

# Über den unscharfen Gebrauch von Grundbegriffen in der Informatik

Werner Zorn

Hasso-Plattner-Institut an der Universität Potsdam  
zorn@hpi.uni-potsdam.de

## 1 Grundbegriffe der Informatik

Den „Grundbegriff“ in meinem Wortschatz verdanke ich meiner 4-jährigen Mitarbeit im Arbeitsausschuss AA1 des DIN in den Jahren 1976-1980, in dem ein 10-15 köpfiges Gremium in 3-4 Sitzungen pro Jahr die Neuauflage der vom März 1972 stammenden Begriffsnorm 44 300 „Informationsverarbeitung-Begriffe“ in Angriff nahm und seine Arbeit auch insoweit zu einem Ende führte, als im Oktober 1985 der Entwurf der neuen 44 300 als Gelbdruck erschien. Dieser brachte es zwar 1988 zum ersehnten Weissdruck, wurde aber mangels Akzeptanz durch die Fachwelt ebenso wie den Markt 2001 zurückgezogen und durch die fremdsprachliche ISO 2382 (engl./frz.) ersetzt.

Unter „Grundbegriffen“ wurde damals jener harte Kern von axiomatischen Basisbegriffen verstanden, auf welche sich die übrigen Begriffe mittels ge(\*)ter Referenzen abstützen und ohne die eine stabile Begriffswelt nicht aufgebaut werden kann.

In der Physik wären dies für das Gebiet Mechanik die Begriffe Kraft, Masse, Beschleunigung, in der Chemie Element, Verbindung, Molekül, in der Elektrotechnik Ladung, Strom, Spannung, Feldstärke samt den zugehörigen Modellvorstellungen.

Für den Geltungsbereich der DIN 44 300 „Informationsverarbeitung“ wurden innerhalb des AA1

Code, Daten, Information, Signal, Symbol, Wissen, Zeichen

als Grundbegriffe angesehen, wobei man sich entschied, die Begriffe „Wissen“ und „Information“ innerhalb der Norm nicht zu definieren, sondern sich bei diesen auf das Verständnis des allgemeinen Sprachgebrauchs abzustützen.

Die Tatsache, dass das Bemühen um einheitliche Begriffsdefinitionen und damit zu einem gemeinsamen Verständnis der Grundbegriffe der Informationsverarbeitung (syn. Computer Science, syn. Informatik) zu gelangen, ist nicht nur im Deutschen sondern weltweit nicht gelungen, hat wohl weniger damit zu tun, dass ein solches Grundverständnis nicht findbar sei, sondern dass man bisher offensichtlich ganz gut ohne leben konnte.

Zur Hinterfragung der Qualität des *State of the Art* sei folgende willkürliche Auswahl von Beispielen gängigen Sprachgebrauchs betrachtet:

- Verbindungslose Kommunikation
- Zustand eines Geschäftsprozesses
- Instanziierung von Objekten
- Werfen von Exceptions
- Deployen von Anwendungen
- überlappender Gebrauch von *Name, Adresse und Identität* ebenso wie von, *Daten-, Informations- und Wissensverarbeitung*
- Laufen von Programmen
- Bearbeiten von Kunden
- Schicken an Klassen
- Everything is an Object
- Authentifizieren von Personen (auch reflexiv)

Die angegebene Liste enthält dabei nicht nur Beispiele für unscharfen, bzw. saloppen Gebrauch von Begriffen, sondern sogar von fehlerhafter Interpretierbarkeit dadurch, dass Statisches und Dynamisches, Aktives und Passives, Hierarchisches und Gleichrangiges, Element und Relation, Zustand und Eigenschaft nicht mehr unterschieden oder sogar regelrecht verwechselt werden.

Bei der Analyse der Ursachen sind die Feststellungen zweier Wegbereiter der Informatik hilfreich, welche lauten:

„Information ist Information, nicht Materie oder Energie“ Norbert Wiener, 1961

und

„Informatik ist die Ingenieurwissenschaft des Geistes“ Karl Ganzhom, 1982

Gemäss der ersten Feststellung unterscheidet sich die Informatik von ihrem wesentlichen Inhalt her von den Naturwissenschaften, in welchen jeder Modellbildung das Experiment gegenüber gestellt wird mit der Forderung nach hinreichend guter und reproduzierbarer Übereinstimmung. Gemäss zweiter Feststellung entspringt die Modellwelt der Informatik dem schöpferischen Geist des Ingenieurs, für welche die Forderung nach Widerspruchsfreiheit und technischer Umsetzbarkeit gilt, jedoch nicht nach experimenteller Überprüfbarkeit der Ergebnisse ausserhalb der der Modellwelt entsprechenden technischen Artefakte.

Beide Feststellungen zusammengenommen lassen eine Charakterisierung der Informatik als metaphysische Disziplin zu, wodurch sie in der Frage nach ihrer Begrifflichkeit in deutliche Nähe zur Philosophie rückt. So behandelt der Philosoph Nicolai Hartmann (1882-1950) in seinem Werk „Der Aufbau der realen Welt“ [Hart1940] das Problem der Kategorienbildung als das geeigneter Abstraktionen in einem vieldimensionalen Merkmalraum. Nichts anderes betreibt die Informatik in Erweiterung der Objektorientierten Modellierung derzeit unter dem Begriff „Ontologien“ als hochaktuelles Forschungsgebiet.

Vor diesem Hintergrund lassen sich die im Folgenden diskutierten Begriffsdefinitionen methodisch in zwei Klassen einteilen: in kasuistische, bei welchen die denkbaren Fälle einzeln aufgezählt werden und in abstrahierend – generalisierende, bei welchen die generalisierende Definition von unwesentlichen Unterschieden (“Akzidenzen“) abstrahiert und

das wesentlich Gemeinsame (“Essenzen“) kategorisiert. Methodisch ist der zweite Ansatz stets der vorzuziehende, gleichzeitig aber auch der mit Abstand schwierigere, läuft er doch darauf hinaus, Begriffsdefinitionen nicht als getrennte Einträge eines Fachwörterbuchs zu verstehen, sondern als Teile eines möglichst vollständigen und widerspruchsfreien Weltbildes des jeweiligen Fachgebiets.

