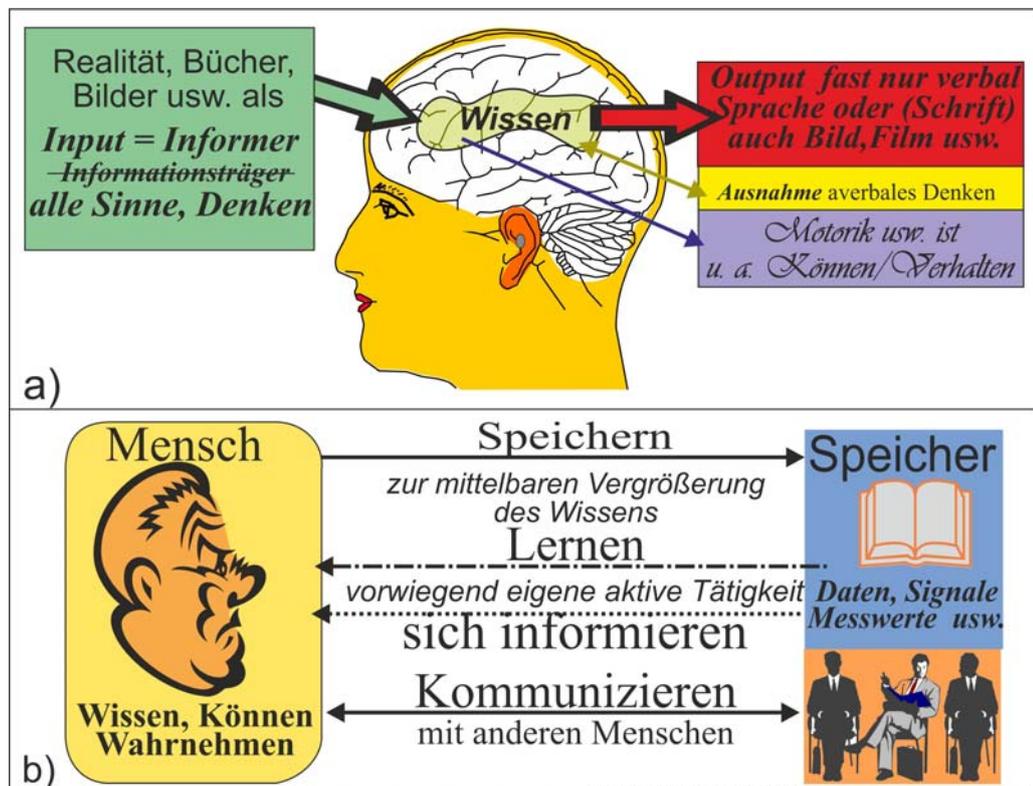


Horst Völz

Von Information bis Kreativität

Versuch einer exakten Definition von Information, Wissen, Denken, Intelligenz und Kreativität



Inhalt

1 Notwendigkeit von Definitionen	1
2 Kybernetik als Wissenschaft	1
2.1 Zur Geschichte.....	2
2.2 Bedeutung und Nutzen von Analogien.....	3
2.3 Regelung und Steuerung sowie Rückkopplung	4
3 Informationen	6
3.1 Fünf Arten von Information.....	9
3.2 Untypische und verwandte Informationen.....	10
4 Wissen, Lernen und Vergessen	11
4.1 Bewusstsein	11
4.2 Wissen	11
4.3 Lernen, Gedächtnis und Aufzeichnen.....	14
4.4 Vergessen ähnelt dem Löschen.....	17
5 Anwendungen von Wissen	17
5.1 Denken.....	17
5.2 Intelligenz	18
5.3 Kreativität	20
6. Messen und Maße	23
6.1. Intelligenzquotient IQ.....	24
7 Technische Analogien	25
7.1 Künstliche Intelligenz (KI).....	25
7.2. Big data.....	28
7.3 Virtuelle Realität.....	33
8 Zum üblichen Sprachgebrauch	34
9 Zusammenfassung	35
10 Literatur	35
Sachwortverzeichnis	37

Vorwort

Die Begriffe: Information, Wissen, Intelligenz und Kreativität werden je nach Autor oft recht unterschiedlich, nicht selten sogar nur rein intuitiv benutzt. Wegen ihrer zentralen Bedeutung in vielen Wissenschaften, vor allem aber in der Informations- und Nachrichtentechnik sowie den Medienwissenschaften sind eindeutige Definition sehr wünschenswert, eigentlich sogar notwendig. Hier werden ihre Definitionen einheitlich und möglichst exakt als Spezialisierungen von Oberbegriffen vor allem aus der Kybernetik – System und black box – abgeleitet.

Ergänzend werden die mit Wissen usw. verbundenen Begriffe: Denken, Künstliche Intelligenz, Big Data und Virtuelle Realität einbezogen. Leider müssen dabei jedoch einige heute recht gebräuchliche Begriffe umbenannt und präzisiert bzw. sogar neue Begriffe wie Informer und Informat eingeführt werden. Das könnte einigen Widerstand bewirken. Jedoch der eindeutige Gebrauch der genannten zentralen Begriffe erfordert das und sollte daher möglichst schnell angestrebt werden. Das wird zusätzlich im Kapitel 8 genauer begründet und enthält auch kritische Hinweise zum üblichen Sprachgebrauch. Da in den Begriffen fast immer ihre Messbarkeit vorkommt, wird sie im Kapitel 6 kurz allgemein eingeführt und dann auf den IQ (Intelligenzquotient) angewendet.

Vielleicht hätten all diese Betrachtungen erheblich ausführlicher durchgeführt werden müssen. Ich strebte aber eine möglichst kurze und prägnante Behandlung an, die dann auch leichter lesbar sein dürfte. Zur weiteren Vertiefung der Aussagen verweise ich deshalb zuweilen auf detailreiche Fakten in umfangreichen eigenen, früheren Arbeiten hin. Sie haben den Vorteil, dass dann die Begriffe weitgehend ähnlich bis gleich benutzt werden. Primär betreffen diese Arbeiten jedoch allgemeiner die Information sowie deren Speicherung. Dennoch hoffe ich, dass der nun vorliegende Text zu einer vertieften Klarheit aller oben genannten Begriffe beiträgt.

Der Entwurf wurde wieder wie schon üblich sehr gründlich von Stefan Pohle und meine Frau gelesen. Beiden gilt mein besonderer Dank. Noch vorhandene Fehler gehen aber mein Konto.

Horst Völz

Berlin, im Mai 2020

1 Notwendigkeit von Definitionen

Eine Definition¹ soll eine möglichst eindeutige Abgrenzung und inhaltlichen Beschreibung bzw. Bedeutung von Begriffen, Wörtern, Inhalten usw. festlegen. Hauptsächlich betrifft sie daher Objekte, Sachverhalte und Geschehen. Dabei können mehrere Objekte usw. zu einer Klasse zusammengefasst werden. So besteht ein gewisser Zusammenhang mit der Klassenbildung und Mengentheorie. In der Wissenschaftstheorie existieren viele Definitionsarten. Bereits *Sokrates* hat die Methode der Definition angewendet. Die immer noch besonders wichtige *Realdefinition* stammt bereits von *Aristoteles*. Ein Beispiel dafür könnte lauten:

Die Birke ist ein Baum mit weißer Rinde und Blättern.

Sie entspricht also einer Dreiteilung in:

- Das **Definiendum** soll definiert werden (*Die Birke*).
- Das **Definiens** wird als Oberbegriff (Baum) durch festgelegte Unterschiede, Merkmale, Eigenschaften usw. eingengt (*weiße Rinde, Blätter*).
- Die **Identitäts-, Äquivalenzaussage** stellt die Beziehung zwischen beiden her. Statt „*ist ... mit*“ wie im Beispiel sind auch *nennt man, hat, sei* bzw. formal „ $\xrightarrow{\text{def}}$ “ oder „ $=$ “ üblich.

Die Realdefinition verlangt also einen **Oberbegriff** (nächst höhere Gattung: *genus proximum*) zum Definiendum. Er wird dabei als allgemein bekannt oder bereits definiert vorausgesetzt. Wird er jedoch erst hinterher definiert so besteht die Gefahr eines unendlichen Regresses, der meist als unlösbares Münchhausen-Trilemma bezeichnet wird. Im Definiens dürfen nur voraussetzungsfreie Grundbegriffe, bereits Definiertes und logische Zeichen wie \wedge (**und**), \vee (**oder**), \neg (**nicht**), **wenn - dann**, \forall (**alle**), \exists (**es gibt ein**) sowie Hilfszeichen, z. B. Klammern vorkommen. Schwierigkeiten treten dann auf, wenn kein geeigneter Oberbegriff existiert oder wenn quantitative Aussagen erforderlich sind. Für die hier zu behandelnden Begriffe (Information, Wissen, Intelligenz und Kreativität) werden daher zunächst Oberbegriffe aus der Kybernetik abgeleitet.

Für andere Definitionsarten – wie die kombinatorische, nominale, genetische und kausale – sei auf die Wissenschaftstheorie [Büt95], [Sei92] oder bereits stark gekürzt auf [Völ01] verwiesen. Eine recht ungewöhnliche Definition ist der 1965 von Lotfi A. Zadeh eingeführte **fuzzy set**. Er bezieht Wahrscheinlichkeiten ein und ermöglicht daher auch unscharfe (umgangssprachliche) Begriffe exakt zu erfassen, z. B.: hoher Druck; verkehrsgünstige Lage, hohe Wohnqualität, schöne Frau oder attraktiver Mann.

2 Kybernetik als Wissenschaft

Der Begriff **System** wird bereits seit dem Altertum benutzt. Heute ist er vor allem für die Kybernetik zentral. Dabei wird er recht weit gefasst und teilweise unterschiedlich gestaltet. Jedes System besitzt dann eine bestimmte **Ordnung**, die vor allem durch das zugehörige **Modell** bestimmt ist. Wesentliche Eigenschaften sind mittels seiner **Struktur** und **Funktion** festgelegt. Die Funktion entspricht hauptsächlich den Möglichkeiten des Verhaltens, während die Struktur dagegen aus den **Relationen** zwischen und zu den **Elementen** hin folgt. Viele Systeme besitzen eine **Hierarchie**. Dann sind die Elemente jeder Ebene – außer der untersten – eigentlich Teilsysteme. Sie bestehen dann wiederum aus Elementen mit Relationen. Für die genannten Begriffe gilt dabei:

Element griech./latein. weitgehend ungeklärt, vielleicht: griechisch *elephas* Elfenbein und Elefant.

Funktion: latein. *functio* Dienstverrichtung, *amtsobliegenheit*, *fungi* verrichten, *vollziehen*; im Deutschen um 1800 ein Amt innehaben.

Hierarchie: griech. *hierós* heilig und *archein* der Erste sein, zurück.

Modell: latein. *modellus*, *modulus* Maß in der Architektur, Maßstab, Grundmaß; *modus* Maß, Ziel, Vorschrift, Art und Weise.

Ordnung; latein. *ordinare* in Reihen anpflanzen, in Reih und Glied aufstellen, regeln, in ein Amt einsetzen.

Relation: latein. *relativus* sich beziehen auf, bezüglich; *relatio* Zurückgetragenes, Vorbringen, Erzählung, Beziehung, Rücksicht, Verhältnis.

Struktur: latein. *structura* Bau (-art), Mauer (-werk), ordentliche Zusammenfügung, Ordnung; *struere* (auf-)schichten, (er-)bauen.

System: griech./latein. *systema* aus Einzelteilen zusammengefügtes und gegliedertes Ganzes, Vereinigung, Gruppe, die in einem Staat zusammen Lebenden, Staatsgebäude, Staatsverfassung, zusammengesetztes Lehrgebäude.

Bei größeren Zusammenhängen wird häufig der abgeleitete Begriff **Systematik** benutzt. Einige Beispiele sind:

- 400 v. Chr.: *Aristoteles* System zur Einordnung der Tiere.
- 1734 *Linné, C.*: (1707 - 1778): *Systema naturae* (Biologie).

¹ griechisch *finis* und lateinisch *definitio* Grenze, Bestimmung sowie *definire* abgrenzen.

- 1869 **Mendelejew, D. I.:** (1834 - 1907), unabhängig **Meyer, J. .** (1830 - 1895) Periodensystem der chemischen Elemente.
- 1876 **Dewey, M.:** Decimal Klassifikation (DK) für Bibliotheken.
- 1947 **Bertalanffy, L.v.:** (1901 - 1972) Allgemeine Systemtheorie.
- 1948 **Wiener, N.:** (1894 - 1964) für Kybernetik mit Ashby, Sturgis, McCulloch, Pitts, Rosenblueth.
- 1977 **Luhmann, N.:** (1927 - 1998) soziale Systeme.

Eine Grobeinteilung der Wissenschaften nach angestrebten Ergebnissen zeigt die folgende Tabelle.

Begriff	Ergebnis	Beispiele
theoretisch	Verstehen, Ableiten	Philosophie, Mathematik
experimentell	Etwas bewirken	Physik, Chemie, Biologie, Medizin
praktisch	Gutes Handeln	Ethik, Kultur und Politik
produzierend	Herstellen und Nutzen	Zivilisation, Technik, Baukunst

2.1 Zur Geschichte

Vor der Einführung der Kybernetik bezogen sich die Wissenschaftsgebiete primär auf eine typische **Struktur**, z. B. die Physik auf Material (Stoff, s. u.) und Energie, die Chemie auf stoffliche Reaktionen und Zusammensetzungen, die Biologie auf Lebewesen und die Medizin auf den Menschen. Viele weitere Details hierzu und zu den Systemen enthält [Völ01] ab S. 214 und 288. Für die Kybernetik ist anders als bei den klassischen Wissenschaften die **Funktion** mit dem typisch zeitlichen Geschehen primär. Eine wichtige Begründung hierfür gibt Wiener [Wie48] S. 26:

Viele Jahre hatten Dr. Rosenblueth und ich die Überzeugung geteilt, daß die für das Gedeihen der Wissenschaft fruchtbarsten Gebiete jene waren, die als Niemandsland zwischen den verschiedenen bestehenden Disziplinen vernachlässigt wurden. Seit Leibniz hat es vielleicht keinen Menschen mehr gegeben, der die volle Übersicht über die gesamte geistige Tätigkeit seiner Zeit gehabt hat. Seit jener Zeit ist die Wissenschaft in zunehmendem Maß die Aufgabe von Spezialisten geworden; auf Gebieten, die die Tendenz zeigen, ständig näher zusammenzuwachsen. Vor einem Jahrhundert mag es keinen Leibniz gegeben haben, aber da waren ein Gauß, ein Faraday und ein Darwin. Heute gibt es ein paar Gelehrte, die sich ohne Einschränkung Mathematiker, Physiker oder Biologen nennen können. Ein Mann kann Topologe, Akustiker oder Fachmann für Ringflügelflugzeuge sein. Er wird angefüllt sein mit den Spezialausdrücken seines Faches und wird dessen gesamte Literatur und alle Feinheiten kennen, aber sehr häufig wird er das nächste Sachgebiet als irgend etwas betrachten, das einen Kollegen drei Türen weiter im Korridor angeht, und sein eigenes Interesse daran als einen unverantwortlichen Bruch der Zurückgezogenheit ansehen.

Weiter S.. 39:

Wir haben beschlossen, das ganze Gebiet der Regelung und Nachrichtentheorie, ob in der Maschine oder im Tier, mit dem Namen »Kybernetik« zu benennen, den wir aus dem griechischen „ $\chi\upsilon\beta\epsilon\rho\nu\eta\tau\eta\zeta$ “ oder »Steuermann« bildeten. Durch die Wahl dieses Ausdruckes möchten wir anerkennen, daß die erste bedeutende Schrift über Rückkopplungsmechanismen, ein Artikel über Fliehkraftregler von Clerk Maxwell², im Jahre 1868 veröffentlicht wurde, und dieses englische Wort »Governor« für Fliehkraftregler ist von einer lateinischen Verfälschung von $\chi\upsilon\beta\epsilon\rho\nu\eta\tau\eta\zeta$ abgeleitet. Wir wollen auch auf die Tatsache verweisen, daß die Steuermaschine eines Schiffes tatsächlich eine der ersten und am besten entwickelten Formen von Rückkopplungsmechanismen ist.

Ogleich der Ausdruck Kybernetik nicht weiter zurückdatiert als zum Sommer des Jahres 1947, finden wir ihn doch geeignet bei Hinweisen auf frühere Entwicklungen des Gebietes. Von etwa 1942 an ging die Entwicklung des Faches an mehreren Fronten vorwärts. Zuerst wurden die Gedanken des gemeinsamen Aufsatzes von Bigelow, Rosenblueth und Wiener von Dr. Rosenblueth während eines Treffens verbreitet, das 1942 in New York unter Leitung der Josiah Macy Foundation (s. a. S. 47 H. V.) abgehalten wurde und den Problemen der zentralen Hemmung im Nervensystem gewidmet war. Unter den bei diesem Treffen Anwesenden war Dr. Warren McCulloch von der Medical School of the University of Illinois, welcher schon mit Dr. Rosenblueth und mir in Berührung stand und der an der Untersuchung der Organisation der Gehirnrinde interessiert war.

Auf der Seite 15 werden dann die „**black box**“ und „**white box**“ als besondere Systeme der Kybernetik eingeführt. Eine genauere Beschreibung erfolgt jedoch nur mit der dortigen Fußnote 4:

Die Ausdrücke »black box« und »white box« sind gute bildliche Ausdrücke, die vielseitig verwendbar sind. Ich werde unter einer »black box« einen Apparateteil verstehen, beispielsweise einen elektrischen Vierpol, mit zwei Eingangs- und zwei Ausgangsklemmen, der eine bestimmte Operation auf der Eingangsspannung in der Gegenwart und in der Vergangenheit durchführt, aber für den wir nicht notwendigerweise irgendeine

² Maxwell, J. C.: Proc. Roy. Soc. (London), 16, 270-283 (1868)

Information über die Struktur besitzen, mit der diese Operation durchgeführt wird. Auf der anderen Seite wird eine »white box« ein ähnliches Netzwerk sein, in das wir die Beziehung zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung hineingebaut haben, übereinstimmend mit einem bestimmten Bauplan, um eine vorher bestimmte Eingangs-Ausgangs-Beziehung zu sichern.

Schematisch sind die black und white box in **Bild 1** (a und b) dargestellt. An ihre Eingangsklemmen gelangt der Input x_{in} und erzeugt den Output y_{out} . Beide Größen verändern sich meist mit der Zeit, also $x_{in}(t)$ und $y_{out}(t)$. Sie können unterschiedliche Eigenschaften (u. a. als Maßeinheiten) besitzen, z. B. Input als elektrische Spannung und Output als Kraft. Zwischen beiden vermittelt die Funktion f gemäß

$$y_{out} = f(x_{in}).$$

Der Zusammenhang ist häufig deterministisch, kann aber zuweilen auch zufällig erfolgen. Im deterministischen Fall ist x_{in} die Ursache der Wirkungen y_{out} , welche sowohl innerhalb des Systems als auch in dessen Umgebung auftreten können. Ferner kann oder muss das System dazu Energie vom Input übernehmen, was als Rückwirkung zu betrachten ist. Ein Teil des Outputs kann auch als Wechselwirkung – oder bei absichtlicher Gestaltung als Rückkopplung (s. u.) – wieder zum Input oder System werden.

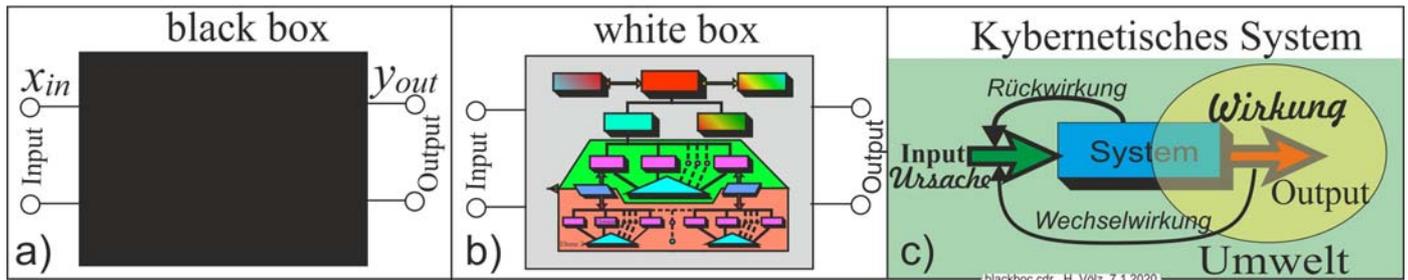


Bild 1 a) Blackbox und b) Beispiel einer white box mit einer internen hierarchischen Struktur, c) gemeinsame Flussbildartstellung.

2.2 Bedeutung und Nutzen von Analogien

Mit den genannten Grundlagen ergeben sich so vielfältige Möglichkeiten von kybernetischen Systemen. Jedoch fast immer ist dann das Verhalten, also die Funktion f entscheidend ist. Dabei sind vor allem **Analogien** zwischen inhaltlich durchaus verschiedenen Gebieten wesentlich. **Analogie** geht auf griechisch *logos Vernunft* zurück und ist verwandt mit der Logik ist. Die lateinische Vorsilbe *ana* bedeutet: *auf, wieder, aufwärts und nach oben*. So entsteht lateinisch *analo-gia*, etwa mit der Vernunft übereinstimmend, aber auch Gleichmäßigkeit. Der Begriff drang um 1800 in die deutsche Sprache ein. In der Biologie und Medizin gibt es z. B. analoge Organe, die demselben Zweck aber mit unterschiedlicher Struktur erfüllen: etwa die Augen beim Wirbeltier, Tintenfisch und Insekt. In der Physiologie haben sich Analogien für das kreative Denken als wesentlich erwiesen. Das klassische Beispiel geht auf Archimedes zurück: Als seine Badewanne beim Einstieg überlief, kam ihm dabei die Idee zur der Bestimmung des spezifischen Gewichtes. Auch Platons Höhlengleichnis ist hier zu nennen. Kekulé träumte von vier komplex verschlungenen Affen und fand so den Benzol-Ring (s. S. 21). In Kunst und Literatur werden Analogien in Bildern, Parabeln, symbolischen Darstellungen, Märchen usw. häufig für allgemein-menschliches Verhalten und zum einleuchtenden, verständlichen Erkenntnisgewinn genutzt. Eine Analogie betrifft also immer den Vergleich von Gegebenheiten oder Geschehen, wobei dann aber die Funktion betont wird. Auf sie wird noch einmal in den Abschnitt 5 bei Intelligenz und ## zum Sprachgebrauch eingegangen. Wiener folgerte für die „kybernetische“ Analogie in [Wie48] auf Seite 17:

Biologisch gesehen haben wir wenigstens eine Analogie für das, was das zentrale Phänomen des Lebens sein könnte. ... Es ist deshalb sehr aufregend für uns, ein Mittel zu besitzen, mit welchem technische Gebilde andere Gebilde erzeugen können, deren Funktion ihrer eigenen gleich ist. ... Es wird oft festgestellt, daß die Erzeugung einer bestimmten Molekülart nach dem Vorbild einer bereits bestehenden eine Analogie im Gebrauch von Modellen in der Technik hat, wo wir ein funktionales Element einer Maschine als Muster für die Herstellung eines anderen, gleichen Elementes gebrauchen können.

Einen für die kybernetische Denkweise typischen Fall zeigt **Bild 2**. Hierbei gelangt die Rakete mit der Nachsteuerung schließlich sicher zum feindlichen Flugobjekt. Das erfolgt ganz analog so, wenn der Hund von seinem Baum zum Herrchen läuft. Das Beispiel wurde aber absichtlich in Bezug zu Wiensers Aussagen bezüglich Rosenblatt auf S. 30 konstruiert:

Unsere wirkliche Zusammenarbeit ergab sich aus einem anderen Projekt, das gleichfalls für die Zwecke des letzten Krieges unternommen wurde. Bei Kriegsbeginn richteten das deutsche Luftwaffenpotential und die defensive Lage Englands die Aufmerksamkeit vieler Wissenschaftler auf die Entwicklung der Flugabwehrartillerie. Schon vor dem Krieg war es klargeworden, daß die Geschwindigkeit des Flugzeugs alle klassischen Methoden der Feuerleitung überwunden hatte und daß es nötig war, alle notwendigen Rechnungen in

die Regelungsapparatur selbst einzubauen. Diese waren sehr schwierig geartet durch die Tatsache, daß — nicht zu vergleichen mit allen vorher betrachteten Zielen — ein Flugzeug eine Geschwindigkeit hat, die ein sehr ansehnlicher Bruchteil der Geschwindigkeit des Geschosses ist, das zum Beschuß verwendet wird. Demgemäß ist es außerordentlich wichtig, das Geschöß nicht auf das Ziel abzuschießen, sondern so, daß Geschöß und Ziel im Raum zu einem späteren Zeitpunkt zusammentreffen. Wir mußten deshalb eine Methode finden, die zukünftige Position des Flugzeuges vorherzusagen.

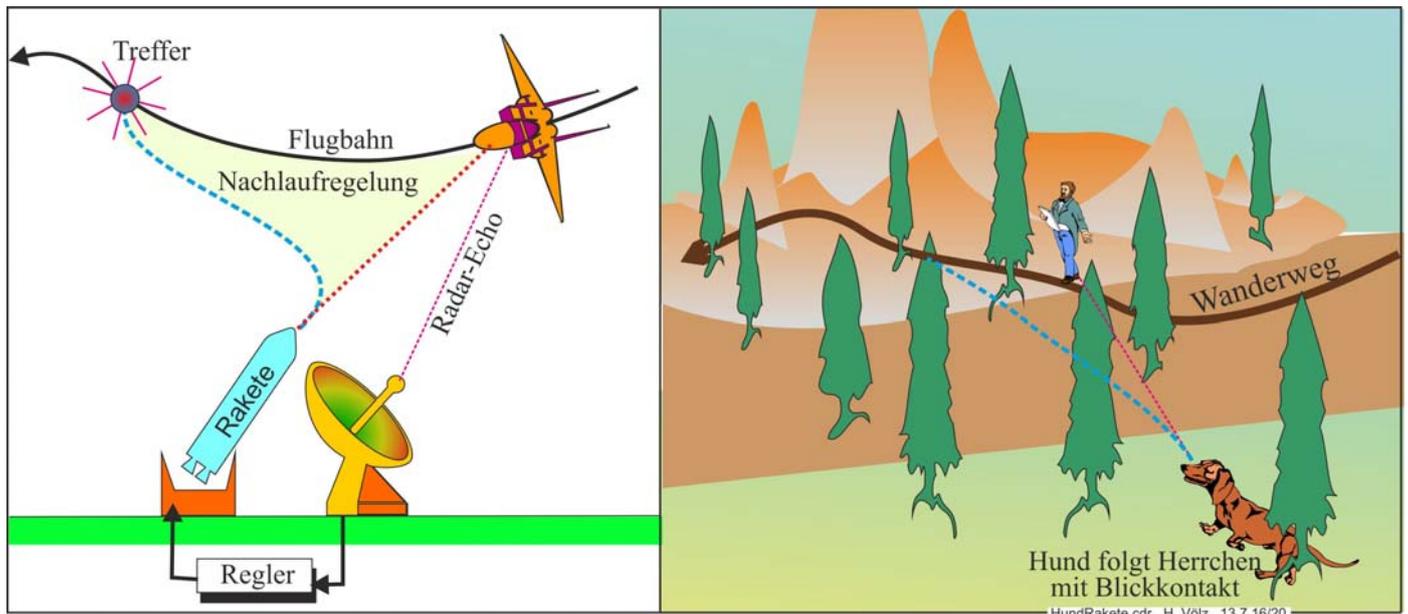


Bild 2. Analogie des Verlaufs der Zielverfolgung eines feindlichen Flugobjektes mit einer ferngelenkten Rakete und einem Hund der seinem Herrchen folgt.

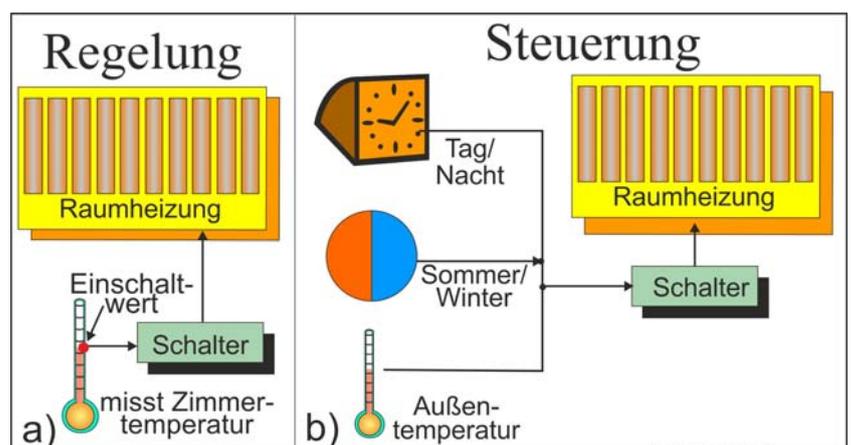
Ergänzend ist aber zu betonen, dass Wiener dennoch eine konsequent pazifistische Einstellung besaß: *“I do not expect to publish any future work of mine, which may do damage in the hands of irresponsible militarists.”* Das belegt Weizenbaum in [Wei01] auf S. 57:

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

2.3 Regelung und Steuerung sowie Rückkopplung

Zur Verallgemeinerung von Bild 2 müssen das zu **Beeinflussende** (Rakete bzw. Hund) und der dazu notwendige **Prozess** unterschieden werden. Das leitet unmittelbar zu den typisch kybernetischen Prozessen der Regelungs- und Steuerungstechnik mit dem Beispiel der Raumheizung von **Bild 3** über: Das zu Beeinflussende ist hier der Heizkörper. Bei der Regelung (a) wird er eingeschaltet (Prozess), wenn die gemessene Raumtemperatur den Sollwert unterschreitet und ausgeschaltet, wenn der Sollwert erreicht oder überschritten ist. Das erfolgt ganz ähnlich beim Kühlschrankschrank und hat immer den Nachteil, dass der Prozess des Schaltens immer erst dann eintritt, wenn eine beachtliche Abweichung vom Sollwert vorliegt. So schwankt z. B. die Kühlschrankschranktemperatur ständig zwischen 8 und 10°C. Befindet sich dagegen das Thermometer außerhalb des Raumes, so liegt eine **Steuerung** (b) vor. Sie kann leicht durch weitere Einflüsse, wie Jahreszeit, Tag/Nacht usw. erweitert werden. Dann bewirken die verschiedenen Messgrößen eine gut brauchbare Einhaltung der Raumtemperatur fast immer in unmittelbarer Nähe des Sollwertes.

