

Über Grundlagen der Wissenschaft

Vorwort und Eingrenzungen

Dies ist ein Versuch die Eigenschaften der Realität und das Geschehen in ihr und darüber hinaus schrittweise aus vorher genau definierten Begriffen **ohne Widersprüche** und möglichst *didaktisch* abzuleiten. Durch Verweise auf Teile meiner umfangreichen, vorhergegangenen Arbeiten vom Rundfunkmechaniker über die gesamte Elektronik, Information und Speicherung sowie schließlich bezüglich der Realität und den Fehlern bei der Wissenschaft ist eine recht übersichtliche Gesamtdarstellung möglich. Die zentrale Frage lautet dabei: Woraus und wie können die Aussagen zur Realität „fehlerfrei“ entwickelt und begründet werden? Dabei werden zunächst die „wichtigsten“ **Begriffe definiert**. Um das deutlich hervorzuheben wird ihnen jeweils ein # angehängt. Um jedoch die vielen notwendigen Aussagen formulieren zu können, sind viele weitere Wörter und Begriffe notwendig. Bei ihnen muss dann der „übliche“ **Sprachgebrauch** vorausgesetzt werden. Leider sind trotzdem zuweilen Hinweise auf diese Arbeiten oder auf erst später Dargestelltes nicht völlig zu vermeiden.

Viele der notwendigen Fragen erfordern eine eindeutige Entscheidung zwischen **Ja** oder **Nein**. Das ist jedoch zuweilen nicht erreichbar. Zuvor müssen nämlich die entsprechenden Inhalte, Begriffe usw. genau definiert worden sein. Günstig, ja notwendig kann es auch sein, einen endlichen **Grenzbereich** oder Umfang für eine endliche Anzahl, Größe und Zeit festzulegen. Auch die **Fuzzy-Logik** kann nützlich sein. Dies Aussagen und Forderungen gelten analog für **Null, Nichts, Keine, Alle, Immer, Überall, Unendlich** usw. Deshalb ist auch der übliche Begriff **Ständigkeit** mit „immer und überall Gültig“ der Theoretischen Physik unzulässig. Aus diesen Gründen erfolgen auch (fast) alle Experimente, Messungen usw. in einem genau **abgegrenzten Raum-Zeit-Bereich**. Ähnlich gilt für ein Objekt, eine Eigenschaft usw. Weiter sind **Größtes, Kleinstes** usw. immer erst nach einer vorhergehenden Festlegung des Einzubeziehenden gültig. Die hier aufgezählten Beispiele sind ausführlicher in [Völ21] behandelt.

Häufig wird bei ähnlichen oft Betrachtungen René Descartes‘ (1595 – 1650) Aussage „Ich denke, also bin ich!“ an den Anfang gestellt. Doch das setzt bereits so etwas wie eine „Sprache“ mit Bedeutungen voraus. Da sie aber erst recht spät mit dem Menschen entsteht, muss hier ein anderer Beginn gewählt werden.

Realität, Materie und Objekte

Die **Realität#** ist eine Zusammenfassung (Ganzheit) des materiell (stofflich) Vorhandenem, also der **Materie#** (zuweilen auch Stoff genannt). Sie besteht aus vielen Teilen, den **Objekten#**. Einige Beispiele zeigt **Bild 1**. Vor allem durch ihre Wechselwirkung beeinflussen sie sich teilweise gegenseitig. Jedes Objekt besitzt individuelle Eigenschaften, wie etwa Größe, Gestalt, Ort, Farbe usw. die durch eine Maßeinheit, wie m, kg, s usw. gekennzeichnet ist. Der dazugehörige Zahlenwert wird als Vielfaches oder Teil eines Normals, einer Zahl oder mittels einer Formel als Messwert bestimmt. So sind die Objekte messbar. Neben anderen nicht zur Realität gehörenden Eigenschaften sind die wesentlichen Objekteigenschaften im **System International** (SI) festgelegt. [Völ96] und aktuell gültig in [Völ21].

Die Eigenschaft **Masse** ist wesentliche Grundlage der **Materie**. Eine auf sie einwirkende **Energie#** kann Objekte bewegen und/oder ihre Eigenschaften ändern. Für die Bewegung des Objektes kann (ersatzweise) sein bestimmbarer **Schwerpunkt** eingeführt werden, in dem die Masse vereinigt gedacht wird. So existiert Energie nur mittelbar über die Materie.

Ein Objekt ist zumindest teilweise von der Umgebung durch eine Grenze festgelegt. Hinter ihr verschwindet oder ändert sich mindestens eine Eigenschaft sprunghaft. Durch die Grenze entsteht für das Objekt ein Innen und Außen.

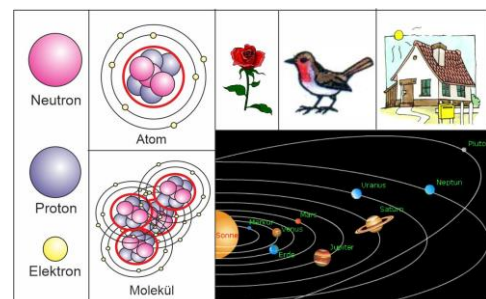
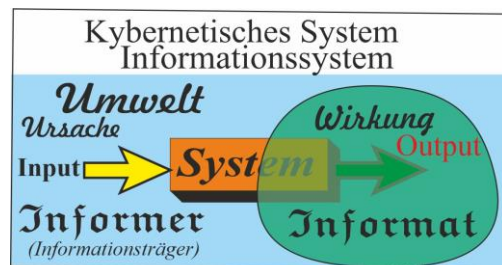


Bild 1. Einige Beispiele für Objekte.

Viele Objekte der Realität können vom Menschen mittels seiner Sinne (Hören, Sehen, Riechen, Schmecken und Fühlen) erfasst werden. Diese **Wahrnehmung#** erfolgt durch eine (energetische) Wechselwirkung zwischen dem Objekt und Menschen (**Bild 2**). Als Ursache bzw. Input wirkt dabei ein **Informer**, z. B. Licht, Schall oder Stoff, auf den Menschen oder das Lebewesen, als kybernetisches oder Informationssystem. Als Folge, Output bzw. Wirkung wird dadurch ein Informator im Bewusstsein des Menschen erzeugt, [Völ21]. Dabei kann auch Wissen über das Objekt entstehen. Ergänzend hierzu sind Messungen mit und/oder Wandlern möglich, teilweise notwendig [Völ99]. So wird Vieles der Realität erkannt. Infolge zu großer Entfernung, Kleinheit der Objekte oder nicht erfassbarer (unbekannter)



Eigenschaften bleibt Anderes unerkannt. Ein mögliches Beispiel könnte die Dunkle Materie sein.

Bild 2. Die Wahrnehmung ist ein Spezialfall von In- und Output, Ursache und Wirkung und Information.

Raum und Zeit

Raum und **Zeit** sind zwei notwendige „Kennzeichen“ der Realität. Sie sind jedoch keine Eigenschaften von Objekten. Hierzu erklärte u. a. noch vier Wochen vor seinem Tod Albert Einstein (1879 – 1955):

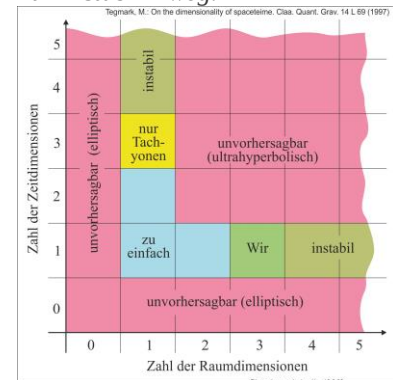
„Für uns gläubige Physiker hat der Unterschied von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft nur den Charakter einer wenngleich hartnäckigen Illusion ... Zeit ist nicht ein unabhängig Seiendes, sondern eine Ordnungsform der Materie“.

Der **Raum#** wird mittelbar über die SI-Eigenschaft „Länge“ als Entfernung zwischen zwei Orten, z. B. der Schwerpunkte von Objekten festgelegt. Für den üblichen **euklidischen** Raum sind aber noch drei Richtungen, die Koordinaten mit den Winkeln von 90° erforderlich. Abweichende Varianten sind z. B. der Riemann-Raum für den Kosmos, der abstrakte, topologische oder hyperbolischer Raum. Für sie bestehen auch andere Gesetze. Dabei muss nicht einmal die Dreidimensionalität gelten. Wieviel Raum-Zeit-Dimensionen eine Realität für intelligentes Leben besitzen muss, diskutierte John D. Barrow mittels **Bild 3** [Bar06] S. 209. Wichtig sind vor allem physikalische Stabilität und die Kreuzungen bei Nervenleitungen. D.Gerald Whitrow 1955:

„Wenn wir wollen, dass die Zukunft durch die Vergangenheit bestimmt wird, müssen wir alle Felder auf dem Schachbrett entfernen, in denen „unvorhersagbar“ steht. Wenn wir wollen, dass stabile Atome und Planetenbahnen existieren, fallen alle Felder mit >instabil< weg. Scheiden wir dann noch Welten aus, in denen es nur Signale gibt, die sich schneller als das Licht ausbreiten, bleibt allein unsere Welt mit ihren 3+1 Raum- und Zeitdimensionen übrig. Darüber hinaus blieben noch einige allzu einfache Welten mit 2+1, 1+1 und 1+2 Dimensionen, von denen man annimmt, dass in ihnen kein Leben existieren kann. So gibt es beispielsweise in 2+1-Welten keine Schwerkraft, und es sind nur äußerst einfache Strukturen möglich, die jede Herausbildung von Komplexität ausschließen.“

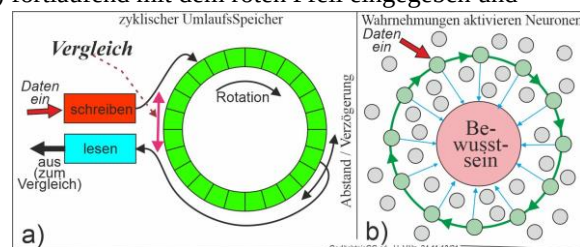
Damit dürfte nur die **3-Raum- und 1-Zeit**-Realität (grün im Bild) Leben ermöglichen.

Bild 3. Die prinzipiellen Möglichkeiten für Dimensionen.



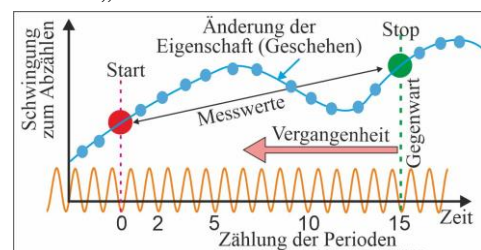
Häufig sind die Eigenschaften von Objekten beständig. Eine **Änderung** erfolgt z. B. durch Wechselwirkungen zwischen Objekten in der Realität. Sie muss jedoch irgendwie festgestellt werden. Da immer nur die einzige **aktuelle Realität** existiert, kann das nur durch den Vergleich mit einem vor der Veränderung gespeichertem Wert erfolgen. Die Techniken und Möglichkeiten der Speicherung werden ab S. ### behandelt. Zum Nachweis der Änderung sind die Speicherung und der Vergleich mit einem technischen Umlaufspeicher entsprechend **Bild 4a** besonders geeignet. Die in zum Kreis angeordneten und grün gekennzeichneten Speicherzellen sind dabei wesentlich. Beim Menschen realisiert das unser Gegenwartsgedächtnis (GG) ähnlich [Völ17]. Die Werte der einzeln wahrgenommenen Eigenschaften werden gemäß b) fortlaufend mit dem roten Pfeil eingegeben und laufen dann um. Das Bewusstsein vergleicht alle dort aktuell vorliegenden, gespeicherten Werte mit dem aktuellen Wert und erkennt so die Änderung. Genau nach diesem Schema nehmen wir **Zeit#** ausschließlich **subjektiv** wahr. Es ist nicht genau bekannt, ab welcher Tierhöhe Ähnliches vorhanden ist. Aber die meisten Tiere leben völlig zeitlos.

Bild 4. Umlaufprinzip zur Wahrnehmung von Zeit.



Unsere Wahrnehmung – und auch die Messung – von Zeit erfolgen über den „Abstand“ zwischen einem gespeicherten und dem aktuellen Messwert, so wie es **Bild 5** zeigt. Es werden nur die Perioden einer zusätzlichen höherfrequenten Schwingung (braun) abgezählt. Genauso das ist auch im SI festgelegt:

„Die Basiseinheit 1 Sekunde (1 s) ist die Dauer von 9 192 631 770 Perioden der Strahlung (≈9,2 GHz; H.V.), die



dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes des Atoms Cäsium 133 entspricht“.

Bild 5. Zeitmessung durch Zählen der Perioden einer Schwingung.

Aus der Analyse ergeben sich unmittelbar Folgerungen für die Zeit. Erfolgt in einem System, z. B. der Realität keine Änderung, so gibt es dort auch *keine Zeit*. Sie beginnt mit der ersten auftretenden Veränderung. Erfolgen die Änderungen schneller, so werden relativ weniger Schwingungen gezählt und daher nimmt die Geschwindigkeit der Zeit zu. Infolge des dritten Hauptsatzes der Thermodynamik kann die Zeit in unserer Realität *nicht mehr aufhören*, denn die Bewegung der Moleküle wird ja immer intensiver. Weiter folgt, dass ein *Zeitablauf variieren* kann. Das nutzen wir z. B. beim *Kühlschrank*, wo Lebensmittel langsamer altern. Bei höheren Temperaturen geschieht das dagegen schneller. Das wird bei der *künstlichen Alterung* angewendet. Infolge der Eigenschaften unseres Dauergedächtnisses tritt das z. B. für gespeicherte Vergangene ein (**Bild 6**)

Wenn wir Interessantes erleben, dann vergeht die Zeit wie im Fluge. Neben dem Interessanten nehmen Zeit kaum wahr. Völlig anders geht es uns bei Langeweile [Völ16]. Wir erleben nichts Interessantes und stattdessen spüren bevorzugt und stark ermüdend die Zeit. Im Gedächtnis wird jedoch vor allem das Erlebte proportional zu seiner Wirkung auf uns und seiner Dauer – etwa so, wie es a) und b) ausweisen – gespeichert. Die Zunahme der Gesamtmenge des Gespeicherten zeigt c). Im Rückblick bleibt von der Langeweile so gut wie nichts übrig. Es entsteht ein stark veränderter, verkürzter Zeitablauf d). Erstaunlich dabei ist jedoch, dass wir auch rückblickend die Richtung der Zeit, genauso wie ursprünglich beim damaligen Geschehen erleben.

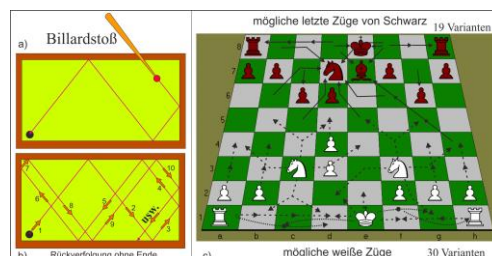


Bild 5. Zu den Schwierigkeiten bei dem Zurückrechnen.

Die Vergangenheit steht immer unabänderlich fest, sie ist vergangen und später nicht mehr zu verändern. Da es auch keine exakte und vollständige Speicherung gibt (s. S.##) ermöglichen Speicherungen nur eingeschränkte Aussagen über das Vergangene. Das betrifft sogar wesentlich die Geschichtswissenschaft, Sie muss immer von (gespeicherten) Dokumenten ausgehen. Doch diese müssen ständig neu interpretiert werden [Gof99]. Ein Sprichwort sagt dazu: „Im Nachhinein weiß es Jedermann immer besser“. Sogar bei genauer Kenntnis des Vergangenen und der dazu gehörenden Gesetze ist meist keine Rückrechnung möglich. Bild 6 zeigt dafür zwei Beispiele. Aus der Richtung und Intensität der Billardkugel vor dem Loch kann nicht der Ort und die Zeit des Stoßes bestimmt werden. Aus der Stellung eines Schachspiels ist meist nicht einmal zu entscheiden, wer den letzten Zug tat oder gar weher er war.

Im Gegensatz zur Vergangenheit ist die **Zukunft** immer offen. Aus unseren Erfahrungen können wir nur teilweise und dazu relativ wenig zuverlässig bestimmen, was künftig geschehen könnte. Denn die möglichen Einflüsse sind nur teilweise bekannt. Daher treten Voraussagen / Prognosen (Latein. *prognosis*, im Voraus erkennen, *prognosticare* ahnen, vorhersagen, erheben) immer nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ein (s. Folgendes).

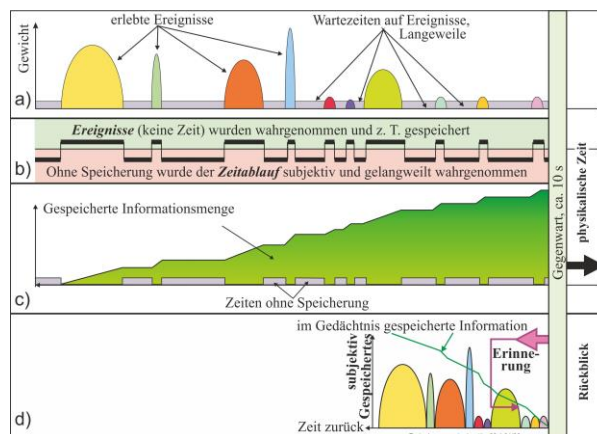


Bild 6. Zur Erinnerung von gespeicherten Werten.

Vom System zum Speicher

Nachdem die wesentlichen Größen – Materie und Objekt sowie Raum und Zeit – eingeführt und definiert sind, kann zu den vielfältigen Inhalten der Realität übergegangen werden.

Der Begriff **System#** geht auf Lateinisch *systema* zurück und zwar als ein aus Einzelteilen zusammengefügt und gegliedertes Ganzes, Vereinigung, Gruppe, und gilt auch für zusammengesetztes Lehrgebäude, z. B. für die in einem Staat zusammen Lebenden, Staatsgebäude und Staatsverfassung. Er ist daher recht alt und wurde nicht selten als zu allgemein kritisiert. Das hatte bereits Franz von Grillparzer (1791- 1872) mit dem nebenstehenden kurzen Gedicht festgestellt. Jedoch mit der Kybernetik wurde er durch den Ursache-Wirkungs-Zusammenhang konkreter. Hierbei ist die typische **Blackbox** wichtig. Sie ist nur durch ihren Eingang (Input) und Ausgang (Output) gekennzeichnet. Über ihren Inhalt braucht dabei nichts ausgesagt zu werden vgl. Bild 2, S. ##. Die

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

heute wichtigsten Anwendungen vom System zeigt die **folgende Tabelle**.

Die Begriff **Speicher** ist ebenfalls Latein *spica*, die Ähre, Altlatein *spicarium* das Vorratshaus (Getreidespeicher), Althochdeutsch *spīhhāri* und Mittelhochdeutsch *spīcher*. Seit geraumer Zeit wird er noch allgemeiner für jegliches Aufheben benutzt. Insgesamt ist daher Speichern im Deutschen zu etwas Fundamentalem geworden. In anderen **Sprachen** werden fast immer mehrere, spezielle Begriffe mit typischen Unterscheidungen benutzt, z. B. in Englisch: store, storage, attic, cache, elevator, memory, mention, recollection, record, register und reminder oder Französisch: commémorative, emmagasiner, enregistrer, mémoire, rappel, réminiscence, souvenir und stocker. Unabhängig davon ist heute vor allem der Informationsspeicher besonders wichtig und daher bereits technisch in vielen Varianten vorhanden. [Völ01, 03, 05 und 19]. Das Schema des Speichers zeigt **Bild 7** und ist eine Erweiterung des Systems von Bild 2. Seine (allgemeine) Definition lautet:

Ein **Speicher**_# ist ein spezielles stoffliches (materielles) System, vielfach auch ein Objekt oder ein räumlich davon abgegrenzter Bereich. In ihn wird „**Etwas**“ meist als Speicherzustand zur späteren, oft auch mehrfachen **Nutzung** (Anwendung) hineingetan und dort beständig zur späteren Nutzung gelagert. Zu diesem Etwas können auch ausgewählte Eigenschaften eines Objekts gehören. Es war oft ursprünglich in der Vergangenheit vorhanden oder soll erst noch hineingetan werden. Seine Verwendung wird durch die Wiedergabe (Ausgabe) möglich.