Im Folgenden werden Ursachen für das im Titel genannte Problem am Beispiel ausgewählter Begriffsdefinitionen analysiert, denen als möglicher Lösungsansatz das am HPI in den letzten Jahren entstandene Begriffsverständnis gegenübergestellt wird. Hierbei werden die von Hartmann seiner kategorialen Ordnung in Form von Gegensatzpaaren zugrunde gelegten Dimensionen angegeben. Zunächst soll jedoch der Informatik-übergreifende Begriff des Modells betrachtet werden.

## 2 Modell als Modellvorstellung

Betrachtet sei die in der folgenden Abbildung dargestellte Miniaturausgabe einer BMW Isetta aus den 50-iger Jahren alias „Spielzeugauto“:



**Abbildung 1:** Miniaturausgabe einer BMW Isetta [Quelle: Internet]

Dabei stellen sich die folgenden Fragen: handelt es bei dem in Abb. 1 gezeigten Teil

- um ein „Spielzeugauto“
- um ein Modell des Autos vom Typ BMW Isetta
- um beides?

Dabei mag es Befragte geben, die die Isetta kennen (I.), und solche, welche noch nie eine Isetta gesehen haben, z. B. ein „Marsmensch“ (II.). Menschen nach I. werden vermutlich mit c) antworten, „Marsmenschen“ nach II. mit a).

Die Widersprüchlichkeit der Antworten bezüglich der Modellhaftigkeit des betrachteten Teils abhängig vom Befragten läßt nur den Schluß zu, dass es sich hierbei nicht um eine

objektive Eigenschaft, sondern um eine subjektive Relation handelt zwischen dem realen Teil und dem einzelnen Betrachter mit seiner individuellen Modellvorstellung. Wir werden hiervon bei der Definition des Begriffs „Information“ sehr wesentlichen Gebrauch machen.

Zuvor soll jedoch der Begriff „Modell“ entsprechend definiert werden:

**System-Modell: Abstraktion eines Systems unter speziellen Aspekten**

mit Abstraktion = Vergrößerung der Betrachtungsweise und Aspekt = Blickrichtung. Die Definition bringt wie gewünscht zum Ausdruck, dass ein Betrachter bestimmte Blickrichtungen auf ein System einnimmt, innerhalb derer er einzelne Sachverhalte wahrnimmt, andere nicht. Das System kann dabei real oder gedacht sein. Im Hartmann'schen System der 12 kategorialen Gegensatzpaare handelt es sich hierbei um das 11. Gegensatzpaar Substrat  $\Leftrightarrow$  Relation.

Das der Definition zugrunde liegende Modellverständnis impliziert, dass *Alles*, worüber wir reden, nachdenken, lehren oder kommunizieren immer nur unsere subjektive Modellvorstellung von *Dem* ist, was tatsächlich ist. Dies würde für die Informatik-Lehre z. B. bedeuten, dass Vorlesungen über

Betriebs-Datenbank-, Kommunikations- etc...-Systeme eigentlich

Modellierung von Betriebs-, Datenbank-, Kommunikations- etc...-Systemen lauten müßten, bzw. dass der Zusatz „Modellierung von...“ verzichtbar wäre und zur Vermeidung von Fehlinterpretationen dann auch verbindlich ein für alle Mal entfallen sollte.

Auf die Frage, ob der obigen Modelldefinition nicht noch weitere Gegensatzpaare wie abstrakt  $\Leftrightarrow$  konkret oder gedacht und real innewohnen, wird in Abschnitt 8 am Ende des Beitrags eingegangen.

### 3 Information und Wissen

In DIN 44 300 werden die Begriffe „Information“ und „Wissen“ als sprachliches Gemeingut angenommen und daher nicht gesondert definiert. Eine den Sprachgebrauch widerspiegelnde Definition ist z. B. in der Wikipedia-Enzyklopädie zu finden und lautet:

D.0 [de.wikipedia.org/wiki/Information]

**Information** (von lateinisch: informare ‚bilden, durch Unterweisung Gestalt geben‘) ist potenziell oder tatsächlich vorhandenes nutzbares oder genutztes Wissen. Wesentlich für die Information ist die Wiedererkennbarkeit sowie der Neuigkeitsgehalt anhand eines bestimmten Musters von Materie und/oder Energieformen in Raum und/oder Zeit: Das verwendete Muster ist für einen Betrachter innerhalb eines bestimmten Kontextes von Bedeutung und verändert dadurch dessen inneren Zustand im menschlichen Zusammenhang insbesondere dessen Wissen. Formaler ist Information die Beseitigung von Unbestimmtheit.

Demgegenüber findet man in der Fachliteratur zahlreiche unterschiedliche Definitionen, meist in Form erläuternden Gebrauchs, von denen die folgenden willkürlich ausgewählt wurden:

D.1 Albert Endres in [Endr2003]

**Informationen** sind Daten, die man interpretieren kann

**Wissen:** Objekte und Modelle, die wir für wahr und nützlich halten, da sie die Welt in und um uns herum erklären und unser Handeln vernünftiger werden lassen

D.2 Gerhard Krüger in [Krü2000]

**Information:** Die Bedeutung, die ein Mensch aufgrund der den Daten zugrunde liegenden Vereinbarungen (Konventionen) diesen beilegen kann

**Achtung:** Informationsbegriff bezieht sich damit ausschließlich auf den Menschen! Menschen und Maschinen können Daten handhaben, aber nur der Mensch kann aus Daten Informationen gewinnen

**Empfehlung:** Verwendung des Begriffs Information bei präziser Ausdrucksweise in der Vorlesung möglichst vermeiden

D.3. Manfred Broy in [Hub2003]

**Information** nennt man den abstrakten Gehalt („Bedeutungsinhalt“, „Semantik“) einer Aussage, Beschreibung, Anweisung, Nachricht oder Mitteilung. Die äußere Form der Darstellung nennt man Repräsentation (konkrete Form der Nachricht)