Bild 3. Zum Unterschied von Regelung und Steuerung.



Das Geschehen in den Bildern 2 und 3 lässt sich in die üblichen Flussbilder überführen und dabei auch erweitern. So entsteht **Bild 4**. Darin sind das zu Beeinflussende rot und die Steuerungs-Regelungsprozesse gelb unterlegt. Das zu Beeinflussende sind fast immer Stoff- und/oder Energie-Ströme, die mittels eines Reglers beeinflusst werden. Typisch für den Regler sind Relais, Röhren oder Transistoren. Bei der Steuerung (a) werden lediglich Messergebnisse unterschiedlicher Art als Steuergröße benutzt. Bei der Regelung (b) erfolgt dagegen die Messung hinter dem Regler, Die Ausgangsgröße des Reglers wird dann mit dem Sollwert verglichen und die Abweichung zwischen beiden beeinflusst verstärkt den Regler. Da hierbei jedoch (s. o.) immer gewisse Abweichungen vom Sollwert auftreten, ist es nützlich, auch Änderungen vom Eingangswert – Stoff-, oder Energie-Strom – sowie von anderen Störungen (grün hinterlegt) zusätzlich zu benutzen. So entsteht eine **Regelung mit Störwertaufschaltung** (c). Sie ermöglicht es, den Sollwert sehr genau einzuhalten. Schließlich ist es noch möglich, dass sich der Sollwert einzelnen Forderungen entsprechend zeitlich verändert. Das wird dann meist **Nachführung** genannt. Eine wichtige Anwendung der Regelungs- und Steuerungstechnik ist die Erzeugung von (nahezu) idealen Strom- und Spannungsquellen.

Die Regelung und Steuerung wurde zwar grundlegend von Wiener [Wie48] eingeführt. Jedoch völlig unabhängig davon und nur im wenig veränderten Sinn entwickelte sie etwa zur gleichen Zeit auch Schmidt [Sch41].

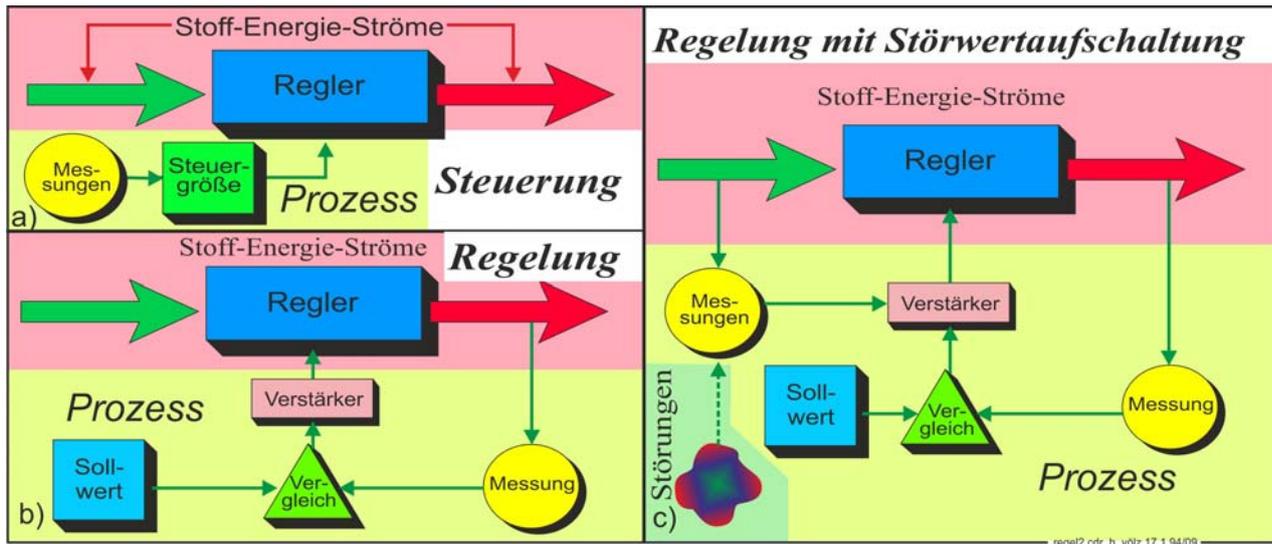


Bild 4. Darstellung von Regelungen und Steuerungen als Flussbilder.

Der zweite wichtige kybernetische Prozess – nämlich die **Rückkopplung** – wurde schon ab 1904 von Lord Kelvin (William Thomson) für Verstärker und ab 1912 von de Forest und Armstrong auch zur Schwingungserzeugung genutzt. Ihre vielfältigen Anwendungen formulierte jedoch erst Wiener. Das entsprechende Flussdiagramm zeigt **Bild 5**. Dabei wird das System 2 zur gezielten Veränderung vom (Haupt-) System 1 genutzt. U. a. können so mittelbar positive und negative Widerstände, Kapazitäten und Induktivitäten erzeugt. Ja selbst der Innenwiderstand Null ist erreichbar. Auch Speicher, Flipflop und Oszillatoren sind möglich.

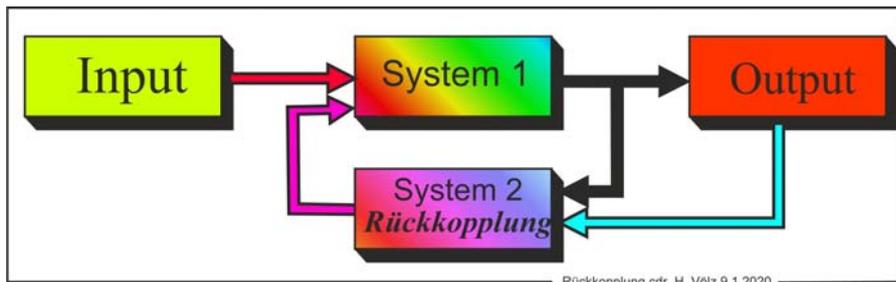


Bild 5. Kybernetische Betrachtung der Rückkopplung.

Schließlich sei noch ein Zitat von Förster genannt [Foe93] S. 72/73:

Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine" kann als Definition von Kybernetik fungieren. Wenn auch das Wort Kybernetik vor ungefähr 150 Jahren von André Marie Ampère ... benutzte und dieses Konzept schon vor 1500 Jahren von Heron von Alexandria ... verwendet wurde, so war es der Mathematiker Wiener ..., der diesem Begriff schon im Jahre 1948 Namen und Bedeutung im modernen Kontext verlieh. Der Name „Kybernetik“ leitet sich vom griechischen Wort kybernetes für Steuermann her, woraus im Lateinischen gubernator und im Englischen governor zu Gouverneur, Statthalter, Regler, Chef, Direktor wurde. ... Müsste man ein zentrales Konzept, ein erstes Prinzip der Kybernetik nennen, so wäre es „Zirkularität“. ... Heute kann vielleicht „Zirkularität“ durch „Rekursivität“ ersetzt werden.“

Je nach Autor werden der Kybernetik mehrere Spezialgebiete zugeordnet. Wegen deren Vielfalt und Unterschiede seien hier nur einige Beispiele aufgelistet: Chaostheorie, Katastrophentheorie, Künstliche Intelligenz, systematische Heuristik und dissipativen Systeme, Auslöseeffekte, Iteration, Rekursion, Theorie komplexer Systeme, medi-

zische, künstlerische, therapeutische, soziologische, physiologische und dialektische Kybernetik sowie insbesondere die Information.

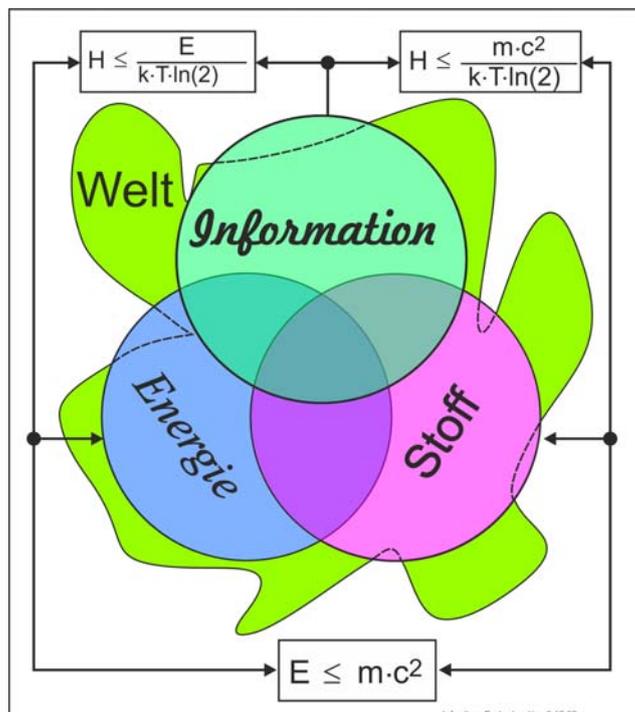
3 Informationen

Der Begriff „Information“ geht auf Griechisch typos, morphe, eidos und idea zurück. Daher bedeutet informare *Etwas eine Form geben*. Später entspricht Information am besten der Bildung mittels Unterrichten, Belehren, Erklären usw., aber auch etwas Gestalten. Ins Deutsche kam das Wort ab dem 15. Jh. Lange Zeit hieß dann der Hauslehrer Informator. Jedoch in den Lexika des 19. Jh. fehlt der Begriff vollständig. Erst Wiener verwendet ihn innerhalb der von ihm begründeten Kybernetik. Aber auch Neumann und einige in diesem Umfeld arbeitende Wissenschaftler benutzen ihn dann zuweilen. Aber nirgends ist eine brauchbare Definition zu finden. Viele beziehen sich auf die Arbeit von Shannon [Sha48]. Doch in ihr kommt Information nirgends vor. Stattdessen benutzt er ausschließlich Kommunikation. Leider ist heute kaum noch Genaueres zur Entstehung der Begriffsbildung zu ergründen, denn alle Beteiligten waren im Krieg mit der Kryptographie befasst und daher zur strengsten Geheimhaltung verpflichtet und sind auch bereits gestorben. Häufig wird auf ein Zitat von Wiener zurückgegriffen, wodurch vor allem das Informationssystem ein Teil der Kybernetik wurde (s. u.). Im englischen Originalzitat kommt das Wort „matter“ vor. Es wurde aber dann aber unglücklich ins Deutsche mit dem (philosophisch interpretierten) *Materie* übersetzt wurde. Es bedeutet jedoch Gegenstand, Material, Angelegenheit, Sache, von Bedeutung sein, Inhalt, Stoff, Substanz, Satz und Ding. Daher habe ich ab etwa 1990 [Völ91] die eindeutige Übersetzung *Stoff* gewählt: [Wie48] S. 192:

„Trotzdem ist die Energie, die für eine einzelne Operation verbraucht wird, beinahe verschwindend gering und bildet sogar nicht einmal ein angemessens Maß der Funktion selbst. Das mechanische Gehirn scheidet nicht Gedanken aus »wie die Leber aus-scheidet«, 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.“

So ergibt sich unmittelbar der Zusammenhang von Stoff, Energie und Information als drei sich teilweise überschneidende Modelle zur Weltbeschreibung (grün) von **Bild 6**. Dabei ist Stoff vor allem für die Chemie und Energie für die Physik grundlegend, während Information typisch kybernetisch ist. Außerdem sind Beginn und Ende des Zitats genial vorausschauende Aussagen für die später entstehende Informationstechnik. Auf die Formeln im Bild wird später eingegangen.

Bild 6. Zusammenhänge der Welt durch die Modelle von Stoff, Energie und Information.



Bevor weiter auf die drei Modelle eingegangen wird, sei die Wirklichkeit mit **Bild 7** (nächste Seite) vorangestellt. Darunter ist alles zusammengefasst, was in der objektiven Welt real – als Stoff und Energie – existiert und daher prinzipiell nachweisbar ist. Sie wurde absichtlich in einer Form gezeichnet, die keine bestimmten Assoziationen auslöst. Mittels unsere Sinne und unser Handeln ist unmittelbar ein teilweises Erkennen möglich. Das ist durch den rosa unterlegten Abschnitt symbolisiert. Dabei werden aber nur die kleinen rot gekennzeichneten Teile der Wirklichkeit erfassbar. Erst mit meist kollektiv betriebenen Experimenten, Messungen, Theorien usw. ist weitaus mehr bestimmbar (dunkelgrün). Doch die so erreichten Ergebnisse müssen von den vielen anderen Menschen für ihre Nutzung immer erst mühsam erlernt werden. Auch die so entstehenden Modelle (blau) beschreiben nur einen, wenn auch beachtlichen Teil der Wirklichkeit. Dabei gibt es aber auch Bereiche mit Differenzen zur Wirklichkeit und nicht beschreibbare Abschnitte, die je nach Modell (Stoff, Energie oder Information) unterschiedlich ausfallen.

Bevor auf das Modell der Information nach Bild 7 genauer eingegangen wird, sind noch einige Aussagen zum Verhältnis von Stoff und Energie nützlich. Entsprechend dem System International (SI) für die Messtechnik gelten die Zusammenhänge zwischen Leistung, Energie, Kraft und Masse von **Bild 8a**. Damit wird auch die Formel $E \leq m \cdot c^2$ in Bild 6 erklärt. Wie aus einem Stoff (im Beispiel Benzin) Energie gewonnen werden kann und dann Arbeit als Bewegung eines Autos erreicht wird, weist (c) aus. Dafür ist immer ein spezielles System – nämlich der Verbrennungsmotor – erforderlich. Er kann jedoch nicht das Benzin vollständig dazu benutzen. Es bleiben veränderte Stoffreste u. a. als schädliche Abgase übrig. Der eigentliche Energieträger ist daher nur der nutzbare Teil, der gelb in (b) gekennzeichnet ist. Maximal kann daher der Grenzwert mc^2 bestenfalls näherungsweise erreicht werden.

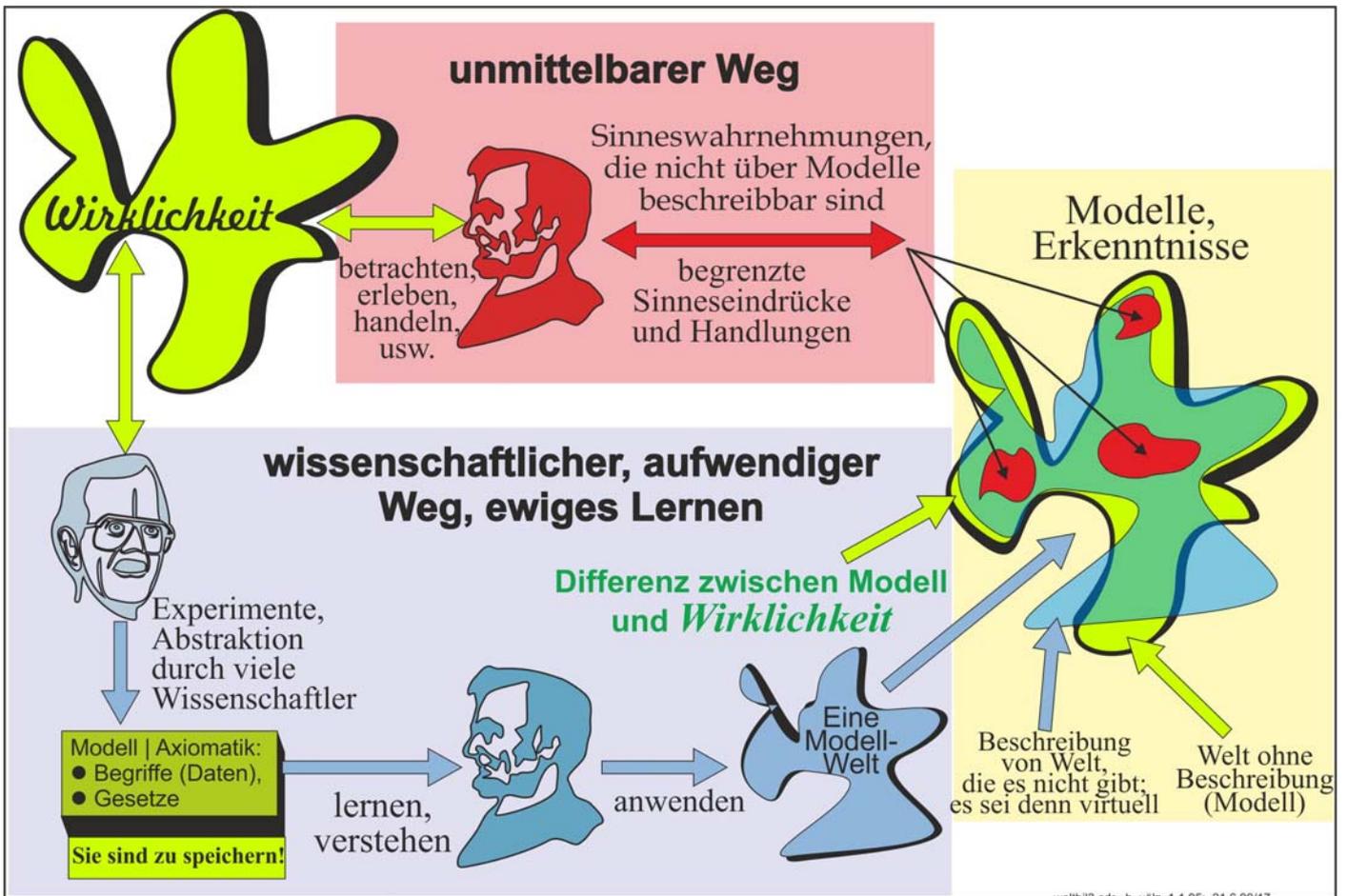


Bild 7. Sinnliche Wahrnehmung und Wissenschaft als die zwei Wege zum Erkennen der Wirklichkeit.

Häufig ist es immer noch üblich, Information intuitiv und vielfältig, aber ohne eine Erklärung zu benutzen. Meist wird dann darunter Etwas verstanden, dass uns irgendwie „Nützliches“ übermittelt. Bei technischen Systemen wird zuweilen sogar ein entsprechend wirkendes (Input-) Signal so bezeichnet. Ähnlich wie bei Bild 8c gibt es dann auch einen Informationsträger (eigentlich Informer s. S. 8. 35). Für ihn sind dann aber in der Literatur oft ziemlich dicht oder gar unmittelbar aufeinander die zwei sich widersprechenden Aussagen von Bild 9 zu finden. Daher wäre es nützlich Information₁ und Information₂ zu unterscheiden. Kurz nach 1980 habe ich mich für die rechte Seite entschieden und benannte die Information₂ zunächst Getragenes [Völ83]. Doch das löste einige Diskussionen aus und so führte ich etwas später dafür **Informat** ein, was dann allgemein akzeptiert wurde [Völ01].

Bild 8. Zusammenhang von Stoff und Energie sowie deren Anwendung beim Verbrennungsmotor (mittleres Bild).

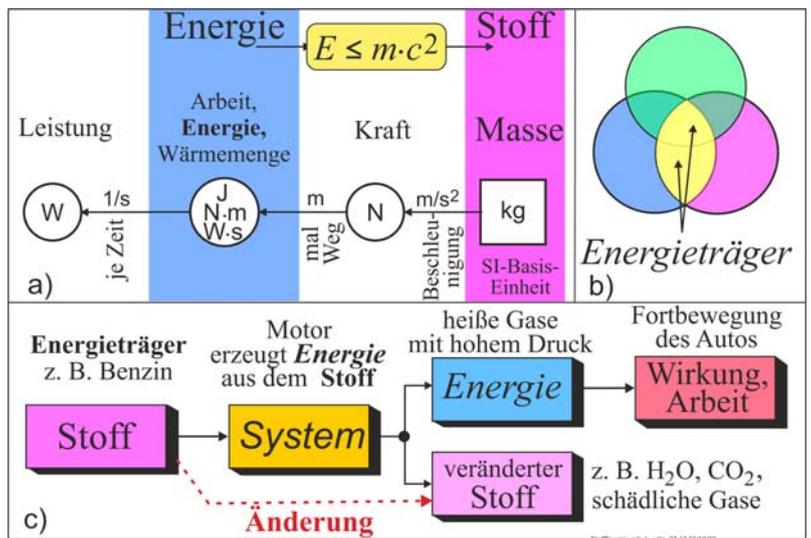
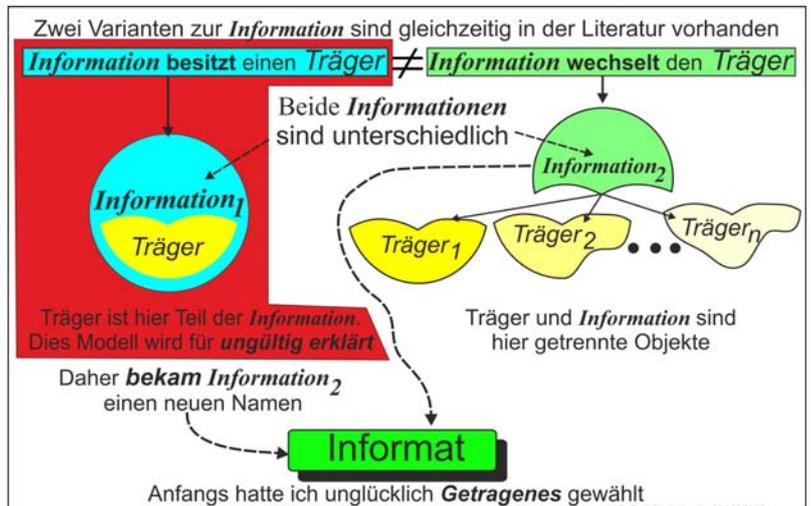


Bild 9. Veraltete Aussagen zu Information und Informationsträger. Die notwendige Trennung von Information₁ und Information₂ führten schließlich zur Einführung eines Informats.



Erst in den letzten Jahren wurde mir klar, dass auch der Begriff Informationsträger inhaltlich falsch ist. Er transportiert nämlich inhaltlich nichts, sondern bewirkt nur, dass in unserem Bewusstsein oder im beeinflussten technischen System und/oder in dessen Umgebung die „eigentliche“ Information, das Informat gebildet wird. Deshalb führte ich schließlich für den Informationsträger den Begriff **Informer** ein. Durch diese klaren Festlegungen wird besonders deutlich, dass Information kein Objekt, sondern immer ein Geschehen, ein Prozess ist und zwar ganz ähnlich wie Regelung, Steuerung, Übertragung, Rückkopplung und Verstärkung. Eine Mondfinsternis wird so erst durch unsere Wahrnehmung als Informer ein Hinweis auf unser Planetensystem. Folglich kann mit den drei Größen: Informer, (passendes) System und Informat Information kybernetisch gemäß **Bild 10** beschrieben, erfasst und definiert werden:

Information verlangt immer ein kybernetisches System, das von einem betont energetischen oder stofflichen Informer beeinflusst wird. Wodurch in ihm selbst und/oder in seiner Umgebung dann Veränderungen als Informat bewirkt werden, das irgendwie für Menschen relevant, interessant ist.

Das Informat ist also immer das eigentliche Ziel bzw. der Zweck von Information. Dazu müssen aber Informer, System aufeinander abgestimmt sein um das „richtige“ Informat zu erzeugen.. Nur bei erheblichen Vernachlässigungen und Unschärfen ist es eventuell gerade noch zulässig, den Informer allein als Information – wie ein prozessfreies Objekt! – zu bezeichnen (vgl. Sprachgebrauch S. 34). Insbesondere ist jedoch immer ein spezifisches System in den Prozess einzubeziehen. Die Zusammengehörigkeit der drei Anteile der Information kann leicht mit den so genannten *misleading words* belegt werden. So werden Engländer und Deutsche den gesprochenen Informer „gift“ als deutlich unterschiedliches Informat interpretieren. Auch ein binäres Signal z. B. 1001111 wird in verschiedenen technischen Systemen fast immer Unterschiedliches bewirken

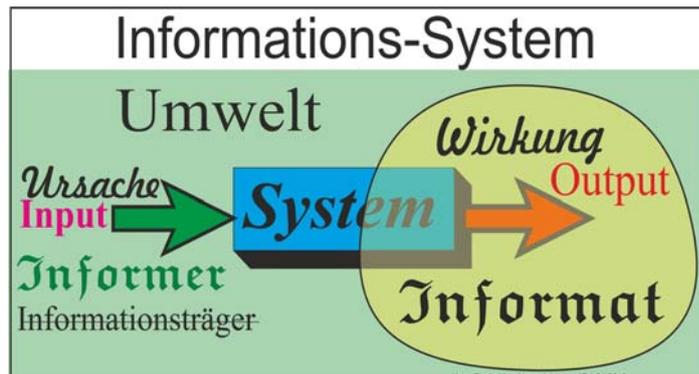


Bild 10. Kybernetische Beschreibung von Information, bestehend aus Informer, (Informations-) System und Informat.

Noch deutlicher werden die komplexen Zusammenhänge bei menschlicher Kommunikation. In **Bild 11** will z. B. ein Politiker seine Wahlbotschaft an die Wähler vermitteln. Dazu muss er stofflich-energetische Informer, wie Sprache, Plakate usw. benutzen. Eine inhaltlich richtige Übermittlung setzt auf beiden Seiten zumindest ein recht ähnliches sozial-kulturelles Milieus (lila Dreieck) voraus, die aber individuell beachtlich verschieden ausgeprägt sein können. Daher werden die beiden Informate – zu Bewirkendes und Bewirktes – immer etwas voneinander abweichen.

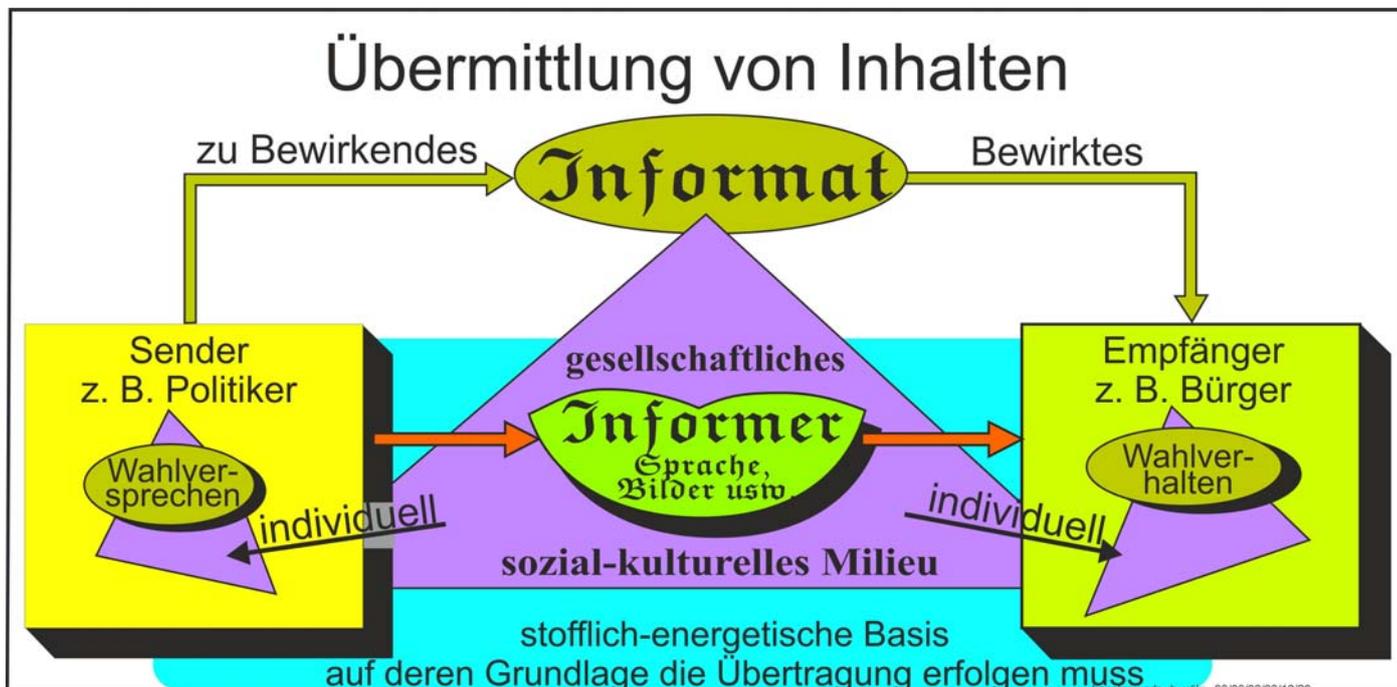


Bild 11. Die Übertragung von Inhalten (als Informat) mittels eines Informers (Sprache), der durch etwas verschiedene sozial-kulturelle Milieus bestimmt und daher teilweise verändert wird.

3.1 Fünf Arten von Information

In den letzten dreißig Jahren sind die Anwendungen von Information sehr stark angewachsen (**Bild 12**). Dazu haben vor allem die Rechentechnik, Informatik und Massenmedien beigetragen. Deshalb wurde es mehrfach notwendig für sie neue Klassifikationen zu verwenden. 1983 und 1991 benutzte ich noch heute bereits ungebräuchliche, weil ungeeignete Einteilungen [Völ83], [Völ91]. 2014 genügten dann vier neue Qualitäten [Völ14] und bereits 2017 waren mindesten fünf notwendig. Zur besseren Übersicht (s. Vorwort) werden hier nur die einzelnen inhaltlichen Prinzipien kurz beschrieben. Dazu sind sie im **Bild 13** schematisch übereinander dargestellt. Zur ergänzenden Vertiefung des Folgenden sei auf die vielen ausführlich erklärten Beispiele und Fakten mit umfangreichen Details in [Völ17] verwiesen. Darüber hinaus sind aber bereits einige neue Erkenntnisse eingeflossen.