Beispiele für systemtheoretische Beschreibungen			
Gebiet	Input	System	Output
Physik	Feldänderung	Elektron	Bewegung des Elektrons
	Funke	Motor mit Benzin	Energie Abgas
Chemie	Temperatur Transport	O + H	H ₂ O
Speicherung	Auslösung, Aufzeichnung	Speicher	gespeicherte Vergangenheit
Erkenntnis	Licht, Schall, Fühlen	Sinne, Wahrnehmung	Wissen
Kybernetik	In-, Output (Signal)	Regler (Verstärker)	Regelung, Steuerung (verstärktes Signal)
Information	Informer	System, Mensch	Informat, Wissen

Die Aufzeichnung der Speicherung entspricht dem Input oder der Ursache. Sie bewirkt im Speichersystem den Speicherzustand, der eine potentielle Information sein kann. Zu einer gewünschten Zeit kann sie als Informat, Output oder Wirkung wiedererzeugt werden. Dabei oder auch unabhängig davon kann der Speicherzustand gelöscht werden. Dann kann er für eine Aufzeichnung genutzt werden. Es ist aber auch möglich, eine alte Speicherung einfach durch Neues zu überschreiben. Dann ist keine zusätzliche Löschung erforderlich. Zusätzlich können Codierungen, Komprimierungen und Fehlerkorrekturen sowie deren Umkehrungen eingefügt werden. Alle Prozesse erfordern Energie. Nur für die Erhaltung des Speicherzustands kann sie teilweise entfallen.

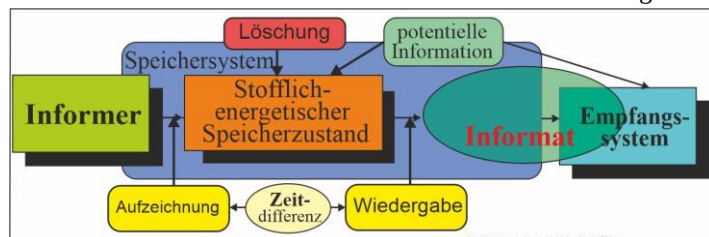


Bild 7. Struktur des Speichers.

Jede Speicherung kann oft nur Teile der ursprünglich vorhandenen Information beinhalten und so aufheben. Beispiel hierfür zeigt **Bild 8**. Vom Künstler im oberen Bildteil wird nur Schall auf die Schallplatte gespeichert und kann später auch nur in einem Raum mit einer anderen Akustik verändert wiedergegeben werden. Unabhängig davon fehlt Vieles, was direkt im Saal erlebt werden kann. Dennoch sind Speicherungen die einzige Möglichkeit etwas über die Vergangenheit zu erfahren; z. B. bei der Spurensicherung der Kriminalistik, durch die Höhlenzeichnungen für die Frühgeschichte der Menschheit, bei den Dokumenten für die Geschichtsschreibung und durch die Fossilien (Latein. *fossilis* ausgegraben, auszugraben) in den Sedimenten als Grundlage für die Evolution und Erdgeschichte. Auch der Nachweis der Reststrahlung und der Gravitationswellen ermöglicht so Hinweise für die Entwicklung von unserm Kosmos.

Am Beispiel der von Wilhelm Furtwängler (1886 – 1954) dirigierter Aufzeichnung von Beethoven's fünfter Sinfonie ist schließlich noch gezeigt, dass die Speicherung bei der Schallplatte nur durch Rillenverbiegungen erfolgt. Gleichzeitig verweist das Bild auch auf viel Grenzen der Speicherung hin, Sie kann oft nur Teile des originalen Geschehens enthalten. In diesem Beispiel gehen u. a. verloren: Die Persönlichkeit des Interpreten, der typische OriginalRaumhall und teilweise einzelne Frequenzanteile.



Bild 8. Beispiele für immer vorhandene Verluste bei einer Speicherung.

Von der Ursache-Wirkung zur Evolution

Viele Lebewesen aber besonders intensiv der Mensch erleben und erkennen recht schnell und häufig den Zusammenhang von Ursache und Wirkung. Das führt zu der Erwartung von determinierten, sich genauso wiederholenden Fortsetzungen. Aber schon Aristoteles (384 – 322 v.Chr.) ging davon aus, dass jedes Ereignis mehr als einen „Grund“ besitzt. Dafür unterschied er vier Varianten von Kausalität (Latein. *causa* Fall, Ursache, Grund):

Bezeichnung	Frage	Betreff, Inhalt
causa formalis	Was?	Form bzw. Wesen der Sache
causa materialis	Woraus?	Stoff, aus dem die Sache besteht (Material, Stoff)
causa efficiens	Wodurch?	Grund für Veränderungen, bewirkt durch <i>Ursache1</i>
causa finalis	Wozu?	bezogen auf Sinn und Zweck Ziel (<i>Finalität</i>)

Im Mittelalter wird die dritte Variante (Wodurch) zum Fachterminus. Mit Latein *nexus* (Verbindung) entsteht der „Kausalnexus“, der Anfang des 18. Jh. ins Deutsche kommt. Später wird die Kausalität immer mehr in Frage gestellt. Für David Hume (1711 – 1776) besaß sie keine reale Existenz, sondern war nur eine geistige Vorstellung. Immanuel Kant (1724 – 1804) betrachtete sie als fundamentale Kategorie des menschlichen Verstandes, unterscheidet dabei aber die subjektive und objektive Kausalität. Zuweilen ist sogar ein Extrem der subjektiven Kausalität nur als „einleuchtende“ Erklärung für ein Geschehen erwünscht. So wurde der Physiker und Meteorologe Heinrich Wilhelm Dove (1803 – 1879) nach einem öffentlichen Vortrag in der Urania gefragt: „Woher kommt es, dass wir in den Straßen von Berlin im Winter immer fünf Grad Kälte mehr haben als auf dem Felde“. Dove wollte sich jedoch nicht mit ihm über das Gegenteil streiten. Außerdem wünschte sich der wohl nur eine Erklärung für seine falsche Beobachtung. Daher sagte er: „Wegen des Heizens in den Häusern flüchtet die Kälte aus denselben auf die Straße und kommt dort dichter zusammen. Der Mann war zufrieden und erzählt's auf meinem Namen weiter. Meinetwegen.“ In solchen Fällen entspricht die Kausalität einem nützlichen *heuristischen* Prinzip, das durch die Abweichungen von der Kausalität bestärkt wird. Genauso benutzten sie bereits die frühen *Mythen* und so wurden sie auch eine Wurzel der Kultur und betreffen Träume, Hoffnungen, Ängste, Vorstellungen und Denkmöglichkeiten. Viele Abweichungen werden nämlich durch (noch) nicht er- oder bekannte Nebenursachen bedingt. Auch der Zufall kann sich so auswirken. In der Quantentheorie existieren aber grundsätzlich keine Ursachen. Zuweilen genügt statt Kausalität bereits das deutlich einfachere *Vorhersagen*. So sagte schon Thales 585 v.Chr. eine Sonnenfinsternis ohne entsprechende Kenntnis voraus.

Viele Ähnlichkeiten mit der Kausalität betreffen den *Rationalismus* (Latein *ratio* Rechnung, Berechnung, Rechenschaft, Denken (s. u.), Vernunft, Grund, Maß, gesetzmäßig, Ordnung, Methode, Prinzip, *rationalis*: vernünftig, vernunftgemäß, mit Vernunft begabt, schließend, folgernd, berechenbar. Heute steht rationell vielfach für zweckmäßig, auf größte Wirtschaftlichkeit ausgelegt. Ähnliches gilt für den *Determinismus* (Latein *determinare* bestimmen, begrenzen). Nach ihm ist das reale Geschehen im Voraus genau festgelegt. Etwa im 17. Jh. hatten sich viele deterministische Zusammenhänge u. a. in der Astronomie sehr erfolgreich bewiesen. So kam 1776 (1814) Pierre Simon Laplace (1749 – 1827) auf die Idee, einen allwissenden Dämon (**Bild 9**) zu formulieren:

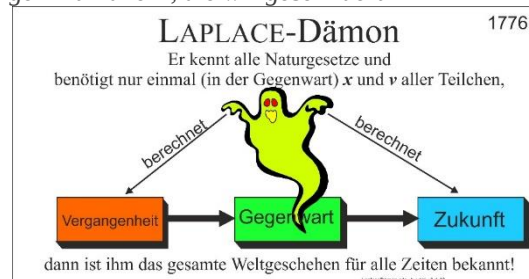
„Eine Intelligenz, der in einem gegebenen Zeitpunkt alle in der Natur wirkenden Kräfte bekannt wären und ebenso die entsprechenden Lagen aller Dinge, aus denen die Welt besteht, könnte, wenn sie umfassend genug wäre, alle diese Daten der Analyse zu unterwerfen, in einer und derselben Formel die Bewegungen der größten Körper des Weltalls und die der leichtesten Atome

zusammenfassen; nichts wäre für sie ungewiss, und die Zukunft wie die Vergangenheit wäre ihren Augen gegenwärtig.

Der menschliche Geist liefert in der Vollkommenheit, die er der Astronomie zu geben wusste, eine schwache Skizze dieser Intelligenz. ... Alle seine Anstrengungen in dem Suchen nach Wahrheit zielen dahin, ihn unaufhörlich jener Intelligenz zu nähern, die wir geschildert haben, aber er wird immer unendlich weit von ihr entfernt bleiben.“

Bild 9. Schema des Laplace-Dämon.

Aus vielen Gründen, – u. a. ein nicht deterministisches Geschehen, ungenügende Kenntnis *aller* Eigenschaften und Objekte und Grenzen der Rechentechnik) – kann er jedoch nicht existieren [Völ21], Außerdem wären dann für uns keine **Willensfreiheit** möglich.



Die zeitlichen Änderungen der Realität werden vorwiegend als **Evolution**# (Latein *evolvere* entwickeln, hinauswälzen) bezeichnet. Sie beginnen spätestens bei den Atomen und Molekülen, werden aber meist erst mit dem Beginn des Lebens angenommen. Spätestens ab hier sind sie durch viele Rudimente (Speicherungen) der Vergangenheit gut belegt. Dazu gehören u. a. die erdgeschichtlichen Erdeinlagerungen von Kohle, Erz und Mineralien sowie die vielen Fossilien (Latein *fossilis* ausgegraben, auszugraben) und Rudimenten (Rückstände, Spuren. Gespeichertes). Solide Grundlagen dafür entwickelte aber erst Charles Robert Darwin (1809 – 1882). Jedoch erst seit Kurzen ist das auch durch genetische Experimente mit sich schnell duplizierenden, besonders einfachen Lebewesen zu belegen. Es gibt dabei drei Grundsätze: Die Wesen müssen sich selbst reproduzieren können. Die Mutationen sind zufällig und laufen nicht perfekt ab. Dadurch verändern sich die Fähigkeiten der Nachkommen zu überleben. Häufiger werden sie schlechter statt besser. Die Evolution verfolgt also **kein Ziel**, Es geschieht immer nur was gerade möglich ist und es bleibt bestehen und nimmt zu, was in seiner Umgebung Vorteile hat, am Fittesten ist. Im Gegensatz zur einfachen Rückrechnung (s. S. ##) sind durch umfangreich gespeicherte Belege viele Rückschlüsse und Folgerungen möglich. Dennoch wird mit der Entwicklung der Lebewesen ihre Ausstattung mit Wahrnehmungs- und Handlungsmöglichkeiten immer umfangreicher. Das waren auch 1866 wichtige Aussagen für die biologische Grundregel von Ernst Heinrich Haeckel (1834 – 1919). Daraus folgt weiter – wenn auch stark vereinfacht – dass die Entwicklungsstadien eines Lebewesens vom Keim bis zur vollen Entwicklung sich im Wesentlichen stark beschleunigt gegenüber der Evolution wiederholen. Dabei bauen Neuentwicklungen immer auf bestehende Arten und deren Organe auf. So wird z. B. belegt, dass alle heutigen Wirbeltiere von den Fischen abstammen. Bei derartigen Entwicklungen sind aber auch Rückbildungen möglich. So entwickeln die Embryonen von Bartenwalen zwischendurch Zahnanlagen, obwohl die adulten Individuen keine Zähne mehr haben.

Für den früheren Beginn spricht die 1929 von Edwin Powell Hubble (1889 – 1953) entdeckte Fluchtbewegung der Galaxien. Sie verweist auf eine *kosmische Expansion*. Ähnlich wird die *Reststrahlung* interpretiert. Ziemlich unklar ist jedoch der Zeitpfeil und keine eindeutige Aussage existiert für den Beginn. Ob es überhaupt einen definierten **Anfang** gab oder gegeben haben könnte, also einen Ursprung, ist ungewiss. Selbst die Urknalltheorie dürfte dafür kaum hinreichend gültig sein. Sie entspricht im Wesentlichen einer *Rückrechnung* und ist daher recht fragwürdig, s. o. und [Völ19]. Auf irgendeinen Gott, Schöpfer oder Ähnliches zu verweisen ist noch unwahrscheinlicher

Von der Information zu Sprache und Denken

In Bild 2 und der Systemtabelle auf S.### wurde ohne Erklärung der Begriff **Information**# nur nebenbei erwähnt (Griechisch *typos, morphe, eidos* und *idea, informare* etwas eine Form geben. Später verweist es auf Bildung durch Unterrichten, Belehren, Erklären usw., aber auch etwas Gestalten.) In den deutschen Lexika des 19. Jh. fehlt der Begriff vollständig. Zeitweilig hieß vorher der Hauslehrer Informator. Eingeführt wurde Information um 1945 durch Norbert Wiener (1894 – 1964) mit der Kybernetik [Wie48]. Auch John von Neumann (1903 – 1957) soll daran beteiligt gewesen sein. Spätestens seit der Digitalisierung ist der Begriff allgemein üblich, wird jedoch nur intuitiv benutzt. Recht häufig wird dabei teilweise falsch auf Claude Elwood Shannons (1916 – 2001) Arbeit zur bestmöglichen Nachrichtübertragung als eine Grundlage erwähnt [Sha48]. In ihr kommt jedoch Information überhaupt nicht vor, sondern nur Kommunikation. Diese Mängel und Fehler sind selbst in sehr umfangreichen Werken bedeutender Autoren vorhanden. Denn bis vor kurzem fehlte eine solide Definition. Die erste Einführung gab Wiener in [Wie48] S. 192:

„Trotzdem ist die Energie, die für eine einzelne Operation verbraucht wird, beinahe verschwindend gering und bildet sogar nicht einmal ein angemessenes Maß der Funktion selbst. Das mechanische Gehirn scheidet nicht Gedanken aus »wie die Leber ausscheidet«, wie frühere Materialisten annahmen, noch liefert sie diese in Form von Energie aus, wie die Muskeln ihre Aktivität hervorbringen. **Information ist**

Information, weder Stoff noch Energie. Kein Materialismus, der dieses nicht berücksichtigt, kann den heutigen Tag überleben.“

Beim nur hier fett gesetzten Teil steht im englischen Original statt Stoff **matter**, was teilweise falsch als Materie übersetzt wurde [Völ91]. Denn im Deutschen betrifft Materie in der der Physik etwa Stoff und Energie aber in der Philosophie das vollständige Gegenteil vom Bewusstsein. So entstand damals die Dreiteilung der Realität gemäß **Bild 10**. Danach war es aber noch ein langer mühevoller Weg bis schließlich (s. Bild 2) die Begriffe **Informer** und **Informat** entstanden und durch weitere Fakten und Sonderfälle umfangreich ergänzt wurden [Völ17]. Diese Arbeit erhielt in der Computer-Zeitschrift c't ein beachtliches Lob mit einer Rezension, deren Abschluss lautet: „Als Ergebnis liefert Völz tatsächlich etwas in mancher Hinsicht Überfälliges: eine diskurstaugliche Definition der Information. Sein Buch ist eine beeindruckend klare wissenschaftliche Abhandlung, in der keine Aussage unbelegt bleibt.“ [Sch18]. Später entstanden nur noch wenige ergänzende Details. (Völ21) s. u.

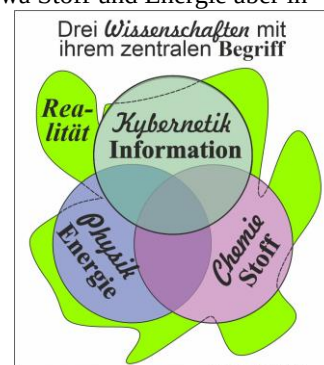


Bild 10. Die Dreiteilung der Realität

Das folgende **Bild 11a** wiederholt zunächst nur Bild 2 und weist nochmal aus, dass Information ein dreistufiger Prozess aus Informer, System und Informat ist. Gemäß der Kybernetik ist dann in b) das Informationssystem unser Gehirn mit dem **Bewusstsein**. Daraus ergibt sich dann, dass hierbei als ein Teil des Informats Wissen entstehen kann. Dann können die verschiedenen Speicherungen der Realität, wie Schrift, Gedrucktes, Bücher, Bilder usw. leicht als **Informer** auf uns wirken c). So werden sie mittels informieren, lernen, belehren und speichern wesentlich für die mittelbare Erweiterung unseres Wissens. Mittelbar wird so auch unsere Wahrnehmung ein wichtiger Teil der Information.

Doch der Begriff Information ist noch viel weiter zu fassen. Besonders übersichtlich ist das durch zusätzlich eingefügte Techniken zu beschreiben. In **Bild 12** sind sie lila unterlegt. Die dabei ergebenden Informationsarten werden durch einen vorgesetzten typischen Buchstaben gekennzeichnet. Beim ursprünglichen Informationsbegriff ist die Wirkung besonders typisch, so erhält sie das W. In der zweiten Zeile steht das Z für Zeichen und führt so zur Semiotik. Hierbei werden die Objekte der Realität durch Zeichen ersetzt, die unser Bewusstsein interpretieren muss. Ein typisches Beispiel ist das Wort oder Bild für einen Apfel. Dieser Zusammenhang ist durch den lila unterlegten Teil der **Z-Information** aufgezeigt. Genauer wird darauf weiter unten eingegangen.

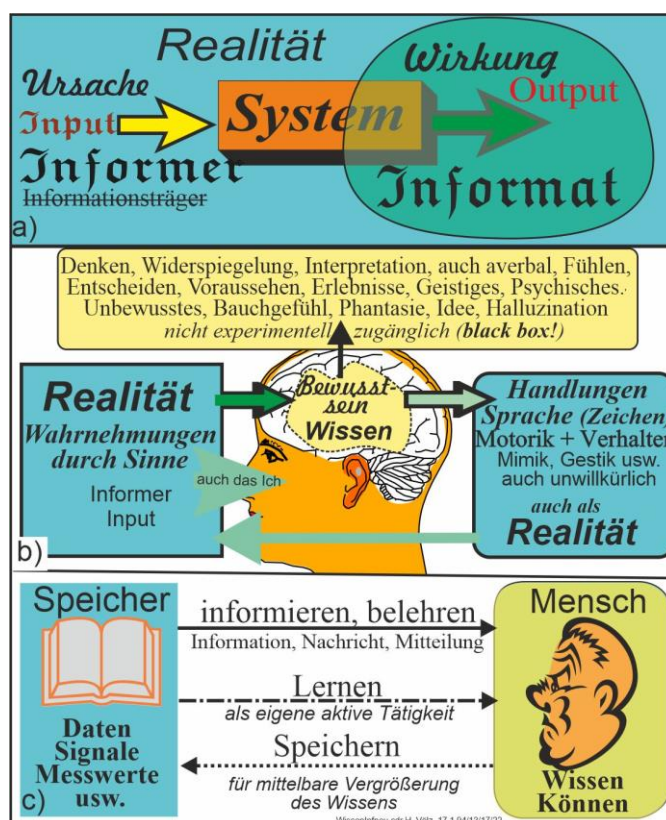


Bild 11. Der Mensch als „Informationssystem“ und das dabei entstehende Wissen.

Mit dem Einfügen der Speicherung entsteht die **P-Information**. Sie enthält nur potentiell einen Informer, der erst durch die Wiedergabe genutzt werden kann, vgl. Bild 7.

Die **S-Information** bezieht sich auf die Arbeiten von Shannon zu Nachrichtentechnik [Sha48] und die entsprechenden Weiterentwicklungen, wie Fehlerkorrektur, Komprimierung, Kryptografie usw. So ergeben sich vielfältige Varianten und Kombinationen, z. B. mit der Speichertechnik (P-Information) s. auch unten Bild 29.

Die **V-Information** betrifft nur unwesentlich die Realität, sondern vor allem Gebiete, die betont virtuell (geistig bestimmt) arbeiten, erst mittelbar durch die Rechentechnik entstanden sind und vorwiegend mit Bildschirmbrillen und aktiven Handschuhen in virtuellen Räumen arbeiten.