Betrachten wir zunächst den Begriff „Information“ in D.1-D.3:

Methodisch handelt es bei allen drei Definitionen um abstrahierend-generalisierende mit kasuistischen Abstütungen bei D.3. In allen drei Definitionen ist die Bedeutung das Essentielle von Information (angenommen, dass unter Interpretieren die Zuordnung einer Bedeutung zum Interpretierten gemeint ist). D.2 misst die Fähigkeit, Bedeutung zuzuordnen, ausschließlich dem Menschen zu, während in D.1 und D.3 die Möglichkeit von maschineller Interpretation nicht ausgeschlossen wird. D.1 und D.2 stützen Information auf die Repräsentation in Form von Daten ab. D.3 unterscheidet zwischen Form und Bedeutungsinhalt, welcher invariant gegenüber der Repräsentation ist. In D.3 kann eine Sender-/Empfänger-Beziehung angenommen werden, während in D.1 und D.2 die Quelle von Information offen bleibt. Im Gegensatz zu der enzyklopädischen Definition D.0 stützt sich keine der Definitionen D.1-D.3 auf „Wissen“ ab, sondern auf deren materiell/energetischer Repräsentation in Form von „Daten“ oder „Nachrichten“.

Trotz der Unterschiedlichkeit ist den Definitionen D.1-D.3 gemeinsam die Unterscheidung von interpretierbarer Form und zuordnenbaren Inhalten, wobei der adjektivische Suffix „-bar“ eine objektive Eigenschaft des zugehörigen Nomens ausdrückt, unabhängig von der subjektiven Fähigkeit eines Individuums, von dieser Eigenschaft auch Gebrauch machen zu können. Anders ausgedrückt: sofern nur Irgendwer auf der Welt einer Form eine Bedeutung zuordnen kann, z. B. einer Geheimzahl einen geheimen Ort, so ist diese Geheimzahl Information.

Darüberhinaus verbleiben ein Reihe von offenen Fragen wie:

Zu D.1: sind interpretierbare Daten die einzige Form von Information?

Zu D.2 (unter Einbeziehung von zugehöriger Anmerkung und Empfehlung): warum soll bei präziser Ausdrucksweise der Begriff Information vermieden werden? Diese Frage stellt sich insbesondere unter Bezug auf die voranstehenden Ausführungen in Abschnitt

2 über Modell als subjektive Modellvorstellung eines vernunftbegabten Individuums mit seinen Informationen über das jeweils betrachtete System.

Zu D.3: ist eine Aussage, Beschreibung etc. überhaupt noch Information, wenn Information der von der konkreten Repräsentation abstrahierte Bedeutungsinhalt ist? Welcher Unterschied, falls Nein, besteht dann zwischen Information und Bedeutung?

Zusammenfassend findet die im Titel des Beitrags aufgestellte Behauptung des unscharfen Gebrauchs von Grundbegriffen bezüglich des Begriffs „Information“ ihre Bestätigung, woraus sich unschwer die Hypothese ableiten läßt, dass die jeweiligen Unschärfen in unterschiedlicher Weise auf alle mit „Information“ zusammenhängenden Begriffe vererbt werden.

Bei dem Bemühen um Überwindung der festgestellten Inkonsistenzen und Unklarheiten wird man sich methodisch von der Frage leiten lassen müssen:

a) welches ist die höchste Abstraktion, d. h. die umfassendste Modellvorstellung und hierfür inhaltlich folgende konkrete Fragen zu klären haben

b1) welche möglichen Erscheinungsformen von Information gibt es

b2) welche Beziehung besteht zwischen „Information“ und „Wissen“

Beginnt man mit Frage b1), so läßt sich diese mit Blick auf die Definitionen D.1-D.3 wie folgt konkretisieren: welche Erscheinungsformen von Information gibt es über die Repräsentation in Form von Daten (D.1 und D.2) und Nachrichten (D.3) hinaus?

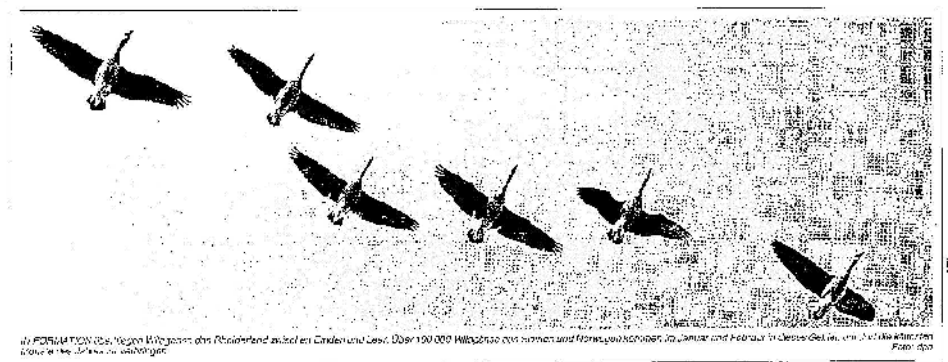
Unter Veranschaulichung der Frage mit Hilfe der Abb. 2 wird evident, dass

1. die reale Welt voller Informationen ist, deren Erscheinungsform wir mittels unserer Sinne direkt oder indirekt (d. h. mit zusätzlichen Hilfsmitteln) wahrzunehmen in der Lage sind
2. wir mit Hilfe unseres Gehirns in der Lage sind, aus vorhandenem Wissen und ggf. zusätzlichen Wahrnehmungen neues Wissen zu erzeugen.

Wäre mit der 2. Feststellung dann „Wissen“ nicht einfach gleich „Information“? Die Antwort lautet Nein, doch bevor wir dieses begründen, wollen wir mögliche Erscheinungsformen von Information anhand zweier Beispiel veranschaulichen.