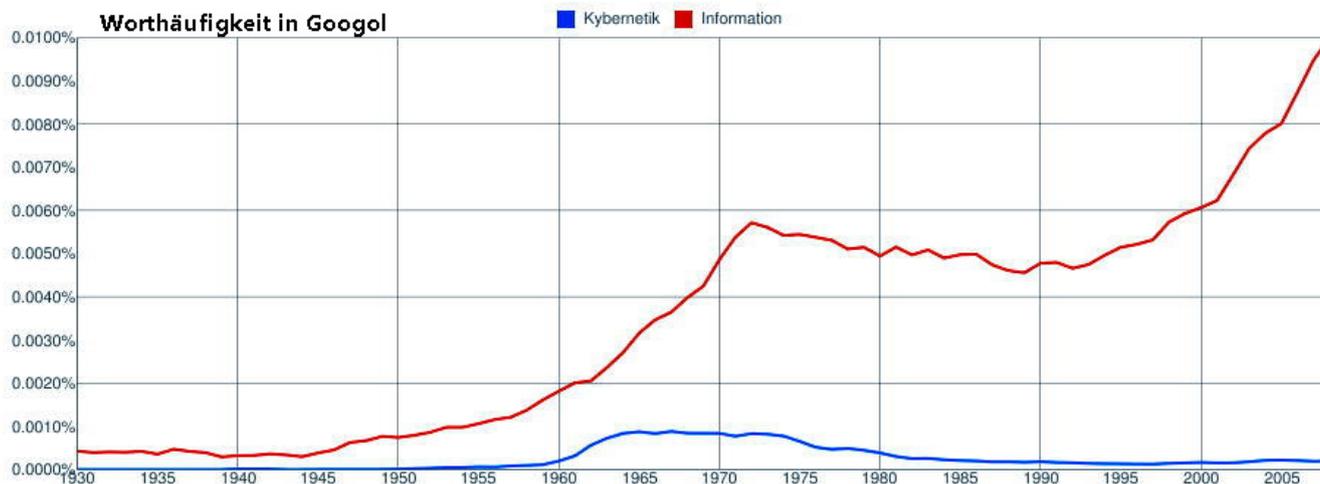


Bild 12. Die Worthäufigkeiten von Kybernetik (blau) und Information (rot).

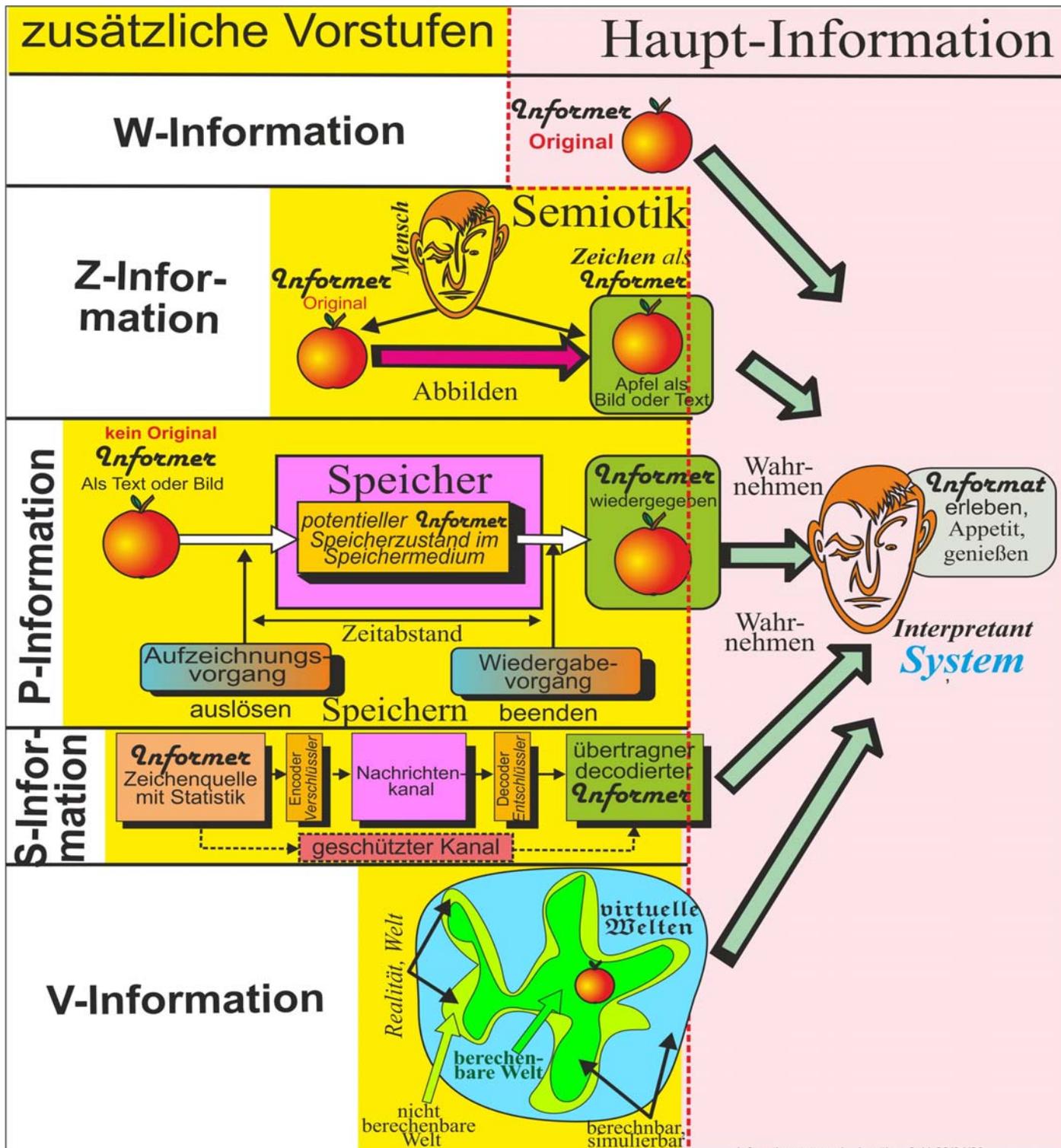
W-Information (von Wirkung) ist als allgemeingültiges Flussdiagramm für Information bereits in Bild 10 dargestellt. Entsprechend den häufigsten Varianten wird das dortige System im Bild 13 durch einen Menschen (als Interpretanten) ersetzt. Daraus ergibt sich dann für alle fünf Varianten der gleich bleibende, rechte, hellbraun unterlegte Teil für das System und Informat. Als Informer ist im Bild ein Apfel gewählt, dessen Zeichen durch das Wort „Apfel“ oder sein Bild teilweise an der linken Bereichsgrenze liegt. Dem Informat entsprechen etwa unsere Vorstellungen vom Apfel und auch der Appetit ihn zu genießen.

Bei der **Z-Information** (von Zeichen) wird die *Semiotik* dem zentralen Prozess vorangestellt. In diesem konkreten Fall vermittelt sie zwischen den Originalobjekt Apfel und seinem Zeichen in Form eines Bildes oder Wortes. Allgemein kann stattdessen auch ein Zeichen für Zeitverläufe (Geschehen) stehen. Als endgültiger Informer wird jedoch immer nur ein Zeichen, hier speziell das Wort „Apfel“ oder sein Bild benutzt. So tritt eine erhebliche Vereinfachung oder Verknappung für die sich anschließenden Prozesse bis hin zum Informat auf. Mittels *Klassenbildungen*, Zusammenfassungen vieler Objekte, Verallgemeinerungen oder Komprimierungen sind weitere Möglichkeiten vorhanden. Es können auch beliebige Begriffe, Bedeutungen, Definitionen und *Axiomatiken* verwendet werden. Infolge der Semiotik ermöglicht so die W-Information eine gewaltige Erweiterung gegenüber der W-Information und damit eine sehr leistungsfähige Informationsverarbeitung.

Für die **P-Information** (von potentiell) wird noch zusätzlich eine *Speicherung* eingefügt. Sie kann aber nur Zeichen nutzen. Zum Zeitpunkt der Aufzeichnung wird dann das Zeichen, der Informer als spezieller Speicherzustand beständig im Speicher abgelegt. Aus ihm kann zu einem nahezu beliebigen späteren Zeitpunkt der ursprüngliche Informer zurück gewonnen werden und dem System (Menschen) zugeführt werden. Dadurch kann eine weitgehende *Zeitunabhängigkeit* erreicht werden. Insbesondere wird so auch einiges aus der *Vergangenheit* der aktuellen Betrachtung zugänglich. Technisch ist dabei ist eine große Vielfalt von Speichern nutzbar, u. a. elektronische, magnetische und die Holografie. Das wird ähnlich auch bei der *Genetik* und den verschiedenen *Gedächtnissen* erfolgreich genutzt. In [Völ17] werden ergänzend hierzu viele Details, z. B. die Grenzen der Speicherung (minimale Speicherzelle) behandelt. Eine ausführliche Beschreibung der *geschichtlichen Etappen* der Speicherung enthält außerdem [Völ19].

Die **S-Information** (nach Shannon) macht die Information *ortsunabhängig*, indem bei ihr die Zeichen in beliebige Entfernungen *übertragen* werden können. Dabei kann bzw. muss eine *Codierung* u. a. zur *Komprimierung* und zum *Fehlerschutz* eingefügt werden. Es ist aber auch eine Verschlüsselung des Informers möglich, die dann aber meist zusätzlich einen geschützten (*geheimen*) *Kanal* benötigt. Shannon entwickelte zu alledem die wesentlichen theoretischen Grundlagen [Sha48]. Darin kommt aber nie das Wort Information, sondern immer nur Kommunikation vor. Die Grenzen der Übertragung können mit der *Shannon-Entropie* berechnet werden, die sich aber grundsätzlich von der thermodynamischen Boltzmann-Entropie unterscheidet. Hierzu und zu vielen weiteren Details s. [Völ17].

Eine **V-Information** (von virtuell) betrifft hauptsächlich rechentechnische Modelle, die oft keine echte, sondern nur eine virtuelle Realität besitzen. Sie werden vor allem mit aktiven Handschuhen und speziellen Headsets erlebbar gemacht. Daher ist sie nur von den mathematischen Berechnungsmöglichkeiten begrenzt. U. a. wird so der im Bild 7 blau gezeichnete, nicht in der Realität vorhandene, grüne Bereich zugänglich. Dieses Teilschema ist angepasst im Bild 13 wiederholt. Aber auch bezüglich der Realität hat die V-Information Vorteile. So lassen sich z. B. Bauten, die erst entstehen sollen, bereits vorher im Modell virtuell begehen und ein Mediziner kann in einem entfernten Ort selbst komplizierte Operationen durchführen.



Informationsarten.cdr h. vözl 3.11.99/04/20

Bild 13. Die fünf wichtigsten und besonders typischen Informationsarten.

3.2 Untypische und verwandte Informationen

Mehrere technische Systemen, vor allem Rechner enthalten intern zwei Bereiche, welche ihre Eigenschaften bestimmen, also die Auswirkung des Informers für das Informat festlegen (Bild 14a), Ein Bereich ist als Hardware realisiert, die oft gemäß einer ursprünglichen Software realisiert wurde. Er ist unveränderlich vorhanden ist. Der zweite Bereich ist ein Speicher, der extern mittels eines K-Informers (der Software) belegt werden kann. Die so

bewirkte Systemänderung ist danach sofort dauerhaft vorhanden. Aber ganz im Gegensatz zu dem im vorigen Abschnitt behandelten Informer bewirkt ein K-Informer dabei kein Informat. Er ändert nur langfristig die **Eigenschaften des Systems**. Erst danach kann dann ein üblicher Informer am Ausgang und/oder in dessen Umgebung ein Informat erzeugen, das jedoch anders als zuvor ist. Dennoch dürfte es daher sinnvoll sein, für eine Software den Begriff **K-Information** (von Konstruktion) zu verwenden. Damit erhält der zunächst nur vorläufig eingeführte Begriff seine Berechtigung [Völ17]. Auch **Erfahrung** und **Lernen** (s. folgender Abschnitt) können so recht ähnlich interpretiert werden. Außerdem besteht für die K-Information eine gewisse Analogie bezüglich des Vertauschens der zwei Eingänge zwischen dem **Regler** und **Verstärker** (b und c).

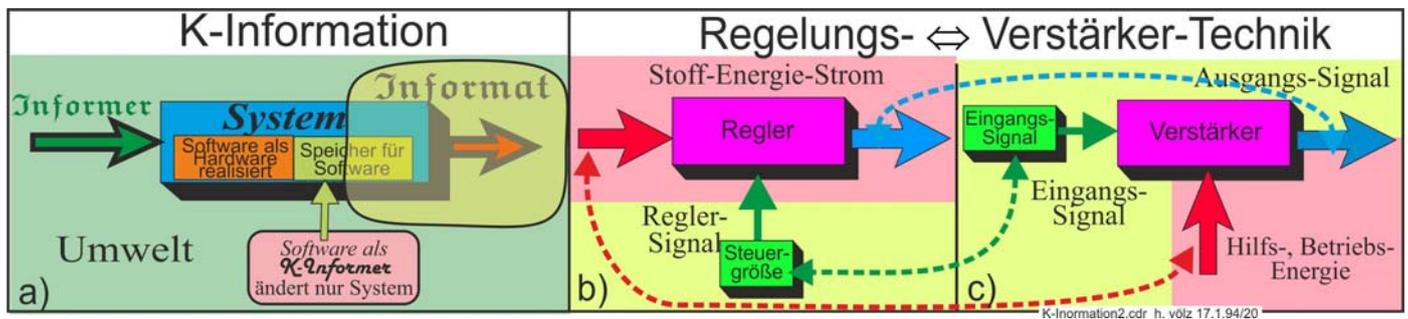


Bild 14. Struktur des Informationssystem mit K-Software (a) sowie Vergleich mit dem Vertauschen der Eingänge beim Regler(b) und Verstärker (c).

Schließlich seien noch kurz Beispiele für unklare Einordnungen zur Information genannt. Besonders nahe liegend sind die Speicherung und Übertragung des QuBit, sowie seine Anwendung beim Quantencomputer. Ferner könnten eventuell die Emotionen als Informat und die Möglichkeiten des Informationsfeldes eingeordnet werden.

4 Wissen, Lernen und Vergessen

Information und Wissen stehen in einem recht engen Zusammenhang. Nicht selten werden sie sogar fälschlich als (fast) gleich angenommen. Um den Unterschied klar aufzuzeigen, ist es vorteilhaft, zunächst kurz das Bewusstsein einzuführen.

4.1 Bewusstsein

Das **Bewusstsein**³ betrifft das Erleben mentaler (geistig vorgestellter) Zustände und Prozesse. Infolge des Gebrauchs mit verschiedenen Bedeutungen ist jedoch eine allgemein gültige Definition kaum möglich. Geprägt wurde das Wort von Christian Wolff nach dem lateinischen conscientia (s. Fußnote). Ursprünglich hatte es vielfach auch Gewissen bedeutet. Allgemeiner wurde es dann von René Descartes (s. S. 17) benutzt. Häufig wird es für einen gemeinsamen Bereich von „Geist“ und „Seele“ benutzt. Es gilt sowohl dafür, dass wir überhaupt etwas wahrnehmen und nicht bewusstlos sind als auch dafür, dass wir etwas bewusst wahrnehmen oder tun, ohne darüber nachzudenken. Ferner entspricht es „belebt-sein“ oder „beseelt-sein“, steht es im Gegensatz zum Schlaf, hat Kontrolle über unsere Gedanken und betrifft das Selbstbewusstsein. In den Naturwissenschaften ist immer (noch) ungeklärt, wie es zustande kommt (vgl. Chinesisches Zimmer nach [Chu90]). Zu den wesentlichen Problemen gehört einmal das Qualiproblem: Gedanken beziehen sich auf empirische Sachverhalte und können deshalb wahr oder falsch sein. Zum anderen ist es gemäß dem Intentionalitäts-Problem unklar, wie ein Gehirn Gedanken mit solchen Eigenschaften erzeugen könnte. Gemäß der Psychologie sind aber die mentalen Zustände eng mit neuronalen verknüpft. Zudem können sie auch auf Computern simuliert werden. Es ist aber umstritten, wie gut das Bewusstsein prinzipiell erforscht werden kann. Außerdem wurde bei mehreren höheren Säugetieren ebenfalls ein Art Bewusstsein nachgewiesen. Für die weiteren Betrachtungen sei festgelegt.

Bewusstsein ist vorrangig das individuelle Erleben mentaler Zustände und Prozesse und existiert beim Menschen und einigen höheren Säugetieren.

4.2 Wissen

Es stammt von althochdeutsch wizzan, was ungefähr *gesehen haben* bedeutet, später auch *etwas kennen*. Ins Englische wird „Wissen“ durch *knowledge* bzw. *to know* übersetzt. Dieser Begriff ist aber deutlich umfassender als das deutsche Wissen. Er betrifft auch unser *Kennen* von etwas, z. B. den Geruch von Butter. Deshalb unterscheiden Engländer: Wissen-Dass (was der Fall ist, was wahr ist), Wissen-Von (Kenntnis von etwas) und Wissen-Wie (*how*, wie zu handeln ist). Entgegen der sonst im Deutschen hohen Abstraktheit ist Wissen enger gefasst als in anderen Sprachen. Für die Wissenschaft ist auch der Prozess *Erkenntnis* wichtig, die nahezu synonym zum mehr statischen Wissen ist: Trotz der obigen Eingrenzung gibt es viele Wissensformen, z. B. Alltagswissen, Erfahrungswissen, Wissen von Handwerkern, Künstlern, Managern und Politikern. Zentral ist aber immer das individuelle Wissen. Es kann aber durch

³ Latein. conscientia *Mitwissen*, altgriech. *Miterscheinung, Mitbild, Mitwissen*; synaesthesia *Mitwahrnehmung, Mitempfindung* und phronesis von *phronein bei Sinnen sein, denken*; mittelhochdeutsch *bewissen* im Sinne von *Wissen über etwas habend*,

gesellschaftliches, kollektives Wissen (s. u. Lernen) und zum anderen aus Speichern erweitert werden. Ganz im Gegensatz zum individuellen Wissen können aber ein Buch, Bild usw. – und sogar die KI – selbst gar nichts wissen. Extern gespeichert wird Wissen eigentlich nur mittelbar als Ausprägung eines technischen Speicherzustands. Damit daraus wieder Wissen wird, muss das Gespeicherte als Informer auf uns einwirken, also gelesen, gehört, allgemein wahrgenommen und auch interpretiert werden. (Achtung Leseschwäche). Kollektives Wissen kann mittels Kommunikation vermittelt werden. Wissen setzt also stets ein Bewusstsein voraus. Nur mit ihm kann aus technisch Gespeichertem wieder Wissen als Informat gewonnen werden. Letztlich existiert Wissen nur irgendwie in unserem Gehirn. Genau deshalb sind Bücher, Bilder usw. „nur“ wichtige Möglichkeiten zur Erweiterung unseres Wissens. Ganz im Gegensatz zur Information ist Wissen also kein Prozess, sondern vor allem ein *statischer* im Gehirn gespeicherter Zustand, der vor allem mittels des Bewusstseins genutzt wird. Schematisch fast das **Bild 15** zusammen, und eine mögliche Definition lautet:

Wissen existiert nur in mentalen Zuständen unseres Gehirns, die als Informer über unser Bewusstsein Handlungen und wahre Aussagen (als Informat) ermöglichen, bewirken.

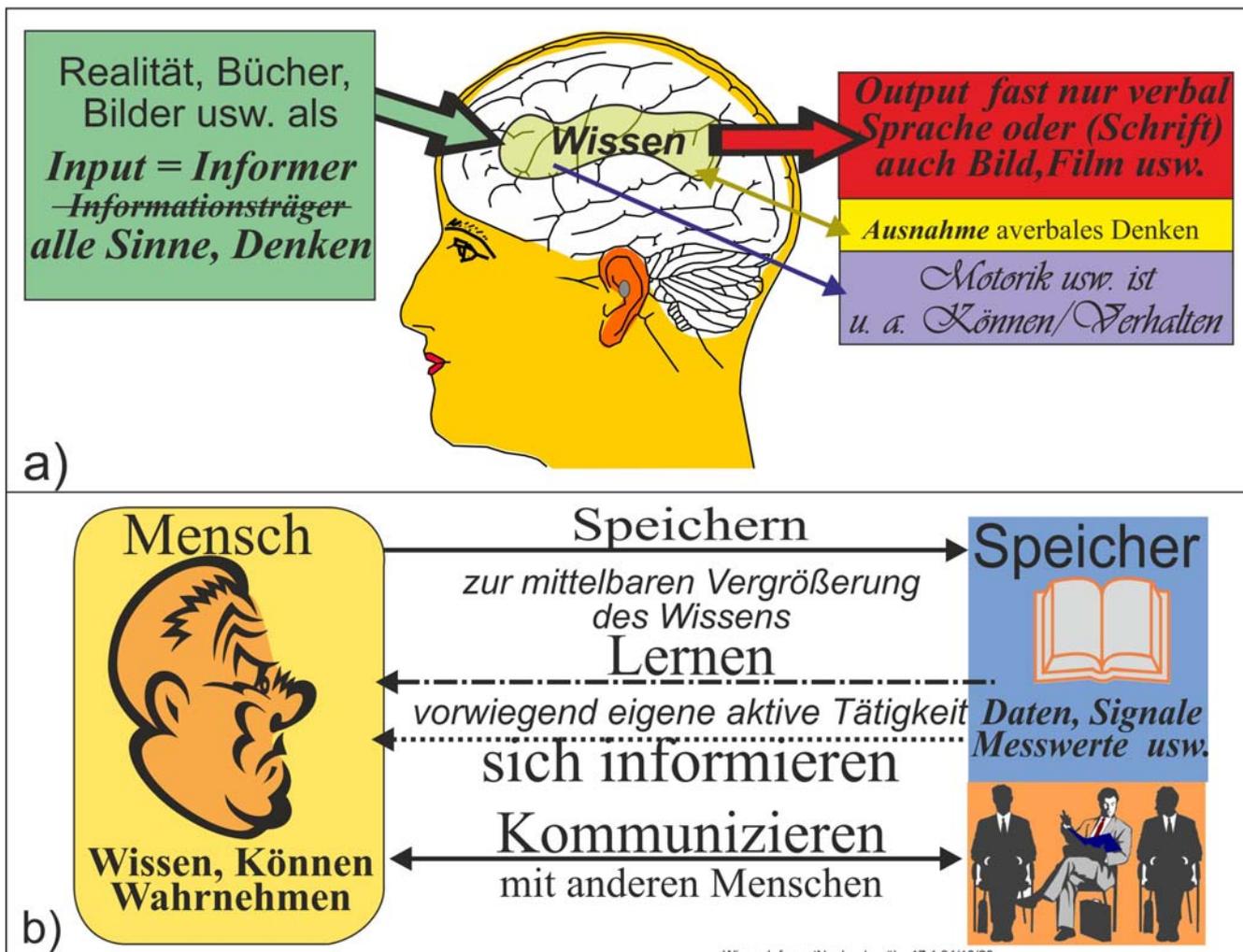


Bild 15. Zu den Wechselwirkungen zwischen Wissen und dessen Speicherung.

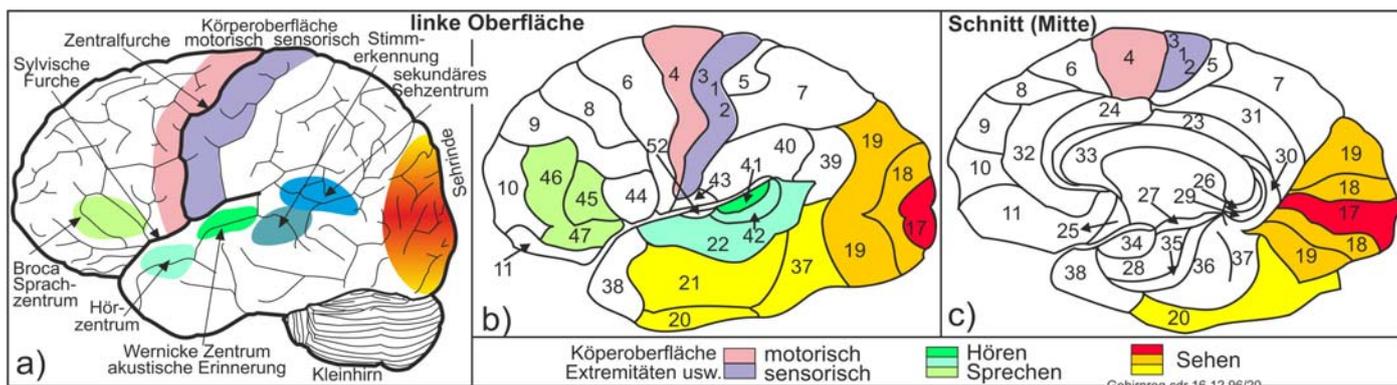


Bild 16. Orte im Gehirn für bestimmte Wahrnehmungen und Handlungen. Die Zahlen beziehen sich auf die von Broca festgelegten Aria. Geringe Abweichungen zwischen a) und b) folgen aus den unterschiedlichen Gesichtspunkten.

Doch wo sich das Wissen im Gehirn befindet ist ähnlich ungeklärt wie beim Bewusstsein. Durch Gehirnschädigungen geht aber nie einzelnes Wissen, wie Wörter usw. verloren, sondern nur irgendetwas, aber mengenmäßig proportional zur zerstörten Fläche. Ganz im Gegensatz dazu sind aber die wesentlichen Funktionen für Wahrnehmen und Handeln gemäß **Bild 16** im Gehirn eingeordnet.

Jedes Wissen betrifft immer bestimmte Inhalte, Eigenschaften und Anwendungen. Die beide Hauptgruppen und ihre vier Untergruppen zeigt die folgende Tabelle. Sie sind alle im Gehirn nicht lokalisierbar. Dennoch wird diese Einteilung auch auf die unser Gedächtnis übertragen.

deklaratives⁴ Wissen (<i>Wissen was oder das</i>)	nicht-deklaratives Wissen (<i>Wissen wie</i>)
<i>semantisch⁵ oder episodisch⁶.</i>	<i>prozedural⁷ oder priming⁸.</i>
explizit, relational, enzyklopädisch (Schulwissen).	implizit (Zusammenhänge).
Fakten, Datenbank, Lexikon, Denken.	Regeln, Prozesse, Fertigkeiten, Verhalten.
Inhalte meist verbalisierbar, schnell, flexibel bewusste Erinnerungen, einzelnes kann blockiert werden.	Schwer zu verbalisieren, langsam, unflexibel, Wirkt meist unbewusst direkt, fast immer verfügbar.
Kann durch Hirnschäden beeinträchtigt werden.	Hirnschäden wirken sich weniger aus.

Durch das *Semantische* wird bei einem gehörten Text kaum der Wortlaut, aber leicht deren Inhalt (die Semantik) erinnert. *Episodisches* speichert den zeitlichen Ablauf von Ereignissen im Raum. Es betrifft vor allem individuelle Erlebnisse, wie Hochzeit, Urlaub oder Prüfung bis zum Lebenslauf, sowie markante Ereignisse des öffentlichen Lebens (Politik, Kultur, Wirtschaft, berühmte Personen usw.). *Prozedurales* hält automatisierte Fertigkeiten, Handlungen und Gewohnheiten, wie Gehen, Rad- oder Autofahren fest. Selbst bei intensivem Üben nehmen diese Fertigkeiten aber nur sehr langsam zu. Es bestimmt erheblich unsere Persönlichkeit. Das *Priming* betrifft Regeln und deren Anwendung sowie Erwartungen, Hoffnungen usw. Dadurch wird ein leichteres Erinnern von ähnlich erlebten Situationen möglich. Der Kontext bewirkt dann eine Beschleunigung des Erfassens. Es wird nicht nur Einzelnes erinnert, sondern gleichzeitig Ähnliches „vorgewärmt“. Das Wort „Nagel“ wird in einer Wortliste dann schneller gefunden, wenn zuvor „Hammer“ genannt wurde. Insgesamt entsteht auch das Bewusstsein, welches die Gewissheit eines „Ichs“ ermöglicht, das immer mit sich selbst identisch ist. Dabei entsteht die Überzeugung „*Ich bin!*“; und in Analogie nach außen projiziert: „Es ist!“ So gewonnene neue Einsichten verändern unser Denken und Fühlen. Zeiterlebnisse hängen dabei weitgehend mit der Kausalität in der Natur zusammen.

Bezüglich der *Anwendung* von Wissen gilt etwa die folgende Einteilung:

- *Das exaktes, formalisierbare* Wissen ist in allen Details bekannt und vielfach axiomatisch beschreibbar. Es entspricht in vielen Aspekten dem Wissen der Wissenschaft und wird meist besonders betont. Weitere Details hierzu folgen unten.
- *Routinehaftes* Wissen benutzen wir im Alltag, z. B. beim Radfahren oder sich durch eine dichte Menge bewegen. Es ist vielfach nicht bewusst vorhanden und damit unmittelbar zugänglich. Es entspricht dem grauen Wissen nach Dreyfus hingewiesen [Dre85] und ist so komplex, das bereits jenes eines 2-jährigen Kindes im Gegensatz zu dem von Experten kaum zu formalisieren ist.
- *Heuristisches* Wissen ist weniger starr und wird durch Erfahrung, Gefühl, Zufälle und Verstehen gesteuert. Die zugehörigen Denkschritte und Handlungen sind nur wenig detailliert vorgegeben und kaum formalisierbar, sondern nur als Tendenz bekannt.

Gegenüber den Möglichkeiten des oben genannten Qualiproblems soll Wissen nur wahre und gerechtfertigte *Aussagen, Inhalte* betreffen, die sich deutlich von Überzeugungen, Glauben und allgemeinen Meinungen unterscheiden. Folglich kann Wissen nur durch neue (wissenschaftlich) gesicherte *Erkenntnisse* geändert werden. Doch das neue Wissen muss dabei besser die Fakten der Realität widerspiegeln und sollte außerdem nützlich sein. Dabei tritt zuweilen das Problem der Gültigkeit von Theorien usw. insbesondere bezüglich der Realität auf.