Erst recht spät wurde die **K-Information** eingeordnet. Sie funktioniert sehr speziell, deutlich anders und betrifft vorwiegend die Programmierung von Rechnern. Ihr „Informer“ ist eigentlich Software und verändert nur die Eigenschaften des Informationssystems. Die eigentliche Information mit Informer und Informat kann erst danach auf dem üblichen Weg erfolgen.

Bilder, Zeichen, Sprache, Denken

Den Kontakt mit der Realität realisieren die Lebewesen und auch der Mensch mittels Wahrnehmung, Handeln und Erleben. Das kann aber immer nur in der aktuellen Zeit erfolgen. Eine **Speicherung** bringt dagegen Vorteile für späteres Handeln. Hierfür sind bereits vor etwa 300000 Jahre **Striche** für ein „Abzählen“ in Knochen nachgewiesen. Als gewaltige Weiterentwicklung zu immer mehr komplexen **Bildern** sind dann vor rund 50000 Jahren umfangreiche Zeichnungen auf den Wänden in mehreren Höhlen angebracht worden. Sie betreffen vielfach das Geschehen bei der Jagd [Völ05]. Weiter sind damals auch **Figürchen** entstanden. Jedoch all diese Ergebnisse waren und sind immer nur statisch, konnten also nur mittelbar ein vergangenes Geschehen wiedergeben.

Für unmittelbare Geschehen waren also andere Zusammenhänge entscheidend: Je größer eine Gruppe ist, desto leistungsfähiger und erfolgreicher kann sie handeln. Denn bei komplizierten Problemen oder gar Feinden können sie erfolgreich zusammenwirken und sich gegenseitig unterstützen. Dazu müssen sie sich aber einzeln mit ihren besonderen Eigenschaften gut kennen.

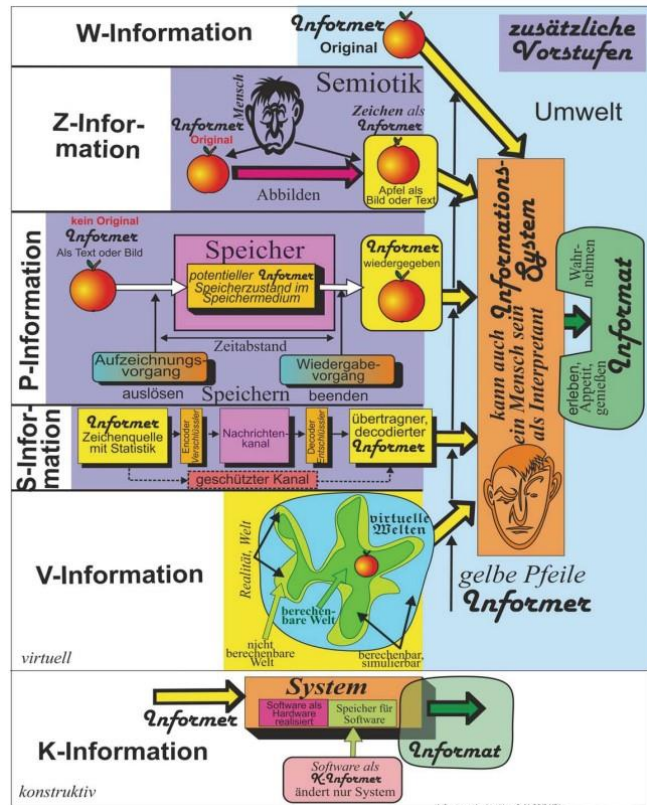


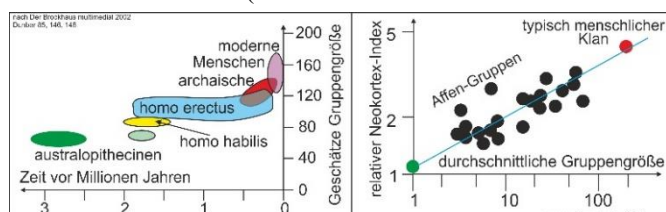
Bild 12. Zur Einordnung und den Wirkungsmöglichkeiten der einzelnen Informationsarten.

Bei den Primaten erfolgt das Kennenlernen vor allem durch das Grooming. Diese gegenseitige Fellpflege bestimmt dabei auch die Rangordnung. Im Mittel verwenden die einzelnen Arten hierfür höchstens 20 % ihrer Zeit. Die andere Zeit benötigen sie für viele andere Aktivitäten, wie Nahrungssuche, gegenseitige Kommunikation, Verhalten gegenüber anderen Arten und deutlich später für die Schaffung von Neuen, z. B. Hilfsmittel bis Werkzeuge. So können sich maximal 50 Tiere ausreichend gut kennen. Diese Größe wird u. a. bei den Pavianen erreicht. Bei den Nasenaffen beträgt sie dagegen nur 14. Für die Frühmenschen betrug die typische Klan- und Dorfgröße dagegen etwa 150. Für ihren Zusammenhalt würde Grooming nicht mehr reichen. Es würde 40 % aller verfügbaren Zeit verbrauchen.

Mit der akustischen Sprache ergaben sich jedoch neue Varianten. Sie ermöglicht mittels spezieller Lautbildungen hohe Parallelität und vielfältige Nebentätigkeiten, sowie eine Verständigung über Entfernungen. Erst später entstanden die Wörter, also die Bezeichnungen, welche den Hinweis auf betroffene Objekte ermöglichten. Das ist der Beginn der **Semiotik** (Griechisch *semeion* Zeichen, **Lehre von den Zeichen**) [Völ16], [Völ91]. Nur nebenbei sei bemerkt, dass auch noch heute die Sprache recht umfangreich zum gegenseitigen Kennenlernen dient: small talk alla *Grooming*. [Völ03] S. 369ff.

Die Möglichkeiten hierzu lassen sich gut mit dem Neokortexindex (Volumenverhältnis von Neokortex zum restlichen Gehirn) belegen und erklären. Er übertraf damals erstmals den Wert 4 (**Bild 13**). So dürfte der Sprachbeginn vor reichlich 100 000 Jahren begonnen haben.

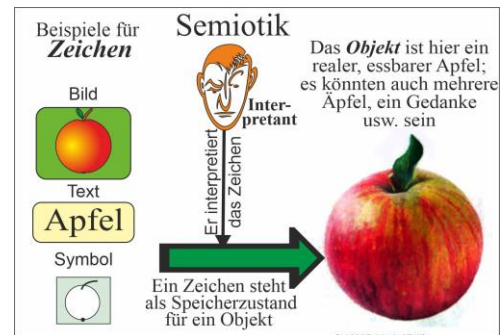
Bild 13. Gruppengröße, und Menschwerdung für das Entstehen von Sprache.



Für Sprache ist **Schall** entscheidend. Doch im Gegensatz zum überall vorhandenen Licht und unmittelbar sichtbaren Bildern tritt er nur bei spezifischen Änderungen der Objekte auf. Von Menschen (oder Lebewesen) muss und kann er sogar absichtlich und gezielt erzeugt werden. Zur Kennzeichnung der vielen Objekte und Veränderungen der Realität erfordert er aber eine differenzierte Gestaltung mit dem komplexen Sprachorgan des Menschen sowie ein hochentwickeltes Gehör. Erst dadurch ist es möglich, dass spezifische Laute und Wörter die Objekte und das Geschehen eindeutig bezeichnen und beschreiben bis erklären. Ergänzt durch analog wirkende Bilder entstehen die allgemeineren **Zeichen**, welche für Objekte und Geschehen der Realität stehen. Entsprechend **Bild 14** kann so nicht nur der einzelne konkrete Apfel erfasst werden, sondern alle möglichen Äpfel und deren Arten. Sie all sind so deutlich einfacher und mit weniger Aufwand zu handhaben als die Objekte

selbst. So lassen sich durch vielfältige Zusammenfassungen Gruppen, Klassen usw. bilden und verwenden. Trotz oder auch gerade wegen dieser Vereinfachungen werden vor allem mittels der Sprache weitreichende Beschreibungen und umfassende Erklärungen der Realität erst möglich. Die allgemeine Anwendung der Semiotik ermöglicht es auch, Begriffe für **Neuartiges**, erst **Geschaffenes** einzuführen und zu nutzen. Typische Beispiele dafür kommen u. a. in Technik, Kultur, Zivilisation, Kunst, Nahrung und Gesundheit vor. Auch viele Gebiete der Mathematik, virtuellen Welten, mythischen Zusammenhänge, des Abstrakten gehören dazu (s. S. ##).

Bild 14. Die vielen Möglichkeiten der Semiotik ergeben sich vor allen durch die Sprache.



Wesentliche Teile der geschichtlichen Entwicklung hierzu fasst

Bild 15 zusammen. Auffällig ist dabei der große Zeitunterschied bei der Sprach-, Zahlen- und Schriftentwicklung. Da die Sprache mit dem Schall vergeht, erfolgte ihre Speicherung deutlich später und zunächst nur durch Schrift.

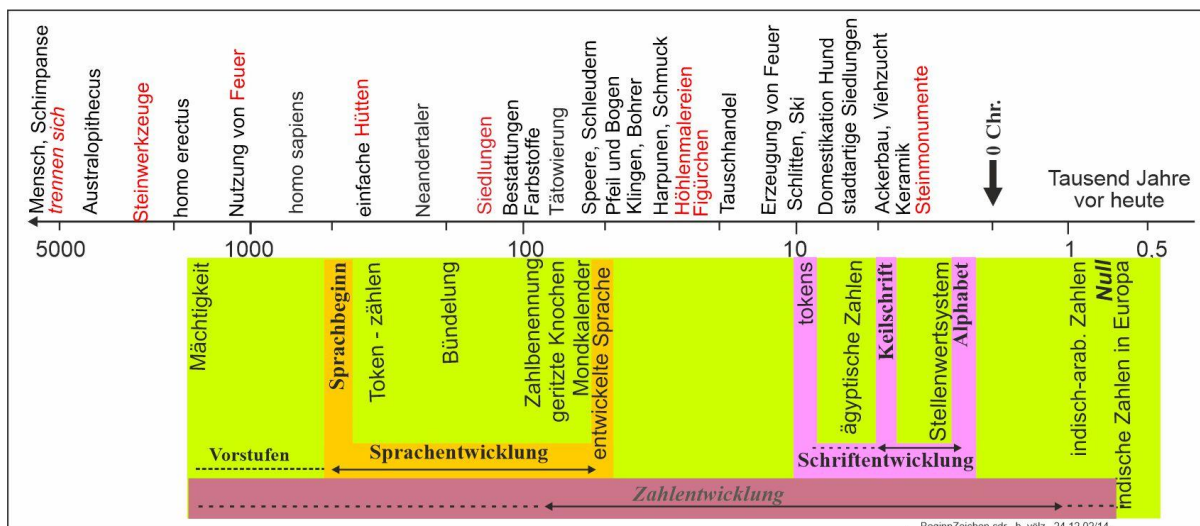


Bild 15. Die Entwicklung von Sprache, Zahlen und Schrift. Für Zahlen vgl. (Völ21).

Die beiden wichtigen Kennzeichen der akustischen Sprache betreffen die Kommunikation zwischen Menschen sowie die Beschreibung, Erklärung und Berechnung der Realität. Wenn der Schall entfällt, dann ist keine Kommunikation mehr möglich. Jedoch die anderen Varianten der Sprache bleiben im Wesentlichen erhalten. Sie sind aber nur für jenen Menschen verfügbar, der sie denkt. Der dazugehörige Begriff Gedanke wird aber dann besonders gewählt, wenn Denken etwas Neues bewirkt. Generell sind sie für den menschlichen Erkenntnisprozess wichtig und entsprechen etwa geistigen Arbeiten. Der Begriff ist von Dank abgeleitet und kam im 8. Jh. als thenken (engl. to think) ins Deutsche. Das aktive, verstandesmäßige und ordnungsstiftende **Denken** betrifft vielfältige Inhalte und Aussagen, darunter auch die Erfahrung. Es hat vorwiegend das Ziel, Bedeutungen zu verstehen und Sinnzusammenhänge offen zu legen. Vielfältig wird es beim Problemlösen benutzt. Friedhart Klix (1927 – 2004) unterscheidet Denken als Vorgang von der Intelligenz (s. u.) die dessen Qualität ausweist [Kli83]. Im alltäglichen Umgang werden unter Intelligenz auch Klugheit, Lebenstüchtigkeit, Schlaueit, Gerissenheit usw. verstanden. Der heuristische Prozess des Denkens führt zur Einsicht in das Problem, beginnt mit unvollständigen Fakten und Geschehen, benutzt die logische Analyse sowie analogie- und begriffsbildendes Schließen. Außerdem wird auf gewonnene Erfahrungen zurückgegriffen. Beim Denken ist die Sprache besonders wichtig, denn

- mit ihr werden Gesetzmäßigkeiten formuliert und Begriffe gebildet,
- durch sie wird ein Denkprozess nachvollziehbar und seine Struktur und Folgerichtigkeit überprüfbar sowie
- mittels des schriftlichen Protokolls kann bei komplexen Fragen auch an bereits Gedachtes angeknüpft werden.

Inhaltlich deutlich anders ist das „Denken an Etwas“, Es betrifft oft eine Meinung, Ansicht, Vision oder Idee, einen Einfall oder Begriff. Denken geschieht vorwiegend mit einer verinnerlichten Sprache. Daher könnte es auch ein Denken vor der Entstehung der Sprache gegeben haben und vielleicht ist deshalb Denken zuweilen sogar umfangreicher als die akustische Sprache. Denn sie muss ja mit den begrenzten Möglichkeiten unserer Sprechorgans realisiert werden. Vielleicht bezog sich auch hierauf die Aussage von René Descartes (1596 – 1650) „*cognito ergo sum*“ (Ich denke also bin ich). Es ist erstaunlich, dass so etwas wie Denken und Gedanken auch im Schlaf oder Traum geschehen können und dann nicht selten Neues enthalten s. (Völ21) S. 70ff. Vermutlich kombiniert unser Gehirn hierbei das vorhandene Wissen neu und zufällig, jedoch ohne das

Bewusstsein einzubeziehen. Einen besonderen (politischen) Vorteil der Gedanken betont das nebenstehende Volkslied aus des Knaben Wunderhorn. Doch was sind die *nächtlichen Schatten*? Hier sind offensichtlich Gedanken zur unvollkommenen Realität gemeint. Über sie verfügen mehrere Menschen ähnlich und selbst wenn einer „erschossen“ wird, sind sie bei den anderen noch erhalten. Da sie nur im Bewusstsein verfügbar existieren, müssen sie dort und nur dort eine stofflich-energetische Grundlage haben. Doch genau dazu und zur Information gibt Norbert Wiener (1894 – 1964) einen wichtigen mittelbaren Hinweis [Wie48], S. ##:

Die Gedanken sind frei, wer kann sie erraten?
 Sie fliehen vorbei wie nächtliche Schatten
 Kein Mensch kann sie wissen, kein Jäger erschießen
 Es bleibt dabei: die Gedanken sind frei!

Umfangreich wird Denken beim **Problemlösen** benutzt. Dabei führt der heuristische Prozess zur Einsicht in das Problem, beginnt mit unvollständigen Inhalten, benutzt die logische Analyse sowie Analogien und begriffsbildendes Schließen. Schließlich greift es auf gewonnene Erfahrungen zurück.

Mit unserer **Kreativität** (*Lateinsch creare* (er)schaffen, (er)zeugen) erzeugen wir Neues. Doch leider gibt es fast keine Aussagen dazu, wie die Kreativität abläuft und was ihre Ursache war. Generell ist es sogar individuell unüblich, mitzuteilen, wie das Neue gefunden wurde. Es wird nur das Ergebnis publiziert. Lediglich Johannes Müller gibt in seiner systematischen Heuristik einige Hinweise: Sind erst einmal die meist schwierig zu findenden Ursachen der Probleme gut bekannt, dann lässt sich eine Aufgabe formulieren und weiter mit einer Zielstellung präzisieren. Ein derartig schrittweises Herangehen zur Problemlösung kann gefördert werden [Mül90]. Doch das ist selten anwendbar und dann muss die Lösung „intuitiv“ gefunden werden. Doch es sind einige Fälle bekannt geworden, wo das Ergebnis plötzlich und unvermittelt im Traum oder Halbschlaf auftrat. So teilte Friedrich August Kekulé von Stradenitz (1829 – 1896) in seiner Festrede 1890 mit, wie er im „Halbschlaf“ vier Schlangen gesehen hat: „Eine der Schlangen erfasste den eigenen Schwanz und höhnisch wirbelte das Gebilde vor meinen Augen. Wie durch einen Blitzstrahl erwachte ich“ [Wiki3]. Es gibt auch Berichte von 1865, wonach er im Zoo vier Affen beobachtet habe, die sich kreisförmig gegenseitig am Schwanz hielten. Diese Ergebnisse führten ihn zur Struktur des Benzolringes (**Bild 16**). Auch Dimitri Mendelejew soll so das Periodensystem der Elemente und Elias Howe die Nähmaschine erfunden haben. Auch ich habe mehrfach Ähnliches erlebt. Dazu gab es eine lange Liste auf meinen total offline betriebenen Arbeitsrechner. Doch der wurde während einer Kur von meiner Frau und mir total zerstört. So kann ich nur noch das Erlebnis zur Kontinuierlichen Digitalisierung berichten. Nachdem über 30 Jahre meine Studenten auf das notwendige Vermeiden des Samplingrauschens bei der Digitalisierung aufmerksam gemacht hatte, erlebte ich am 21.01.2007 im Halbschlaf die Lösung durch Approximation [Völ08]. Allgemein ist gut bekannt, dass für Intelligenz und Kreativität eine tiefe Entspannung vorteilhaft bis notwendig sein dürfte. Wahrscheinlich arbeitet unser Gehirn dann selbstständig an Problemen weiter, ohne das Bewusstsein zu erreichen. Dabei könnten sogar unbekannte Methoden oder Algorithmen und der Zufall wirksam sein. Wichtig für die Kreativität dürften auch **Analogieschlüsse** sein. Analogie besteht z. B. für jede Zeigeruhr selbst dann, wenn sie digital betrieben wird. Ihr Zeiger bewegt sich analog zum Schatten eines Stabes infolge der Erddrehung.

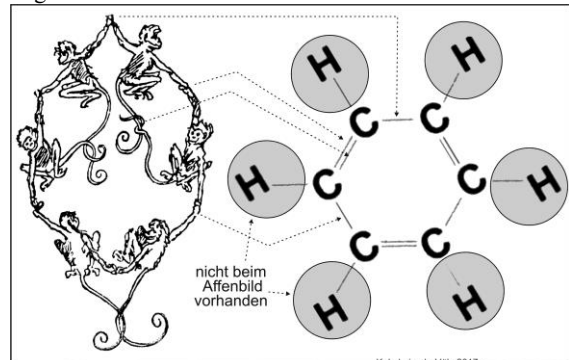


Bild 16. Kekule und der Benzolring. Die Verweispeile mussten jedoch spiegelbildlich eingetragen werden. Die Affen entsprechen den C- und H-Atomen.

Mittels Sprache und Denken – allgemein der Semiotik – besteht auch die Möglichkeit Wörter, Begriffe und teilweise sogar neue Inhalte zu schaffen und dann zu benutzen, obwohl sie in der Realität kein Äquivalent besitzen oder erlangen können. Gebräuchlich ist das in der Literatur bei Märchen, Lügengeschichten, Sciences Fiktion, Illusionen, Wünschen usw. Ein humorvolles Beispiel beschreibt Kurt Tucholsky (1890 – 1935) [Tuc28] S. 273:

„Aber dann richtete er sich plötzlich straff auf. Sein Auge blitzte vor Energie. Wir saßen starr vor Entsetzen. „Kellner!“ rief er mit Stentorstimme. Der Oberkellner kam. „Kann ich bei Ihnen repunsieren?“ „Selbstverständlich“, buckelte der Kellner, „Es sind acht Halbe und vier Schnäpse.“ Wir repunsierten und gingen.“

Selbst in der Wissenschaft kann so etwas vorkommen. Hierfür sei von einem Einsteinzitat ausgegangen:

„Die Mathematik genießt vor allen anderen Wissenschaften ein besonderes Ansehen, ihre Sätze sind absolut sicher und unbestreitbar, während die anderen Wissenschaften bis zu einem gewissen Grad umstritten und stets in Gefahr sind, durch neu entdeckte Tatsachen umgestoßen zu werden.“

Ein Zitat von Tobias Danzig ergänzt das in der oben erwähnten Richtung [Bar94], S. 418:

„Man könnte den Mathematiker mit einem Modeschöpfer vergleichen, der überhaupt nicht an Geschöpfe denkt, dem seine Kleider passen sollen. Sicher, seine Kunst begann mit der Notwendigkeit, solche Geschöpfe zu bekleiden, aber das ist lange her; bis heute kommt

*gelegentlich eine Figur vor, die zum Kleidungsstück passt, als ob es für sie gemacht sei.
Dann sind Überraschung und Freude endlos!“*

Der Beweis dafür ist die Matrizenrechnung. Sie wurde 1850 von Sylvester rein theoretisch, also völlig unabhängig von jeglicher Anwendung und Realität geschaffen. Da es keine Anwendungen gab, blieb sie lange unbeachtet. Ohne von ihr zu wissen, benutzte ihre Regeln dann aber 1925 Werner Karl Heisenberg (1901 – 1976) für seine Matrizenmechanik, also sogar bezüglich der Realität. Erst sein Lehrer Max Born (1882 – 1970) wies ihn im Nachhinein darauf hin.