Betrachten wir die reale Welt als den primären Ursprung von allem Wissbaren, so erleben wir diese unmittelbar mittels wahrnehmbarer physikalischer Größen, die im Unterschied zu nicht wahrnehmbaren Größen als Signale bezeichnet werden. Blitz und Donner sind solche Signale ebenso wie die Flugbahnen der Wildgänse von Abb. 2, die weder Daten noch Nachrichten darstellen. Die Werteverläufe von Signalen können je nach Ursprung und Beobachtungsmethode kontinuierlich oder diskret in Zeit und Raum sein.

Das Gewitter mit Blitz und Donner können wir wahrnehmen und es stellt damit für uns die Information dar, dass es stattfindet. Mit weiteren Beobachtungen können wir zusätzliche Informationen gewinnen über genauen Zeitpunkt, Dauer, freigesetzter Energie u. a. m. Eine darüberhinaus gehende Bedeutung („Thor ist wütend“, „Gewitter im Mai, April vorbei“) hat das Gewitter nicht. Entsprechend senden uns die Wildgänse von Abb. 2 keine Nachricht, liefern aber dem aufmerksamen Beobachter „unendlich“ viel Information.



**Abbildung 2:** IN FORMATION überfliegen Wildgänse das Rheiderland zwischen Emden und Leer  
(Quelle: BNN – Badische Neueste Nachrichten 2001, Photo dpa)

Texte in ägyptischer Hieroglyphenschrift konnten lange Zeit nicht gedeutet werden, bis schließlich im Jahr 1799 der Fund des Steins von Rosetta den Schlüssel zur Entzifferung lieferte, welche J.-F. Champollion dann im Jahre 1822 gelang. Waren die Hieroglyphentexte damit erst nach dem Rosetta-Fund Information oder bereits vorher? Sie waren es natürlich bereits vorher – im Gegensatz zu den Abdrücken von Hühnerfüßen in assyrischen Lehmziegeln, die man ebenfalls eine zeitlang für geschriebene Texte hielt.

Die aufgezeigte Spannweite führte zu der folgenden Definition

**Information: Wissbares**

Siegfried Wendt, 1989

welche „Information“ als die Obermenge allen

Herausfindbarens, Erfragbarens und Denkbarens

versteht und damit sämtliches bereits vorhandenes, sowie jemals potentiell hinzukommendes Wissens umfasst [Wendt89].

Betrachten wir hierzu noch einige veranschaulichende Beispiele:

der Inhalt sämtlicher Bücher der chinesischen Staatsbibliothek in Beijing

das Weltbild des noch lebenden Philosophen Jürgen Habermas (\*1929)

die Durchmesser aller Gesteinsbrocken > 10kg auf der Rückseite des Mondes

die biochemischen Gesetze der Darwin'schen Evolutionslehre

Keine Information sind demnach

Der Inhalt der Bibliothek von Alexandria (nicht mehr Herausfindbar)

Das Wissen der Verstorbenen (nicht mehr Erfragbar)

Die Gesänge der Planeten (nicht mehr Denkbar)

Die Unendlichkeit des Universums (noch nicht Denkbar)

Im Gegensatz dazu sind in Umkehrung der Wiener'schen Aussage keine Information und damit Nicht Wissbares

Alles Materiell/Energetische  
sowie als ebenso von anderer Beschaffenheit

Alles Emotionale (Fühlbares) und Transzendente (Glaubbare)  
wobei sich die Grenzen zwischen Wissbarem und Nicht Wissbarem im Laufe der Menschheitsgeschichte verschoben haben. Informationen über Glaubbare und Fühlbare können zwar mitgeteilt und damit gesichert übertragen werden, nicht aber der Glaube und die Gefühle selbst.

Als weitere Veranschaulichung für die Definition „Information = Wissbares“ kann der Wissenschaftsbereich selbst dienen, dessen Tätigkeit – abstrahiert – in nichts anderem besteht als der fortdauernden Ermittlung und Auswertung von Informationen als Wissbarem. Hierbei sei auf den potentiell hohen Informations-Kompressionsgrad bei der Gewinnung von Wissen durch Erkenntnis (= Erkennen) hingewiesen, leicht zu belegen anhand der Kepler'schen Gesetze über die Planetenbahnen. Dieser Mechanismus wird in den folgenden Ausführungen noch verdeutlicht.

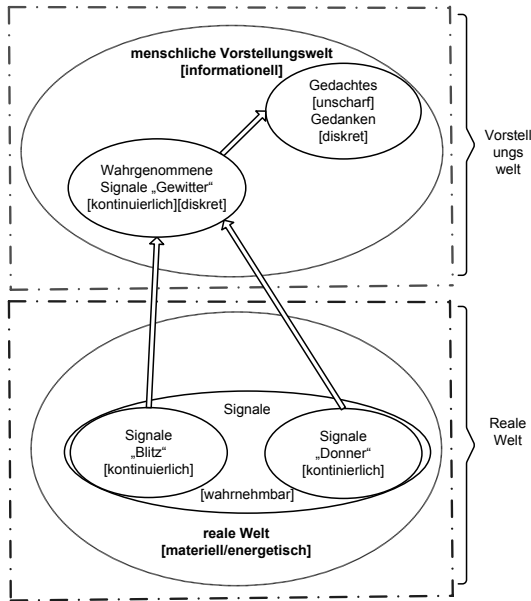
Es verbleibt die Definition von „Wissen“. Ausgangspunkt ist der Unterschied zwischen „Wissbarem“ und „Wissen“. Sprachlich drückt „...bar“ das Potential aus (s. o.), welches dem betrachteten Sachverhalt zu eigen ist, aber verloren geht, wenn davon Gebrauch gemacht wird. Eine Speise auf dem Teller ist „essbar“, eine Speise im Magen ist „gegessen“. Übertragen auf „Wissbares“ bedeutet dies, dass einmal Gewusstes das Potential, „wissbar“ zu sein, verlieren müßte. Dies sollte in den Definitionen beachtet werden und gibt Anlaß zu folgenden Betrachtungen:

- I. „Information“ besitzt im Gegensatz zur Speise (oder jedwedem anderen Materiell/Energetischen) die Eigenschaft, für beliebig viele Individuen wiss„bar“ zu sein, ohne diese Eigenschaft zu verlieren, wenn irgendein Individuum das Potential ausschöpft. Diese einzigartige(!) Eigenschaft von Information findet sich z. B. wieder im Begriff „Mitteilung“, welcher ausdrückt, dass der Inhalt von Zweien oder Mehreren geteilt werden kann, ohne dass der oder die jeweils Anderen diesen einbüßen. Mit anderen Worten: Information bleibt „Wissbares“, auch wenn ein einzelnes Individuum daraus „Wissen“ gewonnen hat, solange diese Information für Andere noch verfügbar ist. Ginge bei der Wissensgewinnung die dabei genutzte Information verloren, z. B. durch physische Vernichtung oder durch Vergessen, so gäbe es auch das ehemals Wissbare nicht mehr.
- II. Beim Menschen (ebenso wie bei anderen vernunftbegabten Lebewesen) wird unterschieden zwischen dem „Wissen“, welches in den Tiefen ihres Gehirns abgelegt ist und dem „Bewußtsein“, welches den Teil des Wissens umfaßt, der im Denken präsent ist. Ersteres ist bereits Gedachtes, letzteres sind die aktuellen Gedanken.

Folgt man dieser Modellvorstellung, so läßt sich das im Gehirn gespeicherte und abrufbare Wissen für den Wissenden selbst wiederum als Wissbares = Information verstehen (Herausfindbares). Auf dieses greift er beim eigenen Denken zu und generiert ggf. neues Wissen (Denkbares). Für Andere ist das Wissen eines Menschen ebenso Wissbares = Information (Erfragbares), sofern der Wissende bereit und in der Lage ist, dem Fragenden sein Wissen mitzuteilen.

Auf Basis dieser Modellvorstellung läßt sich definieren:





**Abbildung 3:** Menschliche Vorstellungswelt vs. Reale Welt

wird er bei seinem als Information wahrgenommenen Signal kein Wissen in Form einer diskreten Bezeichnung „Gewitter“ assoziieren, sondern sein abgespeichertes Wissen wird lediglich aus „amorphen“ Erinnerungen an einzelne markante Blitz- und Donnerschläge bestehen. Wie in Abb. 3 dargestellt, wird er sich vermutlich zusätzlich Gedanken über das Erlebte machen, welche von diskreter Form sein können z. B. „Das Erlebte scheint etwas Gefährliches zu sein“. Zusätzlich ist in Abb. 3 noch eine Abbildung des kontinuierlichen wahrnehmbaren Signals in ein diskretes dargestellt, z. B. in Form einer Zuordnung eines diskreten Wertes 7,5 auf einer nach oben offenen Donner-Skala. Diese hier innerhalb der realen Welt angenommene Abbildung, wie sie beispielsweise auch im Digitalrechner stattfindet, nimmt dem menschlichen Informationsverarbeitungssystem lediglich einen Erkennungs(=Abstraktions)-Schritt ab, wie in den nachfolgenden Abbildungen 4 und 5 noch dargestellt werden wird.

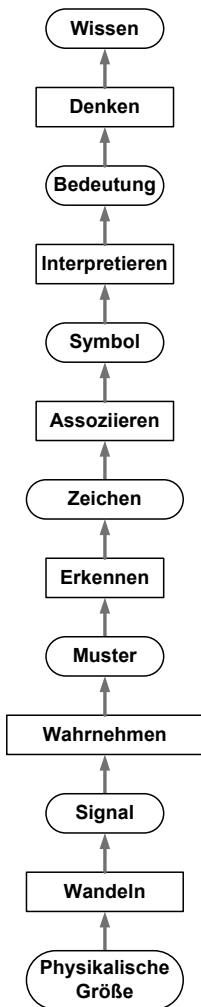
Vor dem Hintergrund des Fallbeispiels „Gewitter“ sei die folgende in der Norm 44 300 getroffene Definition betrachtet:

D.4 DIN AA1 [DIN44300-85]  
**Signal:** die physikalische Darstellung von Nachrichten(\*) oder Daten(\*)  
**digitales Signal:** ein Signal, dessen Signalparameter(\*) eine Nachricht(\*) oder Daten(\*) darstellt, die nur aus Zeichen(\*) besteht bzw. bestehen.

D.4 ignoriert die physikalische Natur von Signalen völlig, sondern betrachtet diese ausschließlich unter dem Aspekt ihrer Nutzenanwendung zur Darstellung von Informationen. Dies ist so, als würde man elektromagnetische Wellen erklären wollen als von der Natur eigens erfundene modulierbare Träger zum Transport von Nachrichten. Dass Signale selbst Informationen sind („Wissbares“ wie Blitz und Donner), wird ebenfalls ignoriert.

Mit der Charakterisierung von Signal als Darstellung wird deren menschliche oder maschinelle Wahrnehmbarkeit zwar nicht genannt, aber impliziert. Von der Vielschichtigkeit der Verarbeitungsvorgänge vom Signal zum Wissen und umgekehrt wird abstrahiert, was jedoch eine unzweckmäßige Vergrößerung der Betrachtungsweise darstellt, wie im Folgenden verdeutlicht werden soll.