Mit wahren, gültigen Wissen hat sich bereits Platon in seinem Höhlengleichnis auseinandergesetzt. Aristoteles schuf wenig später seine Korrespondenztheorie. Bacon entwickelte die hypothetisch-deduktive Methode, die *Verifikation⁹*. Sie geht von Hypothesen aus, die anschließend durch gewonnene Erkenntnisse und Experimente bestätigt werden. Eine wissenschaftliche Theorie ist aber weder aus der Erfahrung logisch ableitbar, noch durch Erfahrung und Experimente verifizierbar. Deshalb zeigte 1934 Popper, dass unser gesamtes Wissen aus Hypothesen besteht, deren Wahrheit nie sicher ist [Pop34]. Sie bestehen nämlich vorwiegend aus All-Sätzen, die immer und überall gelten sollen, was

⁴ latein. *clarus* laut, deutlich, hell, *clamare* schreien, rufen, deutlich zeigen, *declarare* kundgeben, öffentlich erklären.

⁵ griech. *semantikos* bezeichnend

⁶ griech. *episodion* Zwischenspiel, Nebenhandlung, ursprünglich Chorgesang der antiken Tragödie)

⁷ latein. *procedere* Vorgehen, Art und Weise zu handeln

⁸ latein. *primus* vorderster, erster, vornehmster

⁹ latein. *veritas* Richtigkeit

aber mit endlich vielen Beobachtungen usw. nicht zu sichern ist. Deshalb führt er neben der Bewährung und strengen Prüfung, die *Falsifikation*¹⁰ ein: Es genügt ein Gegenbeispiel, um die entsprechenden Inhalte ungültig zu erklären. Die Praxis zeigt jedoch, dass dennoch zuweilen Hypothesen erfolgreich weiter benutzt werden. Einstein behauptet sogar, dass es immer Experimente geben wird, die auch von der Theorie Abweichendes aussagen und trotzdem der Theorie nicht zu widersprechen brauchen. Was funktioniert, kann legitim sein, muss aber nicht mit logischer Notwendigkeit wahr sein. Eine Hypothese kann nämlich dort erfolgreich sein, wo die Abweichung zur Wirklichkeit keine Rolle spielt. 1962 führte dann Kuhn den Begriff *Paradigma*¹¹ ein [Kuh62]. Darunter fasste er die in der aktuellen Wissenschaft vorherrschenden Hypothesen und Theorien zusammen. Ihnen folgt – von Außenseitern abgesehen – die Wissenschaftsgemeinde so lange, bis sich widersprechende Aussagen so umfangreich ansammeln, dass eine Änderung erzwungen wird. Das erfolgt auf einem komplizierten Weg und schließlich setzt sich ein neues Paradigma durch. Da dieser Umbruch geschieht meist mehr oder weniger „gewaltsam“ und folgenschwer. Das bezeichnete Kuhn als Paradigmenwechsel und wissenschaftliche Revolution. Ein tragisches Beispiel dafür ist der Freitod von Boltzmann 1906. Gegen seine statistische Thermodynamik – die auch noch heute voll gültig ist – gab es damals so viele Anfeindungen, sodass er schließlich den Freitod wählte. Hierzu schrieb Planck später [Pla48]:

„Eine neue wissenschaftliche Wahrheit pflegt sich nicht in der Weise durchzusetzen pflegt, daß ihre Gegner überzeugt werden und sich als belehrt erklären, sondern vielmehr dadurch, daß die Gegner allmählich aussterben und daß die heranwachsende Generation von vornherein mit der Wahrheit vertraut gemacht wird.“

Hier ist hinzuzufügen, dass bereits Sokrates – obwohl seine Freunde eine Flucht gut vorbereitet hatten – freiwillig den Schirlings-Becher trank. Nur so konnte er seine Überzeugungen beibehalten. Dagegen erreichte die Inquisition bereits mit dem Zeigen der Folterwerkzeuge Galileis öffentlichen Widerruf am 22. Juni 1633. Zusätzlich erhielt er sogar noch ein streng bewachtes Experimentierverbot. Brecht lässt ihn dazu am Ende der 14. Szene in seinem „Leben des Galilei“ (Uraufführung am 9.9.1943 im Schauspielhaus Zürich) sagen:

„Hätte ich widerstanden, hätten die Naturwissenschaftler etwas wie den hippokratischen Eid der Ärzte entwickeln können, ihr Wissen einzig zum Wohle der Menschheit anzuwenden!“

In der 13. Szene ergänzt dann Brecht im Gespräch zwischen Galilei und seinem Schüler Andrea:

Andrea: „Unglücklich das Land, das keine Helden hat.“

Galilei: „Nein. unglücklich das Land, das Helden nötig hat.“

Es gibt immer noch beachtlich viele Beispiele, die leider auch noch für heute Ähnliches belegen. Im Vordergrund steht dabei dann aber meist *nur* die gefährdete Karriere. Dennoch galt und gilt noch immer, wie z. B. Arnzt um 1966 schreibt [Arn66]:

„Information (eigentlich müsste hier Wissen stehen H. V.) war immer eine Kostbarkeit, spärlich rieselndes und schwer zu beschaffendes Material ... Sie war es umsomehr, weil der geistige Besitz, in Manuskripten festgehalten, immer wieder zerstört wurde. Der Brand der Alexandrinischen Bibliothek im Jahr 47 v.Chr. vernichtete nicht 700 000 Buchrollen, sondern er ließ den Sternstunden des griechischen Geistes das Mittelalter folgen, das darum so dunkel war, weil es auf vielen Gebieten des Erkennens mühsamen Neubeginn setzen musste.“

Doch vielfach wird Wissen leider auch für Macht ausgenutzt. Doch wem gehört eigentlich das Wissen? Als wesentlicher Bestandteil von Bildung steht dazu in der UN-Resolution 217 A (III) Artikel 26:

1. *Jeder hat das Recht auf Bildung. Die Bildung ist unentgeltlich, zum Mindesten der Grundschulunterricht und die grundlegende Bildung. Der Grundschulunterricht ist obligatorisch. Fach- und Berufsschulunterricht müssen allgemein verfügbar gemacht werden, und der Hochschulunterricht muss allen gleichermaßen entsprechend ihren Fähigkeiten offen stehen.*
2. *Die Bildung muss auf die volle Entfaltung der menschlichen Persönlichkeit und auf die Stärkung der Achtung vor den Menschenrechten und Grundfreiheiten gerichtet sein. Sie muss zu Verständnis, Toleranz und Freundschaft zwischen allen Nationen und allen rassischen oder religiösen Gruppen beitragen und der Tätigkeit der Vereinten Nationen für die Wahrung des Friedens förderlich sein.*

4.3 Lernen, Gedächtnis und Aufzeichnen

Lernen¹² ist ein Prozess, der den Erwerb von Wissen und Fertigkeiten auf geistigem, körperlichem, charakterlichem oder sozialem Gebiet leistet und sie dabei im neuronalen Gedächtnis¹³ festschreibt.

¹⁰ latein. falsus unbegründet, grundlos, irrig, falsch

¹¹ griech. *paradigma* Beispiel, Vorbild, Verweis, Beweis, Urbild, Modell, Muster oder mustergültiges Beispiel

¹² Etymologisch ist es mit „lehren“, „List“ und „leisten“ verwandt, was ursprünglich „einer Spur nachgehen, nachspüren, schnüffeln“ bedeutet. Im Gotischen heißt *lais* „ich weiß“, bzw. „ich habe nachgespürt“. Lernen hinterlässt Spuren!

¹³ Gedächtnis stammt vom Althochdeutschen *githihtnissi* etwa Andacht; mittelhochdeutsch *gedachtnisse* als das Denken an etwas und später das Denken an früher Geschehenes und Erfahrenes als Erinnerung.

Damit entspricht es in erster Näherung dem Aufzeichnen in technischen Speichern, ist aber durch mehrere Besonderheiten gekennzeichnet. Deshalb werden die drei Stufen unseres Gedächtnisses für **verbale** Inhalte mittels **Bild 17** beschrieben. Sie gelten etwa seit 1970 und sind ausführlich bei Drischel behandelt [Dri72]. Für andere Gedächtnisinhalte (z. B. Bilder) fehlen ähnliche Fakten. Nur hierfür konnten erstmals 1885 [Ebb85] und dann vielfach wiederholt über Lern- und Vergessenskurven typischen Daten ermittelt werden.

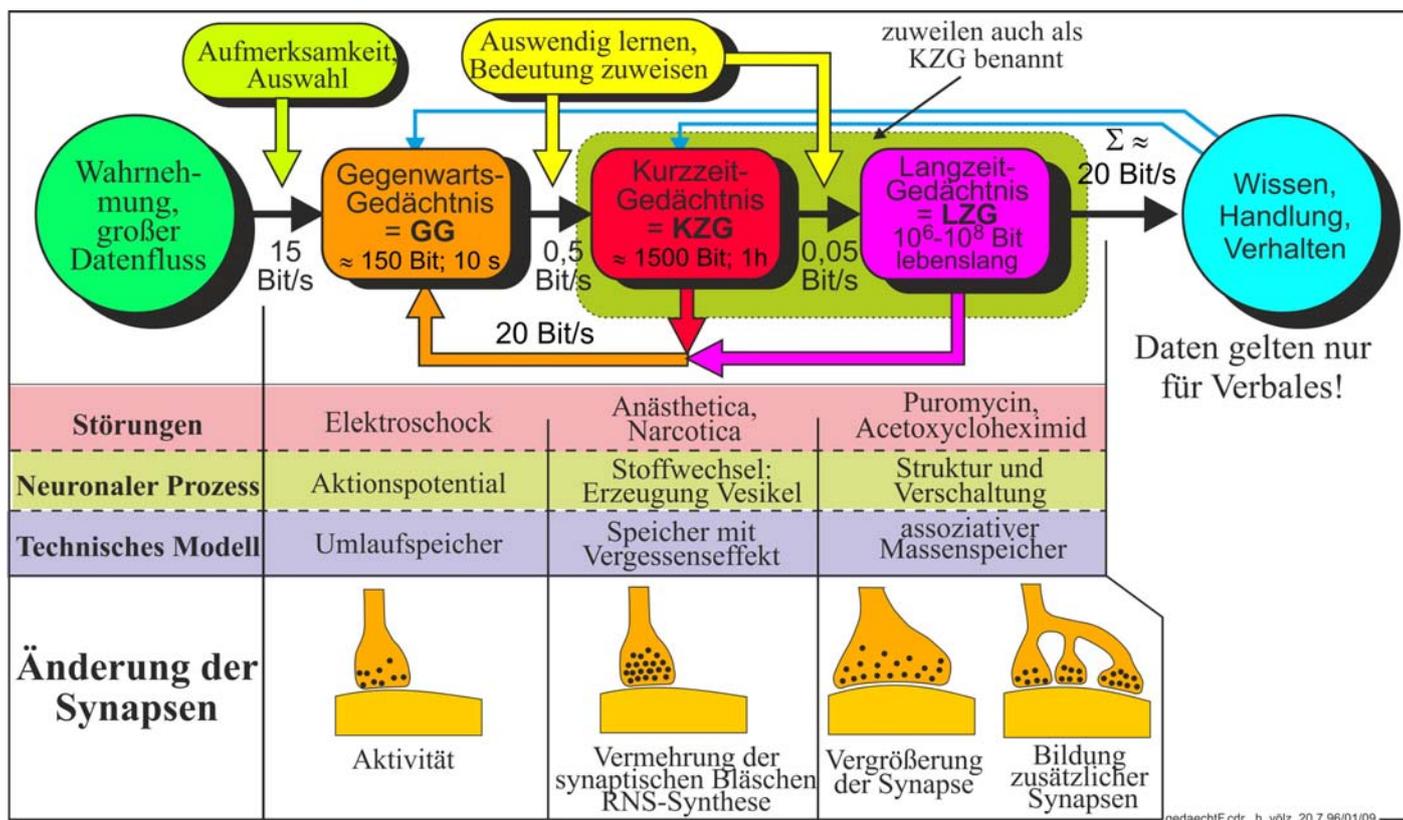


Bild 17. Aufbau und Eigenschaften für unser verbales Gedächtnis.

Es existieren drei Gedächtnisstufen GG (auch Arbeitsgedächtnis genannt), KZG und LZG, wobei zuweilen die beiden letzten auch als ein KZG zusammengefasst werden. Durch umfangreiche Untersuchungen beim Erlernen und Vergessen von sinnfreien Silben oder Zufallszahlen haben sich jeweils gute Näherungen für drei Kenndaten gewinnen lassen: aufgenommener Datenfluss in Bit/s, Speicherkapazität in Bit und gemittelte Speicherzeit. Letztere folgt wesentlich aus dem Verhältnis von Speicherkapazität und Datenrate. Für die drei Teilgedächtnisse sind die spezifischen Speichermechanismen bezüglich der Synapsen der Neuronen bekannt, jedoch nicht die Verschaltung der Neuronen. Für sie existieren nur mögliche Analogien aus der Technik.

Das GG entspricht einem Umlaufspeicher aus Millionen Neuronen. Der Umlauf der Daten dauert etwa solange bis die synaptischen Bläschen mit dem aktiven Transmitter (Vesikel) in den Synapsen aufgebraucht sind (ca. 10 s). Dabei werden die etwa 10 Sekunden immer als eine zusammenhängende Gegenwart wahrgenommen. Für das KZG leitet danach das entfernte, übergeordnete Neuron eine Synthese ein. Das Abklingen der Zellkernaktivität auf 36% tritt nach etwa einer Stunde auf. Vieles spricht dafür, dass hier der ursprüngliche Grund für die Festlegung unserer Stunde liegt. In den frühen Klöstern war es nämlich üblich, nach einer „Stunde“ Arbeit eine Pause für Gebete usw. einzulegen. Ansonsten ist keine 24er Teilung in der Menschheitsgeschichte bekannt. Das gilt heute noch für das Lernen. Nach etwa einer Stunde ist eine Pause oder ein Themenwechsel erforderlich. Bei häufiger Wiederholung der Daten werden für das LZG (auch Alt-, Dauer-, Permanent- oder tertiäres Gedächtnis genannt) die betroffenen Synapsen vergrößert oder gar neue gebildet. Dadurch entsteht eine lebenslange neue Verschaltung, eine Gedächtnisspur, ein Engramm¹⁴. Auf die möglichen Störungen der Prozesse wird im Abschnitt Vergessen (s. S. ##) eingegangen.

Im Gedächtnis sinkt die Datenrate von 15 über 0,5 auf 0,05 Bit/s. Dabei wird die Auswahl jeweils über die Aufmerksamkeit und Wichtigkeit für das Lernen getroffen. Gleichzeitig steigt die Speicherkapazität von 150 über 1500 auf etwa 10^8 Bit. Diese Hierarchie wurde wahrscheinlich in der Evolution optimiert. Früher wurde die Speicherkapazität des LZG viel größer angenommen. Die heute gültigen Werte von $10^6 - 10^8$ Bit erscheinen sehr klein. Eine Abschätzung dafür erfolgt z. B. über das Begriffe-Raten. Selbst die ungewöhnlichsten Inhalte wie Churchills Zigarre oder Chruschchows Schuh können immer mit 20 gut gewählten Ja/Nein-Fragen bestimmt werden. Das ergibt $2^{20} \approx 10^6$ Bit.

¹⁴ Griech. gráphein schreiben

Eine andere Abschätzung folgt aus der Zuflussrate um 0,05 Bit/s. Für einen 60-Jährigen ergeben sich dann – selbst bei Tag- und Nacht-Speicherung – nur 10^7 Bit. Es gibt noch mehrere ähnliche.

Die Leistungen des GG sind nahezu unabhängig von Alter, Geschlecht, Rasse und Intelligenz. Wegen $150 \approx 2^7$ lassen sich bis zu 7 Begriffe und Inhalte (Superzeichen), also 7 Chunk¹⁵ gleichzeitig wahrnehmen. Eine Zuordnung zu bekannten verlangt aber den Vergleich mit gespeicherten. Dafür wird die Hälfte der Speicherkapazität benötigt und die Anzahl erkannter Chunks sinkt auf etwa die Hälfte, also ≈ 3 . Auffällig ist weiter, dass unser GG immer eine Datenrate von 15 Bit/s wünscht. Bei einem geringeren Angebot tritt Lageweile auf und bei höheren Werten gibt es Probleme beim Verstehen (**Bild 18**). Das lies sich gut bei Musik belegen und führt zu den drei Phasen der folgenden Tabelle [Völ75]. Generell kann das KG nur etwa 1/30 der Inhalte aus dem GG übernehmen. Daher muss zu Lernendes etwa 30-mal wiederholt werden. Das berücksichtigt u. a. auch der Sonatensatz bzw. die Sinfonie. Sie wiederholen auch etwa 30-mal das Thema in Variationen.

Phase	Wirkung	Beispiele
Verwirrung	Datenflut ist zu groß. Rezeption ist kaum möglich.	Erleben von Unerwartetem. Musik aus unbekanntem Kulturkreis.
Wiedererkennen	Einige Strukturen sind erkannt und werden wieder erkannt, Aha-Moment. Das bereitet Genuss und entspricht dem Lernen.	Klassen, Begriffsinhalte werden gebildet. Klassikgewohnter Hörer rezipiert unbekanntes Werk der Klassik.
Analytisch	Strukturen, Verknüpfungen sind erkannt und gespeichert. Ähnliches ist gut zu rezipieren. Vergleich von Aktuellem und Gespeichertem.	Inhalte können durch Eigenschaften beschrieben werden. Rezeption eines Musikkenner, analytisches Hören nach Adorno.

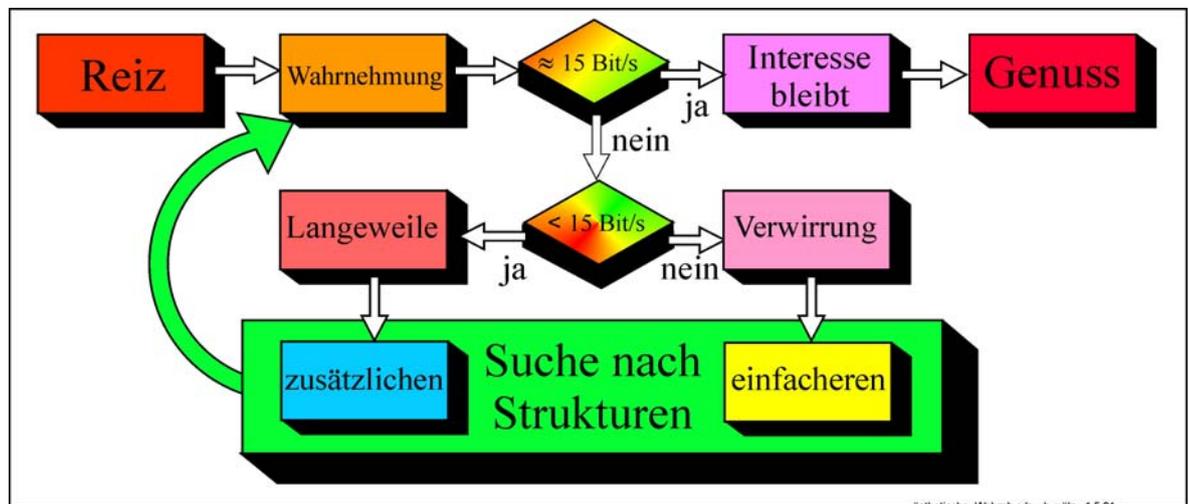


Bild 18.
Optimierung des Datenflusses zum KZG.

Technische Speicher weichen somit gegenüber dem Gedächtnis vor allem durch ihre sofortige und schnelle Aufzeichnung ab. Dabei genügt immer ein einziger Aufzeichnungsvorgang. Eine Hierarchie ist jedoch ähnlich bezüglich des Zusammenhangs von Datenrate und Speicherkapazität erforderlich. Im Gegensatz zum technischen Speichern ist aber Lernen deutlich mehr, denn es betrifft Wissen und nicht nur Daten als Ausprägungen von Eigenschaften. Für unser Lernen werden neben der Einteilung des Gedächtnisse nach der Tabelle auf S. 15 mehrere Möglichkeiten unterschieden, u. a. beiläufiges (inzidentelles und implizites, z. B. beim Spielen), absichtliches (intentionales) und assoziatives (mit Bezüge zu anderem Wissen). Heute existieren mehrere Lernmethoden, bei denen teilweise auch seit längerem Computer eingesetzt werden. Die wohl erste Lernmethode entwickelte bereits **Homer** (ca. 750 - 700 v.Chr.) als Redekunst, später als **Mnemotechnik**¹⁶ (ars memoriae oder memorativa) bezeichnet. Ihre Grundregel lautet etwa so:

Lagere deine Argumente (oder was du dir merken willst) gedanklich der Reihe nach an Orten (Kammern der Erinnerung) längs eines dir gut bekannten Weges. Bei deiner Rede brauchst du dann (für das Erinnern) nur gedanklich diesen Weg zu gehen und findest der Reihe nach deine Argumente.

Die Reifung und Prägung besitzen eine gewisse Ähnlichkeit zum Lernen. **Reifung** liegt dann vor, wenn ein genetisch programmiertes Wachstum im Nervensystem abläuft. **Prägung** betrifft dagegen ein spezielles assoziatives Lernen bezüglich einer angeborenen Sensibilität. Sie erfolgt in einem genetisch bestimmten Zeitraum. Erstmals hat dies Konrad Lorenz bei den Graugänsen beobachtet.

¹⁵ Engl. Klotz, Stück.

¹⁶ Griech. mneme Gedächtnis.

4.4 Vergessen ähnelt dem Löschen

Das Gegenteil vom Lernen ist Vergessen. Ohne die Möglichkeit, etwas zu ignorieren oder zu vergessen, würde die Kapazität des Bewusstseins deutlich überfordert. Doch im Gegensatz zum Lernen ist Vergessen kaum willentlich möglich. Dennoch kann Vergessen (und das Verzeihen) wichtig sein. Denn es gibt die Tragik des Nicht-Vergessen-Könnens, die auch Freud zu bekämpfen versuchte. Sie kommt häufig u. a. in Märchen, Sagen und Anekdoten vor. In „Ponocrates und Thélème“ von François **Rabelais** (um 1494 - 1553) wird Niezwurz als Vergessensdroge benutzt. Vielleicht wird deshalb in der Mythologie beim Eintritt in die Unterwelt der Trank des Vergessens verabreicht. In der Nibelungensage ist z. B. Hagen hiervon tief betroffen. Andererseits ist ein Mensch der wesentliche Teile seines Gedächtnisses verlor – u. a. bei Demenz¹⁷ – sehr bedauernswert. Vergessen hat auch im Soziologischen und Kulturellen der Gesellschaft beachtliche Bedeutung. Hierzu stellte vor geraumer Zeit das "Einstein-Forum" fest (Berliner Zeitung, 14.12.93; S. 29):

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

Vergessen ist ein Prozess, der die Nutzung von gespeichertem Wissen und Können zeitweilig oder dauerhaft aufhebt oder beseitigt. Er entzieht sich aber nahezu jeder bewussten Steuerung.

Störungen bei den synaptischen Prozessen können ein zeitweiliges Vergessen, eigentlich Blockierungen bewirken. Sie sind im **Bild 17** ausgewiesen. So löscht ein Elektroschock Aktuelle im GG. Ähnlich klingende Begriffe können sich auch zeitweilig gegenseitig blockieren. Anästhetika, Narcotica und Ohnmacht blockieren den Übergang ins KG. Das geschieht mittelbar durch unterbinden der Transmitterbildung. Daher fehlen nachher die Fakten der etwa letzten 20 Minuten. So erinnern wir uns nach der Vollnarkose einer Operation bestenfalls noch an den Transport in den OP-Saal. Die so fehlende Zeit verkürzt sich in der Folgezeit nur ein wenig. Das LG verliert Inhalte fast nur durch Zerstörung neurobiologischer Strukturen. Es können jedoch einzelne Daten blockiert werden. Lange vergessen Gegläubtes kehrt oft im Alter zurück.

5 Anwendungen von Wissen

Wissen existiert im Gedächtnis eigentlich nur als (statischer) neuronaler Speicherzustand, der unmittelbar keiner Anwendung und keinem Zweck dient. Bei einer Wiedergabe kann es unmittelbar (unbewusst) für bestimmte Handlungen, wie Reflexe und anderen Automatismen wirksam werden. Mittels des Bewusstseins kann es vor allem beim Denken, bei der Intelligenz und der Kreativität benutzt und damit wirksam werden; die nun besprochen werden.

5.1 Denken

Denken ist eine geistige (kognitive) Tätigkeit, die Erinnern, Neuordnung, Begriffszuordnung, Verknüpfung und Überprüfung des vorhandenen Wissens betrifft und dabei neues Wissen u. a. als Gedanken und Erkenntnisse erzeugen kann.

Denken dient vor allem dem Erkennen der Realität für ein vorteilhaftes bis sicheren Leben. Doch nicht nur hierfür erzeugt es Problemlösungen (s. S 19). Es dient auch der Sinnsuche. Daher werden Wahrnehmung und Intuition allgemein nicht dem Denken zugeordnet. Es existierte bereits vor Entstehung der Sprache, u. a. bildlich (s. S. 21, Benzolring). Folglich können auch hoch entwickelte Tiere denken. Beim Denken entsteht das Erleben des Selbstbewusstseins. Dies betont Réne Descartes als er den Zweifel einführte und dann folgerte: Ich zweifle → ich denke → ich bin. So kam er zu der Aussage: „Cognito ergo sum“ (Ich denke, also bin ich).

Bilder können wir nicht ausgeben. Jedoch Die Sprache entstand nicht durch Verfeinerung der Lautbildungsmechanismen. Es muss ein Beweggrund für Mitzuteilenden vorliegen. Denn Bilder können wir nicht ausgeben. Viele Details zur Entwicklung des Denkens hat Klix ausführlich beschrieben [Kli83]. Mit der Sprache wird auch lautes Denken möglich. Denken kommt in mehreren Varianten vor. Es kann bewusst (absichtlich) erfolgen und geschieht dann zielgerichtet, logisch, gemäß Ursache-Wirkung (Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft) oder verknüpfend. Dabei sind auch Voraussagen sind möglich. Vor- und Unbewusst (automatisch) erfolgt es vor allem im Traum und Halbschlaf (s. Kreativität S. 20). Hier könnte Descartes Satz ergänzt werden: Mein Gehirn denkt. Denken könnte auch als stummes Sprechen bezeichnet werden. Mit dem Danken können auch abstrakte Begriffe eingeführt werden. Dabei ist

¹⁷ Latein. de- von, weg und mens Geist, Verstand (mental).

die Klassenbildung besonders wichtig. Menschliches Denken kann so sogar die Realität verlassen. In der Umgangssprache existiert die aktive Form: „Ich denke“ und die passive, wahrnehmende: „Ich habe einen Gedanken, eine Idee, eine Vorstellung.“

Denken erfolgt besonders präzise mit der Mathematik. Darauf weist deutlich Einstein hin:

„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.“

Dazu ergänzt sei eine Aussage von Tobias Danzig [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!“

Ein Beweis dafür ist die Matrizenrechnung. Sie wurde 1850 von Sylvester rein theoretisch, also völlig unabhängig von jeglicher Anwendung eingeführt und blieb längere Zeit unbeachtet. Ohne von ihr zu wissen, benutzte ihre Regeln 1925 Heisenberg für seine Matrizenmechanik. Erst sein Lehrer Born wies ihm im Nachhinein darauf hin.

5.2 Intelligenz

Intelligenz¹⁸ betrifft ähnlich wie das Denken auch ein vorteilhaftes bis sicheren Leben. Dabei ist sie aber betont auf das Lösen von Problemen ausgerichtet. Diesbezüglich betont Klix den Unterschied: „Denken beschreibt den Vorgang, Intelligenz seine Qualität“ [Kli83], (weitere Unterschiede s. u. bei Ausbildung). Bezüglich der Intelligenz sind mehrere Personen zumindest in der Messskala „≥“ vergleichend zu bewerten und einzuordnen. Vielfach unterscheidet sich der Klügere vom Dümmeren dadurch, dass ihm die Problemlage einfacher erscheint. Die qualitativ bessere Lösung ist denn auch meist jene, die mit einfacheren Mitteln gefunden wurde. Einfach bezieht sich dabei auf den kognitiven Aufwand. Die größere Einfachheit erweist sich wiederum als Ausgangsbasis zu größerer Universalität. Im alltäglichen Umgang werden unter Intelligenz auch Klugheit, Lebendigkeit, Schläuheit, Gerissenheit usw. verstanden. Weizenbaum glaubte daher einmal, dass es für sie eine obere Grenze geben müsse, etwa wie bei der Shannon-Entropie der Nachrichtentechnik. Doch bald wurde ihm klar, dass bereits die Intelligenz von Mensch und Tier recht verschieden sind. Sie werden vor allem durch die spezifischen Bedürfnisse bestimmt [Wei77]. Die menschliche Intelligenz benutzt hauptsächlich abstraktes, vernünftiges, logisches, folgerichtiges Denken und daraus abgeleitetes zweckvolles Handeln. Besonders wichtig ist ein Denken in Analogieschlüssen (s. auch Abschnitt 2.2) und Hierarchien. Dadurch kann Wissen und Erfahrung schnell und sinnvoll auf Unbekanntes, Neues oder einen neuen Kontext übertragen und dann genutzt werden. Vorteilhaft sind auch Phantasie, Gedächtnisleistung, Erkennen abstrakter Muster und Finden optimaler Problemlösungen. Im geringen Umfang betrifft Intelligenz auch ein averbales Wissen.

Intelligenz ist die individuelle Leistungsfähigkeit und ist vor allem durch die Fähigkeit zum Lösen von Aufgaben und Problemen bestimmt.