Es gibt beachtlich viele – aber nur selten ähnlich wirkungsvolle – Beispiele für Zusammenhänge, die in der Realität nicht vorkommen können. Dazu gehören auch bedeutende Leistungen der Menschheit. So verlangen vor allem die Logik und Digitaltechnik eindeutige Ja/Nein-Antworten mit ausgeschlossenen Dritten. Diese Konsequenz hat wohl erstmalig und besonders deutlich Friedrich Ludwig Gottlob *Frege* (1848 - 1925) kurz vor dem Abschluss des 2. Bandes seines Hauptwerkes „Grundgesetze der Arithmetik“ (1893 - 1903) erlebt: 1901 teilte ihm Bertrand Arthur William, 3. Earl *Russel* (1872 - 1970) in einem Brief die Russell'sche Antinomie mit: „Die Menge *R* enthält sich selbst als Element und die Menge *R* enthält sich nicht selbst als Element.“ Frege konnte das Problem gerade noch im Vorwort wie folgt berücksichtigen. u. a. [Fre79]:

„Einem wissenschaftlichen Schriftsteller kann kaum etwas Unerwünschteres begegnen, als dass ihm nach Vollendung seiner Arbeit eine der Grundlagen seines Baues erschüttert werden. In diese Lage wurde ich durch den Brief des Herrn Bertrand Russel versetzt, als der Druck dieses Bandes sich seinem Ende näherte.“

Um den Inhalt der Antinomie zu verstehen, werden zunächst alle möglichen Mengen in zwei Klassen eingeteilt:

1. Mengen, die sich selbst als Element enthalten und
2. Mengen, die sich nicht selbst als Element enthalten.

Die Russell'sche Menge *R* vereint jene Mengen, die sich nicht selbst als Element enthalten und die Frage lautet: Enthält die Menge *R* sich selbst als Element?

- a) Wenn sie sich selbst als Element enthält, dann kann sie sich doch nicht als Element enthalten, da sie ja nur Mengen als Element enthalten darf, die sich nicht selbst als Elemente enthalten.
- b) Wenn sie sich nicht als Element enthält, dann muss sie sich doch als Element enthalten, da sie ja alle Mengen als Element enthalten soll, die sich nicht selbst als Element enthalten.

Mit der Theorie der logischen Typen zeigten später **Russell** und Alfred North **Whitehead** (1861 - 1947) den Ausweg:

„Was immer alle Elemente einer Menge voraussetzt, darf nicht ein Element der Menge sein.“

Heute werden daher in der Mengentheorie die **drei Objektarten** gemäß der Tabelle eingeführt:

- *Urelemente* treten als Elemente von Gesamtheiten auf, enthalten aber selbst keine Elemente.
- *Mengen* sind sowohl Gesamtheiten als auch Elemente von anderen Gesamtheiten.
- *Unmengen* sind Gesamtheiten, die aber nicht Elemente anderer Gesamtheiten sind.

Elemente		Unmengen
Urelemente	Mengen, Nullmenge	
Klassen		

Daraus werden *Elemente* und *Klassen* als Zusammenfassungen gebildet. Doch was existiert davon in der Realität? Die Russel'sche Menge *R* fällt mit der bereits **Cantor** bekannten „Menge aller Mengen“ zusammen (**Cantor's Antinomie** 1899). Sie müsste sich selbst als Element enthalten und kann daher nicht als Menge existieren.

Ähnliches geschieht auch bei verschiedenen **Unendlich**. Aussagen hierzu beginnen häufig mit dem Hilbert-Hotel, das unendlich viele Zimmer enthält und voll belegt ist [Völ22]. Ein neu ankommender Gast kann daher eigentlich nicht untergebracht werden. Doch dann zieht der Gast von Zimmer 1 in Zimmer 2 und der in Zimmer 3 usw. Nachdem der neue Gast in das nun freie Zimmer 1 eingezo-gen ist, sind schließlich alle untergebracht. Doch damit ist es noch nicht genug. Schrittweise können auf ähnliche Weise sogar unendliche viel neue Gäste Quartier finden. Georges F. L. P. Cantor (1845 – 1918) führte hierzu den Begriff der **Mächtigkeit** als **abzählbar unendlich** mit der Kardinalzahl hebräischen $\aleph$ (aleph) ein. Zu Beginn besitzt das Hilbert-Hotel $1\aleph$ viele Zimmer. Nach Cantor bietet es aber die Möglichkeit für alle reellen Zahlen durch die Mächtigkeit $2\aleph$. Deren Potenzmenge führt dann weiter zu $3\aleph$ usw. Mit Potenzen und Sternmengen lassen sich so immer höhere Klassen bilden. Jenseits der Realität muss es folglich mehrere verschiedene Unendlich geben. Ungelöst ist aber immer noch das Problem der Kontinuum-Hypothese. Erst 1938 gelang Kurt Gödel (1906 - 1978) der Nachweis, dass die Prinzipien der Mengenlehre nicht zum Widerlegen ausreichen. 1963 bewies P. J. COHEN, dass sie auch

nicht ausreichen, um es zu beweisen. Sie sind bis heute nicht vorhanden.

Mit seinem ersten Diagonal-Verfahren bewies Cantor, dass die Anzahl aller gebrochenen Zahlen – wie $1/3$, $5/8$ usw. – den natürlichen Zahlen 1, 2, 3 usw. zugeordnet werden kann (**Bild 17** rechts). Mit dem zweiten Diagonalverfahren (links) zeigte er dann, dass die Anzahl der **irrationalen Zahlen überabzählbar Unendlich** sein muss. Hierzu werden alle irrationalen Zahlen in einer Liste angeordnet. Dann wird eine Zahl gebildet, die aus jeweils geänderten Ziffern gebildet wird (rot). Sie kann – und viele ähnliche mehr – in der vollständigen Liste nicht vorkommen.

Bild 17. Die beiden Diagonalverfahren von Cantor.

Cantor 2. Diagonal-Verfahren
Liste aller reellen Zahlen
0, **1**4434 ... 79 ..
0, 1**4**634 ... 78 ..
0, 247**3**4 ... 98 ..
...
0, 34734 ... **5**8 ..
0, 44634 ... **7**1 ..
...
darin kann nicht vorkommen
0,258 ... 62 ...

Abzählbarkeit der rationalen Zahlen
1. Diagonal-Verfahren von Cantor

		1	2	3	4	5	6	7
	Denner							
1	Zähler	1/1	1/2	2/3	1/4	2/5	1/6	2/7
2	2/1	2/2	2/3	2/4	3/5	2/6	2/7	
3	3/1	3/2	3/3	3/4	3/5	3/6	3/7	
4	4/1	4/2	4/3	4/4	4/5	4/6	4/7	
5	5/1	5/2	5/3	5/4	5/5	5/6	5/7	
6	6/1	6/2	6/3	6/4	6/5	6/6	6/7	
7	7/1	7/2	7/3	7/4	7/5	7/6	7/7	

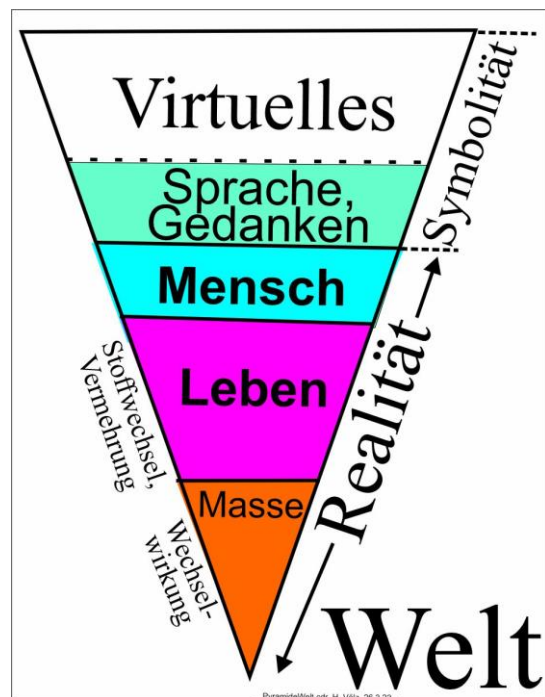
Um Widersprüche zu vermeiden führte Alfred Tarski (1901 – 1983) die in der Realität nicht vorhandene **Metasprache** ein. Aussagen über die in der Realität existierende Objektsprache dürfen nur noch mit der Metasprache erfolgen. Allgemein ist also eine Hierarchie der Sprachen erforderlich. In einer einzigen Sprache oder einem logischen System kann es kein Wahrheitskriterium geben. Dafür ist eine Metasprache notwendig. Aber leider sind in unserer natürlichen Sprache beide Sprachen identisch. Natürlich kann aber z. B. über Englisch (als Objektsprache) in Deutsch als Metasprache geredet werden.

Auf dem Mathematik-Kongress von 1900 forderte David Hilbert (1862 – 1943) schließlich die vollständige und widerspruchsfreie Axiomatisierung aller mathematischen Theorien. Äußerst schwerwiegend war es daher, als im Sommer 1930 Kurt Gödel den **Unvollständigkeitssatz** bewies. Danach kann es keine Theorie geben, welche die *elementare Arithmetik* umfasst und für die folgende Eigenschaften beweisbar sind: Sie ist 1. endlich beschreibbar, 2. in sich widerspruchsfrei und 3. vollständig.

Schließlich sei noch erwähnt, dass bereits für Frege Gedanken zwar objektiv aber weder Dinge der Realität (Außenwelt) noch von (*inhaltlichen* H.V.) Vorstellungen sind. Er ordnet sie einem dritten Reich zu um dadurch Widersprüche, Paradoxien usw. zu vermeiden. In diesem Zusammenhang sei noch auf den letzten Satz des „Tractatus logico-philosophicus“ von Ludwig Wittgenstein (1889 – 1951) hingewiesen: „*Worüber man nicht sprechen kann, darüber muss man schweigen*“ [Wit60]. Hiermit wollte er sogar das Ende der Philosophie einläuten. Denn oft sind sie leer. Siehe dazu spätere Hinweise bzgl. Geld, Macht, Ideologie, Märchen, Götter, Ideen, Visionen, Geister, Teufel, Religion usw.

Bei den oben aufgezählten Beispielen entstanden viele neue Ideen, darunter auch beachtliche geistige Leistungen, aber auch Probleme die vor allem außerhalb der Realität vorkommen. In [Völ21] ist dafür der Begriff **geistige Hochakrobatik** eingeführt. Der Vorteil derartiger Methoden, Betrachtungen usw. ist es, dass sie so gestaltet werden können, dass sie völlig widerspruchsfrei sind. Werden sie nun mit allen Möglichkeiten jenseits der Realität möglichen Aussagen, Fakten usw. zusammengefasst so ist ein für sie geeigneter Begriff Symbolität, die oft aus speziellem Mathematischen mit Kopfbildschirm und Handschuh-Steuerungen als virtuelle Realität bezeichnet wird. Mit der Realität zusammen ergeben dann die Welt und so ergibt sich die Aufteilung der Weltpyramide von **Bild 18**. In der Realität besteht sie zu unterst aus Masse (und Energie). Darüber folgen dann das Leben und schließlich der Mensch. Letzterer entwickelt die Sprache und Gedanken, die bereits zur Symbolität mit Virtuellem zusammengefasst werden. Abschließend hierzu sei noch erwähnt, dass die hier gewählten Begriffe Realität und Symbolität teilweise den Eiteilungen in Natur- und Geisteswissenschaft bzw. Materialismus und Idealismus entsprechen.

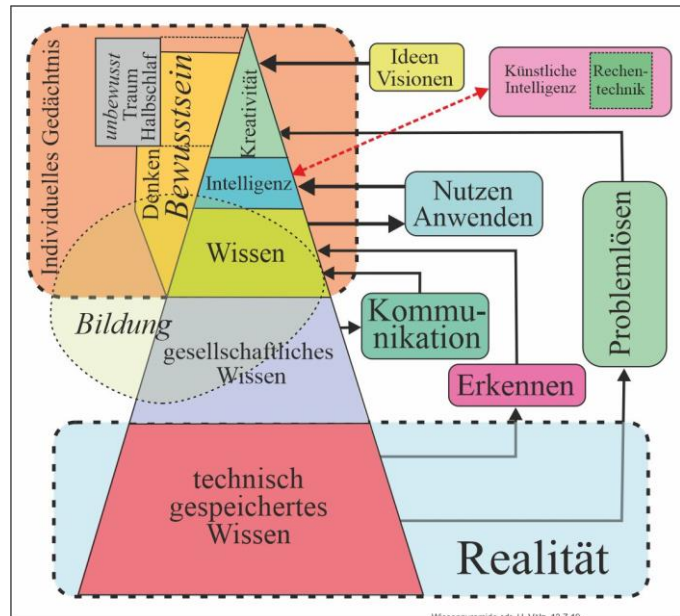
Bild 18. Struktur der Welt aus den beiden Hauptteilen Realität und Symbolität.



Ergänzend zur Einteilung der Welt nach Bild 18 ist speziell für das Wissen und die Wissenschaft eine zusätzliche Systematisierung notwendig. In [Völ22] entstand dabei die Wissenspyramide von **Bild 19**. Sie betont deutlich die Umgebung von Wissen und den dazugehörigen menschlichen und technischen Teilgebieten. Sie bedarf aber hier wohl keiner weiteren Erklärung.

Mit dem bisherigen Text wurde versucht aufzuzeigen, wie die wichtigsten Zusammenhänge in unserer Welt einigermaßen logisch und folgerichtig hergeleitet werden können. Für die typischen Begriffe wurden dazu zusätzlich Definitionen vorangestellt. Das ermöglicht jedoch nur recht teilweise die Ursachen und deren Wirkungen – sowie die Evolution – zu beschreiben und zu erklären. Zusätzlich erhebt sich die Frage: Wozu ist das nützlich? Das ähnelt dem ständigen Fragen von Kindern nach allem Möglichen **Warum** und **Wozu**? Oft wird auch nach dem Beginn von allem, dem angestrebten Ziel (wohin?) oder gar nach einem Schöpfer (für alles) gefragt. Deutlich später, fragen wir erst nach dem **Sinn des (individuellen) Lebens** oder einem **lebenswerten Leben**. Nur ganz wenige begnügen sich mit dem „So ist das eben!“. Offensichtlich sind wir Menschen die einzigen, die überhaupt solche Fragen zu stellen vermögen. Lediglich bezüglich bisher nur gedachter Außerirdischer wissen wir dazu nichts. Jedoch Günther Anders meinte generell zu den Fragenden [And80] S. 369:

Bild 19. Die Wissenspyramide mit ihren menschlichen und technischen Zusammenhängen.



„Warum setzen sie eigentlich voraus, dass ein Leben, außer da zu sein, auch noch etwas haben müsste oder auch nur könnte – eben das, was sie Sinn nennen?“

In der Realität bewirkt die Evolution (s. S. ##) weitgehend automatisch und häufig auch zufällig vielfältige Veränderungen. Auf sie haben wir kaum Einfluss. Wir können das also nur beobachten und dann fragen warum, wozu und wodurch es geschieht, was also die Ursache ist. Die entsprechenden Erkenntnisse sind die eigentliche Aufgabe, ja das Ziel der Wissenschaft. Doch der Mensch kann auch in der Realität absichtlich und teilweise mit einem Ziel oder für einen Zweck handeln und dabei sogar Neues erschaffen. Das entspricht seinem freien Willen (s. S. ##). Jedoch alle Änderungen können unterschiedliche Vor- und Nachteile für den Einzelnen, für besondere Gruppen oder gar für die Menschheit bewirken. Die Symbolität wird dagegen aber nur vom Menschen gestaltet. In beiden Fällen ist daher die Frage nach Ziel und Zweck des Geschehens möglich und oft sogar nützlich. Hierbei kann u. a. der Sinn des Neuen ermittelt werden. Doch für den **Sinn des Lebens** – oder was ein **lebenswertes Leben** ist – ergeben sich deutlich andere Inhalte und Fragen (s. S.##).

Während die (Natur-) Wissenschaften nur das Geschehen in der Realität beschreiben und erklären wollen, können auf das Wozu und Wofür sowie auf den Sinn unseres Lebens selbst die Philosophie und Psychologie nur einige Antworten geben, teilweise wollen auch nicht mehr. Hierauf kann jedoch erst später eingegangen werden.

Beschreibungen der Realität

Eine gute Erklärung und Beschreibung der Realität ermöglicht es uns, ihr gegenüber „besser“ zu verhalten und sie für uns vorteilhafter nützlich zu machen und dabei unsere Technik und Zivilisation bestmöglich zu gestalten. Wobei die Bewertungen dafür durchaus nicht einfach sind. Die Kenntnisse dazu gewinnen wir primär durch Wahrnehmungen und Handlungen. Vertieft werden sie dann durch Messungen und Experimente. Daraus lassen sich Folgerungen bis zu Theorien ableiten. Hierfür sind mehrere Methoden verfügbar:

- Die **Sprache** ermöglicht eine verbale Beschreibung. Infolge der Unschärfe ihrer Begriffe ist das selbst bei guten Definitionen nur relativ oberflächlich möglich. Mittels der **Ordinal-Skala** sind Rangfolgen erreichbar [Völ21].
- Messungen und Experimenten** erzeugen oft vielen Daten, für deren Aufbereitung können etwa die drei Verfahren von **Bild 20** angewendet werden:
 - Sie können zu einer **Kurve** verbunden werden.
 - Statistische Methoden ermöglichen **Näherungen** mittels einer **Geraden**, **Parabel** oder **Potenzreihe**
 - Bestmöglich genäherte Kurvenverläufe sind über **Digitalisierung** oder **kontinuierlicher Funktionen** erreichbar (Details s. u.).
- Wenig Bedeutung haben noch betont **bildliche Darstellungen** und **Analogiebetrachtungen** zu bereits Bekanntem.

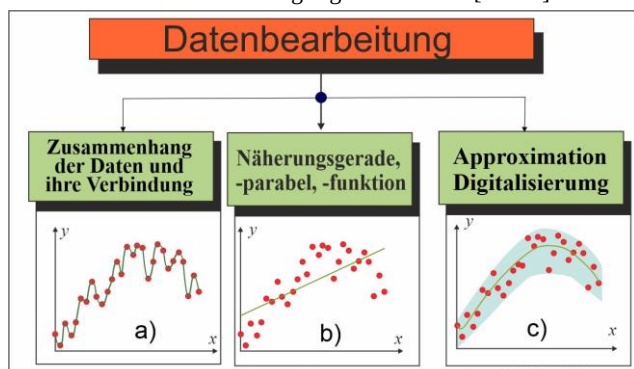


Bild 20. Verfahren zur Beschreibung des Geschehens in der Realität

Die **Approximation** (Bild 21a) wird auch als „kontinuierliche Digitaltechnik“ bezeichnet [Völ08]. Für sie wird um die schwarze Originalkurve ein grünes Toleranzfeld entsprechend der Wahrnehmungsgrenze gelegt. Für mehrere Orthogonalfunktionen – wie Fourier-Reihe, Legendre- oder Tschebyscheff-Polynome – werden die Koeffizienten des roten

Ausgleichssignal so bestimmt, dass es im Toleranzfeld verläuft. Zusätzlich können beim Toleranzbereich auch die Wahrnehmungsgrenzen berücksichtigt werden (b). Für die Wiedergabe genügen die Koeffizienten.

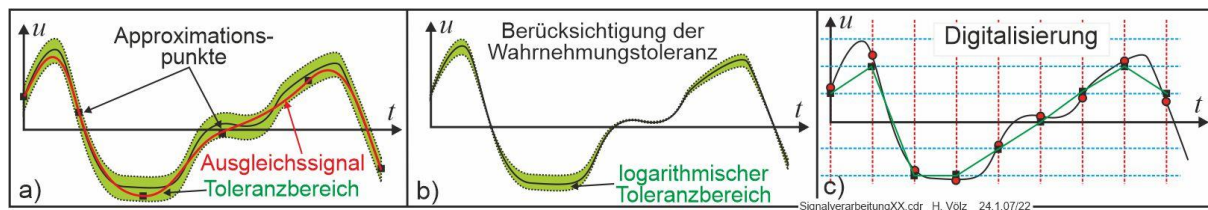


Bild 21. Die verschiedenen Anpassungen bei der Approximation und Digitalisierung.