Die auf dem Weg vom Signal zum Wissen stattfindenden Verarbeitungsvorgänge lassen sich als Abbildungen von Ursprungs- auf Bildmengen verstehen, wie es durch die folgende Abb. 4 veranschaulicht ist:



**Abbildung 4:** Abbildungen von realer Welt zum Wissen (Oval = Speicher mit Inhalt, Rechteck = Operation)

Die physikalischen Größen als Abbild der realen Welt müssen meßbar sein, damit für einen bestimmten Ausschnitt durch Messung und Wandlung hieraus ein wahrnehmbarer Werteverlauf erzeugt werden kann, welchen wir direkt oder indirekt wahrnehmen können und deshalb als Signal bezeichnen. Die betrachtete reale Welt kann z. B. aus einem Brocken Uranerz oder einer fixierten Anhäufung von Kopierpulver auf einem Stück Papier bestehen oder einem gerade spielenden Synchronorchester. Ersteres können wir akustisch durch das diskrete Ticken eines Geigerzählers wahrnehmen, zweites optisch als kontinuierliche 2-dimensionale Grauwertverteilung, letzteres akustisch als Überlagerung zahlreicher Schallwellen. Durch Wahrnehmung wird das Signal zum Muster, wobei diese Abbildung mit einer komplexen (Vor-)Verarbeitung des Signals verbunden sein kann, z. B. in Form einer Rasterung der Grauwertsignale oder einer instrumentenspezifischen Filterung bestimmter Frequenzen. Durch Erkennen wird ein Muster einer Zeichen-Kategorie zugeordnet, z. B. der Grauwertverteilung in Form einer ursprünglich handgeschriebenen Zwei als 2 erkannt und der Kategorie der Zahl 2 zugeordnet. Im Sprachgebrauch wird Mustererkennung und Zeichenerkennung oftmals synonym verwendet, gelegentlich mit unklarer Zuordnung von Ursprungs- und Bildmengen. Mit dem Erkennen erfolgt i. a. gleichzeitig ein Benennen zur Unterscheidung der erkannten Kategorie von möglichen weiteren. Mit einem erkannten Zeichen können im nächsten Schritt kontextabhängig unterschiedliche Kategorien oder auch konkrete Objekte assoziiert (=vorgestellt) werden, z. B. mit der 2 ein TV-Programm, eine Schulnote, eine Klasse der Bahn oder eine natürliche Zahl. Ist das Assoziierte Träger einer Bedeutung, so nennen wir dieses ein Symbol. Interpretieren steht synonym für Deuten von Symbolen oder Symbolstrukturen mit einer Bedeutung als Ergebnis, womit wir die Kategorie des Gedachten = Wissen erreicht hätten, abgelegt im Gedächtnis und von dort wieder abrufbar.

Abb. 4 zeigt nur einen Pfad vom Signal zum Wissen. Tatsächlich gibt es mehrere Pfade und insbesondere strukturelle Zusammenführungen auf nahezu allen Schichten, wie die folgende Abb. 5 dies veranschaulichen soll.

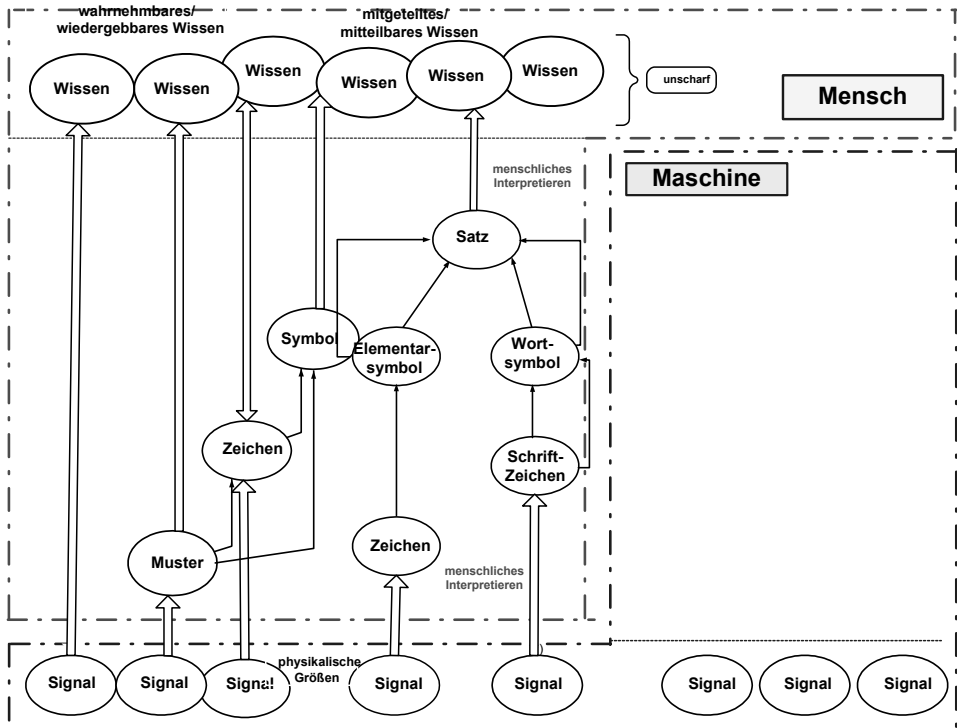


Abbildung 5: Übergänge von Signal zu Wissen

Die dicken Pfeile bedeuten dabei Übergänge zwischen den durch die Gegensatzpaare definierten Teilräumen. Die großen strichpunktirt berandeten Bereiche unterscheiden sich im Gegensatzpaar *gedacht*  $\Leftrightarrow$  *real* synonym *informationell*  $\Leftrightarrow$  *materiell/energetisch* synonym *Mensch*  $\Leftrightarrow$  *Maschine*. Der informationelle Teilraum unterscheidet sich nach *Form*  $\Leftrightarrow$  *Inhalt* synonym *formulierbar*  $\Leftrightarrow$  *formuliert* synonym *Wissen*  $\Leftrightarrow$  *formulierte Information*. Der durch das gepunktete Rechteck berandete mittlere Bereich unterscheidet sich von den unteren Bereichen in den Attributen *diskret*  $\Leftrightarrow$  *kontinuierlich*, der obere Bereich des Wissens von den übrigen Bereichen der realen und informationellen Welt durch die Attribute *formlos* (= *amorph, strukturlos*)  $\Leftrightarrow$  *formbehaftet* synonym.