Eine hoch intelligente Methode besteht in der Fähigkeit richtigen Folgerungen abzuleiten und anzuwenden. Besonders effektiv ist dabei die Axiomatik. Entsprechend **Bild 19** ist sie durch statische Daten und dynamische Gesetze festgelegt. Das ermöglicht, vielfältige Ergebnisse abzuleiten. Auch die Ursache-Wirkungs-Beziehung ist mit ihr gut erfassbar. Die damit folgerichtig ableitbaren Ergebnisse sind meist nicht unmittelbar einsichtig, sondern müssen erst abgeleitet (ausgewickelt) werden. Leider sind jedoch die „richtigen“ Festlegungen und Regeln meist nur schwer zu gewinnen. Das erfordert einen beachtlichen intelligenten Denkaufwand. Daher zählen mehrere Axiomatiken zu den seltenen Leistungen, der dadurch berühmten Wissenschaftler, wie Newton und Einstein. Ein typisches Beispiel sind auch die Keplerschen Gesetze.

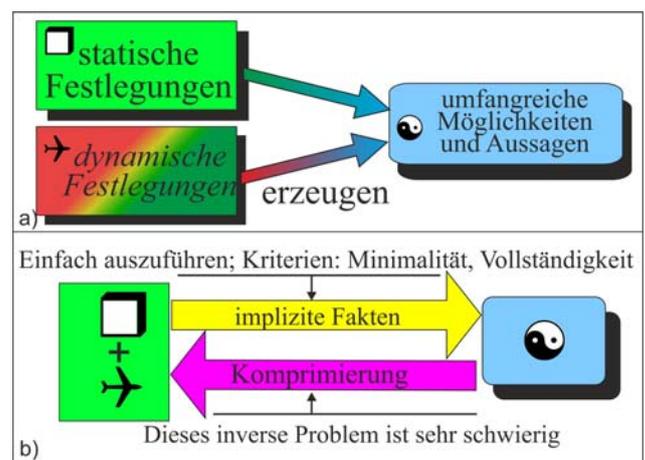


Bild 19. Aufbau (a) und Wirkung (b) von Axiomatiken.

Für das Problemlösen sind richtig gestellten Fragen zuweilen wichtiger und schwieriger als die Antworten. Das wird durch die folgende Tabelle deutlich.

¹⁸ Latein. intellegere, intellectum inne-werden, verstehen, erkennen, also Einsicht, Verstand; Kenntnis und Verständnis. Intelligenz wird auch als eine Sammelbezeichnung für Menschen mit großen Spezialkenntnissen benutzt, etwa künstlerische, technische, medizinisch usw. Intellegenz.

Entscheidungsfragen können häufig aus gespeicherten Daten, teilweise aus dem Gedächtnis, neuerdings aber vom Smartphones per Klick abgerufen werden und anschließend mit Ja oder Nein beantwortet werden. Nur in seltenen Ausnahmen treten dabei auch zu lösende Probleme auf. So kann z. B. die Frage „Sind Viren Lebewesen?“ mit der Antwort „Viren sind keine *selbstständigen* Lebewesen“ präzisiert werden.

Zu **Ergänzungsfragen** gibt es vielfach eine Liste für Ja/Nein-Antworten. Teilweise muss sie auch erst erstellt oder ergänzt werden. Dabei können Klassifikationen entstehen. Doch meist ist es ungewiss, ob und wann die Liste vollständig ist. Wenn z. B. für ein blaues Objekt nur die Farben rot, gelb und orange verfügbar sind, gibt es nur Nein-Antworten. Die dann notwendige Erweiterung oder Änderung der Liste erfordert deutlich mehr als einen einfachen Zugriff auf gespeicherte Daten, nämlich bereits eigenes (intelligentes) Denken. Zuweilen muss sogar zuerst geklärt werden, was das Objekt ist.

Für **Begründungsfragen** existiert kein allgemeingültiges Schema zur Beantwortung. Sie bedürfen zumindest einer Erklärung, wobei es oft notwendig ist, Zusammenhänge abzuleiten. Aus Speichern müssen dazu meist lange Texte gelesen und verstanden werden. Auch selbstständiges intelligentes Denken ist gefordert. Zuweilen ist dabei auch eine Axiomatik (s. o.) „auszuwickeln“ oder gar erst zu schaffen.

Kriterium	Entscheidungsfragen	Ergänzungsfragen	Begründungsfragen
Fragewörter	ohne	was, wann, wer, welche, wie viel	warum, weshalb, wieso
Beispielfragen	Ist $2 \cdot 2 = 4$ richtig? Ist Schnee weiß? Sind Viren Lebewesen?	Welche Farbe hat das Objekt? Wo liegt Dresden? Wann erfolgte der Urknall?	Warum ist Schnee weiß? Warum lebt der Mensch? Warum gibt es ein Sein?
Probleme	Entscheidbarkeit	Vervollständigung oder Änderung der Tabelle	Keine allgemeine Methode zur Beantwortung ist bekannt
Ergebnisse	Beschreibung: Das ist so!	Einordnung: Gehört zu, ist Teil von	Erklärung: Ursache-Wirkung, Axiomatik
Antworten	Ja/Nein, gültig	Ja/Nein-Auswahl aus Tabelle	Nur indirekt, erklärend

Bezüglich der Probleme sagte einst Tucholsky, dass wir uns lieber hundertmal über etwas ärgern, bevor wir es abändern. Das verlangt nämlich meist viel Wissen, Intelligenz und Erfahrung. Sind aber erst einmal die meist schwierig zu findenden Ursachen hinreichend bekannt, dann lässt sich eine Aufgabe formulieren und weiter mit einer Zielstellung präzisieren. Dieses schrittweise Herangehen ist typisch für die (systematische) **Heuristik** [Mül90]. Oft sind dabei vier hierarchische Stufen einzuhalten (**Bild 20**):

- Es wird routinemässig gelöst, alles läuft fast automatisiert ab.
- Es wird nach strengen Regeln, also logisch-operativ abgearbeitet.
- Es sind noch heuristische, also unscharfe Methoden anwendbar.
- Bestenfalls müssen intuitiv-spontan Lösungen gefunden werden.

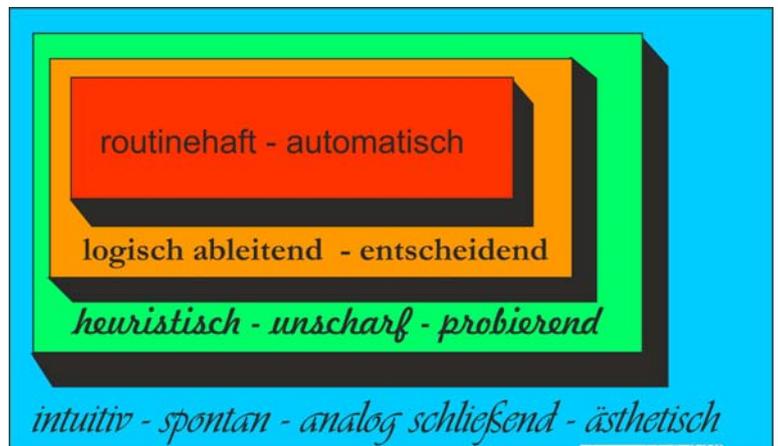


Bild 20. Die vier möglichen Stufen bei der heuristischen Problemlösung.

Mittels der Intelligenz ist auch möglich, die Realität zu verlassen und in eine **Virtuelle Realität** einzutreten (s. S. 10). Dazu dient dann u. a. die kognitive Funktion der Sprache, und zwar im Gegensatz zu ihrer kommunikativen. Dazu sind oft abstrakte Begriffe notwendig und es entsteht eine abweichende, interne Realität. Schließlich bilden sich sogar unterschiedliche Abstraktionsebenen aus, die Klix im Sinne von Leitern anordnet.

Für den typischen Unterschied zwischen Denken und Intelligenz wurde bereits oben Klix zitiert und dann auch im Umfeld der Fragentabelle eingegangen. Doch er existiert auch bei der (Aus-) Bildung. Den Begriff **Bildung** (s. auch S. 19) gibt es seit der Renaissance im Zusammenhang mit der Aufklärung. Sie ist eine lebenslange und nie endgültig abgeschlossene Fähigkeit und Leistung und wurde vor allem von Pestalozzi und Humboldt geprägt, der sie auch bereits auf die gesellschaftlichen Lehr- und Lernprozesse bezog. Wie die andersartige Allgemeinbildung ermöglicht sie eine selbstständige, mitverantwortliche Teilnahme an allen Bereiche des gesellschaftlichen Lebens und der Kultur. Herzensbildung, als mitmenschliches Verhalten wird staatlich (offiziell) kaum behandelt und muss daher vorwiegend im Elternhaus erfolgen. Das wichtigste Wissen wird in der Hauptschule vermittelt und dann bei der Berufsausbildung oder mit der Fortsetzung zur Hochschulreife (Abitur, Matura) erweitert. Intelligenz wird jedoch erst an Hochschulen und Universitäten vermittelt. Dennoch ist es für die Intelligenz besonders günstig, wenn bereits im Vorschulalter ein

Aufwachsen im intellektuell stimulierenden Umfeld erfolgt. Dafür gibt es viele Belege, z. B. in der Musik durch Familien Bach und Strauss. Nachteilig sind dagegen aufgezwungene Dogmen jeglicher Art, die nicht hinterfragt werden dürfen. Aus den genannten Kontexten ergibt sich wahrscheinlich der sehr hohe Judenanteil bei Hochintellektuellen in Wissenschaft und Kunst. Gemäß [Wiki2] gehören weltweit $\approx 1,35 \cdot 10^7$ Anhänger zum Judentum, aber zum Christentum $\approx 2,1 \cdot 10^9$ und zum Islam $\approx 1,3 \cdot 10^9$. Das Verhältnis ist also etwa nur $\approx 1/250$. Zum Vergleich seien Bücher herangezogen, in denen jeweils hundert **Hochintellektuelle** zusammengestellt sind [N.N95]. Nach eigener aber unvollständiger Kenntnis sind in jeder Kategorie mindestens 3 Juden vorhanden. Mit $>1:30$ ergibt sich so mindestens das Zehnfache gegenüber dem Anhängerverhältnis. Eine Ursache könnte darin liegen, dass beim Judentum konsequent Dogmen vermieden werden. Denn bereits 14-Jährige werden vollwertig in die betont undogmatischen Diskussionen zu Thora und Glaubensgrundsätzen einbezogen.

Mittelbar zur Intelligenz gehören auch der **Intelligenzquotient** IQ (s. Abschnitt 6.1; S. 24) und die **Künstliche Intelligenz** KI. (s. Abschnitt 7.1. S. 25).

5.3 Kreativität

Kreativität¹⁹ betrifft das Finden oder Schaffen des **Neuen** oft Nützlichen. Intuitiv weiß zwar jeder, was für ihn neu ist. Er muss es zuvor nicht gekannt haben. Doch damit muss es nicht auch für andere und noch viel weniger für die gesamte Menschheit neu sein. Dementsprechend kann Kreativität ähnlich auch bei Tieren auftreten. Genauer für Neues fordert das frühere Patentgesetz mit den folgenden Hauptkriterien:

- Die formale *Neuheit* im Sinne des noch nie Dagewesenen,
- die Größe des *technischen Fortschritts*,
- die soziale *Nützlichkeit* und
- die Originalität im Sinne von *Erfindungshöhe*.

Obwohl im neuen Patentgesetz noch weitere Kriterien einbezogen und einige abgeschwächt wurden, sollen sie hier nur noch durch Aussagen der Psychologie ergänzt werden:

- *Originalität*: Dinge oder Beziehungen neu erkennen.
- *Flexibilität*: Ungewöhnlicher, aber sinnvoller Gebrauch von Gegenständen.
- *Sensitivität*: Probleme bzw. bisher missachtete Zusammenhänge erkennen (Analogschluss).
- *Flüssigkeit*: Abweichen von gewohnten Denkschemata.
- *Nonkonformismus*: Gegen gesellschaftlichen, sozialen Widerstand sinnvolle Ideen entwickeln.

Mit Anwendung auf Kunst, Wissenschaft, Technik, Handlungen usw. folgt dann mit dem Neuen die Definition:

Kreativität ist die Fähigkeit vom Menschen (und höheren Tieren) etwas Neues ihrem Umfeld zu finden, zu schaffen und/oder etwas neu anzuwenden.

Damit bleibt aber offen, wie Kreativität geschieht, wie die entsprechenden Prozesse ablaufen oder gefördert werden können. Vielfach hat das etwas mit Phantasie gemein. Die Menschheitsgeschichte und Erfahrung zeigen, dass die Fähigkeit zur Kreativität individuell recht verschieden ist und eine hohe Kreativitätsrate sehr selten auftritt. Genau deshalb sind die neuen Lösungen so wertvoll und rar. Prinzipiell sind vier Arten von Kreativität zu unterscheiden:

1. **Individuelle** (subjektive) Kreativität: Wohl jeder kennt das erfreuliche *Aha-Erlebnis*, wobei völlig unvermittelt ein neuer Zusammenhang erkannt wird. Das neue ist meist mehr oder weniger „automatisch“ entstanden. Wir wissen nicht wie es geschah: Es geschah uns!
2. **Gemeinschaftliche** Kreativität. Sie entsteht in der Zusammenarbeit mehrerer – u. a. bei Diskussionen – infolge des dadurch umfangreicheren Wissens,. Deshalb wird sie im Folgenden nicht mehr besonders ausgewiesen.
3. **Objektivierte** Kreativität: In unserer Freude teilen wird das Neue unserer Umgebung (dem Kollektiv, Team usw.) mit und erfahren dann leider oft, dass es andere bereits wissen. Erst wenn allgemein zugestimmt wird, ist diese höhere Qualität vorhanden. Deshalb muss das Neue aber nicht auch benutzt werden. Es erfordert ja ein unbequemes Umdenken. Und so treten dennoch nicht selten die berüchtigten Killerphrasen auf. Nicht selten wird auf diese Weise sogar die Phantasie von Kindern nachteilig beeinflusst.
4. **Absolute** Kreativität liegt dann vor, wenn das Neue vorher nirgends und niemals bekannt war.

Unmittelbar folgt hieraus, dass die Kreativitätsrate von 1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 deutlich abnimmt. Mit erheblicher Wahrscheinlichkeit dürfte aber die gemittelte individuelle Kreativitätsrate für alle Menschen ähnlich groß sein. Hierbei kann z. B. von unserem Gedächtnis ausgegangen: Da die Zuflussrate bei 0,5 Bit/s beim KZG bzw. 0,05 Bit/s beim LZG) liegt,

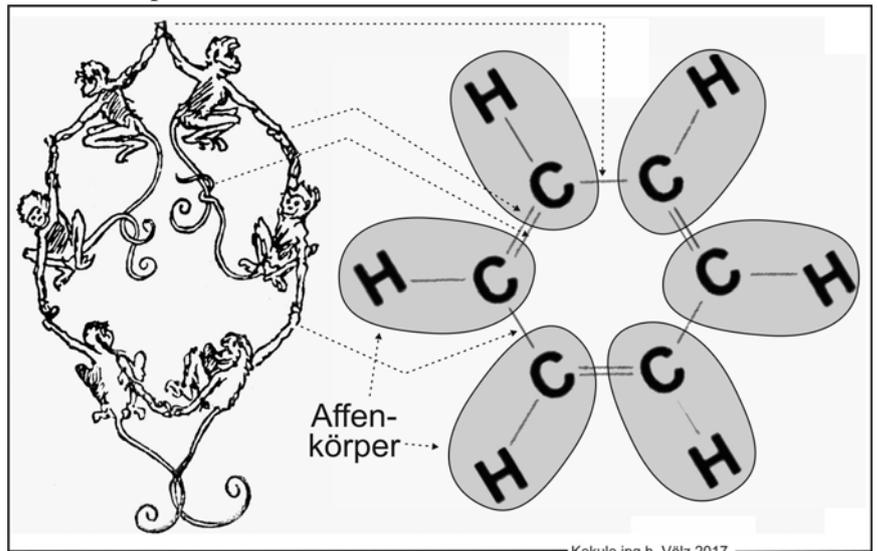
¹⁹ Latein. creare (er)schaffen, (er)zeugen), auch Schöpferkraft; betrifft das Schaffen und Finden von Neuem. Die Kreatur ist ein Lebewesen, Geschöpf, welches von einem Gott geschaffen wurde. Oft betrifft Kreatur negative Personen, wie Günstlinge, willenslose, bedauerns- oder verachtenswerte Menschen. In Mode und Kunst ist eine Kreation ein neu geschaffenes Modell.

kann die subjektive Kreativitätsrate nur ein recht kleiner Teil davon sein, wahrscheinlich $\leq 10^{-2}$ Bit/s. Bei der objektivierten und absoluten Kreativität entstehen durch die genannten und weiteren Einflüsse deutlich individuelle Unterschiede. So gibt es Personen, die geradezu vor Kreativität übersprudeln. Vielfach sind aber deren Ideen kaum nutzbar. Als Gegenpol gibt es andere, die ein ungeheures Wissen besitzen, trotzdem oder vielleicht gerade deshalb so gut wie keine neuen Ideen produzieren. Andererseits gibt es nur erstaunlich wenige Wissenschaftler, die viele (große) Ideen hatten und so erheblich zum Weltwissen beitrugen, z. B. Platon, Aristoteles, Kant, Newton oder Einstein. In der Kunst ist ihre Anzahl deutlich größer, so dass hier auf Namen verzichtet wird. Teilweise können die Kreativitätsraten über Nobelpreise, Weltwissen, Patenterteilungen, Produktivität von Autoren usw. bestimmt werden. Aus dem totalen Weltwissen und der insgesamt gelebten Weltbevölkerung sind dann gemittelte Werte je Person zu gewinnen. Insgesamt ergaben sich so die groben Werte der nebenstehenden Tabelle. Sie verlangen jedoch einen sehr großen Spielraum [Völ82]. Später benutzte ich auch wirklich ermittelte Raten bei der Programmierung in gültige Programmzeilen je Zeit [Völ91]. [Völ01], S. 469ff. sowie [Völ17], S. 259ff. Dabei ist aber zu beachten, dass es individuell und zeitlich bezüglich des aktuellen Standes bis zur Fertigstellung des Programms erhebliche Unterschiede gibt. Die Programmierer geben meist deutlich zu kurze Zeiten an.

	subjektiv	objektiviert	absolut
maximal hoch kreativ	$10^{-6} - 10^{-2}$ Bit/s 1 Bit/Stunde	$10^{-7} - 10^{-3}$ Bit/s 1 Bit/Tag	$10^{-8} - 10^{-7}$ Bit/s 1 Bit/Jahr
gemittelt	$10^{-4} - 10^{-3}$ Bit/s 1 Bit/Tag	$10^{-6} - 10^{-5}$ Bit/s 1 Bit/Woche	$10^{-9} - 10^{-8}$ Bit/s 1 Bit/Leben
Große Projekte	Programmierern 20 gültige Zeilen/Tag $5 \cdot 10^{-3}$ Bit/s \approx 20 Bit/h		Buch schreiben 2 Druckseiten/Tag 0,5 Bit/s \approx 2000 Bit/h
Menschheit	total 30 Bit/s \approx 10^9 Bit/Jahr		
biologische Evolution	etwa $3 \cdot 10^{-9}$ Bit/s \approx 0,1 Bit/Jahr		

Leider gibt es aber fast keine Aussagen dazu, wie Kreativität individuell geschah und was dabei die Ursachen waren. Generell ist es sogar individuell unüblich, mitzuteilen wie das Neue gefunden wurde. Es wird einfach nur das Ergebnis publiziert oder vorgestellt. Lediglich Müller gibt in seiner systematischen Heuristik einige Hinweise hierzu: 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 derartiges schrittweises Herangehen zur Problemlösung könnte typisch sein (s. S. 19) [Mül90]. Doch diese Methode ist leider nicht immer anwendbar und so muss die Lösung „intuitiv“ gefunden werden. Andererseits sind aber einige Fälle bekannt geworden, wo das Ergebnis im Traum oder Halbschlaf plötzlich auftrat. So teilte Kekule 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 21**). Es gibt noch einige weitere Beispiele für das Entstehen von Kreativen im Traum bzw. Halbschlaf. So sollen Dimitri Mendelejew das Periodensystem der Elemente und Elias Howe die Nähmaschine so erfunden haben. Nachdem ich meinen Studenten etwa 30 Jahre lang auf die erheblichen Probleme und Grenzen der Digitalisierung von Schall hinwies, erlebte ich im Halbschlaf am 21.01.2007 die Kontinuierliche Digitalisierung [Völ08]. Es muss aber mehr über die Ursachen und Prozesse für Kreativität irgendwie vorhanden sein. Schließlich sei noch auf die zuweilen averbale Kreativität hingewiesen.

Bild 21. Kekule und der Benzolring. Die Verweispfeile mussten jedoch spiegelbildlich eingetragen werden. Die Affen entsprechen den C- und H-Atomen.



Einige Bemerkungen und Abgrenzungen seien noch ergänzt: *Lernen* führt zum Speichern von Wissen im Gehirn, das dabei vor allen Entscheidungsfragen ermöglicht. *Intelligenz* betrifft dagegen die Fähigkeit vorteilhaft mit dem Wissen umzugehen und beantwortet so Ergänzungs- und Begründungsfragen. *Kreativität* ist die Fähigkeit neues Wissen zu schaffen. Sowohl für die Intelligenz als auch für die Kreativität sind wahrscheinlich tiefe Entspannung, Halbschlaf und Traum sehr vorteilhaft bis notwendig. Dann arbeitet das Gehirn ziemlich ungestört selbstständig an Problemen

weiter ohne das Bewusstsein einzubeziehen. Dabei könnten sogar unbekannte Methoden oder Algorithmen wirksam sein. René Descartes Satz „*Ich denke also bin ich.*“ wäre deshalb vielleicht auch so zu ergänzen: *Ich denke und lasse das Es (mein Gehirn) denken, also bin ich.* Unabhängig davon ist aber letztlich die Sprache und dann folgend die Mathematik (mit Axiomaten usw.)

Hiezu passt auch, wie ich die **Kontinuierliche Digitalisierung** fand [Völ08]. Etwa 30 Jahre erklärte ich meinen Studenten die erheblich störenden Amplitudenstufen bei der üblichen Schalldigitalisierung. Doch völlig unvermittelt erlebte ich im Halbschlaf die Lösung: Das Schallsignal muss entsprechend unseren Gehörtoleranzen durch Gleichungssysteme approximiert werden und dann sind nur deren Koeffizienten zu übertragen. Bei der Wiedergabe kann dann aus ihnen das unhörbar veränderte, aber voll kontinuierliche Signal (ohne Amplitudenstufen) wieder erzeugt werden.

Ein deutlich anderes Beispiel für das Denken in Analogie erlebte Archimedes. Der griechischen König Hieron verlangte von ihm festzustellen, ob seine Krone aus purem Gold bestehe. So etwas war damals nicht möglich. Doch als Archimedes in sein Bad stieg, lief Wasser über und er erkannte sofort die Möglichkeit durch Wasserverdrängung das spezifische Gewicht zu bestimmen. Mit „Heureka“ lief er durch die Stadt zum Versuch. Schließlich erwies sich die Krone als legiert.

Weitere Beispiele und Erklärungen enthält u. a. Klix [Kli83] ab S. 349. Bedeutsam ist dabei die recht ausführliche Darstellung zum Entstehen der Maxwell-Gleichungen. Auch zum geschichtlichen Entstehen verschiedener Methoden der Kreativität existieren dort umfangreiche Aussagen. Sie betreffen u. a. das Verhältnis von Sprache und Denken auch mit dem Übergang zum Abstrakten und der Mathematik. Dabei sind das Entstehen der Zahlen, der Zählung und der Übergang zur Mathematik wichtig. Kreative Leistungen betreffen dabei z. B. die zunächst unbelegten Variablen bei Thales, dann die Einführung von $\sqrt{2}$, x , y^x usw. Meine Zusammenfassung aller Operationen mit zwei Zahlen zeigt **Bild 22**. Als das kann gemäß der systematischen Heuristik von Müller [Mül90] ergänzt werden und ist schon kurz auf S. 19 zusammengefasst. Doch eine Systematik für die Kreativität steht immer noch aus. Dazu müssten einmal möglichst viele Fälle von Kreativität gesammelt und gründlich ausgewertet werden. Aber vielleicht existiert sogar keine allgemeine Methode.

Zusammenhänge der elementaren Funktionen	
direkt	Umkehrung
Addition $c = a + b$	$a = c - b$ $b = c - a$ führt zu negativen Zahlen
<i>b</i> -malige Wiederholung der Addition von <i>a</i>	
Multiplikation $c = a+a+a+\dots+a$ $c = a \cdot b$	$s = c/b$ $b = c/a$ führt zu gebrochenen (rationalen) Zahlen
<i>b</i> -malige Wiederholung der Multiplikation mit <i>a</i>	
Potenzierung $c = a \cdot a \cdot a \dots \cdot a$ $c = a^b$	$a = \sqrt[b]{c}$ $b = \frac{\log(c)}{\log(a)} = {}_a \log(c)$ führt zu irrationalen bis komplexen Zahlen

Bild 22. Zusammenhang aller mathematisch Grundoperationen mit zwei Zahlen.

Die bisherigen Betrachtungen zur Kreativität folgten denen für Wissen, Lernen, Denken und Intelligenz. Damit war automatisch der Bezug auf den Menschen (teilweise höhere Lebewesen) vorgegeben. Doch das dafür definierte Neue, nie zuvor Dagewesene, ist viel allgemeiner. Denn die **Entwicklung der Realität** vom Urknall über die atomaren, physikalischen, chemischen Substanzen, das Weltall, die Erde und die Evolution des Lebens brachten und bringen immer noch ebenfalls Neues hervor, das dann auch oft als (andersartige) Kreativität bezeichnet wird. Doch im deutlichen Gegensatz zur zuvor behandelten Kreativität geschieht hier alles einfach, unmittelbar und zwangsläufig. Es gibt dafür keinen Wunsch, kein Bedürfnis und keine Absicht. Wesentlich sind hierfür die Naturgesetze. Vielfach tritt dabei auch das Prinzip Ursache → Wirkung auf und es kann dann z. T. sogar als Information beschrieben werden. Wenn einmal ein Neues aufgetreten ist, muss es noch nicht in beliebiger **Zukunft verfügbar** sein. Dazu muss es stabil sein und/oder sich möglichst oft und auch an verschiedenen Orten wiederholen oder vorteilhaft anwenden lassen. Die Evolutionstheorie nennt das Durchsetzung des Fitesten.

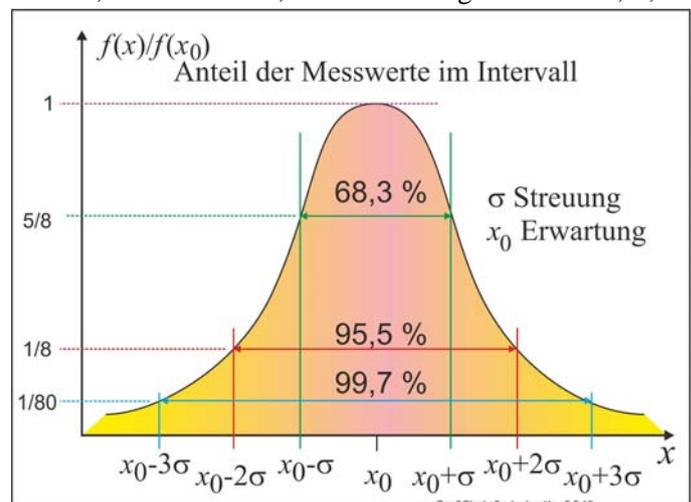
Leider gibt es hierzu so gut wie keine Literatur. Denn dabei entsteht auch die Frage nach dem ursprünglichen Beginn und das wirklich allererste Neue. Doch damit Neues überhaupt einmal in der Realität auftreten kann, müssen **Änderungen** erfolgen. Wie in [Völ17] gezeigt wurde, ist für ihr Erkennen immer ein Vergleich des Aktuellen mit **Gespeichertem der Vergangenheit** notwendig. Das ermöglicht aber erstmalig unser **Gegenwartsgedächtnis** (GG) und ist dabei automatisch auch die Voraussetzung für **Zeit**, die in der Realität eigentlich gar nicht existiert. Doch ob dann die so gefundene Art der Änderung erstmalig ist, also eine Berechtigung für Neues vorliegt, verlangt den vollständigen Vergleich mit **allen voran gegangenen Änderungen**, also sehr umfangreiche Speicherungen. Doch viele Speicherun-

gen der Vergangenheit sind nicht mehr verfügbar, weil z. B. die Speicherkapazität nicht ausreicht, der Speicherzustand nicht hinreichend lange stabil ist oder durch Störungen, Nebenwirkungen usw. verändert oder gar gelöscht wird. So werden eigentlich **Letztbegründungen** notwendig, die in eine dreifache Sackgasse betreffen; infiniten Regress, logischer Zirkel oder dogmatischer Abbruch, also zum unlösbaren Münchhausen-Trilemma²⁰ führen. Es bezieht sich dabei auf eine Erzählung Münchhausens, nach der er sich selbst an seinen eigenen Haaren aus dem Sumpf gezogen will. Das hängt eng mit den Selbstbezügen bei Iteration²¹ und Rekursion²² zusammen. Bei entsprechenden Betrachtungen der Realität wird daher nicht nach dem Anfang gefragt. Dazu sei auf Platons Theaitetos verwiesen: „Was ist Erkenntnis?“: „Wir kommen an einen Punkt, wo wir nicht weiter machen können, also werde ich eine Geschichte erzählen.“ Von ihm aus erfolgen dann die Veränderungen. Dazu dienen oft Axiomatiken als auszuwickelnde Systeme. Sie bestehen aus zwei Teilen: a) Die **statischen Axiome** als nicht zu hinterfragende Grundannahmen und b) die auf sie anzuwendenden dynamischen **Regeln**. Das sind die **Ständigkeit** und die ewigen, überall gültigen **Gesetze**. Dabei entstehen auch extrem komplexe Gebilde, wie z. B. Uhren. Dawkins Suche nach deren blindem Uhrmacher zeigt aber, dass es ihn zu geben braucht [Daw87].