Bei der **Digitalisierung** (c) werden von der kontinuierlichen Originalkurve äquidistante Zeitwerte als Samples (Proben) ausgewählt (rote Punkte). Sie werden dann zu den nächstliegenden, äquidistant festgelegten Amplituden geführt (grün). Mit ihnen kann für die Wiedergabe die Originalkurve näherungsweise hergestellt (grün). Doch dies ist weitaus komplizierter als bei der Approximation und wird mittels **Bild 22** erklärt. Wesentlich ist hierbei der ideale Tiefpass (a; unten). Seine Fouriertransformation ist die Whittakerfunktion (a; unten). So ergeben sich aus den digitalisierten Werten die Verläufe in (b). Für das zurückgewonnene Signal werden die einzelnen Schwingungen addiert. Doch in der Anwendung treten die folgenden Fehler zusätzlich auf:

- Damit sich theoretisch exakte Signalverlauf zwischen den Abtastpunkten einstellt, müssen alle Samples und deren Werte der Whittakerfunktion im Zeitraum von $-\infty \leq t \leq +\infty$ vorliegen. Technisch sind aber nur endlich viele der Vergangenheit und Zukunft verfügbar. Je mehr berücksichtigt werden, desto größere Speicherkapazität ist zusätzlich notwendig. Weiter tritt dabei eine zusätzliche Verzögerung bei der Rückwandlung auf.
- Für die Erzeugung von der Funktionswerte $\text{Si}(x)$ ist ein idealer, rechteckförmiger Tiefpass (Fourier-Transformation) mit der Grenzfrequenz B notwendig. Alle technischen Tiefpässe haben jedoch keine ideal steile Flanke und besitzen zusätzlich beachtliche Phasenfehler.
- Bei der Wiedergabe müssen die Samples als genau rechteckige Impulse vorliegen. Die Bandbreite des Kanals führt aber immer zu einer „Verschmierung“.
- Eigentlich müssten die Amplituden der Samples unverändert (kontinuierlich) erhalten bleiben. Die Digitaltechnik verlangt jedoch entsprechend der Abtasttiefe immer nur endlich viele genau festgelegte Amplitudenwerte mit äquidistantem Abstand. Vor allem der notwendige „Amplitudenfehler“ bewirkt das ein störendes Quantisierungsrauschen. Das vielfach durch 6 dB starkes thermischen Rauschen verdeckt wird,
- Die Samples müssen zum korrekten Zeitpunkt wiedergegeben werden, in Folge von Störungen sind aber Zeitfehler nahezu unvermeidbar.

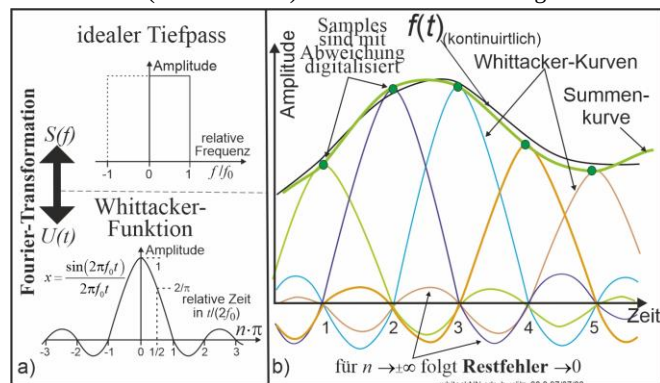


Bild 22. Für die Digitalisierung wird die Whittakerfunktion benutzt. Sie ist Fourier-Transformierte eines Rechteckimpulses.

Die Prinzipschaltungen der beiden Verfahren zeigt **Bild 23**. Auf eine Erklärung sei hier verzichtet. Sie ist u. a. ausführlich in [Völ08] enthalten. Durchgesetzt hat sich bisher aber nur die übliche Digitalisierung a). Sie wurde bereits 1948 von Shannon vorgestellt und ist inzwischen hervorragend gut entwickelt [Sha48]. Die Kontinuierliche Digitaltechnik (b, Approximation) entstand jedoch erst 2007 und hat daher bisher kaum Anwendungen erlangt. Daher fehlen noch viele technische Details, wie Cuttern, Mischen und Bearbeiten. Sie ermöglicht jedoch deutlich höhere Qualitäten. So gibt es keine Quantisierungsrauschen, die oben aufzählten Fehler und selbst die Datenrate ist kleiner und kann sogar je nach Bedarf leicht verändert werden.

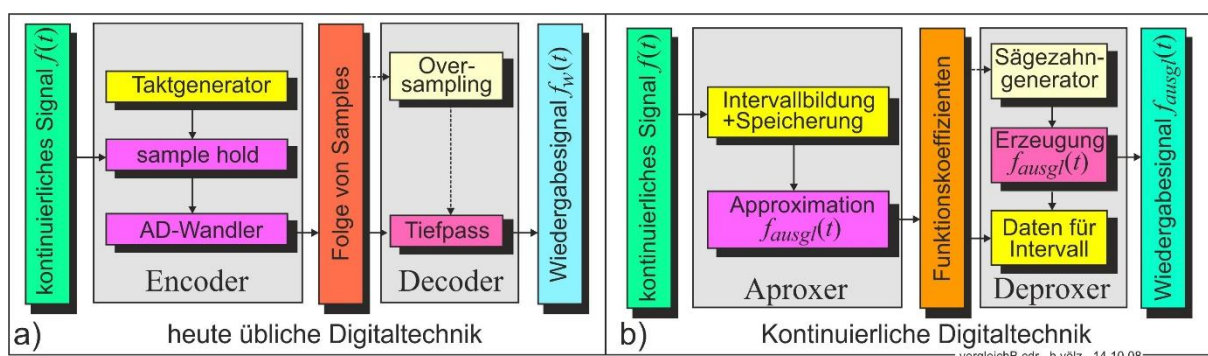
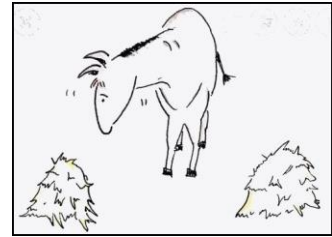


Bild 23. Die beiden Schaltungsprinzipien zu digitalen Übertragungs- und Speicherverfahren von Signalen.

Letztlich werden für die Realität viele Kenntnisse möglichst in **Theorien** zusammengefasst, die dann weitgehend allgemeingültig sein sollen, also auf viele Objekte und deren Wechselwirkungen erfolgreich angewendet werden können. Die Kriterien für ihre Gültigkeit sind u. a. genauer in [Völ22] untersucht und ändern sich deutlich mit den gewonnenen Erkenntnissen. Immer wieder gab es einen Paradigmenwechsel und sie dürften auch in der Zukunft auftreten.

Bereits hier (weitere Folgerungen s. S. ####) sei etwas auf die Unterschiede, Vor- und Nachteile, von **digital** und **kontinuierlich** eingegangen. Digital hat den großen Vorteil, dass bei der Übertragung und Speicherung eine Fehlerkorrektur genutzt werden kann und so dabei auftretende Störungen weitgehend rückgängig zu machen sind. Kontinuierlich ermöglicht dagegen immer und schnell eine ungefähre Aussage, wie oben bei der Sprache. Digital ermöglicht aber nur Ja oder Nein und kein Drittes. Dazu ist schon lange „**Buridans Esel**“, nach dem französischen mittelalterlichen Philosophen Jean Buridan (1300 - 1358), Schüler Willhelm von Ockham, bekannt: Ein Esel (Bild rechts) steht zwei (annähernd) gleich großen Heuhaufen gegenüber. Er kann sich daher nicht entscheiden, bleibt stehen und verhungert schließlich. Schon der Volksmund antwortet darauf „Vogel (Esel) friss oder stirb!“ Das Paradox war bereits Aristoteles bekannt. Statt des Esels hatte er jedoch einen Hund gewählt. Ein analoges Problem gibt es sogar bei der Symmetrieverletzung der Physik: In einem völlig symmetrischen Universum kann sich keine Materie bilden. Mit der Antimaterie würde sie sich sofort wieder in Strahlung verwandeln.



Die Grenzen von digital betrafen auch einmal die Arbeitsgruppe „Magnetische Signalspeicher“. Zunächst wurden in ihr alle Speicher für die russischen Forschungssatelliten gebaut. Dann erhielt sie auch den Auftrag, den sehr großen Speicher für die Internationale Mission zum Marsmond Phobos 1980 zu entwickeln. Zu Beginn wurde dafür eine Fehlerrate 10^{-12} gefordert. Das führte zu einer langwierigen Diskussion. Schließlich teilte der sehr junge Entwickler für die Elektronik Herr Voigt mit, dass er sich für seinen Teil verpflichte, die Forderung einzuhalten, verlange dazu aber, dass ein entsprechendes Messgerät geliefert werde. Nach einer längeren peinlichen Pause wurde die Diskussion beendet und die 10^{-12} nie mehr gefordert. Spätere Abschätzungen ergaben, dass für die Messung ein Dauertest von mindestens 100 Jahren notwendig gewesen wäre.

Bereits diese wenigen Betrachtungen zeigen, dass die Kontinuierliche Digitalisierung die bestmögliche Kombination von digital und kontinuierlich ist. Doch leider wird zuweilen in der Technik mit der Macht der Konzerne und Manager die bessere fremde Variante verhindert.

Neues in der Realität

Lange Zeit entwickelte sich die Realität bei ihrer Evolution völlig „selbständig“. Erst der Mensch wurde fähig einzugreifen und sie nach seinem Wunsch besser zu gestalten und umfangreich zu nutzen: Unterkunft, Kleidung, Feuer, Landwirtschaft und Viehzucht zählen zu den ersten Beispielen, Faustkeil, Pfeil mit Bogen, Rad und Scheren waren die ersten Werkzeuge. Sie wurden sicher vorher erdacht und verweisen so auf den Beginn vom abstrakten Denken. Um den Raum (die Erde) zu erkunden, entstanden Wagen, Schiffe, Autos, Bahnen und Flugzeuge und schließlich elektronisch Telegraf, Telefon, Rundfunk und Fernsehen [Völ21]. Um etwas von der Vergangenheit zu wissen und zu berücksichtigen wurden Schrift und Bilder und schließlich die vielfältigen Speichertechniken entwickelt und geschaffen [Völ07a]. Obwohl kaum in der Literatur behandelt entstanden ebenfalls in großer Vielfalt die notwendigen Verstärkertechniken und Visualisierungen. Ihre Beschreibungen würden hier aber leider den Umfang zu stark vergrößern. Deshalb möge der Hinweis genügen: [ZZxx]. Bei all diesen Techniken geht der Mensch seit langem von theoretischen Betrachtungen aus und kann so die gewünschten Funktionen und Inhalte nach entsprechenden Regeln und Gesetzen so gestalten, dass keine Abweichung (Fehler) vom Wunsch entstehen kann (weitere Details dazu unten bei Symbolität). Dazu können (müssen) die Techniken aber auch in abgegrenzten Bereichen und nur in der vorgesehenen Art und Weise betrieben werden. Erst wenn etwas durch Alterung oder Störung defekt wurde, werden die Techniken unbrauchbar. Doch nicht immer wird das ideale Ziel erreicht, die Entwickler, Konstrukteure und/oder Programmierer machen leider zufällig, nachlässig oder infolge unzureichender Fachkenntnis Fehler. Es gibt sogar absichtliche Mängel. Hierfür prägte 1832 Bernard London den Begriff **Obsolescenz** (Lateinisch *obsolescere* sich abnutzen, an Wert verlieren, veralten): „Ending the Depression Through Planned Obsolescence“, also Ziel der Umsatzsteigerung. Die erste Anwendung wird Sloan zugeschrieben. Als Präsident von General Motors führte er in den 1920er-Jahren jährliche Veränderungen bei Automobilen ein. Das führte zum vermehrten Verkauf der jeweils neuen Modelle. 1924 verständigten sich die Hersteller von Glühlampen international darauf, die Lebensdauer auf maximal 1000 Stunden zu begrenzen. Dieses Phoebus-Kartell existierte mindestens bis 1942. Anfang der 1940er-Jahre flog es auf. Dann wurde die künstliche Begrenzung der Lebensdauer von Glühlampen verboten. Doch auch danach brannten die Glühlampen kaum länger. Nur für Spezialanwendungen (z. B. Verkehrsampeln) wurden Lampen mit erhöhter Lebensdauer hergestellt, die aber dadurch deutlich dunkler leuchten. Heute gibt es viele Varianten der Obsolescenz. So werden bei Schuhsohlen absichtlich Sollbruchstellen eingebaut, die „planmäßig“ unbrauchbare Schuhe bewirken, für neue Betriebssysteme werden keine Treiber mehr bereitgestellt. Auch absichtlich eingeführte (ästhetische) Modetrends sowie die Nichtverfügbarkeit von Reparaturanweisungen geschieht (psychologische Obsolescenz). Weiter erfolgen die technischen Innovationszyklen mit sehr hoher Frequenz und entwerten damit vorhandene Produktbestände. Vielfach wird der Akku fest eingebaut oder das Gehäuse absichtlich fest verklebt. Auch absichtlich produzierte Wegwerf- bzw. sich selbst schnell zerstörende Medien existieren. U. a. wurden zum Schutz gegen Raubkopien besondere Speichermedien, z. B. CD-Varianten entwickelt, die nach dem Öffnen der Verpackung in relativ kurzer Zeit durch Sauerstoffaufnahme unlesbar werden. Bei digitalen Geräten kann mit fest eingebauten Programmen auch ein beabsichtigtes Ende der Nutzung eingebaut werden; bei Uhren z. B. über die Laufzeit oder beim Batteriewechsel, bei Druckern durch Zählen der Druckvorgänge usw. Auch das ist – ähnlich den Viren – ein absichtlicher Missbrauch von Software. Viele Details listet die Internetseite „www.murks“ auf. Die Spitze des Eisberges ist der Abgasskandal bei Autos von 2015/16. Zusätzlich treten dabei auch eine Verschwendung von Material und die absichtliche Vergrößerung der Müllberge sowie späterer Klimawandel auf [Völ17]. Ähnliches geschieht zuweilen auch bei neuen Anwenderprogrammen. Es werden immer mehr neue Feature hinzugefügt, doch wichtige alte gehen dabei verloren oder sind nur noch schwer zu finden oder zu erreichen.

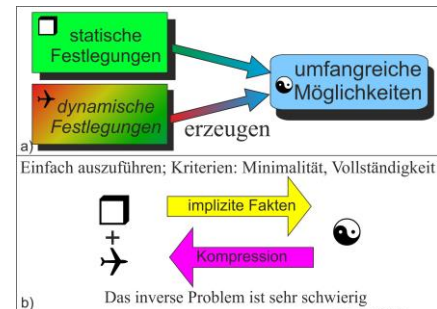
Möglichkeiten in der Symbolität

Ursprünglich diente die Sprache der Kommunikation zwischen Menschen. Wenig später ermöglichte sie eine umfangreiche Beschreibung der Realität, mit ihrer Hilfe wurde es leichter, die Realität besser und gemeinsamen zu nutzen und zu gestalten. Durch neue Wörter konnte Unerklärbares bezeichnet werden. Bald zeigte sich auch, dass mit der Sprache phantasievoll erdachte Geschichten erzählt werden können. Für das Erdachte mussten dabei neue Wörter geschaffen und auch mit (neuartigen) Eigenschaften ausgestattet werden. Ähnliches geschieht heute noch bei Märchen, Lügengeschichten, Rätseln, Science-Fiction usw. Schließlich machten davon auch die Wissenschaftler Gebrauch und schufen neue, völlig widerspruchsfreie Theorien, die aber in der Realität kein äquivalent hatten und dennoch teilweise als hervorragende Leistungen gelten (s. S. ###). In [Völ21] wurden sie als geistige Hochakrobatik bezeichnet. Doch zuweilen ergaben sich später sogar Anwendungen für die Realität. Ein Musterbeispiel ist die Matrizenrechnung (s. S. ##). Häufig wurde hierbei die Axiomatik benutzt, die bereits die Griechen erfunden hatten: Zu nur erdachten, geistig vorgestellten Gegebenheiten wurden statische Festlegungen, die Axiome □ und die Regeln (Gesetze, Möglichkeiten) ✈ gebildet. Aus beiden Festlegungen lassen sich dann „folgerichtige“ und in sich völlig „widerspruchsfrei“

Geschichten, Abläufe ☯ erzählen (Bild24).

Für die Symbolität ist die Axiomatik durch eine „Auswicklung“ leicht zu handhaben (b oben). Sie zu erzeugen (b unten) erfordert oft sehr hohen geistigen Aufwand. Dabei ergeben sich auch sehr anspruchsvolle und leistungsfähige Beschreibungen für Naturgesetze. Beispiele sind die **Relativitätstheorie** und **Euklidische Geometrie** sowie die **Newton'schen Gesetze** [Völ22]. Einige allgemeine, aber dennoch typische Beispiele weist die folgende Tabelle aus.

Bild24. Prinzip und Wirkungsweise der Axiomatik.



Statische Festlegung □	Dynamische Festlegung ✈	Gefolgertes ☯
Atome, Elemente Buchstaben Objekte, Geräte Personen, Lebewesen usw. Schachfiguren, -brett	Verknüpfungen Zusammenfügungen Regeln, Gesetze Handlungen Regeln	Moleküle Wörter, Sprache Theorie, Geschehen Geschichten Partien

Das letzte Beispiel gilt für die vielen Brettspiele, wie Mühle, Dame, Schach, Go, „Mensch ärgere dich nicht“ usw. Dabei sind die statischen Festlegungen aber bereits als Brett und Figuren technisch umgesetzt und nur die Regeln bleiben sprachlich. Bereits um 3000 v. Chr. sind bei den Ägyptern einfache Kinderspiele mit Astragalen (Knöchelchen) und um 2000 v. Chr. bei den Indern als Würfelspiele nachgewiesen. Bei den Griechen wurden um 800 v. Chr. ähnliche Vergnügungen gepflegt und sogar Wagenrennen so entschieden. [Völ01]. Ergänzend hierzu seien nur noch die verschiedenen Kartenspiele genannt.

Eine ungewöhnliche, aber komplexe Variante schuf 1963 Joseph Weizenbaum (1923 – 2008) mit dem Rechner-Programm „*Eliza*“. Sein Vorbild war dabei Eliza Doolittle aus „My Fair Lady“. Für das Trivialgespräch zwischen Computer und Mensch werden nur drei einfache Strategien benutzt:

1. Beim Gespräch sucht der Rechner nach gespeicherten Schlüsselwörtern und erzeugt daraus Fragen.
2. Wenn er keine Schlüsselwörter findet, werden gespeicherte ausweichende Wendungen verwendet oder
3. Er lenkt auf allgemeingültige, oft triviale Themen hin.

So sollte es eigentlich einen Psychiater „karikieren“. Daher erschreckte es Weizenbaum, als beim ersten Versuch seine Sekretärin meinte, der Rechner erfasse oder verstehe gar ihre Intimsphäre. Doch zur Verwunderung von Weizenbaum wurde das Programm von Psychologen so ernst genommen, dass sie es einsetzen wollten oder bereits getan hatten? Hier ein kurzer, aber typischer Dialog:

Frau: Männer sind alle gleich.
 ELIZA: Inwiefern?
 Frau: Sie drängen uns immer zu etwas.
 ELIZA: Können Sie mir ein Beispiel sagen?
 Frau: Ja, mein Freund hat mich überredet, hierher zu kommen.
 ELIZA: Ihr Freund hat Sie überredet, hierher zu kommen?
 Frau: Er sagt, ich bin immer depressiv.
 ELIZA: Das tut mir leid, dass Sie immer depressiv sind.
 Frau: Das ist wahr, ich bin unglücklich.
 ELIZA: Glauben Sie, ich kann Ihnen helfen, nicht mehr unglücklich zu sein?
 Frau: Ich brauche etwas Hilfe, das ist wenigstens sicher.
 ELIZA: Was würde es Ihnen bedeuten, wenn Sie Hilfe bekämen?
 Frau: Vielleicht würde ich lernen, mit meiner Mutter besser auszukommen.
 ELIZA: Erzählen Sie mir mehr über ihre Familie.

