Ablesung von Zeiger-instrument	Daten kopieren	Histogramm		Wiedergabe von CD oder Schallplatte		Wiedergabe einer Video-aufzeichnung	Theater-aufführung
$f(x, y)$	Zeichen-erkennung	Bild-abtastung	Fotokopie, Buchdruck	Hologramm-Stereobild-wiedergabe	Scannen		klassischer Bewegtfilm	Bau eines Gerätes oder Gebäudes nach Zeichnungen
$f(x, y, z)$	Koordinaten-zahlen		Fotographie, Landkarte, Hologramm, Stereobild	Holographie	3D-Scan			
$f(t)$	Signal-abtastung	Signal-speicherung	Oszillogramm, Sonogramm		Signal-übertragung		Fernseh-wiedergabe	
$f(x, t)$			Weg-Zeit-Diagramm					
$f(x, y, t)$		Video-auf-zeichnung	klassischer Film als Bildfolge		Filmab-tastung			
$f(x, y, z, t)$		Roman	Foto-schnapp-schuss		mündlicher Bericht, Videosignal		Fernseh-übertragung	echter Stereofilm

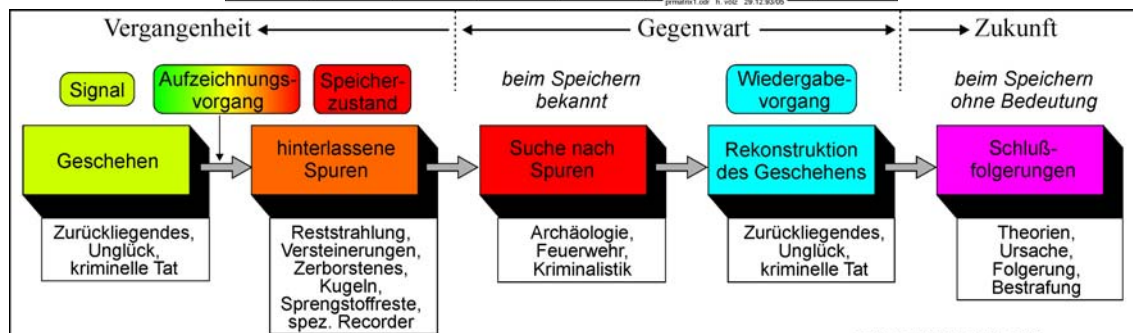
spmetrixF.odt h. völk 29.12.93/05



pmmetrix2.odt h. völk 29.12.93/05



pmmetrix1.odt h. völk 29.12.93/05



geschehen_speicherf.odt h. völk 11.9.99

Literatur

- Assmann, J.: Das kulturelle Gedächtnis Beck, München, 1997
- Blackmore, S.: Die Macht der Meme. Spektrum der Wissenschaft (2000) H. 12. S. 74
- Desowitz, R. S.: Das Immunsystem. rororo-Sachbuch, Reinbeck bei Hamburg 1991
- Kaplan, R. W.: Der Ursprung des Lebens, Georg Thieme, Stuttgart 1972
- Sheldrake, R.: Das Gedächtnis der Natur. Scherz - Verlag Bern - München - Wien, 4. Aufl. 1993. engl. Original: "The Presense of the Past" 1988.
- Siefert, G. u. Siefert, G. C.: Einführung in die Immunbiologie. Quelle und Meyer, Heidelberg 1978
- Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information. **Bd. 1** Grundlagen und Anwendung in Natur, Leben und Gesellschaft. Shaker Verlag, Aachen 2003
- * dito. **Bd. 2** Technik und Geschichte vorelektronischer Medien. Shaker Verlag, Aachen 2005
- *dito **Bd. 3** Geschichte und Zukunft elektronischer Medien. Shaker Verlag, Aachen 2007
- * auch alle 3 auf CD: Wissen - Erkennen - Information. Datenspeicher von der Steinzeit bis ins 21. Jahrhundert. Digitale Bibliothek Bd. 159, Berlin 2007
- Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Allgemeine Grundlagen für Naturwissenschaft, Technik und Medizin. Shaker Verlag, Aachen 2001
- Völz, H.: Eine anschauliche Darstellung des Quanten-Bit. GrKG 48(2007) 4, 147 – 154
- Völz, H.: Kontinuierliche Digitaltechnik. Shaker-Verlag, Aachen 2008