6. Messen und Maße

Messen²³ und Maß bestimmen Eigenschaften von Objekten, Geschehen usw., wie Ausdehnung, Masse, Stromstärke usw. Die **Quantität** wird dabei als Ausprägung möglichst in **Zahlenwerten** angegeben, die möglichst um Toleranzen ergänzt werden. Die dazugehörige **Qualität** wird durch eine **Maßeinheit** wie m, kg, A usw. festgelegt. Physikalisch-technisch ist beides über das gesetzliche „System International“ (SI) festgelegt [Völ96]. Dabei ist Maß weder ein Ding noch eine Eigenschaft; es ist nur Ergebnis *menschlicher Tätigkeit*. Für den Umgang mit Maßeinheiten gibt es eine strenge Semantik: Sie dürfen nur multipliziert oder dividiert werden (z. B. m/s, A·s oder m²) [Sch66]. Im Gegensatz dazu sind für die Messwerte Addition, Subtraktion, Streubreich, Toleranz usw., aber auch Vergleiche wie $>$, \geq , \neq usw. möglich. Auf diesen Grundlagen sind die Nominal-, Ordinal-, Intervall-, Verhältnis- und die absolute Messskala entstanden [Völ01]. Ein physikalisch korrektes Messergebnis besteht aus Erwartung x_0 , Streuung σ und Maßeinheit, z. B.: $(4,32 \pm 0,05)$ kg. Die dafür typische Gauß-Verteilung weist **Bild 23** aus. Daraus folgt, dass prinzipiell, wenn auch recht selten, größere Abweichungen als gemäß der Streubreite σ auftreten können. Es gibt aber auch einfache Bewertungen wie bei Schulnoten. Mehrere Ausprägungen sind nur mittelbar messbar. Dies gilt z. B. für die Bestimmung von Flächen und Volumina aus Längenmessungen oder für die elektrische Leistung P aus Strom I , Spannung U und Phasenwinkel φ gemäß $P = UI \cdot \cos(\varphi)$.

Bild 23. Gaußkurve mit den typischen Werten und Grenzen



Messen ist eine menschliche Tätigkeit mit Messgeräten zur Bestimmung der Ausprägungen der Eigenschaften von Objekten und Geschehen.

Einen wichtigen Grund für das Messen hat schon **Sokrates** genannt. Nach **Platons** Überlieferung soll er etwa gesagt haben:

„Wir sind zahlreichen Sinnestäuschungen ausgesetzt, und das beste Mittel dagegen ist das Messen, Zählen und Wiegen. Der Teil in uns, der sich auf dies Berechnen und Messen verlässt, ist die edelste Kraft unserer Seele.“

Messen hängt eng mit Prüfen, Wägen, Wiegen, Urteilen, Schätzen, Testen und Zählen zusammen. Heute ist Messen weitgehend, insbesondere für Wissenschaft, Technik und Handel unverzichtbar. So steht bereits im Vorwort von [Omm58]:

„Durch Messen erbaut man die Welt. Das sagte vor neunhundert Jahren ein weiser Araber. Ein Wort, das nach wenig klingt und das dennoch alles umfaßt. Beinahe nichts ist möglich ohne das Maß und ohne die Geräte des Messens. Ordnung, Sicherheit und Recht ... berechnen, erschließen und wirtschaftlich arbeiten ... mit dem Messen fängt alles an.“

²⁰ Griech. tri drei. lemma alles, was man nimmt: Latein. Titel, Überschrift; Sinngedicht.

²¹ Latein. Iteratio Wiederholung. Das Adverb iterato abermals.

²² Latein. recursus Rücklauf, Ebbe, Heimkehr, recursio ich kehre zurück.

²³ Griech. medesthai für etwas sorgen, an etwas denken, auf etwas bedacht sein, zurückgehen. Latein. meditare nachdenken, nachsinnen. Deutsch bereits im 8. Jh. im Sinne von zielen, zuteilen, mitteilen, erzählen, bestimmen, verkündigen, vergleichen, erwägen, vorhanden

6.1. Intelligenzquotient IQ

Bereits im Abschnitt 5.2 ist gezeigt, dass Menschen unterschiedlich intelligent sein können. Doch eine Messung nach der Nominal- bzw. Ordinalskala, also ähnlich den Schulnoten bzw. „≥“ usw. genügt vielen Forderungen nicht. Es entstand der Wunsch auch höhere Skalen anzuwenden, um so individuelle Zahlenwerte zu gewinnen. Dabei besteht jedoch die Gefahr einer Verabsolutierung als *Etikett* für einen Menschen (wie Körpergröße oder Gewicht). Zuweilen wird dabei auf Protagoras verwiesen „*Der Mensch ist das Maß aller Dinge.*“ Da aber seine Schrift „Die Wahrheit“ verloren ging, ist das Zitat nur indirekt über Platon bekannt. Doch wie gefährlich so eine Etikettierung sein kann, zeigte bereits die *Ilias*. Der bei einer „Feier“ hineingeworfene goldene Apfel sollte der „Schönsten“ gehören. Das Urteil des Paris bewirkte die Entführung der Helena und löste so den Jahre dauernden, zerstörerischen Trojanischen Krieg aus. So ist es verständlich, dass mehrere Intelligenztests als Instrument der *psychologischer Diagnostik* entwickelt wurden. Sie sollen unterschiedliche Anwendungen und Schwerpunkte der kognitiven Leistungsfähigkeit erfassen. Beispiele sind Berufserfolg oder -eignung, Studienauswahl usw. Außerdem verlangen klinische Fragestellungen – mögliche Erkrankungen wie Demenz und berufliche Rehabilitationsmaßnahmen – eine angepasste Erfassung der dazugehörigen Intelligenz. Intelligenztests werden dabei mit entsprechend großen Gruppen von Versuchspersonen so entwickelt, dass möglichst eine Gauß-Verteilung entsteht. Ein Intelligenzquotient (IQ) bekommt den Mittelwert (Erwartung) 100, wobei die Standardabweichung (Streuung) 15 beträgt, so dass übliche Werte im Bereich von 85 bis 120 liegen. Meist werden die Werte auf das Alter und zuweilen auch nach anderen Merkmalen, wie den Schulabschluss normiert. Weitere Details u. a. [Wiki4].

Den ersten brauchbaren Intelligenztest (IQ) entwickelten Alfred Binet und Théodore Simon 1905. Sie benutzen eine Reihe verschiedenartiger Aufgaben (Subtests) und prüfen vielfach einfache Fragen und Probleme des Alltags. Vielfach werden logische oder mathematische Aufgaben gewählt, wie z. B. die Fortsetzung von Zahlen-, Bild- oder Wortreihen. Durch die Reihenfolge der Fragen nach ansteigendem Schwierigkeitsgrad sind Zuordnungen für Altersgruppen möglich. Die Zahl der gelösten Aufgaben wird schließlich zu einem Wert addiert. Bereits die ersten Tests umfassten auch das Messen der Gedächtnisspanne, setzen dabei aber bereits voraus, dass die sprachlichen Anweisungen verstanden werden. Vieles vom Binet-Simon-Test kehrt in allen modernen Tests irgendwie wieder. Insgesamt werden so Sprachverständnis, Arbeitsgedächtnis, Verarbeitungsgeschwindigkeit, Merkfähigkeit, Einfallsreichtum, und Verarbeitungskapazität gemessen und wahrnehmungsgebundenes, logisches, zahlengebundenes, räumliches, rechnerisches, schlussfolgerndes, sprachliches und räumlichem Denken überprüft. Trotz allem treten immer wieder Messfehler auf. Deshalb müssen Intelligenztests regelmäßig nachgeeicht werden, denn die durchschnittliche gemessene Intelligenz verändert sich mit der Zeit. Da die üblichen Intelligenztests ein bis zwei Stunden dauern, sind sie teilweise recht unpraktikabel. Deshalb existieren auch Kurztests von nur etwa 15 Minuten Dauer.

Wegen vieler unerwünschter Einflüsse (Umwelt, Erbgut usw.) sind Intelligenztests teilweise umstritten. Ergebnisse enthalten daher oft beachtliche systematische Fehler. Bei einigen gehen auch das Vorwissen oder die Bildung ein. Zuweilen werden fast nur abstrakt-logischen Denken oder andere spezifische Fähigkeiten erfasst. Hinzu kommt, dass es auch eine gewisse averbale Intelligenz. Weiter entstand der Begriff Emotionale Intelligenz, für die es aber keinen geeigneten Test gibt.

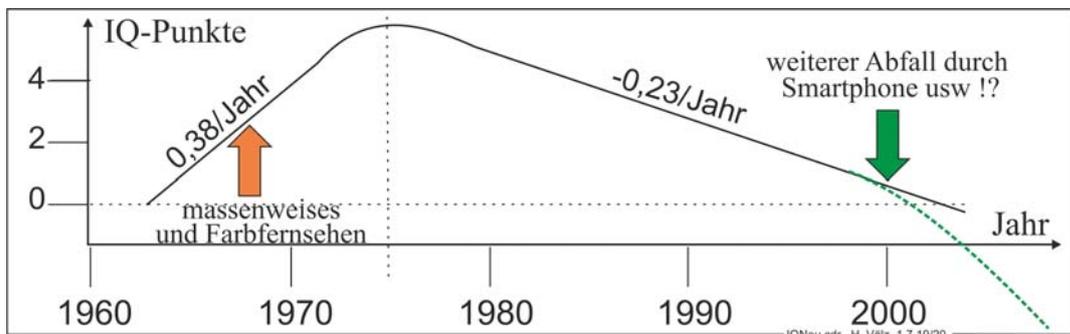
Bei einem **IQ-Test** werden nach jeweils festgelegten Vorgaben bestimmte Fähigkeiten der Intelligenz einer Person abgefragt und dann mit vorher gemittelten Daten verglichen.

In den 1980er Jahren entdeckte James Flynn, dass in Industrieländern bis in die 1990er Jahre die durchschnittlichen IQ-Werte zunahmen. Aber mit Beginn der 1990er-Jahre stagnierte dann der IQ, und seit dem Ende der 1990er Jahre nimmt er sogar wieder ab. Dieser Verlauf wird seitdem als **Flynn-Effekt** bezeichnet. Inzwischen haben zwei Wissenschaftler der Universität Oslo haben 730 000 IQ-Tests an jungen Männern und Frauen der Jahrgänge 1962 bis 1991 untersucht, die den Militärdienst in der norwegischen Armee antraten. Bis zum Jahrgang 1975 stiegen die Werte stetig auf mehr als 102 Punkte an. Danach fielen sie systematisch und die Jahrgänge 1991 erreichten nur noch knapp 100 Punkte. Nach anderen 271 Untersuchungen aus 31 Ländern verbesserten sich die Werte (wie bei Flynn) ab 1962 bis 1975 um 0,26 bis 0,28 Punkte/Jahr. Der Anstieg wurde durch die bessere Ernährung, medizinische Versorgung und Bildung erklärt. Ab 1975 nahm der IQ jährlich jedoch um etwa 0,23 Prozent ab. Nachdem genetische Faktoren ausgeschlossen waren, wurden als Ursache teilweise Umweltschadstoffe, polychlorierte Biphenyle (PCB), die in Flammschutzmitteln und Pestiziden enthalten sind, angenommen. Über die Schilddrüse könnten sie sich auf das Gehirn auswirken. Von ihnen waren bereits zuvor negative Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit von Männern ermittelt worden [Wiki5].

Wird der Verlauf des **IQ** über die Zeit aufgetragen, so ergibt sich **Bild 24**. Der Anstieg dürfte aber bereits sehr viel früher aufgetreten sein, z. B. durch Buchdruck ab 1450 (Gutenberg), allgemeine Schulpflicht ab 1710 usw. Recht unklar bleibt jedoch der Abfall. Das ist in [Völ19b] systematisch untersucht. Besonders wahrscheinlich und mit der Zeit korrelierend zeigt sich dabei der massenweise Einfluss des Fernsehens. Durch seine bildliche Form mit nur kurzen Begleittexten kann kaum eigenes Denken auftreten (s. o. Entscheidungs- und teilweise Ergänzungsfragen). Darauf soll der rote Pfeil hinweisen. Auswirkungen des Smartphones müssten dagegen erst um 2000 sichtbar geworden sein.

Denn beim fortlaufenden Klicken und Betrachten von Bildern können nur noch Entscheidungsfragen beantwortet werden, deren Aussagen zudem noch sehr schnell wieder vergessen werden (grüner Pfeil). Zum Behalten müssten die Ergebnisse entsprechend unserem Kurzzeitgedächtnis ja etwa 30mal leicht verändert erhalten oder „erarbeitet“ werden. Für eine Kreativität sollte sogar eine nützliche Entspannung auftreten. Ferner weisen viele allgemein bekannte Fakten auf ein Abnehmen der Intelligenz hin. Dazu gehören der Fachkräftemangel, ganz besonders bei den Auszubildenden, u. a. infolge der beachtlichen Lese-, Schreib- und Rechenschwächen. Die erhebliche Zunahmen der Analphabeten, Ergebnisse der PISA-Studien und Fachkräftemangel. Auch bei Grafiken (Bildern) mit 2- oder 3-dimensionalen Zusammenhängen tritt häufig kein Verstehen ein. Letztlich fehlen aber zu dem recht wahrscheinlichen Abfall noch gemessene IQ-Daten.

Bild 24. Verlauf und wahrscheinliche Einflüsse auf den IQ.



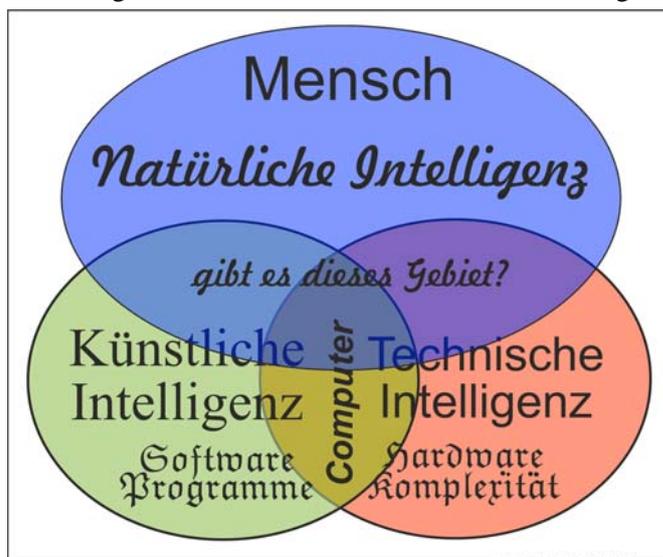
Für eine richtige Einordnung der obigen, sehr deutlichen negativen Fakten dürfte es nützlich sein, gemäß **Bild 25** (nächste Seite) die zuvor behandelten Gebiete im Zusammenhang zu betrachten. Das Fundament ist die Realität. Die im Zentrum stehende Wissenspyramide weist dabei aus, wie das nutzbare und genutzte Wissen vom technischen über das gesellschaftliche zum dem im Gehirn des Einzelnen gespeicherte Wissen erheblich abnimmt. Intelligenz und Kreativität nutzen davon nur Teilmengen. Unser Bewusstsein (rot-braunes Rechteck) betrifft nur Wissen. Intelligenz und Kreativität sind im individuellen Gedächtnis vorhanden. Zwischen den einzelnen Gebieten bestehen Wechselwirkungen über Erkennen (Wahrnehmungen), Kommunikation, Nutzen (Anwenden) von Wissen sowie durch neue Ideen und Visionen. Falls nun wirklich die Intelligenz ständig abnimmt, dürfte davon das gesamte gesellschaftliche Leben, insbesondere Kultur, Wissenschaft, Technik, Gesundheit und Zivilisation nachteilig betroffen sein. Gegenmaßnahmen ermöglicht vor allem und zuerst nur die die Bildung (vgl. S. 19). Sie muss also unbedingt umgehend deutlich verbessert werden. Zuweilen werden auch (technische Auswege) über die Künstliche Intelligenz, Big Data und Virtuelle Realität erwartet. Darauf wird im Folgenden sehr kurz eingegangen

7 Technische Analogien

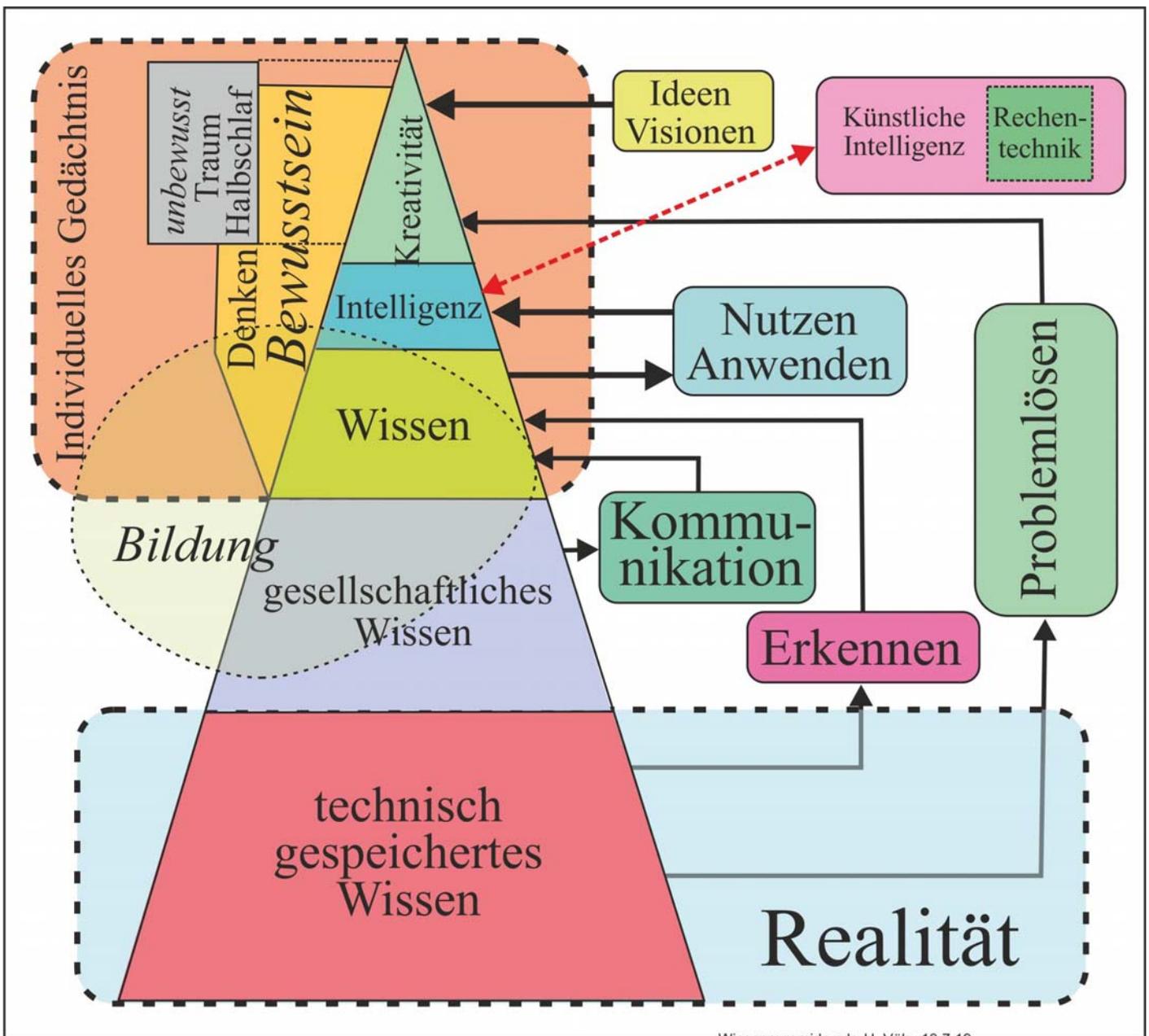
7.1 Künstliche Intelligenz (KI)

In Abschnitt 2.5 ist Intelligenz als individuell menschliche Leistungsfähigkeit definiert. Sie dient vor allem dem Lösen von Problemen. Die Künstliche Intelligenz (KI) ist dagegen ein Forschungszweig, der 1956 von John McCarthy auf der Dartmouth-Konferenz begründet wurde. Dabei werden ähnliche Problemlösungen mittels technischer Einrichtungen angestrebt. Besonders wichtig sind dabei Computer als Hardware und einlesbaren Programmen (Applikationen) als auch spezialisierte, hoch komplexe elektronische Schaltungen, die zuweilen als Technische Intelligenz bezeichnet werden. So ergibt sich eine mögliche Einteilung nach **Bild 27**. Dabei entsteht die Frage nach einem gemeinsamen Gebiet. Dafür gibt es zwei gegensätzliche Auffassungen. Die „*Harte KI*“ – z. B. nach Minski – geht davon aus, dass es prinzipiell möglich ist, alle Lösungen der Natürlichen Intelligenz auch mit Künstlicher Intelligenz zu realisieren, insbesondere soll die Technik auch Denken, Fühlen können sowie Humor und Kreativität besitzen. Dann wäre unser Gehirn (Bewusstsein) prinzipiell nicht leistungsfähiger als die Möglichkeiten Rechentechnik, es wäre total simulierbar. Die deutlich mehr *anerkannte Richtung* setzt darauf, dass bei der Künstlichen Intelligenz gefundene Lösungswege (Algorithmen usw.) vorteilhaft in analog arbeitende Techniken – insbesondere Computer – erfolgreich übertragen werden können. Hier sei deshalb definiert:

Bild 27. Varianten von Intelligenz.



Künstliche Intelligenz ist eine Forschungsrichtung, mit der Lösungen der menschlichen Intelligenz mittels technischer Einrichtungen nutzbar nachgebildet werden sollen.



Wissenspyramide.cdr H. Völz 13.7.19

Bild 26. Vereinfachte Darstellung unserer Wissenspyramide und deren Zuordnungen.

Trotz unterschiedlicher Auffassungen zur KI gibt es zwei anerkannte Hauptrichtungen mit einigen Untergruppen:

- **Simulation von menschlich intelligentem Verhalten:**
 - Expertensysteme (Frage-Antwort- und Diagnosesysteme),
 - Intelligente Roboter,
 - Problemlösen, automatisches Beweisen, Formelmanipulation,
 - Spiele als Simulationen und auch zur Analyse des menschlichen Verhaltens,
 - Sprachliche Systeme und automatische Übersetzung,
 - Objekterkennung, u. a. 3D-Objekte, Bilder, Sprache und Musik (Noten),
 - Lernen, z. B. Neuronale Netze,
 - Automatisiertes Programmieren.
- **Schaffung neuer Rechentechnik:**
 - Größt- und Parallel-Rechner, Adaptive Systeme, (Quantencomputer?),
 - Spezielle Rechnersprachen, wie PROLOG, LISP, Smalltalk usw.

Diese und weitere Gebiete können bezüglich ihres Anteils zur Psychologie, Informatik und Kybernetik gemäß **Bild 28** eingeordnet werden. Da die KI u. a. in [Völ17] etwas ausführlicher behandelt ist, sei hier nur auf einige Beispiele kurz eingegangen. Bei **Spiele** sind hauptsächlich wegen der großen Anzahl möglicher Stellungen Dame mit 10^{40} , Schach mit 10^{120} , und GO-Spiel mit 10^{761} bedeutsam. Dabei ist Dame völlig entschieden: Bei Schach verlor der Weltmeister Kasparow im Mai 1997 erstmalig gegen den Supercomputer „Deep Blue“ von IBM. Wesentlich war dabei, dass er den Sinn eines (neuartigen) Bauernopfers nicht erfasste. Für GO ist noch kein so leistungsfähiges Computerprogramm bekannt. Es wurden aber auch neuartige Spiele geschaffen.

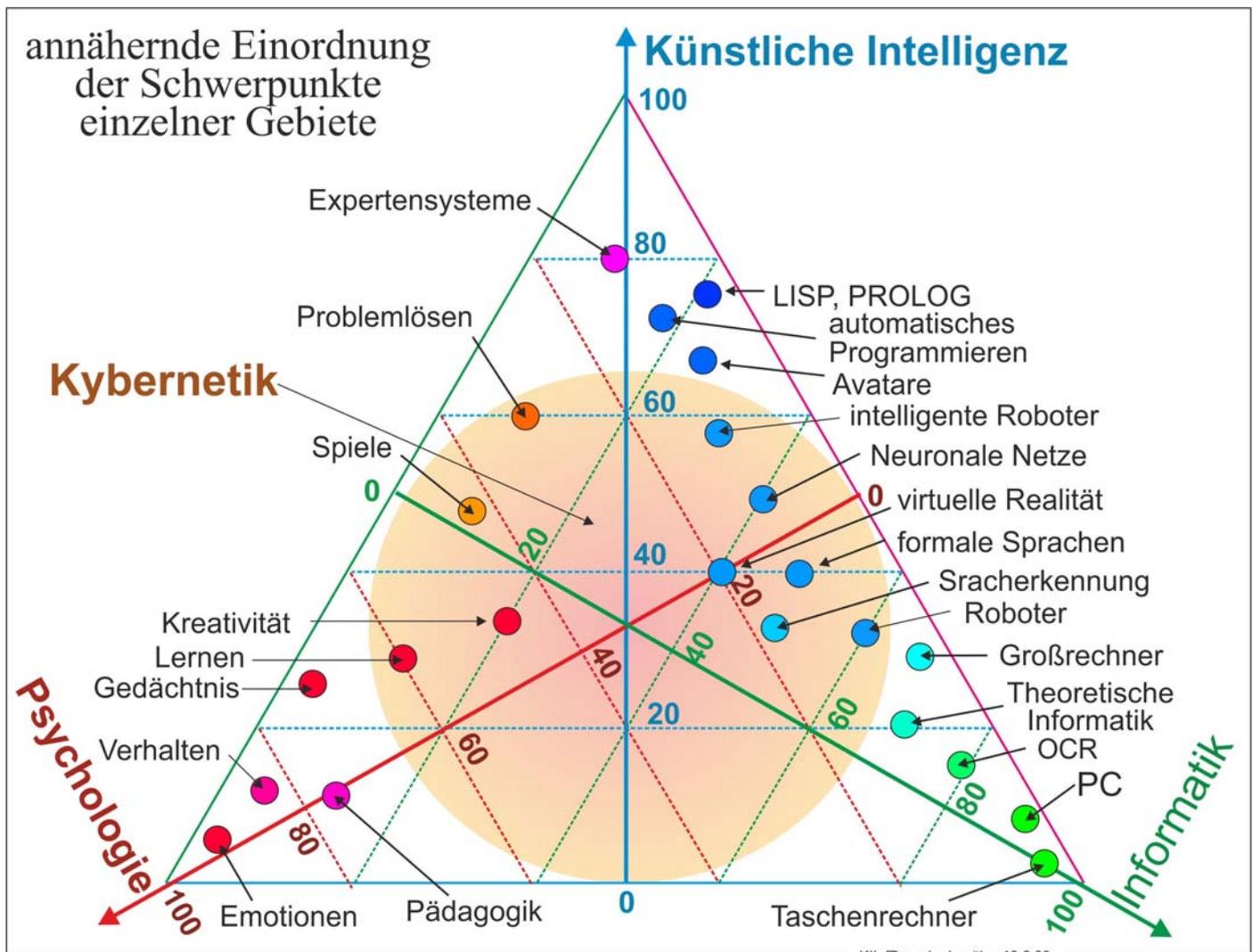


Bild 28. Anteile einzelner Zeige der KI in % von Psychologie, Informatik und Kybernetik.

In einem **Expertensystemen** ist das anerkannte Wissen eines Gebietes zur einer Einheit aus den folgenden Komponenten verbunden:

- Die *Wissensbasis* enthält die Fakten und Regeln, mehr als 10 000 sind üblich.
- Der *Schlussfolgerungs-Mechanismus* hat eine vorgegebene Strategie und produziert die Schlussfolgerungen. Falls kein exakter Weg zu finden ist, werden auch probabilistische Komponenten benutzt. Die Leistungsfähigkeit wird in LIPS (logische Inferenzen je Sekunde) gemessen. Während ein Mensch nur etwa zehn erreicht werden bis zu Millionen erreicht.
- Die *Erklärungskomponente* soll dem Nutzer begründen, wie das Ergebnis entstand.
- Der *Dialogteil* ist die intelligente Benutzerschnittstelle.
- Eine *Wissensakquisition* soll das System zum Lernen befähigen und erweiterbar machen.
- Es bestehen auch Möglichkeiten zum *Experimentieren* (Szenarios).

Bei diesen Anwendungen müssen die Vorteile des Menschen und des Rechners gegeneinander abgewogen werden. Letztlich soll aber immer der Mensch das endgültige Ergebnis auswählen. In diesem Zusammenhang ist die Einschätzung von Dreyfus bezüglich des **grauen Wissens** (auch Alltagswissen genannt) von bereits 1985 wichtig [Dre85]. Es existiert im erheblichen Maße schon bei kleinen Kindern. Hierzu gehört alles, was wir nicht algorithmisch, sondern betont intuitiv tun. Deren Menge ist enorm groß und folglich dürfte daher eher das Fachwissen eines Professors als die Intelligenz eines zweijährigen Kindes algorithmisch zu erfassen sein.