Diese Erlebnisse machten Weizenbaum auf die möglichen Gefahren der Rechner deutlich aufmerksam und es entstand als erste große Warnung sein Buch [Wei77]. Heute wird Eliza bestenfalls noch für Spiele oder zur Unterhaltung genutzt. So erfolgte hier bald die umfangreiche Nutzung der Axiomatik. In der Literatur existiert rein gedanklich, aber weitaus allgemeiner, von **Hermann Hesse** (1877 – 1962) das „Glasperlenspiel.“

Das wohl erste bedeutsame **Rechnerspiel** mit eigenen Gesetzen erfand vor 1970 John Horton Conway (1937 -2020) als „**Life**“. Anfangs wurde es viele hundert Stunden in den Kaffee- und Teeпаusen am Mathematikdepartment des Massachusetts Institute of Technology (MIT) der Universität Cambridge auf einem Go-Brett gespielt. Mit der elektronischen Rechentechnik wurde das Spielen viel einfacher. Doch die meisten Ergebnisse entstanden aber erst mit der Einführung der Großrechen-technik in den 1970er Jahren. Dabei wurden die entstehenden Strukturen und Abläufe wichtig. Bald stellte Conway jede neu gefundene „Struktur“ 5 bzw. 50 \$ bereit. So wurde in fast allen Rechenzentren nachts illegal in erheblichem Umfang danach gesucht. Später wurde Life auch ein wesentliches Vorbild für die zellularen Automaten, die heute zur Chaostheorie gehören. Dabei gibt es kein allgemeingültiges algorithmisches Kriterium dafür, ob ein solches System chaotisch, zufällig ist oder nicht. Trotz seiner einfachen Regeln ist Life reich genug, um mit der Arithmetik vergleichbar zu sein und so genügt es Gödels Unvollständigkeitssatz [Ada10], [Lev93].

Life benutzt ein quadratisches Raster mit einer frei wählbaren Zellenanzahl (Höhe × Breite) **Bild 25** Zu Beginn werden einige Zellen zufällig belegt (belebt!). Dann wird getaktet gespielt. Dabei entspricht jeder Takt einer Generation des Lebens. Bei ihm wird für jede Zelle über die acht Nachbarzellen (a) die künftige Belegung der Zentralzelle bestimmt. Für den nächsten Takt gelten dann die drei Regeln:

- Eine **Geburt** auf der Zentralzelle erfolgt, wenn sie „leer“ (tot) ist, aber genau drei belebte Nachbarzellen besitzt. Sie wird so „befruchtet“ und gewinnt Leben
- **Überleben** in der Zentralzelle tritt ein, wenn sie zwei oder drei belebte Nachbarzellen hat. Sie fühlt sich „kollektiv“ umgeben wohl und lebt daher weiter
- Der **Tod** der Zentralzelle geschieht, wenn die belebte Zentralzelle keine oder nur eine belebte Nachbarzelle hat. Sie fühlt sich einsam und stirbt daher. Der Tod tritt aber auch dann ein, wenn sie von vier oder mehr belebten Nachbarzellen umgeben ist. Dann verhungert sie

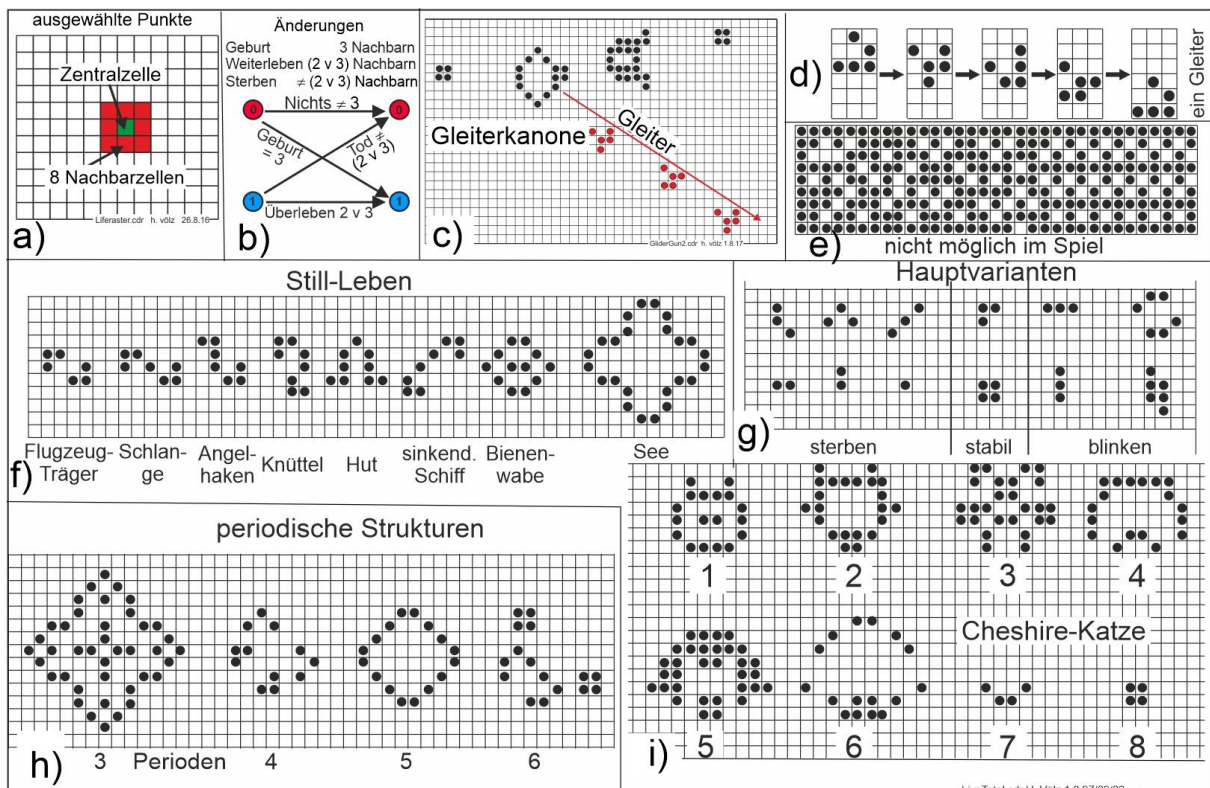


Bild 24. Überblick zu den Strukturen und dem Geschehen beim Life.

Für das Geschehen im Life sind aus mehreren Zellen zusammenhängend, als belebte Strukturen wichtig. Sie entsprechen Lebensgemeinschaften, die zuweilen auch „soziologisch“ interpretiert werden. Im Spielverlauf (der Evolution) treten u. a. *aussterbende* Strukturen (g) auf, wobei kurz vorm Ende noch eine vereinzelt Zelle auftritt. Weiter gibt es *unveränderliche, stabile* (g + f) sowie *blinkende* (g) und *oszillierende, periodische* (h) Strukturen. Eine besondere Variante sind *Gleiter* (d), die sich bei periodischer Änderung in der Ebene (Raum, Raster) bewegen und dabei mit anderen folgenreich kollidieren können. Die *Gleiter-Kanone* (c) gebärt (erzeugt) mit vorübergehenden Änderungen ständig neue festgelegte Strukturen, die in einer Richtung wandern und dabei auch andere Strukturen verändern oder vernichten können. Eine ganz besondere Struktur betrifft die *Cheshire Katze* (i). Es gibt aber auch Anordnungen auf dem Feld, die niemals im Spiel entstehen können (e). Für sie ist daher auch keine Rückrechnung möglich. Nicht einmal dann, wenn die Belegung des ganzen Feldes bekannt ist.

Inzwischen sind viele Spiele, Modelle und Berechnungen zum Ablauf des Lebens diskutiert worden. u. a. die vier

Evolutionsmodelle von [Eig83] und die umfangreiche, recht allgemeine, wenn auch schon veraltete Fassung [Lev93]. Doch über die Spiele hinaus gibt es noch sehr viel Neuartiges in der Symbolität. Recht umfangreich sind die vielen Entwicklungen und Ergebnisse der Künstlichen Intelligenz (Lateinisch *intellegentia* Einsicht, Verstand). Jedoch für die weiteren Betrachtungen genügt hier zunächst der Hinweis auf [Völ21], weitere Details s. u.

Kann der Computer denken?

Beachtlich viele Problemlösungen und Umsetzungen unserer Gedanken für die Realität und Symbolität erfolgen durch den Menschen und/oder mittels des Computers. Den Unterschied zwischen beiden schematisiert **Bild 26**. Während für den Menschen der Ausspruch von René Descartes' „Ich denke, also bin ich!“ besteht (s. S. ##) haben Rechner nichts Ähnliches zu verkünden. Er rechnet halt nur und liefert meist verwendbare Ergebnisse. Er kann aber auch dann Ergebnisse bereitstellen, wenn Berechnungen für den Menschen zu kompliziert sind und/oder zu lange dauern würden.

Beispiel für die höheren Leistungen des Computers sind mit Bild 25 für das Programm Life gezeigt. Genauere Aussagen zu den Unterschieden ermöglicht die **Künstlichen Intelligenz** (KI). Sie begannen um 1935 hauptsächlich durch Alan Mathison Turing (1912 – 1954) mit seinem Turing-Automaten. 1937 bewies er dann das Halteproblem für Computer und 1940 stellte er mit seiner Arbeit „Computing Machinery and Intelligence“ den **Turing-Test** vor. Mit ihm sollte entscheidbar sein, ob unsere Fragen ein sonst nicht wahrnehmbarer Mensch oder Rechner beantwortet. Wenn keine Entscheidung möglich ist, dann hat der Rechner menschliche Intelligenz: Ein typischer Dialog zwischen dem Prüfer **P** und das sonst nicht wahrnehmbare Gegenüber **G** könnte so lauten:

P: In der ersten Zeile Ihres Sonetts „Soll ich dich einem Sommertag vergleichen“, würde da nicht ein „Herbsttag“ genauso gut oder besser passen?

G: Das gäbe keinen Rhythmus.

P: Wie wäre es mit einem „Wintertag“? Da wäre der Rhythmus in Ordnung.

G: Sicher. Aber wer will schon mit einem Wintertag verglichen werden?

P: Aber Weihnachten ist ein Wintertag, und ich glaube nicht, dass Herrn Pickwick dieser Vergleich stören würde.

G: Das meinen Sie wohl nicht im Ernst. Bei „Wintertag“ denkt man an einen typischen Wintertag, nicht an Weihnachten.

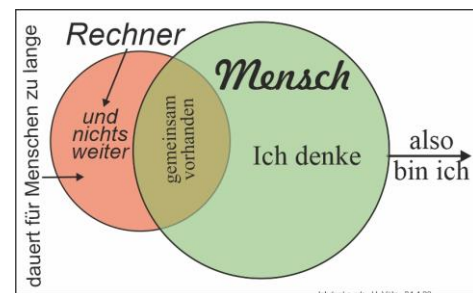


Bild 26. Leistungen vom Menschen und Computer.

Die meisten **Ergebnissen der KI** werden mit den umfangreichen und leistungsstarken Möglichkeiten der Rechentechnik gewonnen. Hierzu gehören Expertensystemen, automatisches Programmieren, Neuronale Netze, Roboter, Problemlösen, virtuelle Realität, big data usw., Allein in Wikipedia werde dazu u. a. mehr als zwanzig Bücher genannt. Doch bei der Entwicklung wurden auch viele Schwierigkeiten erkannt. Ein besonders typisches Beispiel Eliza (s. o.).

Andererseits glaubte Joseph Weizenbaum (1923 – 2008) früher einmal, dass es ähnlich – wie bei der Nachrichtenübertragung mit der Shannon-Entropie – auch für die **Intelligenz** eine Obergrenze gäbe. Aber recht früh ahnte er, dass dies kaum der Fall sein könne. Doch später erkannte er, dass jede Art von Lebewesen eine typische Art von Intelligenz besitze und daher Intelligenzleistungen verschiedener Lebewesen untereinander unvergleichbar sind: Jede Intelligenz richtet sich auf die arttypischen Interessen und Bedürfnisse. Diese sind eben für ein Insekt anders als für einen Menschen, für einen Fuchs anders als für ein Huhn, quantitativ wird dabei der Schlaueit des Fuchses auch die Dummheit der Hühner hinzugerechnet. Genau in diesem Sinn wird auch die Intelligenz möglicher künftiger „intelligenter“ **Roboter** (die Weizenbaum im Grenzfall auch für Lebewesen zu halten bereit ist) völlig anderer Art sein als die des Menschen [Wei77]. Der Begriff wurde 1920 von Karel Capek (1890 – 1938) in seinem Roman: WUR Werstands Universal Robots bzw. RUR Rossums Universal Robots gemäß dem Tschechischen *robota* für (Frohn-) Arbeit eingeführt. Die ersten wurden 1930 produziert. Doch es ist stark länderspezifisch was als Roboter gilt, z. B. wurden 1983 aus Japan 47 000 installierte Roboter gemeldet, von denen aber nach der VDI-Richtlinie nur 2860 als Roboter galten. Um 2004 waren bereits ca. 2000 000 Roboter im Einsatz. Die Robotik beschäftigt sich mit ihrer Konstruktion, doch ein theoretisch wissenschaftliches Gebiet für sie gibt es so gut wie nicht. 1942 hat Isaak Asimov (1920 – 1992) in seinem Buch „Runaround“ drei **Roboter Gesetze** vorgeschlagen [Asi82]

1. Ein Roboter soll ein menschliches Wesen nicht verletzen oder durch Untätigkeit zulassen, dass einem menschlichen Wesen Schaden zugefügt wird.
2. Ein Roboter muss den Weisungen menschlicher Wesen gehorchen, ausgenommen ist der Fall, dass diese Weisungen dem ersten Gebot widersprechen.
3. Ein Roboter muss seine eigene Existenz schützen, ausgenommen sind die Fälle, wo ein solcher Schutz dem ersten oder zweiten Gebot widerspricht.

Doch, wie verhält sich nun ein Roboter, wenn ein Chirurg einen Menschen operieren will? Vertieft ergänzte Stanislaw Lem (1921 – 2006), Da wir keine Krüppel, keine Degenerierten, keine Schwachsinnigen morden, nur weil sie menschenähnlich sind, dann dürfen wir dies auch nicht mit menschenähnlichen künstlichen Wesen tun. Schon mit dem Kauf eines solchen Wesens übernehmen wir folglich eine moralische Verantwortung.

Andere als menschliche Intelligenz wird in mehreren Sciences-Fiction beschrieben. Doch es gibt auch experimentelle Suche nach **außerirdischer Intelligenz**, die aber bisher erfolglos verlief. Erste Versuche Radiosignale von Außerirdischen zu erhalten, unternahm bereits Guglielmo Marconi (1874 – 1927) und 1919 behauptete er (fälschlich) solche empfangen zu haben. Für die Wahrscheinlichkeit außerirdischer Intelligenzen gab Frank Drake 1960 sogar eine Formel an [Dra97]. 1961 fand dann die erste Konferenz in Green Bank (West Virginia) statt. Daraufhin entstand in Arecibo (Hafenstadt 15 km von Puerto Rico) die größte Beobachtungsstation für Ionosphären-Forschung mit einem Teleskop von 304 m Durchmesser, deren

Einweihung 1963 erfolgte. Dort fielen bald sehr viele Empfangsdaten an. Deshalb wurde 1996 von David Gegye SETI@home als damals größtes Internetprojekt gegründet. Doch bis heute liegt für sie kein Beleg für sie vor.

Schließlich sei noch die **emotionale** Intelligenz (EQ) erwähnt, die unser Verhalten bewertet und beeinflusst. Aber unser **Wissen** wird aber hauptsächlich mittels Intelligenz gewonnen. Dabei werden meist 3 Varianten unterschieden

- **Erfahrungs- bzw. Alltagswissen:** Nach Dreyfus auch *graues Wissen* genannt [Dre85+89]. Hierfür sprechen eindeutig viele Fakten, z. B. Verhalten der Tierwelt, unser intuitives Verhalten und Verstehen sowie Mythen und Geschichten. Es tritt im gewöhnlichen Alltag, z. B. Rad fahren, auf. Trotzdem ist der dazugehörige Vorgang kaum andeutungsweise geklärt. Mit ihm können nur Teile der Welt erklärt oder verstanden werden. Sie müssen dafür uns irgendwie unmittelbar sinnlich zugänglich sein. Ähnlichkeiten gibt es bei kreativen Prozessen. Dreyfus meinte, dass wir mit der Künstlichen Intelligenz zwar das Expertenwissen von Professoren umsetzen können, aber nicht die Intelligenz eines zweijährigen Kindes.
- **Formalisierbares Wissen** ist exakt und formal beschreibbar und ermöglicht immer einen eindeutigen Weg zur Lösung mit meist brauchbaren, aber selten exakten Lösungen aus wenigen Begriffen, Daten, Regeln, Gesetzen usw. Dabei werden häufig komplexere Strukturen, Zusammenhänge oder Erscheinungen usw. abgeleitet.
- **Heuristisches Wissen:** Vor allen bei Johannes Müller [Mül90] in seiner Systematischen Heuristik. Die genauen Verfahren sind nur in der Tendenz bekannt

Für die Zusammenhänge von unserem Wissen sei noch ein Zitat von Karl **Steinbuch** (1917 - 2005) ergänzt [Ste72] S. 460:

„Wenn wir unser Denken als Äußerung informationeller Strukturen verstehen, dann ist es selbstverständlich, daß es quantitativ beschränkt ist. Man kann mit dem endlichen Gehirn nicht das unendliche Universum abbilden. Die Benutzung vereinfachender Denkmodelle, die wenigstens ein partielles Verständnis ermöglichen, ist ein notwendiger Trick des Denksystems, mit Sachverhalten fertig zu werden, die seine Kapazität eigentlich überschreiten. Wenn sich deshalb in der modernen Philosophie Toleranz gegenüber dem theoretischen Pluralismus entwickelte, so sollten wir darauf nicht allzu stolz sein, es ist ein Eingeständnis unseres unzureichenden Gehirns, nicht mehr. Die Realität ist nicht pluralistisch, nur unser Verständnis ist ein Flickenteppich. Wir sollten deshalb auch nicht die Nähe zwischen den einzelnen Flickern vertiefen.“

Einige recht umstrittenen KI-Entwicklung entstanden bei der **harte KI**. Sie werden vor allem von Marvin Lee Minsky (1927 – 2016) vertreten. Danach sollen Denken, Fühlen, Humor und Kreativität vom Computer realisierbar sein. Insbesondere wird behauptet, dass jeder geistige Prozess algorithmisch abläuft. Daher könne der Mensch auch inhaltlich nicht mehr als die Turingmaschine leisten. Zuweilen wird sogar eine Isomorphie von Gehirn und Computer behauptet: Beide arbeiten danach schrittweise und vollziehen die gleichen Teilschritte in derselben Reihenfolge. Daher solle es künftig gelingen, die menschliche Intelligenz vollständig technisch nachzubilden und so den menschlichen Tod quasi aufzuheben.

Ein wichtiger Teil unserer Kognition ist das **Bewusstsein**. Sein Inhalt wurde von Christian Wolff geprägt. Allgemeiner benutzte es dann René Descartes. Häufig es auf „Geist“ und „Seele“ bezogen. Es bewirkt, dass wir etwas wahrnehmen, nicht bewusstlos sind. Damit besteht ein Gegensatz zum Schlaf. Eingeengt betrifft es unser Selbstbewusstsein, also die Gewissheit eines „Ichs“. Es ist immer noch ungeklärt, wie es zustande kommt. Umstritten ist sogar, ob es überhaupt prinzipiell erforscht werden kann. Eine typische Analyse hierfür ist **„das Chinesische Zimmer“** [Chu90], [Sea90]. In ihm sitzt völlig abgeschirmt jemand, der kein Chinesisch versteht, aber mit formalen Tabellen chinesische Fragen auf Chinesisch beantwortet. Von außen betrachtet, wird so der Eindruck erweckt, als ob das Chinesische Zimmer Chinesisch verstünde. Ein mögliches Gegenargument betrifft den Umschlag von Quantität in Qualität: Jemand sitzt in einem dunklen Zimmer und bewegt einen Magneten. Das dabei entstehende elektromagnetische Feld ruft für den Menschen zunächst keine wesentliche Wirkung hervor. Wenn aber der Magnet – unabhängig von der technisch möglichen Realisierung – immer schneller bewegt wird, dann tritt irgendwann der Fall ein, dass die elektromagnetischen Wellen zu Licht werden und das Zimmer erhellen. Ähnliche Effekte erwarten die Vertreter der harten Künstlichen Intelligenz auch bei anderen technischen Varianten. Zur Erweiterung wurde auch noch die **Chinesische Turnhalle** eingeführt, in der viele Menschen parallel Chinesisch genauso formal „übersetzen“. Doch es lässt sich auch dann zeigen, dass alle zusammen kein Chinesisch verstehen.