Gemäß dieser Einteilung lassen sich die zu definierenden Begriffe mit folgenden Attributen versehen:

Wissen (=Gedachtes) [formulierbar, amorph]:  
 Kreiertes (= schöpferische Gedanken)

Interpretiertes (=Gedeutetes) [formuliert, diskret]:  
     Symbol(struktur)/Wort(symbol)/Satz (=Deutbares)  
         Muster/Zeichen: [wahrgenommen, diskret]  
         Signal in der realen Welt (s.u.)  
 Assoziiertes (=Zugeordnetes)  
     Muster/Zeichen [diskret]  
         Signal in der realen Welt (s.u.)  
 Wahrgenommenes (= Gesehenes, Gehörtes, Getastetes, etc)  
     Signal in der realen Welt (s.u.)  
 Reale Welt [materiell/energetisch]  
     Signal [real, kontinuierlich, wahrnehmbar]

Gemäß dieser Modellvorstellung gelangt man zu folgenden Begriffsdefinitionen:

- **Wissen:** Gedachtes
  - **Satz:** ganzheitlich interpretierbare Symbolstruktur
  - **Wort:** ganzheitlich interpretierbare Zeichenfolge (=Wortsymbol)
  - **Symbol:** assoziiertes, ganzheitlich interpretierbares Zeichen (-struktur)
  - **Zusammengesetztes Zeichen:** ganzheitlich erkennbare Zeichenstruktur
  - **Zeichen:** ganzheitlich erkennbares Muster
  - **Muster:** erkennbares Signal
- **Signal:** wahrnehmbarer Werteverlauf in Raum und Zeit

mit

**Erkennen:** etwas Wahrgenommenes bereits bewusst wahrgenommen haben  
**Assoziieren:** mit etwas Erkanntem eine Vorstellung verbinden  
**Interpretieren:** Vorgestelltes deuten, i. a. in vorgeschriebener Weise

Ein gutes Verständnis dieser Begriffe vermittelt dabei die Beschäftigung mit der frühkindlichen Sprachentwicklung [Rei2005].

Die dargestellte Wissensgewinnung aus Signalen der realen Welt in den angegebenen Erkenntnisschritten sollte nicht den Eindruck erwecken, als ob dieser Vorgang schematisch und damit formalisierbar sei. Die wesentliche Brückenfunktion zwischen zwei formalisierbaren Teilbereichen dürfte dabei der Assoziation zukommen, in der sich natürliche Wahrnehmung mit einer oftmals freien Vorstellung verbindet.

Die an unserer Schnittstelle zur realen Welt beobachtbaren Signale sind nur Erscheinungsformen derselben und das aus diesen Erscheinungsformen abgeleitete Wissen ist noch lange kein Modell der realen Welt. So sind die sinusförmigen Strom- und Spannungsverläufe innerhalb eines elektrischen Schwingkreises zwar ein Abbild realer interner Vorgänge, jedoch kein Vorstellungsmodell, welches wir als adäquates Wissen über einen elektrischen Schwingkreis bezeichnen würden. Hiermit soll nochmals verdeutlicht werden, dass Formen und Formulierungen an der Schnittstelle zwischen realer Welt und unserem Verstand

nur gedachte Darstellungen sind, die uns jedoch das intelligente Denken und Kommunizieren über diese überhaupt erst ermöglichen.

Zum Vergleich sei an die Definition von Wissen aus D.1 erinnert:

Aus D.1 Albert Endres in [Endr2003]

**Wissen:** Objekte und Modelle, die wir für wahr und nützlich halten, da sie die Welt in und um uns herum erklären und unser Handeln vernünftiger werden lassen

Die bisher betrachtete reale Welt als ursprüngliche Quelle aller Information und damit auch allen Wissens teilt uns nichts mit. Sie ist einfach nur da. Aus diesem Grund haben wir bisher zwar den Begriff „Signal“ für wahrnehmbare physikalische Größen verwendet, nicht aber den Begriff „Signalisieren“, denn Signalisieren würde einen Akteur voraussetzen, der einen möglichen Beobachter beeinflussen will, z. B. in dem er mit diesem kommuniziert. Dieses soll im folgenden Abschnitt behandelt werden.

## 5 Mitteilung von Wissen

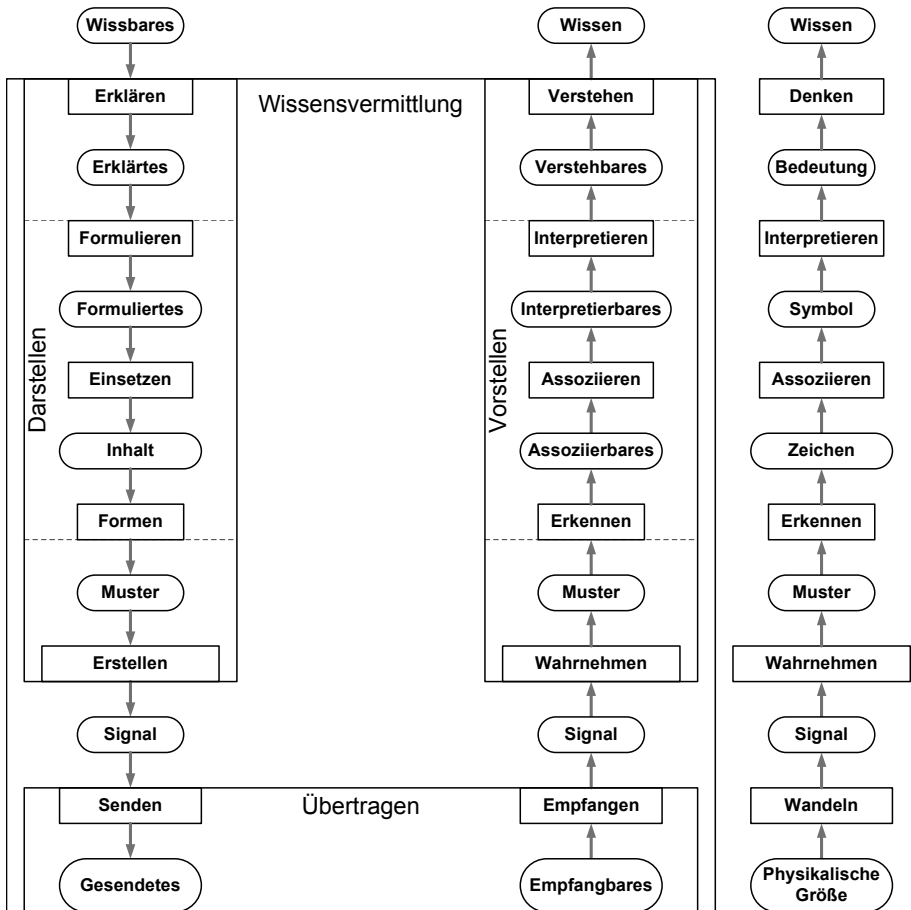
Mitteilung von Wissen setzt nach herkömmlichem Verständnis die Übertragung von Information voraus. Es stellt sich die Frage, inwieweit die bisher definierten Begriffe mit diesem Verständnis verträglich sind und welche Begriffe ggf. noch zusätzlich benötigt werden.