Inhaltlich gesehen, beginnen solche KI-ähnlichen Betrachtungen bereits 1940 als Turing seinen Test einführte. Damit sollte entschieden werden, ob hinter einer Wand ein Rechner oder Mensch unsere Fragen beantwortet. Wenn die Entscheidung darüber nicht möglich ist, dann hat der Rechner menschliche Intelligenz. 1963 entwickelte, wenn auch nicht zu diesem Zweck, sondern zum Sprachverstehen Weizenbaum sein Dialog-Programm ELIZA. Es wurde jedoch leider von Psychiatern sehr ernst genommen wurde und das machte Weizenbaum zum Feind der KI [Wei77]. Eine neuere Auseinandersetzung hierzu stammt von Churchland und Searle [Chu90]. Den Kernpunkt bildet das so genannte *Chinesische Zimmer*. In ihm sitzt jemand völlig abgeschirmt, der kein Chinesisch versteht, aber mit Tabellen chinesische Fragen auf Chinesisch beantwortet. Von außen betrachtet entsteht so der Eindruck, als ob das chinesische

Zimmer chinesisch verstünde. Schließlich werden die Aussagen auf eine *Chinesische Turnhalle* erweitert, in der viele Menschen parallel ebenfalls rein mechanisch chinesisch 'übersetzen'. Doch auch dann lässt sich zeigen, daß selbst alle zusammen kein chinesisch verstehen. Ein *Gegenargument* betrifft den Umschlag von Quantität in Qualität: In einem dunklen Zimmer wird ein Magnet bewegt. Das dabei entstehende elektromagnetische Wellen ohne wesentliche Wirkung. Wird aber der Magnet - unabhängig von einer technischen Realisierung - immer schneller bewegt, dann tritt irgendwann der Fall ein, daß die elektromagnetischen Wellen zu Licht werden und das Zimmer erhellen.

Beim Vergleich von Mensch und Computer ergibt sich die folgende Tabelle. Beide haben Vor- und Nachteile (s. [Völ17]). Sie können also vorteilhaft kombiniert werden. Auf Mitteilung entsprechender Lösungen sei hier verzichtet.

Kriterium	Mensch	Roboter, Computer
Ursprung, Entwicklung	Im Laufe der <i>Evolution</i> entstanden.	Zum Nutzen des <i>Menschen</i> entwickelt.
Verhalten wurde optimiert	Zum erfolgreichen <i>Überleben</i> in der realen <i>Umwelt</i> .	Als praktikable, dem Menschen <i>nützliche</i> Lösungen.
Ablauf der Informationsverarbeitung	<i>Top-down</i> : von ganzheitliche über komplex bis trial and error, Erfahrungen und Ursache-Wirkung.	<i>Bottom-up</i> : vom logischen Einzelschritt über strukturelle, funktionelle Einheiten und Programmierung zum komplexen Verhalten.
Verhältnis von Struktur und Funktion	Erforderliche Funktion bestimmt überwiegend die Strukturen.	Strukturen dienen der Realisierung von Funktionen.
Substrat	Chemisch, biologisch, neuronal, psychologisch, kognitiv, soziologisch.	Elektronisch, physikalisch, chemisch, optisch, strukturell.
System	Gehirn und Nervensystem.	Vorwiegend elektronische Schaltkreise.
Methoden, Verfahren	Assoziative, neuronale, logische und intuitive Verknüpfungen.	Programmiersprachen, wie LISP, PROLOG und smalltalk.

Zur KI gehören auch die Modelle und Programme des *Künstlichen Lebens* (KL) nach Levy [Lev93]. Doch hierzu sei nur auf [Völ17] verwiesen. Ebenso kann auch die Erzeugung von „*Kunstwerken*“ hinzugefügt werden. Hierfür sei nur auf [Völ88] verwiesen. Einige Ergebnisse der KI erweitern und vertiefen auch die natürliche Intelligenz.

Die folgende Tabelle fasst die *Geschichte der KI* kurz zusammen:

- 1660 Kirchner beschreibt eine Komponiermaschine
- 1760 Knaus u. Gebrüder Droz: schreibende, zeichnende u. musizierende Puppen
- 1769 Kempelen führt einen schachspielenden Automaten vor (fake?)
- 1793 Mozart schreibt KV 294 d zum Würfeln von Musik
- 1818 Shelley Roman „Frankenstein or the modern prometheus“
- 1920 Capek's Roman: WUR Werstands Universal Robots erscheint
- 1930 Herstellung erster Roboter
- 1947 Asimov: Drei Gesetze für die Roboterwelt
- 1950 Turing stellt seinen Test vor
- 1951 Erstes Schachprogramm von Turing
- 1956 John McCarthy ruft die Dartmouth-Konferenz ins Leben, KI wird definiert
- 1956 Newell und Simon: GPS (general problem solver)
- 1959 Samuel: 'Dame' lernfähig programmiert
- 1960 McCarthy: erster LISP-Interpreter
- 1963 Weizenbaum entwickelt ELIZA
- 1965 Abbruch der automatischen Übersetzungen Russisch ↔ Englisch
- 1970 Erste intelligenten Roboter entwickelt
- 1972 Colmeraur, Kowalsky und Roussel entwickeln PROLOG
- 1972 KI-Kritik von Dreyfus
- 1974 1. Computer-Schachmeisterschaften in Stockholm
- 1977 Weizenbaum: Macht der Computer und Ohnmacht der Vernunft
- 1978 Levy bietet Wette 500 Pfund für Schach-Computerprogramm, das ihn schlägt
- 1980 KI-Kritik von Searl (Chinesisches Zimmer)
- 1985 15.10. in New York 10 Programme spielen gegeneinander Schach
- 1987 1. Konferenz: Neuronale Netze in St. Siego
- 1989 Konferenz über Künstliches Leben

7.2. Big data

Dieser Sammelbegriff fasst Techniken und Methoden zusammen, die mit *sehr großen Datenmengen* und/oder hoher *Übertragungsgeschwindigkeit* arbeiten und daraus (neuartige) Schlüsse ziehen. Mit dem technischen Fortschritt unterliegt er daher einem gewissen bis beachtlichen Wandel. Deshalb erfolgt erst gegen Ende der Vorschlag einer

Definition. Teilweise ist damit auch ein gesellschaftlicher Wandel verbunden, der u. a. Automatisierung von Produktionsprozessen, zunehmende Überwachung der Menschen durch Geheimdienste (mit Vorratsdatenspeicherung), Verletzung von Persönlichkeitsrechten, zunehmende Intransparenz sowie ein Sinken der Intelligenz bewirkt (s. Abschnitt 3.8. verteilte Speicherung in [Völ19b]).

Anwendungen von Big Data werden unterschiedlich, aber recht oft gar nicht begründet. Dann genügt es, dass sie eben durch den Fortschritt der Digitaltechnik möglich sind. Vielfach wird behauptet, dass die mit ihr gewinnbaren Erkenntnisse, die Effektivität der Produktion erhöhen können und den Markt effektiver gestalten lassen. Kritiken merken aber an, dass so die Kunden „durchsichtig“ werden. Konkrete Aussagen zu wissenschaftlichen Erkenntnissen (s. u.) fehlen selbst in der Fachliteratur. In [Wiki5] sind allein 15 Fachbücher aufgeführt, darunter auch [Mai14].

Die **Herkunft der Daten** stammt aus vielen Quellen: Aufzeichnungen von Überwachungssystemen, Benutzung von Kunden- oder Bankkarten, Mitschnitte im Internet (E-Mails usw.) und von Smartphones (einschließlich Bewegungsprofil), Kraftfahrzeuge (GPS), Auswertung sozialer Medien, Daten aus Behörden und Unternehmen sowie dem Gesundheitswesen (Krankenkassen) und Finanzsektor, auch aus den Wissenschaften, z. B. aus Geologie, Genetik, Kernphysik, Klima- und Kosmosforschung. Bei den Daten werden auch illegal intime und private Daten einbezogen.

Seit etwa 2010 **verdoppelt** sich die **verarbeitete Datenmenge** (einschließlich der vielen Mehrfachspeicherungen) alle zwei Jahre. Dabei ist es erstaunlich, dass es praktisch nur Aussagen und Kommentare zu dem bisher Genannten gibt. Häufig sind die benutzten Daten nicht gleichwertig oder gar repräsentativ. Zuweilen wird behauptet, dass nun Korrelationen wichtiger als kausale Aussagen sind. Selten werden Folgerungen gezogen oder gar Theorien benutzt. Deshalb sind viele Aussagen nur mit erheblicher Vorsicht zu benutzen. Fast grundsätzlich fehlen wissenschaftliche Methoden, Ergebnisse oder gar (neue) Theorien. Deshalb erfolgt hier eine kleine Sammlung vor allem von einfachen Beispielen aus weitgehend inhaltsfremden und eigenen Arbeiten.

Zwei typische Beispiele für **Korrelationen** zeigt **Bild 29**. (a) weist aus, wie häufig in der deutschen Sprache zwei ausgewählte Buchstaben aufeinander folgen. Besonders große Wahrscheinlichkeit besitzen dabei die rot gekennzeichneten Kombinationen: en, er und n*(space). Doch mit dem Ergebnis ist kaum etwas gewonnen. Ähnlich wenig brachten auch die Studien mit 16 000 Kindern zwischen Übergewicht und Diabetes sowie die zwischen Fluglärm und Krankenkassendaten von über einer Million Patienten [Wiki6]. Ein möglicher Zusammenhang zwischen der Rocklänge und dem Dow-Jones-Index (b) wirkt sogar eher wie eine Karikatur.

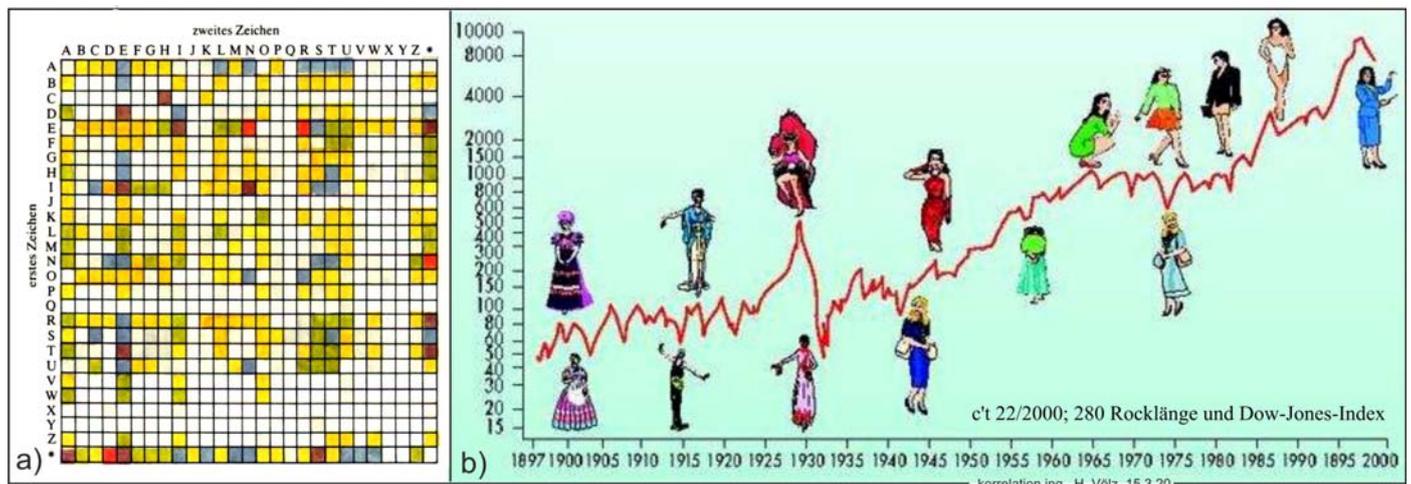


Bild 29. Zwei Beispiele für Korrelationen.

Deutlich anderes ermöglichte der Klassifizierungsalgorithmus von **Klix-Glöde**. In der DDR wurden alle Bürger regelmäßig mit Röntgen-Lungen-Aufnahmen untersucht. Bei diesen Aufnahmen konnte nur ein Experte in der Charite darauf verschiedene Herzfehler erkennen. Aus über tausend seiner Diagnosen ließ sich so ein Algorithmus zur automatischen Auswertung bezüglich verschiedener Fehler entwickeln. Aus nur wenigen Abmessungen lieferte er bereits 1980 mit fast 100% Sicherheit ein Ergebnis für jedes Bild. Neu war dabei, dass mittels eines theoretischen Ansatzes das nur intuitive Wissen des Experten in logische Entscheidungen (ähnlich Korrelationen) umgesetzt wurde.

Den theoretischen Ausgangspunkt für Big Date nutzte auch Helmar Frank bei seinem Begriff **Auffälligkeit** [Fra69]. Von der Shannon-Entropie wählte er den Grundterm $-p \log(p)$. Der zeigt ein deutliches Maximum für die Wahrscheinlichkeit bei $p = 1/e \approx 0,368$ (**Bild 30a**). An vielen Beispielen fand er dann, dass für die entsprechenden Eigenschaften hier die höchste subjektive Auffälligkeit auftritt. (b) zeigt eines seiner Beispiele. (c) demonstriert eine schon weitaus früher bekannte Tatasche [Völ88]. So wurde die Ähnlichkeit zum Goldenen Schnitt bekannt. Auch die Schönheit eines Hauses konnte damit bestimmt werden [Völ88a]. Schließlich wurde der Zusammenhang mit dem Logarithmus im Weber-Fechnerschen Gesetz gefunden. Frank selbst übertrug die Fakten auf die Preisbildung in Kaufhäusern. Heute werden oft danach die Schnäppchen festgelegt.

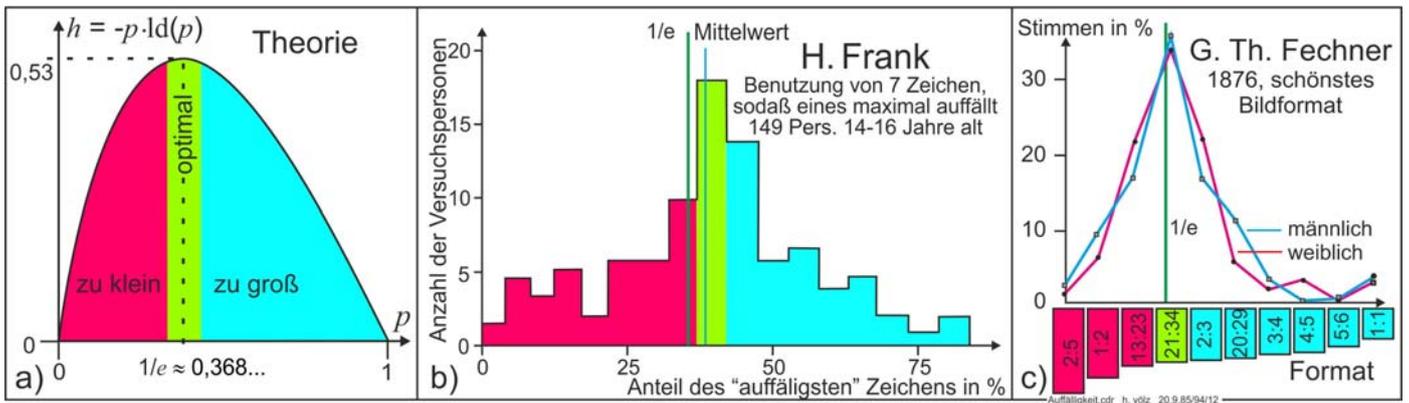


Bild 30. Zur Auffälligkeit von Helmar Frank.

Schon immer fallen große Datenmengen mit der Produktion eines Produktes an. Das Beispiel von **Bild 31a** gilt für den Recner VAX 11/750 und betrifft seine Verkaufszahlen. Die rote Kurve zeigt die Wachstumsrate je Vierteljahr. Ihr Verlauf ähnelt der Gauß'schen Glockenkurve für Messungen gemäß Bild 23. Erfolgt eine Aufsummierung des Verkaufs, so entsteht die blaue **S-Kurve**. Meist wird der Verlauf in fünf Erappen eingeteilt (b): Geburt, Wachstum, Reife, Rückgang und Tod. Bereits 1845 entwickelte hierzu Pierre Francois Verhulst eine Gleichung für begrenztes oder **gehemmtes Wachstum**. Sie wurde 1926 von Vito **Volterra** verallgemeinert. Er nannte sie auch **logistische Kurve** und wandte sie z. B. auf das Räuber-Beute-Verhalten bei Fischen an. Es wird dafür die Anzahl $N(t)$ benutzt, die auf maximal M (Ressourcen) wachsen kann. Mit der Geschwindigkeitskonstanten a gilt dann die Differentialgleichung

$$\frac{dN(t)}{dt} = a \cdot N(t) \cdot \left(1 - \frac{N(t)}{M}\right)$$

Die Zunahme beginnt sehr langsam, wird steiler, durchläuft das Maximum M und strebt danach gegen 0. Durch Integration (b ist die Integrationskonstante) entsteht die glockenähnliche Kurve

$$N(t) = \frac{M}{1 + e^{-(a \cdot t + b)}} \text{ daraus folgt: } \log\left(\frac{N(t)}{M - N(t)}\right) = a \cdot t + b$$

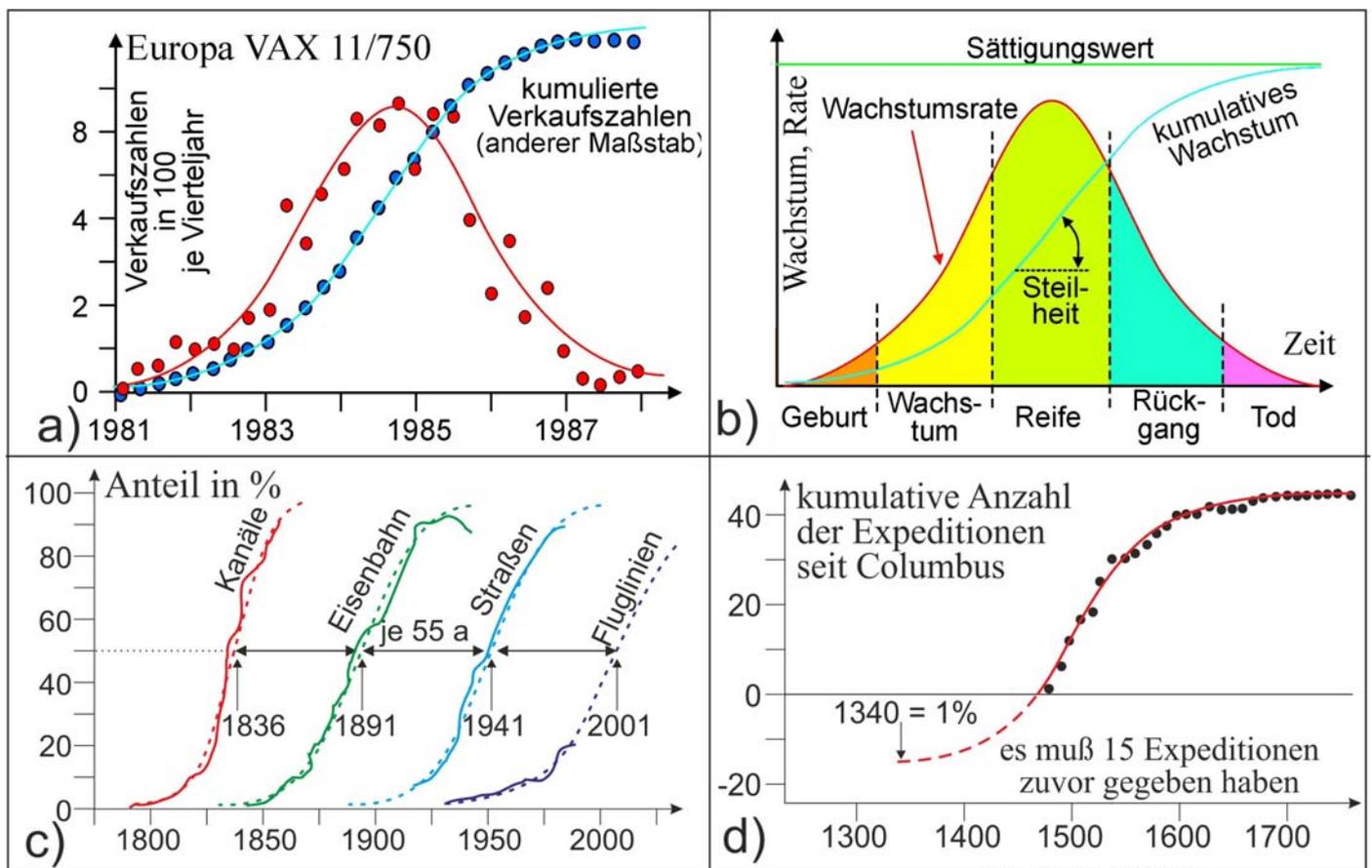


Bild 31. Beispiele für gehemmt, begrenztes Wachstum

Beide Kurven sind für viele Fälle typisch. [Mod94] zeigt hierfür viele Beispiele und diskutiert sie ausführlich. So wachsen auch eine Sonnenblume und der Wortschatz eines Kindes nach diesem Gesetz. In Erweiterung kann damit auch die Ablösung einer Technologie durch eine neuere, bessere behandelt werden. Das zeigt (c) für das Verkehrswesen. Genauere Untersuchungen führten zur **85%-Regel**. Sie wurde durch Schrauber²⁴ mittels einer sehr großen Anzahl von Beispielen genau belegt. Dennoch gibt es für sie kaum Erklärungen. Meist wird angenommen, dass bei der Fortentwicklung der Technik die Ausschöpfung der „letzten“ Reserven einer Entwicklung immer aufwändiger wird. Ab 85% des möglichen Grenzwertes ist es daher dann einfacher und preiswerter neuartige Lösungen zu suchen. Eine spezielle, systematische Anwendung betrifft die Entwicklung aller Speichertechniken [Völl19b].

Mit dem Gesetz sind auch zusätzlichen Aussagen zum Beginn möglich. (d) weist so aus, dass es vor Columbus bereits 15 Expeditionen gegeben haben muss [Mod94]. Doch für den Beginn entstand auch der **Hype-Zyklus**, wofür **Bild 32** ein typisches Beispiel zeigt. In der Literatur fand ich dazu 15 Beispiele für weitere Inhalte. Problematisch ist aber, was Technologie-Begeisterung/Sichtbarkeit eigentlich genau bedeutet und wie die Werte bestimmt werden. Ferner ist zuweilen nicht der gemeinsame Inhalt für die eingetragenen Ereignisse bekannt. Schließlich tritt dieser Verlauf nur dann auf, wenn großer Forschungs- und Entwicklungsaufwand erforderlich ist. Das macht die Entwicklung besonders interessant oder ermöglicht leichter Drittmittel zu gewinnen. Was dagegen einfach möglich ist und sehr schnell große Verbreitung findet, verlangt keine derartige Förderung und die Entwicklung verläuft unbeeinflusst nach der o. g. S-Kurve. Für den Hype-Zyklus fehlt also jede Theorie.

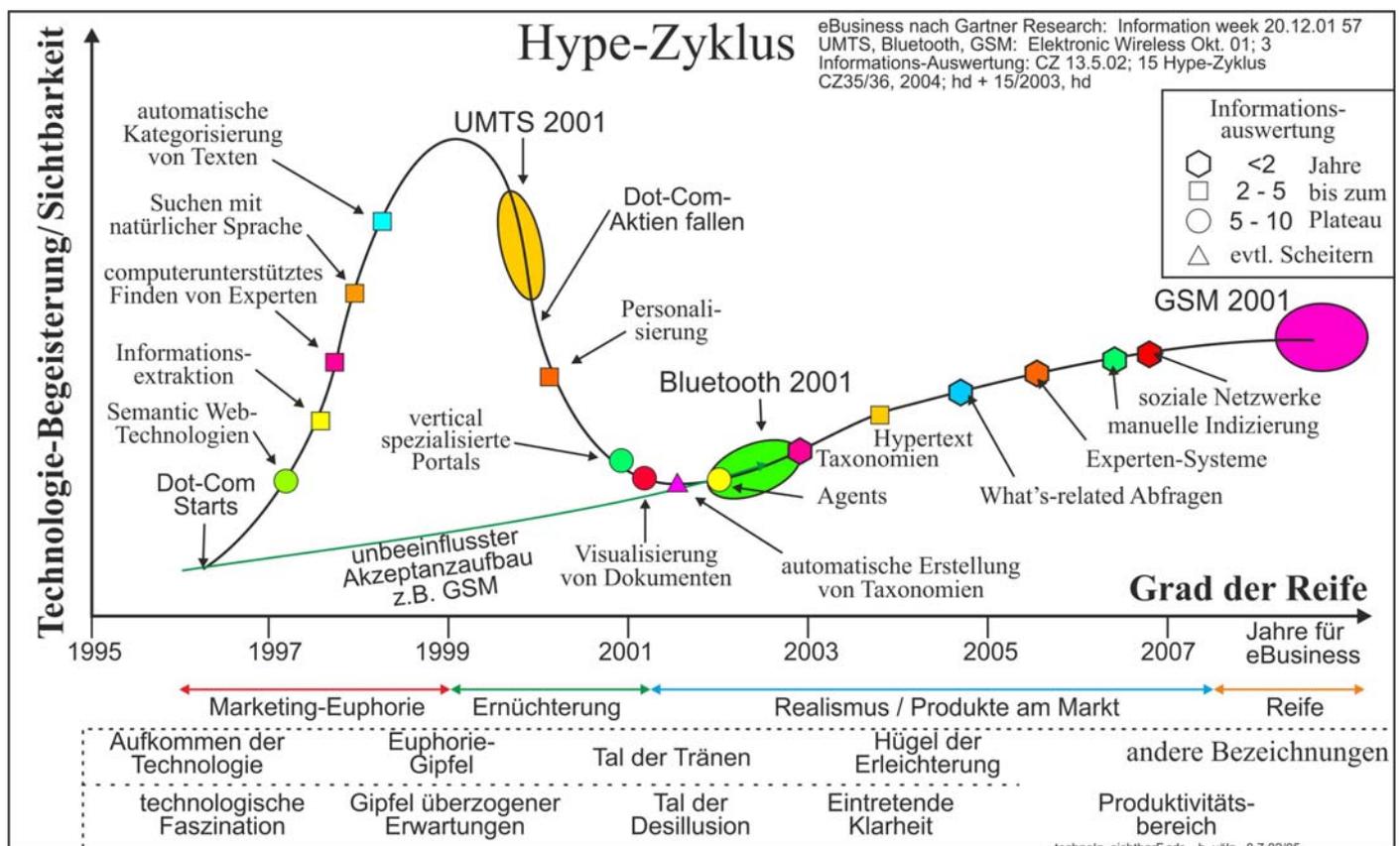


Bild 32. Ein typisches Beispiel für den Hype-Zyklus.

Werden die viele irgendwie zusammengehörenden Objekte, Begriffe, Zeichen usw. nach ihrer Häufigkeit angeordnet, so gilt fast immer mit guter Näherung ein allgemeines Gesetz. Es wurde ursprünglich beim Wortschatz natürlicher Sprachen gefunden. Verwendet eine Sprache R Wörter, so können sie nach der Häufigkeit ihres Vorkommens angeordnet werden. Dann befindet sich ein Wort an der Stelle, dem **Rang** r , mit $1 \leq r \leq R$ und besitzt die Häufigkeit (Wahrscheinlichkeit) $p(r)$. Dabei gilt $p(r-1) \geq p(r) \geq p(r+1)$. Nach Beobachtungen von J. P. Estoup um 1916 und George Kingsley Zipf um 1949 gilt zumindest näherungsweise das Zipf'sche Gesetz (auch harmonisches Gesetz genannt) mit einer Konstanten K [Zip35]

$$p(r) \approx \frac{K}{r}$$

Statt der Konstanten K kann auch die Anzahl R benutzt werden

$$p(r) \approx \frac{1}{r \cdot \ln(1,78 \cdot R)}$$

²⁴ Persönliches noch unpubliziertes Manuskript aus der Hochschule für Ökonomie. Infolge der Wende kaum noch zu bekommen.

Bei genauer Betrachtung kann auch die so genannte Texttemperatur T für die Steigung der Geraden eingeführt werden

$$p(r) = K \cdot r^{-1/T}.$$

Aus mehreren Beispielen folgt für T bei Deutsch 0,46 bis 0,71; Russisch $\approx 0,88$; Hebräisch $\approx 0,82$ und Englisch 0,72 bis 0,90. Dazu zeigt **Bild 33** einige Beispiele

Um 1955 führte Benoît B. Mandelbrot die Konstante r_0 bezüglich des Ranges R ein

$$r_0 = \frac{R}{R-1}.$$

Dadurch verbessert sich die Anpassung bei kleinen Rängen:

$$p(r) = K \cdot (r + r_0)^{-1/T}.$$

Dieser Zusammenhang wird **Zipf-Mandelbrotsches Gesetz** genannt. Weitere Details und Beispiele enthalten [Völ82] S. 227ff. und [Völ91] S. 322 + 456ff.

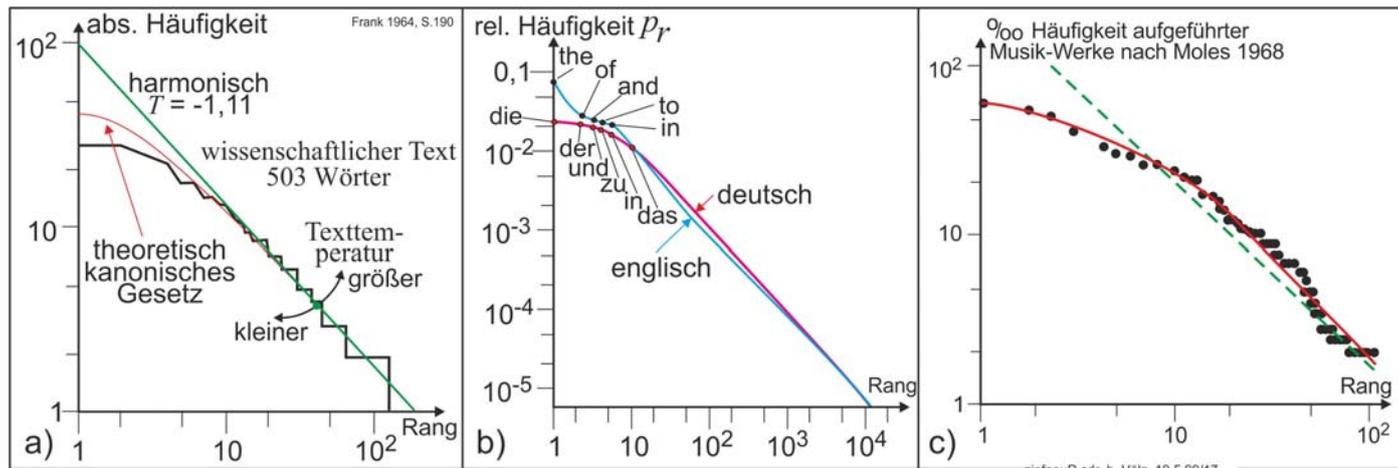


Bild 33. Beispiele für das Zipf-Mandelbrot'sche Gesetz

Das Zipf-Mandelbrot'sche Gesetz gilt für sehr viele Bereiche und Anwendungen, sogar bei ständiger Veränderung für die Größe von Städten und Firmen, Ressorts von Länderhaushalten, Anzahl der Personen in Berufen und Zugriffe auf Internetseiten. Umfangreich ist es auch bezüglich Musik untersucht. Für den zweiten Satz der Beethoven-Sonate A-Dur op. 3 gilt: Er enthält 1630 Noten mit 71 Tonhöhen. Mit Korrelationskoeffizienten $\rho^2 = 0,855$ ergaben sich $K = 0,625$, $T = 0,708$ und die Entropie $H = 5,124$ Bit/Note. Genauer sind auch Kinderlieder und Hirtenmelodien untersucht.