Einen Vergleich zwischen Menschen und Computer und Roboter listet die folgende Tabelle. Dabei ergeben sich die Nachteile des einen aus den Vorteilen des andere. Lediglich das mühsame Lernen des Menschen ist zusätzlich hervorgehoben.

Mensch	Computer, Roboter
• Wissen und Schlussfolgerungen: assoziativ, prozedural, funktional, logisch, objektorientiert, heuristisch: sowie Alltagswissen, ganzheitliche Betrachtung, kein vollständiger Algorithmus erforderlich • Zusammenhang und Kontext wird leicht erkannt, • Ausnutzen von Erfahrungen, Analogieschlüsse, • Erkennen von Ausnahmen und Grenzfällen. • Intuition, Kreativität und Antizipation • Denken in Bildern und Abstraktionen • Kein vollständiger Algorithmus erforderlich. • Nachteil: Jeder einzelne muss mühsam Verfahren, Methoden und Algorithmen erlernen	• Sehr schneller Datenzugriff • Nahezu unbegrenzte Speicher-Kapazität • Extrem schnelle, genaue und zuverlässige Rechnung • Gute Wiederholbarkeit der Rechnungen • Bewältigung sehr hoher Komplexität. • Ausgabe: als Text, Grafik, Video, Sound usw. • Algorithmen sofort lauffähig und leicht kopierbar • Vorteile von Modellen (Computerexperiment): • Für Menschen zu entfernter oder gefährlicher Zugriff möglich • Zeitraffer, -Lupe: zur Anpassung an Menschen • Voraus-, Rückschau, hypothetische Welten leichte Änderbarkeit des Modells

Evolution der Realität --- Ziel und Zukunft für die Menschheit

Während meines Physikstudiums in Greifswald in den 50er Jahren besuchte ich das Seminar des Philosophen Prof. Erhard Abracht. Hier standen u. a. gesundheitliche (genetische) Folgen der Atomversuche zur Debatte. Absichtlich provozierend stellte ich die Frage: „Sollten wir das nicht stärker fördern? Vielleicht entsteht dann ein besserer Mensch!“ Doch ganz sachlich erhielt ich die Rückfrage: „Was kann denn mehr sein, als die Welt zu erkennen?“. Damals gab ich mich geschlagen und später wurden wir so etwas wie Freunde. Doch hier frage ich nun: Warum Menschen so viel Böses, Schädliches und sogar Vernichtung und massenweise Tötung sogar geplant durchführen? Übergeordnet ist aber wahrscheinlich zu klären, wofür unser Tun und unsere Neuerungen nützlich sind? Hierzu sei erneut mit der universell gedachten (vermuteten) Evolution (s. o.) begonnen. Da der „Anfang“ immer unbestimmt ist und auch das Urknallmodell in dieser Hinsicht nicht überzeugt, sei von (bereits) vorhandenen Neutronen, Protonen und Elektronen ausgegangen werden. Danach erfolgen 6 wesentliche Entwicklungsstufen. Deren Mechanismen unten stark vereinfacht beschrieben werden.

1. **Wechselwirkungen** mit benachbarten Elementarteilchen für neue **Moleküle**
2. **Polymerchemie** mit teilweise mitzusätzlicher Verstärkung (Enzyme).
3. **Anorganische Kohlenstoff-Chemie** als Übergang zur organischen
4. **Organische Chemie** als Grundlage für die **Entstehung des Lebens** (DNS-Helix)
5. **Mensch mit Selbsterkenntnis** und **freien Willen**.
6. Übergang zur **Symbolität**

Die **1. Stufe** ist durch die **Wechselwirkungen der drei Teilchen bestimmt** und führt zu den chemischen Elementen, die aus unterschiedlich vielen Protonen und Neutronen bestehen. Die Elektronen bilden dabei nur die zusätzliche „Hülle“. So ergibt sich die Darstellung von **Bild 27a**. Dabei sind die verschiedenen Elemente in 6 Gruppen mit unterschiedlichen Verhalten farbig gekennzeichnet. Die seltenen und recht instabilen superschweren Elemente sind nur oben gesondert gelb aufgelistet. Die gestrichelte blaue und grüne Grenzlinie unten gibt an, wie klein die mögliche Protonenzahl bei einer vorhandenen Neutronenzahl rein theoretisch sein könnte. In b) ist die relative Häufigkeit der einzelnen Elemente und ihre Geradenapproximation aufgetragen. Abgesehen von wenigen Ausreißern nimmt die relative Häufigkeit deutlich mit der Teilchenzahl ab. Spezielle Ausnahmen sind die drei nach rechts zeigenden Pfeile. Die vielen Elemente haben sich wahrscheinlich zufällig gebildet und im Sinne des „Fittesten“ gemäß der vorhandenen Verteilung bewährt und erhalten. Ihr Zerfall wird vor allem durch ihre Radioaktivität bestimmt. Auch die natürliche Kernspaltung und Kernfusion haben daran Anteil (c). Alles zusammen kann also gemäß Darwin als ein spezieller und zugleich **erster Evolutionsprozess** aufgefasst werden. Die Wechselwirkung zwischen den Elementarteilchen könnte als eine Sprache aufgefasst werden, bei der auch die Veränderungen der Elektronenbahnen (-Zustände) einen Anteil hat. Aus dieser Sicht wäre so eine neuartige Interpretation der Energie denkbar. Dieser Gedanke wurde hier eingefügt, um auf Seite ### einfacher darauf zurückgreifen zu können.

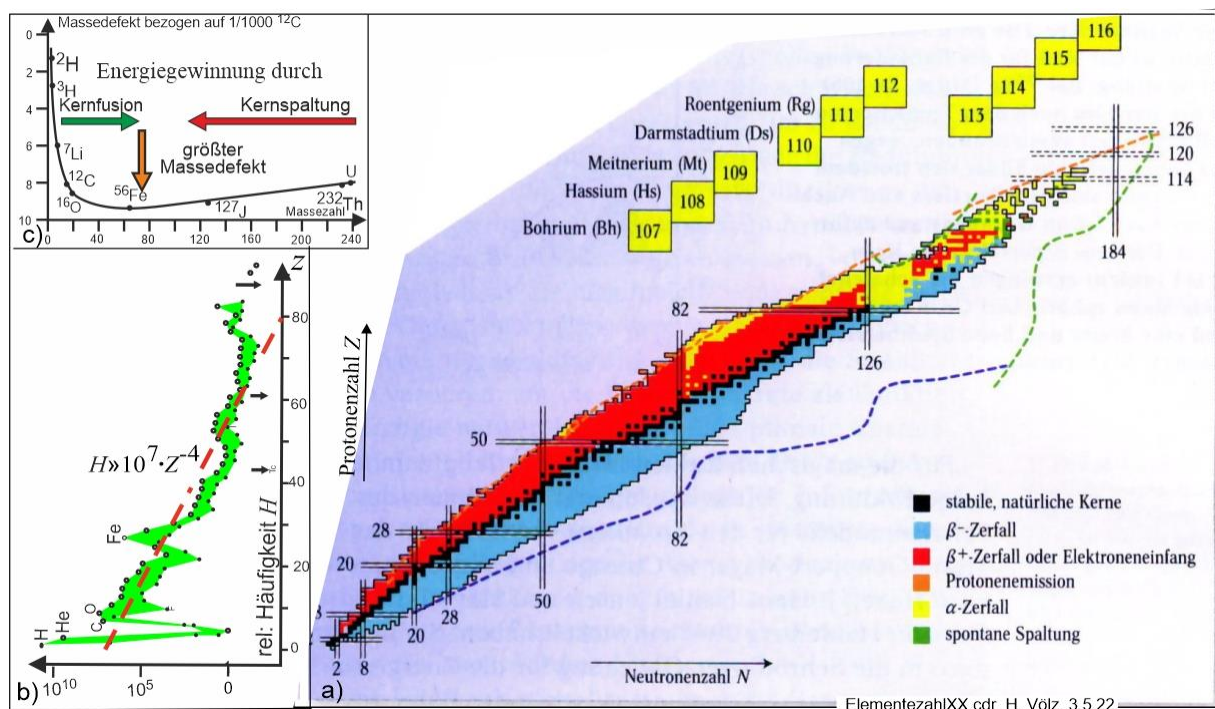
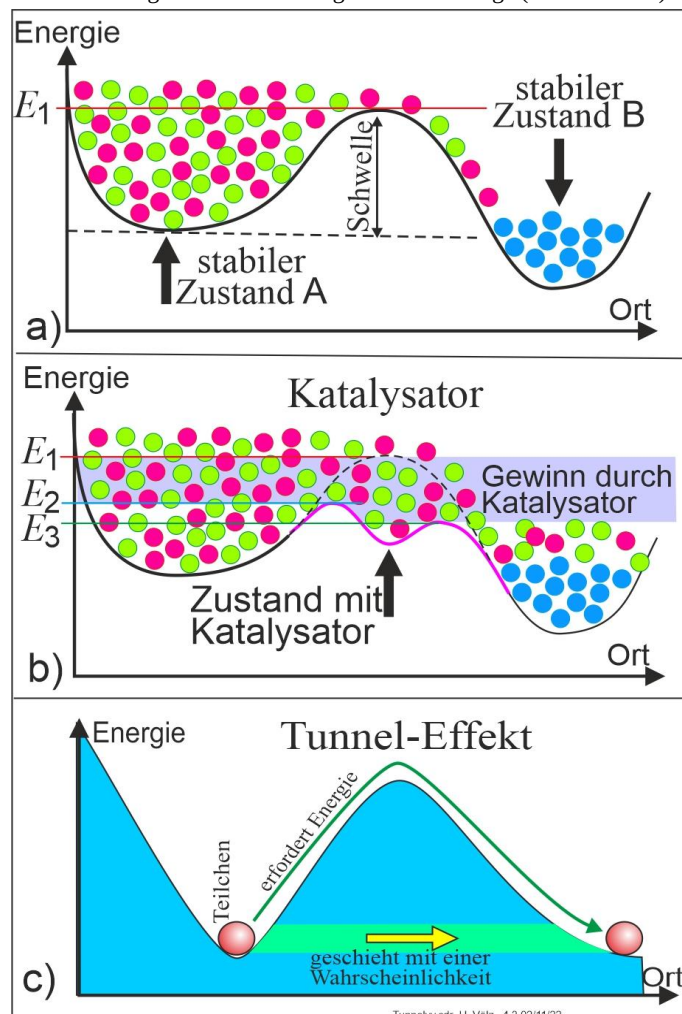


Bild 27. Zur Entstehung der Elemente aus Protonen, Neutronen und Elektronen.

Für die weiteren Betrachtungen sei hier noch einmal auf das leider unvermeidliche Probleme der eindeutigen Ja/Nein-Entscheidungen mit ausgeschlossenen Dritten verwiesen. Denn leider ist es oft bei logisch folgerichtigen Ableitungen unumgänglich. Das gilt sogar, obwohl ein Sowohl **Welle** Als-Auch **Partikel** in der Quantentheorie gilt! Was gerade von beiden erscheint, hängt vom Zufall und einigen Randbedingungen ab. Dennoch müssen leider zuweilen solche eindeutigen Entscheidungen getroffen werden.

Die **2. Stufe** betrifft die **Polymere**. Sie entstehen natürlich oder werden absichtlich durch den Menschen (physikalisch oder chemisch) erzeugt. Geschehen die dafür notwendigen Wechselwirkungen und Verbindungen für nur wenige (bis etwa zehn) Elemente, so werden die entstandenen Moleküle der anorganischen Chemie zugeordnet. Noch mehr komplexen Moleküle, Die Polymere bilden sich dann aus den einfacheren, den Monomeren. Die Polymere werden vorwiegend durch ihre Molmasse gekennzeichnet. Die wichtigsten Strukturen der entsprechenden Polymerchemie sind Polyamine, Polyester, Polyether, Polyhamstoffe, Polyimide, Polyolefine, Polyurethane und Silikone, teilweise werden sie auch *Kunststoffe* genannt. Sie alle besitzen vielfältige physikalische und chemische Eigenschaften, die umfangreiche *Anwendungen* ermöglichen. In diese Stufe kommen neuartige Varianten für das Entstehen der Polymere hinzu. Hervorzuheben sind dabei die Katalysatoren und der Tunneleffekt. Einige Verbindungen entstehen nur dann, wenn die Monomere zu ihrer Vereinigung eine Schwelle durch eine Energiezufuhr überwinden können (**Bild 28a**). Mit einer zusätzlichen Substanz, den Katalysator (b), kann diese Schwelle gesenkt werden und die komplexe Verbindung verläuft deutlich schneller und intensiver. Es entsteht mehr komplexe Substanz. Dabei wird der Katalysator aber nicht mit eingebunden oder verbraucht. Er verstärkt nur durch seine Anwesenheit die Reaktion. Bereits in der Antike erfolgten chemische Reaktionen mit Katalysatoren. 1835 erkannte dies Jöns Jakob Berzelius: Das Verständnis der thermodynamischen Ursachen gewann 1895 Wilhelm Friedrich Ostwald (1853 – 1932) und erhielt dafür den Nobelpreis für Chemie. Der quantenphysikalische Tunneleffekt tritt nur bei geringen Abständen auf und geschieht statistisch (c).

Bild 28. Verstärken der Verbindungen durch Katalysatoren und Tunneleffekt.



Die **3. Stufe** ist die Obergrenze der **anorganischen Chemie** führt zur organischen Chemie und betrifft überwiegend chemische Verbindungen auf der Basis von **Kohlenstoff**. Dessen Sonderstellung folgt aus den vier Bindungselektronen, die auch unipolare Bindungen mit ein bis vier weiteren Kohlenstoffatomen ermöglichen. Allgemein ergibt darüber hinaus eine große Bindungsvielfalt zu anderen Elementen, wie Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Halogene und auch zu funktionellen Gruppen. Die entsprechenden Reaktionen finden oft sogar bei Zimmertemperatur statt. So entstehen viele Naturstoffe (pflanzliche, tierische Farbstoffe, Zucker, Fette, Proteine, Nukleinsäuren) und letztlich sind sie Grundlage für die **Lebewesen**. Besonders zu nennen sind noch Verbindungen ohne atomare Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindung, wie Chalkogenide des Kohlenstoffs (Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, Schwefelkohlenstoff), die Kohlensäure und Carbonate, die Carbide sowie die ionischen Cyanide, Cyanate und Thiocyanate. Als Ausnahme treten auch elementaren Formen des Kohlenstoffs als Graphit und Diamant auf. Auch wirken Katalysatoren. Die bereits teilweise Enzyme genannt werden. In der industriellen Chemie werden hier viele Naturstoffe produziert, u. a. Zucker, Peptide, Naturfarbstoffe, Alkaloide und Vitamine sowie in der Natur unbekannte Stoffe, wie Kunststoffe, Ionenaustauscher, Arzneistoffe, Pflanzenschutzmittel, Kunstfasern für Kleidungsstücke. An der Grenze zwischen anorganischer und organischer Chemie sind noch Blausäure, Nitril (als organische Stoffgruppe), Ameisensäure und Cyanide zu nennen. Analog zu den Möglichkeiten der Kohlenstoff-Chemie treten ähnliche Verbindungen – jedoch in weitaus geringerer Anzahl und Komplexität – auch beim 4-bindigen **Silicium** auf.

Die **4. Stufe** ist die **organische Chemie** als wesentliche Grundlage für die **Entstehung und Weiterentwicklung des Lebens**. Sie hat zunächst zur **biologischen Zelle** geführt. Erstmals hatte sie 1670 Anton van **Leeuwenhoek** (1632 - 1723) mit seinem Mikroskop bei 300-facher Vergrößerung gefunden. Für sie sind drei Substanzen typisch: **Eiweiße**, **Kohlenhydrate** und **Fette**. Die Eiweiße sind dabei weitgehend synonym mit den **Proteinen** (Griechisch *protos* erster, wichtigster) und Poly-Peptiden, die sich aus Aminosäuren entwickeln. Sie bestimmen den Aufbau von Strukturen und die Funktionsabläufe der Zelle und werden dabei – analog zu den Katalysatoren – durch die Enzyme unterstützt. Es gibt nur relativ wenige Lebewesen, die aus nur einer Zelle bestehen (Einzeller und Protozoen). Dazu gehören auch die Bakterien und Phagen, genauer die Bakteriophagen oder Bakterienviren, welche Bakterien vernichten (Griechisch *phagein* fressen). Sie entstanden am Anfang der biologischen Entwicklung. Heute existieren etwa 20 000 Arten. Dagegen gibt es ca. $4 \cdot 10^6$ Pflanzen- und reichlich $2 \cdot 10^8$ Tierarten. Diese Vielzeller (**Metazoen**) bestehen aus 10^5 bis 10^{12} Zellen. Beim Menschen sind es etwa 10^{14} , davon allein ca. 10^{13} Blutzellen, in unserem Darm leben sogar ca. 10^{20} E-coli-Bakterien. Einen Überblick dieser Entwicklung gibt **Bild 29** In den meisten Lebewesen existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Zell-Typen, bei Blütenpflanzen um 80 funktionell

verschiedene. Die einzelnen Typen erfüllen u.a. folgende Aufgaben:

- **Stoff-Wechsel, -Transport und -Speicherung**; u. a. durch Plasma-, Blut-, Mast- und Endothelzellen (*Griechisch endon* innen, innerhalb)
- **Erhaltung der Form** und Schutz der **Oberfläche**; z. B. Bindegewebe-, Stütz- und Epithelzellen
- **Vermehrung** und **Fortpflanzung**, z. B. Ei- und Keimzellen als Speicherung
- **Bewegung** mit Muskelzellen
- **Sekretion** durch Drüsenzellen
- **Wahrnehmung** und deren übertragen und verarbeiten, z. B. durch Sinnes-, Nerven- und Gliazellen,
- **Wandlung von Licht in Energie** in den Plastiden bei den Pflanzen.

Die **Speicherung** für all diese Komplexe weicht erheblich von der sonst üblichen Speicherung ab, bei der meist nur Signale oder ausgewählte Eigenschaften eines Objektes im Speicher abgelegt werden (**Bild 30a**). Beim Leben muss dagegen das ganze Lebewesen mit allen seinen Eigenschaften und Funktionen sehr hoch *komprimiert* in einer **Doppelhelix per DNS** (*Desoxy-Ribose-Nuklein-Säure* (*Englisch DNA acid Säure*) abgelegt werden. Diese Substanz wies 1944 der kanadische Bakteriologe Oswald Theodore **Avery** (1877 - 1955) nach.

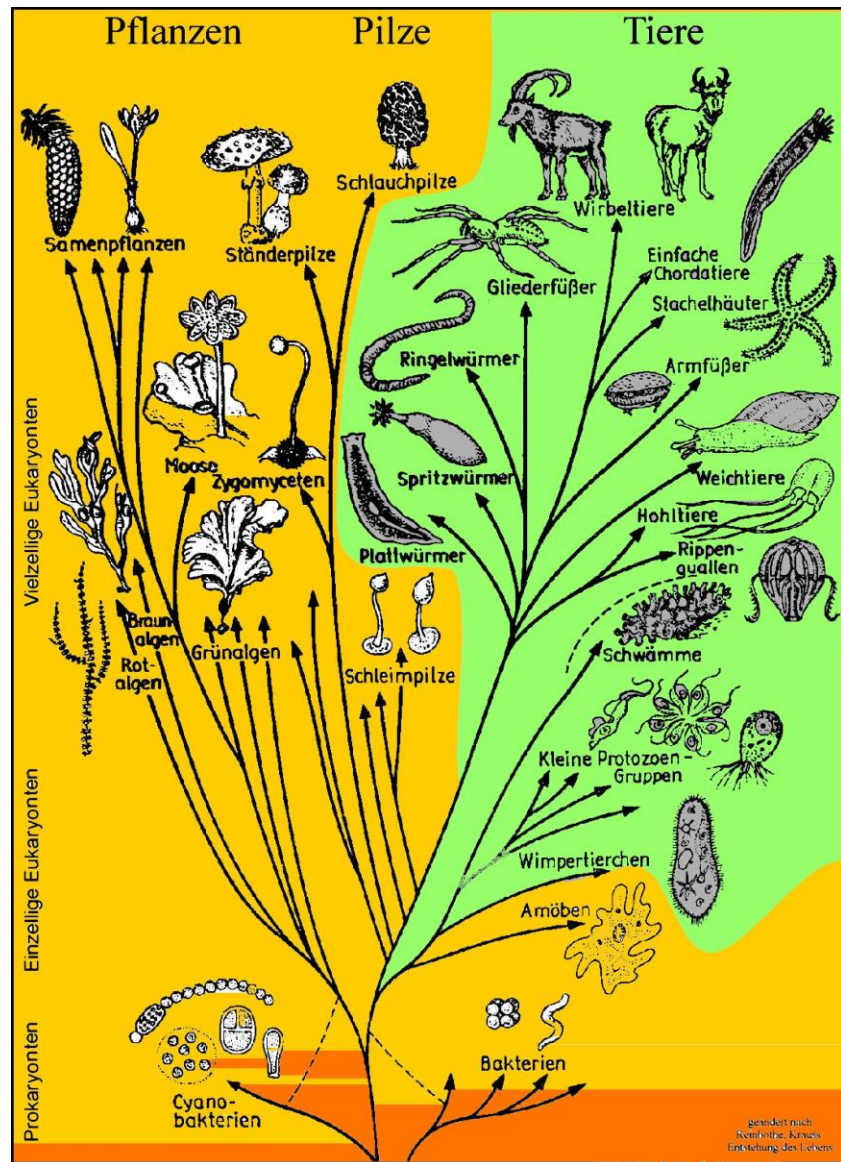


Bild 29. Die wichtigsten Etappen der Entwicklung von Lebewesen.

Bei der „Wiedergabe“ wird aus ihr ein weitgehend gleichartiges Lebewesen generiert (b). Bei den Prozessen der **genetischen Codierung** können jedoch Veränderungen, Abweichungen mit einer Fehlerrate (Mutationsrate) um 10^{-4} auftreten. Sie sind zwar überwiegend letal, bewirken aber eine Evolution mit teilweise neuen Eigenschaften oder gar Arten. Dabei ergab sich aber auch mittelbar so etwas wie eine Vorstufe des Lebens, das **Virus** (Lateinisch *virus* Eiter, zähe Flüssigkeit, Gestank, Schleim, Gift). Das erste wurde 1892 vom russischen Wissenschaftler Dmitrij I. Iwanowsky nachgewiesen. Den **Tabakmosaikvirus** kristallisierte dann 1935 der amerikanische Biochemiker Wendell Meredith **Stanley** (1904 - 1971) zu einer festen Substanz. Dadurch wies er nach, dass ein Virus nur aus genetischem Material (der RNS) und einem Proteinmantel besteht. Es dringt in lebende Zellen ein und benutzt die dort vorhandenen Prozesse zu seiner eigenen Vervielfältigung. Später wurden sogar Viren gefunden, die sich innerhalb von Bakterien vermehren. Eine recht spät entstandene neue Eigenschaft des Lebens ist die Geschlechtlichkeit.

Mit Bild 30b ist auch gezeigt, wie sich P- und S- Information teilweise gegenseitig beeinflussen oder sogar kombinieren (vgl. Bild 12). Mit der digitalen Codierung war es ja schon das Ziel von Shannon einen minimalen Aufwand für die Übertragung und damit mittelbar auch für die Speicherung zu erreichen. Das förderte auch die Entwicklung neuer technischer Verfahren zur Komprimierung.

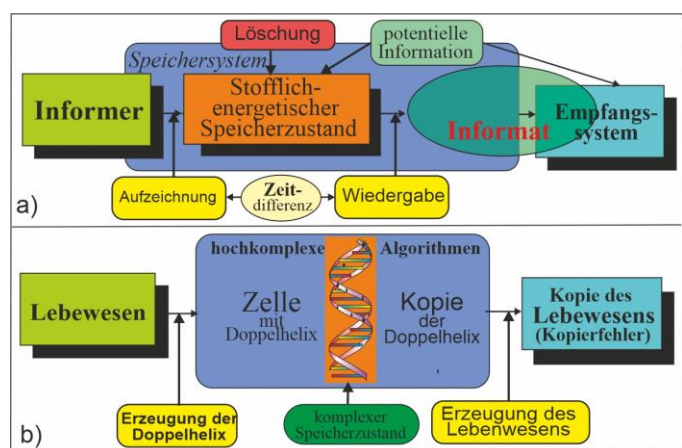
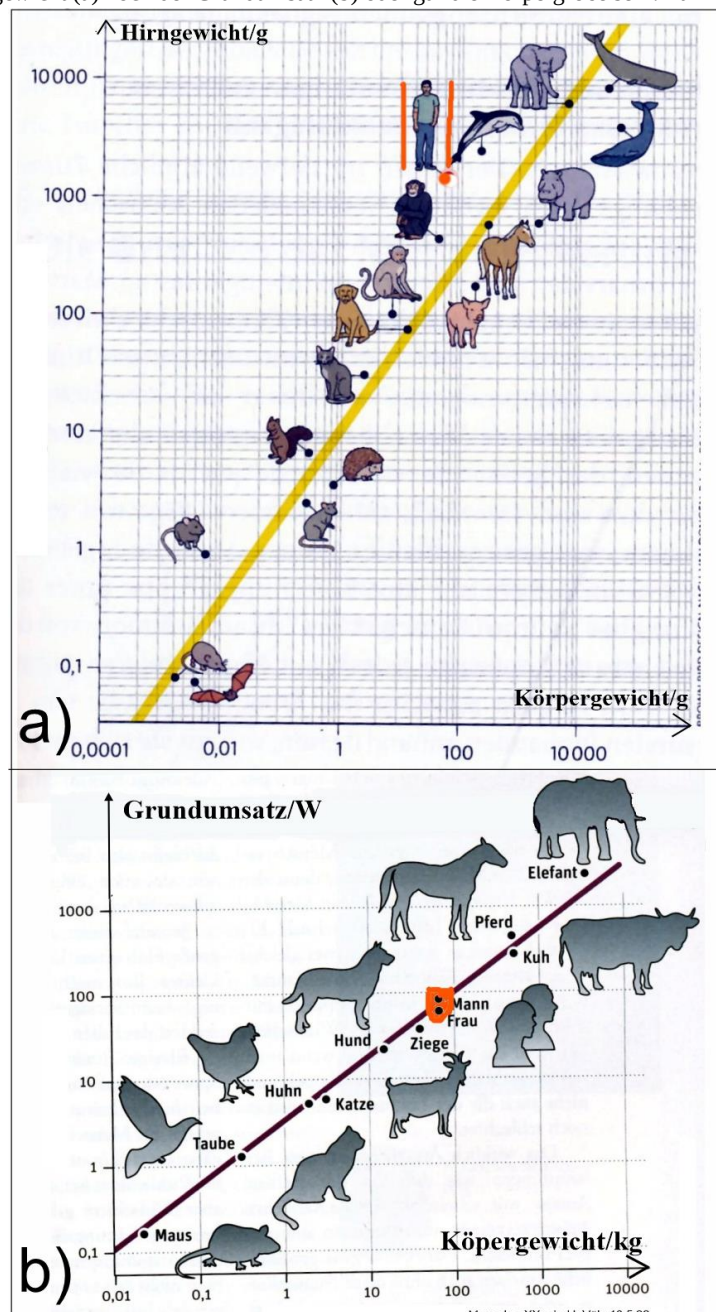


Bild 30. Vergleich der klassischen mit strukturell komprimierenden Speicherung.

Die **5. Stufe** betrifft den **Menschen** und muss beantworten, wodurch er sich gegenüber den anderen Lebewesen auszeichnet. Entsprechend **Bild 31** können es weder das Hirngewicht (a) noch der Grundumsatz (b) oder gar die Körpergröße sein. Zu

Beginn dieses Abschnittes wurde hierzu die Frage gestellt, ob ein Mensch mehr kann, als die **Welt (eigentlich Realität) erkennen**. Doch jedes Lebewesen muss sich in seiner Welt behaupten und sie dazu zumindest teilweise erkennen. Beim Menschen ist das allerdings mit Hilfe seiner Wissenschaft am weitesten gediehen. Doch ob es vollständig erfolgt, dürfte wohl offen sein. Das ist ähnlich wie bei der Intelligenz, die nach Weizenbaum für jedes Lebewesen typisch ist (s. ~Bild 26). Nur eine Ursache ist dabei die Ausstattung mit Sinnen wie Sehen, Hören, Fühlen, Schmecken und Riechen. Auch deren Möglichkeiten gehen ein. Dabei können Tiere sogar teilweise Spezielleres als der Mensch wahrnehmen, z. B. riechen Hunde viel besser, andere sehen UV-Licht usw. Doch insgesamt ist es immer weniger als beim Menschen. Ein weiterer Vorteil ist unser einzigartiger **aufrechter Gang**, der unsere Hände zu umfangreichen Tätigkeiten frei machte. Weitaus wichtiger ist aber die **Sprache**. Primär diente sie zwar nur zur Kommunikation zwischen Menschen. Heute ist sie ein wesentliches Element zur Beschreibung der Welt mit Ergänzungen durch die **Mathematik**. Sie ist aber auch eine wichtige Grundlage der **Semiotik**. Dadurch ermöglicht sie es uns, mit den wesentlich einfacheren Zeichen anstelle der Objekte der Realität umzugehen. Hinzu kommt noch, dass sie auch eine wichtige Grundlage unserer **Gedanken** ist. Weiter muss hier unser **Gegenwartsgedächtnis** hervorgehoben werden. Es ermöglicht, dass wir Zeit erleben und nutzen oder sogar vorteilhaft einteilen können (vgl. Bild 4). Tiere nehmen zwar wahr, dass sich etwas geändert hat und wissen vielleicht auch, wo es geschah, aber nicht wann. Es ist so gut wie sicher, dass fast alle zeitlos leben. Mit all diesen Vorteilen haben wir „unsere“ **Realität** geschaffen, zu der vor allem Ackerbau und Viehzucht, Zivilisation, Wissenschaft, Technik, Kultur, Wirtschaft, Politik und Militär gehören. Abschließend sei nur noch unser **freier Wille** betont

Bild 31. Vergleiche zwischen Mensch und Tierwelt



Die **6. Stufe** Übergang zur Symbolität

Literatur

- [Ada10] Adamatzky, A. (Editor): Game of Life Cellular Automata, Springer London u.a. 2010
- [And80] Anders, G.: Die Antiquiertheit des Menschen. Band II, C. H. Beck, München 1980,
- [Asi82] Asimov, I.: Alle Roboter-Geschichten. Bastei-Verlag, Bergisch Gladbach 1982
- [Bar06] Barrow, J. D.: Das 1×1 des Universums. Rororo, Reinbeck b. Hamburg 2006
- [Bar94] Barrow, J. D.: Ein Himmel voller Zahlen. Spektrum-Verlag. Heidelberg - Berlin - Oxford 1994
- [Chu90] Churchland: Ist die denkende Maschine möglich? Spektrum der Wissenschaft, März 1990 S. 40 - 54
- [Eig83] Eigen, M. u. Winkler, R.: Das Spiel. Piper. München - Zürich, 1983
- [Dra97] Drake, F., Sobel, D.: Signale von anderen Welten. Weltbild Verlag, Augsburg 1997
- [Dre85] Dreyfus, H. L.: Die Grenzen der Künstlichen Intelligenz. Athenäum 1985.
- [Dre89] Dreyfus, H. L.: Was Computer nicht können - Die Grenzen künstlicher Intelligenz, Athenäum, Frankfurt a/M 1989. 1. Aufl. 1985

- [Fre79] Frege, G.: Begriffsschrift, eine der arithmetischen nachgebildeten Formelsprachen des reinen Denkens. Halle/Saale 1879. Auszugsweise abgedruckt in: Karel Berka, Lothar Kreiser, Siegfried Gottwald, Werner Stelzner: Logik-Texte. Kommentierte Auswahl zur Geschichte der modernen Logik. 4. Auflage. Akademie-Verlag, Berlin 1986
- [Gof99] Goff, J. L.: Geschichte und Gedächtnis. Ullstein, Berlin 1999
- [Hes61] Hesse, H.: Das Glasperlenspiel, Aufbau - Verlag Berlin 1961
- [Kli71] Klix, F.: Information und Verhalten. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1983 (1971)
- [Kli93] Klix, F.: Erwachendes Denken. Spektrum, Heidelberg, Berlin, Oxford. 1993
- [Lev93] Levy, St. KL - Künstliches Leben aus dem Computer. Droemer Knaur, München 1993
- [Mül90] Müller, J.: Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften - Systematik, Heuristik, Kreativität. Springer - Verlag. Heidelberg u. a. 1990
- [Pia02] Pias, Cl.: Computer Spiel Welten. diaphones, Zürich. 2. Auflage. München 2002. S. 312.
- [Ros15] Rosa, H.: Eine Soziologie der Wechselbeziehung. Frankfurt 2015. Von der Realität zur Welt. Resonanz als Begriff
- [Sch18] Schmidt, M.: Reise zur Information c't, 2018. H. 13, S. 188
- [Sch22] Schmitz, B.: Was ist ein Lebenswertes Leben. Reclam, Ditzingen 2022, S. 49ff.
- [Sch78] Schrauber, H.; Unpubliziertes Manuskript, Hochschule für Ökonomie 1978. Infolge der Wende nicht mehr publiziert
- [Sea90] Searl, J. R. u. a.: Ist der menschliche Geist ein Computerprogramm? Spektrum der Wissenschaft, März 1990, S. 40 – 54.
- [Sha48] Shannon, Cl. E.: „A mathematical theory of communication. Bell Syst. Techn. J. 27 (1948), übersetzt in „Mathematische Grundlagen der Informationstheorie“. R. Oldenbourg, München - Wien, 1976
- [Ste72] Steinbuch, K.: Mensch und Maschine. In: Nova Acta Leopoldina, Neue Folge Nr. 206 Band 37/1, S. 451 ff. J.A. Barth, Leipzig 1972.
- [Tuc28] Tucholsky, K.: Mit 5 PS. Ernst Rowohlt, Berlin 1928, Digitale Volltext-Ausgabe bei Wikisource vom 1.8.2018
- [Völ01] Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Allgemeine Grundlagen für Naturwissenschaft, Technik und Medizin. Shaker Verlag, Aachen 2001
- [Völ03] Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information Bd. 1 Grundlagen und Anwendung in Natur, Leben und Gesellschaft. Shaker Verlag, Aachen 2003.
- [Völ05] Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information Bd. 2 Technik und Geschichte vorelektronischer Medien. Shaker Verlag, Aachen 2005
- [Völ07] Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information Bd. 3 Technik und Zukunft elektronischer Medien. Shaker Verlag, Aachen 2007
- [Völ07a] Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Datenspeicher von der Steinzeit bis ins 21. Jahrhundert. Digitale Bibliothek Bd. 159, Berlin 2007. Dies ist die digitalisierte und verlinkte Zusammenfassung der vier voranstehenden Bücher
- [Völ08] Völz, H.: Kontinuierliche Digitaltechnik. Shaker-Verlag. Aachen 2008
- [Völ14] Völz, H.: Grundlagen und Inhalte der vier Varianten von Information. Springer Verlag, Wiesbaden 2014
- [Völ14a] Völz, H.: Maßstäbe für die Zeit. Shaker Verlag, Aachen 2014
- [Völ15] Völz, H.: Zur Relativität der Zeit. GrKG. 56 (2015) H.2. S. 55 – 64
- [Völ16] Völz, H.: Das ist Zeit. Shaker Verlag, Aachen 2016
- [Völ17] Völz, H.: Das ist Information. Shaker Verlag Aachen 2017. [Völ19] Völz, H.: Speicher für Alles. Shaker Verlag, Düren 2019.
- [Völ19] Völz, H.: Speicher für Alles. Shaker Verlag, Düren 2019.
- [Völ20] Völz, H.: Von Information bis Kreativität. Shaker-Verlag, Düren 2020
- [Völ20a] Völz, H.: Information und Medienwissenschaft. Shaker-Verlag, Düren 2020 [Völ20a] Völz, H.: Information und Medienwissenschaft. Shaker-Verlag, Düren 2020
- [Völ21] Völz, H.: Ichrealität – Mein Weltbild. Shaker-Verlag, Düren 2021
- [Völ22] Völz, H.: Probleme der Wissenschaften - Ein Versuch. Shaker-Verlag, Düren 2022
- [Völ5extra] Völz, H.: Weniger Störgeräusche durch Antischall. rfe 2005, H. 4, S. 35 – 37
- [Völ56] Völz, H.: RC-Generatoren. Elektron. Rundschau 10 (1956) 1, 21-24; 2, 49 – 52 Der RC-Resonanzverstärker. Elektron. Rundschau 10 (1956) 3, 69 – 70 Der Phasenschiebegerator. Elektron. Rundschau 10 (1956) 10, 275 – 278; 11, 308 – 309
- [Völ58] Völz, H.: Vereinfachtes Frequenzdiversity. Elektron. Rundschau 12 (1958) 6, 200- 202
- [Völ59] Völz, H.: Beitrag zum Verstärker mit extrem kleinem Innenwiderstand. Frequenz 13 (1959) 7, 212 – 222
- [Völ60] Völz, H.: Zur Registriergenauigkeit der Magnetbandaufzeichnung. Elektron. Rundschau 14 (1960) 1, 23-25
- [Völ66] Völz, H.: Elektronische Spannungsstabilisation. VEB Verlag Technik, Berlin 1966, 2. Aufl. 1969
- [Völ67] Völz, H.: Betrachtungen zum Zusammenhang von Speicherdichte und Zugriffszeit. Wiss. Zeitschrift f. Elektrotechnik 9 (1967) H. 2, S. 95 – 107
- [Völ74] Elektronik für Naturwissenschaftler. Akademie Verlag Berlin 1974
- [Völ75] Völz, H.: Beitrag zur formalen Musikanalyse und -synthese. Beiträge zur Musikwissenschaft 17 (1975) 2/3, S. 127 – 154
- [Völ76] Völz, H.: Diskussionsbeitrag zur Information und Emotion. In: Philosophische und ethische Probleme der Biowissenschaften. Akademie - Verlag, Berlin 1976, S. 269 – 277
- [Völ82] Völz, H.: Information I - Studie zur Vielfalt und Einheit der Information. Akademie Verlag, Berlin 1982
- [Völ83] Völz, H.: Information II, Theorie und Anwendung vor allem in der Biologie, Medizin und Semiotik. Akademie - Verlag Berlin 1983
- [Völ88] Völz, H.: Entropie und Auffälligkeit. Wissenschaft und Fortschritt 38 (1988) 10, 272 – 275 + Das Maß für Auffälligkeit und die Schönheit des Hauses. GrKG 33(1992) 2, 80 – 86.
- [Völ88a] Völz, H.: Fraktale - Ästhetik - Kunst. Spectrum 19 (1988) H. 8, S. 16-19
- [Völ89] Völz, H.: Elektronik - Grundlagen - Prinzipien - Zusammenhänge. 5. Aufl., Akademie Verlag, Berlin 1989
- [Völ89a] Völz, H.: Computer und Kunst. Reihe akzent 87. Urania - Verlag, Leipzig Jena - Berlin 1989. 2. Aufl. 1990

- [Völ90] Völz, H.: Neuer „Knigge“ über den Umgang mit Informationen. Computerwoche 10, 9. März 1990, S. 8 Zu einer Informationsschwelle. Vortrag am 25.2.90 auf: Kommunikationskongress Kokon '90, Chaos-Computer- Club- Hamburg, Haus der jungen Talente, Berlin. Gedanken zur Verdaulichkeit von Information. In: Informationswissenschaft - (Über-) Leben in der Informationsgesellschaft. Deutsche Gesellschaft für Informationswissenschaft und Informationspraxis e.V. Wiesbaden 2003, S. 15 – 32
- [Völ91] Völz, H.: Grundlagen der Information. Akademie - Verlag, Berlin 1991
- [Völ94] Völz, H.: Information verstehen - Facetten eines neuen Zugangs zur Welt. Vieweg & Sohn, Braunschweig - Wiesbaden 1994
- [Völ96] Völz, H., Ackermann, P.: Die Welt in Zahlen und Skalen, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg - Berlin - Oxford 1996
- [Völ99] Völz, H.: Das Mensch-Technik-System. Expert-Verlag, Renningen, Malsheim 1999
- [Wei77] Weizenbaum, J.: Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft. Suhrkamp, Frankfurt/M., 1977
- [Wie48] Wiener, N.: Cybernetics or control and communication in the animal and the machine Hermann, Paris 1948 / Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und in der Maschine, Econ - Verlag, Düsseldorf - Wien 1963, dito Econ 1992
- [Wit60] Wittgenstein, L.: Tractatus logico - Philosophicus. Suhrkamp, Frankfurt/M. 1960 + Philosophische Untersuchungen Suhrkamp, Frankfurt/M. 1964 (Reclam, Leipzig 1990)
- [ZZxx] www.horstvoelz.de/alle PDF: darin mehrere Vorlesungsskripte über Verstärker und Visualisierungen.