Ohne Bezug auf das Gesetz untersuchte Ernst Lau die Gedichtlängen (Zeilenzahl) bei Goethe und Schiller und fand das Ergebnis von **Bild 34**. Dabei fiel ihm der ungewöhnliche Verlauf bei Schiller auf und er folgerte, dass es für die „Senke“ Ursachen geben müsse. Da Schiller oft Geldsorgen hatte, könnte er wegen des Zeilenhonorars einige Gedichte verlängert haben. Das löste damals in der DDR eine harte Kritik der Germanisten aus. Fast wäre er dadurch als Direktor des Institutes für Optik und Spektroskopie abgelöst worden [Völ91]. Doch erst deutlich später entstanden dann die vielen statistischen Arbeiten zur Kunst [Fuc68].

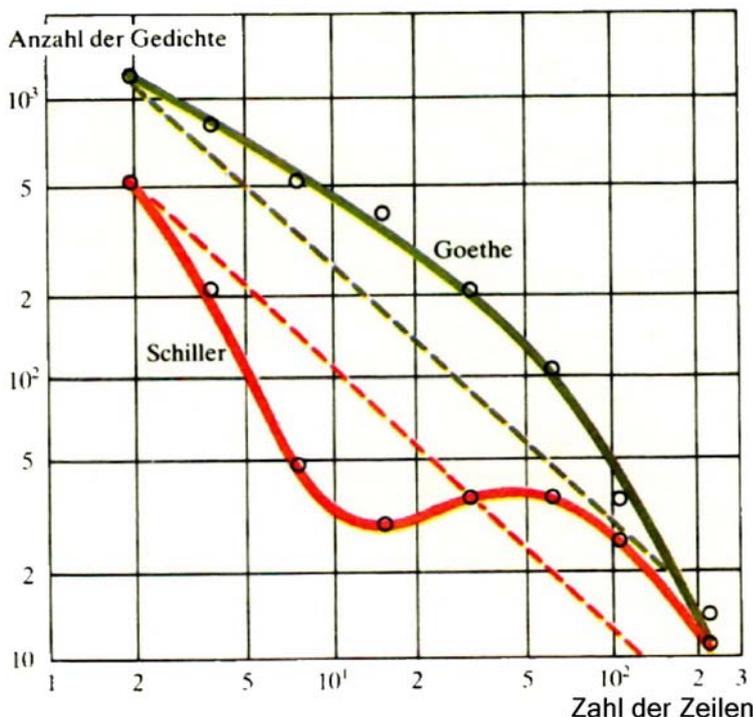


Bild 34. Gedichte von Goethe und Schiller (rot).

Schließlich sei noch erwähnt, dass bereits 1913 der Physiker Felix Auerbach eine ähnliche Gesetzmäßigkeit für die Einwohnerzahlen deutscher Städte beobachtet hatte und 1969 Klaus Voss eine Verallgemeinerung der Formel vorstellte [Vos69], die aber ohne Erfolg blieb

$$p(r) = \frac{1}{Z} \cdot \frac{e^{-\gamma r}}{r}.$$

Hier eine vorläufige Definition:

In **Big Date** werden sehr große Datenmengen analysiert und daraus sollen mit verschiedenen z. T. neuen Methoden – möglichst auf der Basis von Gesetzen – neue Erkenntnisse und Zusammenhänge gewonnen werden. So kann es zur Erweiterung des Wissens beitragen.

Einige Bedeutung besitzen dabei Korrelationen, besondere Werte wie Auffälligkeit, begrenztes Wachstum, 85%-Regel und vor allem das Zipf- Mandelbrot'sche Gesetz. Nach Klix (s. o) muss dabei deutlich KI und Big Data unterschieden werden. Im Sinne des Hype-Zyklus befindet sich Big Data erst bei der Marketing-Euphorie und bis zur Ernüchterung wird es wohl noch Jahre dauern.

7.3 Virtuelle Realität

Für die folgenden Betrachtungen soll die **Realität** entsprechend der Physik nur aus Stoff und Energie bestehen, also im Sinne des philosophischen Begriffs **Materie**. Weitere Erklärungen enthält der Beginn des Kapitels „3 Information“ und der Kontext zu den Bildern 6 bis 8. Für die folgenden Betrachtungen müssen dabei die folgenden Teilbereiche und Erweiterungen unterschieden werden (**Bild 35**); vgl. Bild 7 und V-Information in [Völ17]:

1. Teilbereiche, die durch **Wahrnehmen und Handeln** erkundet werden können.
2. Teilbereiche, die mittels **Wissenschaft** durch **Messen, Experimentieren** und **Theorie** erfassbar sind.
3. Teilbereiche, die **mathematisch beschreibbar** und damit **berechenbar** sind.
4. Teilbereiche, die durch spezielle **räumliche 3D-Darstellungen** – eventuell mit Film und Ton ergänzt – recht relativitätsähnlich wahrgenommen werden können, u. a. Panorama.
5. Teilbereiche, die mittels **Technik simulierbar**²⁵ sind, jedoch dabei fast immer auf sehen, hören, handeln und/oder fühlen beschränkt sind.
6. Alle **Möglichkeiten der Mathematik**, die eine Berechnung und damit Simulation gemäß 5. ermöglichen.
7. Alle Möglichkeiten, die **abstrakt vorstellbar** (denkbar) sind und sich dabei in als auch jenseits der Realität befinden.



Bild 35. Etwas vereinfachte Darstellung der verschiedenen Bereiche.

In diesem Kontext ist eine brauchbare Definition für die gewinnen:

Eine **Virtuelle**²⁶ **Realität** (VR) stellt mit technischen Mitteln – vielfach mittels Simulation – für Sinne des Menschen und/oder seine Handlungen die Illusion²⁷ her, durch Immersion²⁸ möglichst weitgehend so etwas wie eine „Realität“ zu erleben.

Zu ihr gehören damit nur die obigen Varianten 4 bis 6. Davon betrifft der Punkt 4 aber bildhafte Vorstufen, die heute kaum noch zur VR gezählt werden, aber dennoch Illusion und/oder Immersion ermöglichen. Diese Vorstufen sind in [Völ05] S. 275ff. recht ausführlich behandelt und werden daher hier nur kurz aufgezählt. Bei Ausgrabungen von Pompeji und Herculaneum wurden an Häuserwänden illusionistische Malereien von Landschaften, Stillleben und menschlichen Figuren sichtbar. Ein Bildfries in der Villa dei Misteri in Pompeji von 60 v. Chr. umgibt den Betrachter vollständig mit einem 360-Grad-Rundbild, ähnlich den viel späteren Panoramen. Erst im Mittelalter entdeckte Filippo Brunelleschi nach mehreren Experimenten zwischen 1417 und 1420 die Projektion der Zentralperspektive. Die florentinischen Maler **Masaccio** (eigentlich Tommaso Cassai) und Paolo **Uccello** (eigentlich Paolo Di Dono) schufen dann nach seinen Regeln zentralperspektivische Gemälde. Die ersten typischen **Panoramen**²⁹ entstanden in London (1794) und in Paris (1799) in speziell dafür erbauten **Rotunden**³⁰. Besonders beliebt waren Darstellungen von Schlachten, Stadtansichten und Landschaften. [Com00]. Die Rotunde besitzt dabei einen zylinderförmigen Innenraum mit einem Durchmesser von etwa 20 bis 40 m und ist mit einer Kuppel überdacht. Die innere Wandfläche trägt ein 360°-Kollossal-Gemälde. Der meist etwas abgedunkelte Raum vermittelt einen stark naturalistischen Eindruck. Recht bekannt ist das Panorama (1808) von Karl Friedrich Schinkel in Palermo. Ein Beispiel für ein gegenwärtiges Panoramem ist

²⁵ Lat. simulatio Vorspiegelung, Nachahmung, falscher Schein.

²⁶ Lat. virtus „Mannhaftigkeit, Tüchtigkeit, Tapferkeit, Tugend“ bzw. vorhanden –, aber nicht physikalisch – als Kraft oder Möglichkeit, also simuliert, künstlich, scheinbar.

²⁷ Lat. illusio Vespottung, Ironie, Täuschung, eitle Vorstellung (es wird quasi eine Realität erlebt).

²⁸ Lat. immersio Eintauchen, Einbetten (man erlebt etwa so etwas wie eine Realität, taucht in sie ein).

²⁹ Griech. **pán** alles, **hórama** das Geschaute

³⁰ Latein. **rotundus** rund. Hieraus leitete sich die umgangssprachliche, aber veraltete Bezeichnung für eine ähnlich gebaute Toilette und der Begriff Rotundefrau ab.

der 1985 von Johannes Grützke in der Frankfurter Paulskirche dargestellte Zug der Volksvertreter, um den man allerdings herumgehen muss. Erwähnt sei noch das Bauernkriegs-Panorama von 1988 in Bad Frankenhausen von Werner Tübke. Zur Steigerung der Wirkung werden zuweilen zusätzliche, echte Gegenstände (Sand, Steine, Büsche usw.) im Vordergrund eingefügt. Dann ist der Begriff *Diorama*³¹ gebräuchlich. Es können auch akustische Effekte (Musik und Geräusche) und Lichteffekte (u. a. Aussehen bei Tag und Nacht) hinzugefügt werden. Nach der Erfindung des Films entstanden „lebende“ Panoramen, bei denen ein Geschehen rundherum auf eine zylindrische Wand projiziert wird, z. B. auf der ehemaligen Volkswirtschaftsausstellung in Moskau um 1980.

Eine neue Qualität der VR wird durch die Interaktivität der Rechentechnik möglich. Mit entsprechenden technischen Mitteln (Head-Mounted-Display) kann so das Bild direkt ins Auge eingeblendet werden. Eine Bewegungskontrolle steuert entsprechende Änderungen des Bildes. Mit aktiven Handschuhen können Änderungen bewirkt und dabei die Widerstände wahrgenommen werden. So ist ein sehr tiefes Eintauchen in ein nur vom Rechner simuliertes Geschehen möglich [Völ99]. Nur die Grenzen der Mathematik und eine (hinreichend schnelle) Berechenbarkeit begrenzen dann die Möglichkeiten und es sind sowohl Nachbildungen der Realität (oben 5.) als auch in der Realität nicht vorhandene Zusammenhänge (oben 6) echt erlebbar. Etwa in diesem Sinne wurde der Begriff „Virtual reality“ von Damien Broderick in seinem 1982 erschienenen SF-Roman „The Judas Mandala“ erstmalig benutzt und 1987 erschien er erstmals als theoretisches Konzept im Oxford English Dictionary. Weitere Details enthält [Bor94]. Eine gewisse Einschränkung tritt immer noch dadurch ein, dass eigentlich maximal Hören, Sehen und Handeln einbezogen werden können.

Der erste Entwurf eines derartigen VR-Systems stammt von Morton Heilig (1956), Er entwickelte das Sensorama, das das „Cinema of the Future“ werden sollte. 1992 wurde das Visual Experience CAVE an der University of Illinois entwickelt. Inzwischen gibt es viele Varianten und sogar nützliche Anwendungen. Dazu gehörte zunächst der Flugsimulator. Inzwischen gelingt es beim Onlineshopping die zu kaufenden Objekte allseitig zu betrachten und anzufassen. Weiter können geplante Bauten und Landschaftsbilder vorher im virtuellen Modell begangen werden. Schließlich sind sogar hoch komplizierte medizinische Operationen von Spezialärzten aus der Ferne erfolgreich durchzuführen.

Mit der VR erfolgt eine Einbettung in die virtuelle Welt und genau das ist die Immersion. Dabei wird die Wahrnehmung der eigenen Person in der realen Welt vermindert und der Nutzer fühlt sich stärker als Person in der virtuellen Welt in der er illusionär mittels Interaktivität handelt. Dabei ist die erreichte Wiedergabetreue von großer Bedeutung. Je größer die begrenzenden Unterschiede sind, desto wahrscheinlicher treten temporären Erkrankungen auf, die der Seekrankheit ähneln und VR-Krankheit oder Simulator-Krankheit heißen. Ein häufiges Problem ist motion sickness („Bewegungsübelkeit“) mit Übelkeit.

Die VR hat somit viele nützliche Anwendungen erreicht und weitere werden gewiss noch erschlossen. Was dabei aber an Erkenntnissen oder neuem Wissen gewonnen werden kann, ist unklar. Deshalb ist hier hinter KI und big data eingeordnet.

8 Zum üblichen Sprachgebrauch

Eine Sprache lebt immer und damit ändert sich mit dem Gebrauch auch der Sinn von Wörtern. Doch die Wissenschaft benötigt eindeutig festgelegte Inhalte für ihre Begriffe. Hieraus ergeben sich zuweilen Widersprüche zwischen dem üblichen Gebrauch und einer exakten Definition. Das habe ich erstmalig bei *analogen Signalen* festgestellt, die ja nichts mit einer Analogie gemein haben. Das habe ich damals mit dem Beitrag [Völ79] nahezu vergeblich auszuräumen versucht.

Hier habe ich mich auf die Begriffe: Information, Wissen, Intelligenz und Kreativität und deren Umfeld konzentriert. Auch auf Pleonasmen (z. B. ein runder Kreis) wie Lern-, Denk- oder Informationsprozess bin ich eingegangen. Dabei habe ich beim letzten sogar absichtlich bei meiner Gründung des Zentralinstitutes für Kybernetik und Informationsprozesse (ZKI der Akademie der Wissenschaften) bewusst so einen Pleonasmus verwendet. Das hatte damals natürlich Gründe, die jedoch zum Glück von niemand hinterfragt wurden. Ich war beauftragt, ein „Zentralinstitut für Kybernetik“ zu gründen. Doch erstens sah ich die politische Gefahr bezüglich des Begriffs Kybernetik und zweitens war mir Information dabei besonders wichtig. Doch der Begriff war damals noch nicht akzeptabel und wurde höchstens statisch benutzt; deshalb mein Zusatz „Prozess“. Doch auch heute wird Information oft noch als ein statischer Fakt oder gar als ein Objekt angesehen. Seinen Prozesscharakter vor allem für unser Wissen habe ich aber schon vor langer Zeit ausgewiesen. Doch daraus folgt dann zwangsläufig, dass zu Information immer ein spezielles System gehört, welches einen Input benötigt um den gewünschten Output zu erzeugen. Beide verlangen daher spezielle Namen. Leicht einsichtig war es sofort *Informationsträger* für den Input zu verwenden. Doch eigentlich enthält er nichts dergleichen, denn ohne das spezifische System erzeugt er nicht den gewünschten Output. Dennoch wählte ich leider erst seit kurzen den Begriff *Informer*. Für den Output schien es wegen des damals noch üblichen Informationsträgers *Getragenes* angebracht. Das erregte schnell berechtigten Widerspruch bei mehreren Philosophen und Germanisten. Dann schuf ich zu aller Zufriedenheit das endgültige *Informat*. Damit ist im Prinzip die Begriffsbildung um

³¹ Griech. Durchschaubild

Information klar. Doch im üblichen Sprachgebrauch wird dagegen wohl auf recht lange Zeit Information vielfach weiterhin anders benutzt werden, nämlich für alles was dem Informer (Informationsträger) entspricht. Mit dieser Doppeldeutigkeit müssen wir also noch lange leben. Doch dabei ist jedoch deutlich zu beachten, dass wissenschaftlich nur Informer, (Informations-) System und Informat korrekte Begriffe sind.

Bezüglich der Änderungen am *Wiener Zitat* von S. 8. habe ich die übliche Übersetzung korrigiert, denn statt „matter“ ist im Kontext „Materie“ mehrdeutig und sogar falsch interpretierbar. Ob es eine bessere Wahl als mein Begriff Stoff existiert, weiß ich nicht. Ferner kann angezweifelt werden, dass die drei Begriffe als entsprechende Weltmodelle gelten sollten. Hier wären also noch Änderungen denkbar.

9 Zusammenfassung

Die entscheidenden Begriffe um unser Wissen werden streng mit möglichst einem Aussagesatz definiert und zusätzlich genauer erklärt. Dabei ergibt sich die Schwierigkeit nach einem Oberbegriff. Er wird aus der Kybernetik abgeleitet. Neben Wissen werden dabei vor allem Information, Bewusstsein, Gedächtnis, Denken, Intelligenz, Kreativität und im erweiterten Sinn Intelligenz-Quotient, Künstliche Intelligenz, Big Data und Virtuelle Realität berücksichtigt. Hierbei müssen jedoch neuen Begriffe eingeführt werden, die teilweise deutlich vom heutigen Sprachgebrauch abweichen. Das wird in einem besonderen Abschnitt genauer begründet. Soweit wie möglich wird auch auf das Messen der Eigenschaften der behandelten Begriffe eingegangen. Insgesamt ergeben sich daraus Probleme bezüglich der Leistungsfähigkeit des Einzelnen und für die unbedingt notwendigen Aufgaben der Bildung und der Medien.

10 Literatur

- [Arn66] Arnzt, H.: Die Informationskrise als Bedrohung der menschlichen Gemeinschaft und des Fortschritts. Loccomer Protokolle Frankfurt/M 1966, S. 2 - 20.
- [Bor94] Bormann, S.: Virtuelle Realität - Genese und Evaluation. Addison - Wesley, Bonn u.a. 1994.
- [Büt95] Büttnermeyer, W.: Wissenschaftstheorie für Informatiker. Spektrum - Verlag. Heidelberg - Berlin - Oxford, 1995.
- [Chu90] Churchland, P.: Ist die denkende Maschine möglich?; und Searl, J. R. u. a.: Ist der menschliche Geist ein Computerprogramm? Spektrum der Wissenschaft, März 1990 S. 40 - 54.
- [Com00] Comment, B.: Das Panorama. Die Geschichte einer vergessenen Kunst. Nicolai, Berlin 2000.
- [Daw87] Dawkins, R.: Der blinde Uhrmacher. Kindler, München 1987.
- [Dre85] Dreyfus, H. L.: Was Computer nicht können - Die Grenzen künstlicher Intelligenz, Athenäum, Frankfurt a/M 1989. 1. Aufl. 1985.
- [Dri72] Drischel, H.: Das neuronale Gedächtnis. Nova acta Leopoldina Band 37/1, Nr. 206. S. 325 - 353. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1972.
- [Ebb85] Ebbinghaus, H.: Über das Gedächtnis. Dunker, Leipzig 1885.
- [Foe93] Foerster, H. v.: Wissen und Gewissen. Suhrkamp, Frankfurt/M 1993.
- [Fra69] Frank, H.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 2. Aufl. Bd. 1 + 2. Agis - Verlag Baden-Baden 1969.
- [Fuc68] Fucks, W.: Nach allen Regeln der Kunst. Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1968.
- [Kli83] Klix, F.: Erwachendes Denken. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1983. 2.Auflg. 1993.
- [Kuh62] Kuhn, Th.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Suhrkamp-Verlag, Frankfurt/M. 1967. Original: The Structure of Scientific Revolutions 1962.
- [Lau54] Lau, E.: Intensionale Keime verschiedener Programmlänge. Forschungen und Fortschritte 28 (1954) 1, 6 - 10.
- [Lev93] Levy, St: KL - Künstliches Leben aus dem Computer. Droemer Knaur, München 1993.
- [Mai14] Mainzer, Kl.: Die Berechnung der Welt. - Von der Weltformal bis zu Big Date. C. H. Beck. München 2014.
- [Mod94] Modis, Th.: Die Berechenbarkeit der Zukunft. Birkhäuser Verlag. Basel – Boston – Berlin 1994.
- [Mül90] Müller, J.: Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften - Systematik, Heuristik, Kreativität. Springer - Verlag. Heidelberg u.a. 1990.
- [N.N95] N.N.: „Die 100 des Jahrhunderts“ bei den Schriftstellern, Naturwissenschaftlern, Film-Regisseuren, Malern und Komponisten, Boshüren bei rororo 1995.
- [Omm58] Omm, P.: Meßkunst ordnet die Welt - Eine Geschichte des Messens und der Meßgeräte. Impuls - Verlag, Buchschlag bei Frankfurt/M, 1958.
- [Pla48] Planck, M.: Wissenschaftliche Selbstbiographie, Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig, 1948, S.22.
- [Pop34] Popper, K., R.: Logik der Forschung (1.Aufl. 1934),10. Aufl.; Mohr, Tübingen 1994.
- [Sch41] Schmidt, H.: Denkschrift zur Gründung eines Institutes für Regelungstechnik VDI - Druck 1941.
- [Sch66] Schleichert, H.: Elemente der physikalischen Semantik. Oldenbourg, Wien – München 1966.
- [Sei92] Seiffert; G., Radnitzky, G. (Herausgeber): Handlexikon der Wissenschaftstheorie. dtv, München 1992.
- [Sha48] Shannon, C. E.: Eine mathematische Theorie der Kommunikation. (A Mathematical Theory of Communication) Bell Systems Technical Journal 27 (Juli 1948) S. 379 - 423 und (Oktober 1948) S.623 - 656. (Ebenfalls in: University Illinois Press 1949). Teil 2 auch: Communication in the Presence of Noise. Proc. IRE

- 37 (1949) pp. 10 - 20, (eingereicht am 24.3.1940), Übersetzt in: Mathematische Grundlagen der Informationstheorie. R. Oldenbourg, München - Wien, 1976.
- [Völ01] Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Allgemeine Grundlagen für Naturwissenschaft, Technik und Medizin. Shaker Verlag, Aachen 2001.
- [Völ05] Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information Bd. 2 Technik und Geschichte vorelektronischer Medien. Shaker Verlag Aachen 2005.
- [Völ08] Völz, H.: Kontinuierliche Digitaltechnik. Shaker-Verlag. Aachen 2008.
- [Völ14] Völz, H.: Grundlagen und Inhalte der vier Varianten von Information. Springer Verlag. Wiesbaden 2014.
- [Völ17] Völz, H.: Das ist Information. Shaker Verlag Aachen 2017.
- [Völ18] Völz, H.: Wie wir wissend wurden. Shaker-Verlag Aachen 2018.
- [Völ19a] Völz, H.: Das ist Zeit. Shaker Verlag Aachen, 2019.
- [Völ19b] Völz, H.: Speicher als Grundlage für Alles, Shaker-Verlag Düren 2019.
- [Völ75] Völz, H.: Beitrag zur formalen Musikanalyse und -synthese. Beiträge zur Musikwissenschaft 17 (1975) 2/3, 127 - 154.
- [Völ79] Völz, H.: Zum Begriffsbereich von „analog“ und „digital“. Nachrichtentechnik-Elektronik 29 (1979) 5, 217-219.
- [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. 365 S., 184 Abb., 60 Tab.
- [Völ88] Völz, H.: Computer und Kunst. Reihe akzent 87. Urania - Verlag Leipzig Jena - Berlin 1998. 2. Aufl. 1990.
- [Völ88a] Völz, H.: Entropie und Auffälligkeit. Wissenschaft und Fortschritt 38 (1988) 10, 272 - 275.
- [Völ91] Völz, H.: Grundlagen der Information. Akademie - Verlag, Berlin 1991.
- [Völ96] Völz, H.: 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 + Linde - Verlag.
- [Vos69] Voss, Kl.: Statistische Theorie komplexer Systeme, EIK 5(1969) 4/5, 234 - 254 u. 6, 319 - 330.
- [Wei01] Weizenbaum, J.: Computermacht und Gesellschaft. Freie Reden. Suhrkamp, Frankfurt/M 2001.
- [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 ein. "Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und in der Maschine", Econ - Verlag, Düsseldorf - Wien 1963. Econ - Verlag, Düsseldorf - Wien - New York - Moskau, 1992.
- [Zip35] Zipf, G. K.: The Psycho-biology of language. Mifflin, Houghton 1935.
+ Zipf, G. K.: Human behavior and the principle of heart effort. Addison-Wesley, Cambridge, Mass. 1949.
- [Wiki1] Wikipedia: "Wissen", „Lernen“, „Bewusstsein“ download 21.1.20.
- [Wiki2] Wikipedia: „Judetum“ download 1.7.19.
- [Wiki3] Wikipedia: „Traum“ und „Tagtraum“ download 1.7.19.
- [Wiki4] Wikipedia „IQ-Test“ download 2.3.20.
- [Wiki5] focus.de/wissen/mensch/intelligenz/durschnitts-iq-sinkt-die-menschheit-wird-immer-duemmer_id_9103645.html. download 1.7.19.
+ welt.de/kmpkt/article168685677/Warum-die-Menschheit-scheinbar-wieder-duemmer-wird.html, download 1.7.19.
- [Wiki6] Wikipedia „Big Data“ download 15.3.20.

Sachwortverzeichnis

- 85%-Regel 31
- Analogie 3
- Auffälligkeit 29ff.
- Axiomatik 18, 23
- Benzolring** 21
- Bewusstsein 11
- Big Data 28ff.
- Bildung 19
- Binet-Simon-Test 24
- black box 3
- CAVE** 34
- Chinesisches Zimmer 27
- Deep Blue gewinnt 26
- Definition* 1
 - Bewusstsein 11
 - Big Data 32
 - Denken 17
 - Information 8
 - Intelligenz 18
 - IQ-Test 24
 - KI 25
 - Kreativität 20
 - Lernen 14
 - Messen 23
 - Vergessen 17
 - Virtuelle Realität 32
- Deklarativ 13
- Diagnostik, psychologisch 24
- Diarama 34
- Element** 1
- Eliza-Programm 27
- Energie 5ff.
- Entropie, Shannon 9
- Episodisch 13
- Erkennen 7, 11
- Expertensystem 27
- Falsifikation 14
- Flynn-Effekt 24
- Fragetypen 19
- Funktion 1f
- Funktionen, mathematische 22
- fuzzy set 1
- Gaußkurve** 23
- Gedächtnis** 9
 - Stufen 15
- Gedichte, Goethe-Schiller 31
- gehemmtes Wachstum 30ff.
- Gehirn, Struktur 12
- Gesetz* 23
 - Zipf'sches 31ff.
 - Zipf-Mandelbrotsches 35
- Getragenes 7
- Hardware** 11
- Heurika 22
- Heuristik 19
- Hochintellektuelle 20
- Hype-Zyklus 31
- Ich Denke, Descartes** 17
- Ilias 24
- Informat 7, 34
- Informatik 27
- Information* 6
 - Arten 9ff.
- Informer 8, 34
- Intelligenz 18ff.
 - Künstliche 25
 - Quotient 24
 - Varianten 25
- IQ 24
 - Verlauf 25
- Judentum 20
- KI** 25
 - Hauptrichtungen 26
- Klix-Glöde-Algorithmus 29
- Kommunizieren 12
- Kontinuierliche Digitalisierung 22
- Korrelationen 29
- Kreativität, Arten* 20
 - Raten 21
- Künstliche Intelligenz* 25
 - Zuordnungen 27
- Künstliches Leben 28
- Kurve logistische 30
- Kybernetik 1, 27
- Lernen* 11ff.
 - 3 Phasen 16
- Letztbegründungen 23
- logistische Kurve 30
- Maße** 23
- Maßeinheit 23
- Materie 6
- Mathematik 18
- Mensch↔Roboter, Computer 28
- Messen 23
- Messwert 23
- Milieu, soziales 8
- Mnemotechnik 16
- Modell 1, 5ff.
- Modeschöpfer 18
- Münchhausen-Trilemma 1, 23
- Nachsteuerung 3f
- Neues 20
- Panorama** 33
- Paradigma 14
- Perspektive 33
- PISA-Studien 25
- Prägung 16
- Priming 13
- Problemlösungen 19
- Programmier-Sprachen 26
- Programmierung 21
- Prozedural 13
- Psychologie 27
- Realität** 7
- Rechentchnik 26
- Regeln 23
- Regelung 3ff.
- Reifegrad 31
- Reifung 16
- Relation 1
- Rocklänge 29
- Rotunde 33
- Rückkopplung 3ff.
- Schach** 26
- Semantisch 13
- Semiotik 9
- Sensorama 34
- Shannon-Entropie 9
- Simulation 26
- Software 10ff.
- Speicher 12
- Speicherung 9
- Spiele 26
- Sprachgebrauch 34
- Ständigkeit 23
- Steuerung 3ff.
- Stoff 5ff.
- Störwertaufschaltung 6
- Struktur 1f
- Stunde 15
- Synapse 15
- System 1
- Systematik 1
- Tod, Sokrates** 14
- Träger 7
- Transmitter 15
- Übertragung 8
- UN-Resolution 14
- Vergangenheit 9
- Vergessen 11, 17ff.
- Verifikation 13
- Verstärker 11
- Virtuelle Realität 19, 32 ff.
- Virtuelle Welt 10
- Volterra-Gleichung 30
- Wachstum gehemmtes 30ff,
- Wahrnehmen 12
- white box 3
- Widerruf, Galilei** 14
- Wiener-Zitat 8, 34
- Wirklichkeit 7
- Wissen* 11ff.
 - Anwendungen 17
 - Arten 11ff.
 - graues 27
 - Pyramide 26
- Zentralperspektive** 33
- Zimmer chinesisch 27
- Zipf-Mandelbrotsches Gesetz 35
- Zipf'sche Gesetz 31ff.