Information als „Wissbares“ bedeutet in einer Sender-/Empfänger-Beziehung, dass der Sender über „Wissen“ verfügt, welche für den Empfänger „Wissbares“ darstellt. Die einzelnen Inhalte der Wissensvermittlung kann man mit Hilfe folgender Begriffspaare spezifizieren:

Gedachtes/ Wissbares  
 Dargestelltes/ Vorstellbares  
 Erklärtes/ Verstehbares oder  
 Mitgeteiltes/ Erfahrbares  
 Formuliertes/ Interpretierbares  
 Eingesetztes/ Assoziierbares  
 Geformtes/ Erkennbares  
 ... Ergestelltes/ Wahrnehmbares  
 Übertragenes/ Empfangbares

Entsprechend ergeben sich für die Operationen die komplementären Begriffspaare, wie sie zusammen mit den Inhalten im Schichtenmodell von Abb. 6 dargestellt sind. Zum Vergleich ist das Schichtenmodell für den Wissenserwerb aus Informationen über die reale Welt von Abb. 4 beigestellt.

Die Anzahl von Hierarchiestufen, die Grenzziehung zwischen Teilhierarchien ebenso wie die Begriffe für Operationen und Inhalte werden sich für die Vielfalt möglicher Anwendungswelten nicht durch ein einziges Abstraktionsmodell adäquat abbilden lassen. Dies ist aber auch nicht Ziel des vorliegenden Aufsatzes. Vielmehr geht es unter dem Aspekt konsistenter Begriffsdefinitionen um die entsprechenden Grenzziehungen zwischen den



**Abbildung 6:** Wissensvermittlung vs. Wissenserwerb (s. Abb. 4) (Ovale = Speicher mit Inhalten, Rechtecke = Operationen)

bisher behandelten zentralen Grundbegriffen „Wissen“ und „Information“, sowie den im folgenden Abschnitt noch zu definierenden Begriffen „Daten“ und „Code“.

Vor diesem Hintergrund sind die folgenden Erläuterungen zu Abb. 6 zu geben: der gesamte Vorgang der Wissensvermittlung lässt sich grob einteilen in die Phasen

- Wissensseitiges Erklären/Verstehen [informationell, amorph]
- Sprachliches Formulieren/Interpretieren [informationell, diskret]
- Physisches Erstellen/Wahrnehmen [informationell, kontinuierlich]

in Abb. 6 zusammengefasst unter

Darstellen/Vorstellen

mit spezifischen Abgrenzungsunterschieden im oberen und unteren Bereich, markiert durch die gestrichelten Linien. So ist ein Satz wie „Der Mond ist aus grünem Käse“ zwar

syntaktisch und semantisch korrekt interpretierbar, aber in seiner Bedeutung nicht verstehbar. So wird ein Maler das in seiner Vorstellung geformte Muster physisch selbst auf die Leinwand bringen, während der Journalist seinen Artikel als Text-Datei zur Setzerei schickt. Die letzte Phase der

Übertragung [materiell/energetisch, kontinuierlich]  
erfolgt in jedem Fall über ein physikalisches Medium.

Entsprechend der Modellvorstellung von Abb. 6 können wir feststellen, dass die riesige Menge dessen, was allgemeinüblich unter Information verstanden wird, nur eine Teilmenge der sehr viel umfassender definierten Information gleich „Wissbares“ bildet, welche zur Unterscheidung nach Abb. 6 wie folgt bezeichnet und definiert werden kann:

**formulierte Information: interpretativ Wissbares**

In Abb. 6 hat diese ihre Quelle im menschlichen Wissen mit der Maßgabe, dass dieses „erklärbar“ alias „mittelbar“ ist. Was ist nun mit Wissen, welches nicht mehr mittelbar ist? Ist dieses auch noch Information?

Eine von mir sehr verehrte und hochintelligente Freundin und Geigerin konnte nach einem Schlaganfall nur noch einen Satz formulieren „Es ist eine Wiese“ und als Bestätigung dafür, dass sie in dem, was sie damit ausdrücken wollte, richtig verstanden wurde, das Wort „Genau“. Sie verfügte nachwievor über ein großes Wissen, welches sie jedoch nur noch unter grossen Schwierigkeiten mitteilen konnte. Man stößt in diesem Fall in den Grenzbe- reich dessen vor, was wir unter „Mitteilen“ verstehen wollen und auf die Grundsatzfrage, ob wir „Wissen“ als „Information“ bezeichnen wollen, selbst wenn dieses nach aussen nicht mittelbar sein sollte. Die zweite Frage lässt sich sehr einfach mit Ja beantworten, denn auch der Mensch greift intern in der Rolle eines Fragenden auf sein Gedächtnis zu ähnlich wie ein Externer in der Hoffnung, die benötigte Information dort zu finden.

Verbleibt noch als letzte hier zu stellende Frage, inwieweit und ggf. wodurch sich die  
Aus Wissen formulierte Information  
 von der

Aus Wahrnehmung der realen Welt gewonnener Information

unterscheidet? Die Antwort lautet „Im Prinzip durch nichts“, denn bei der Wahrnehmung wird aus dem kontinuierlichen Signal bereits auf einer unteren Schicht ebenfalls formulierte Information erzeugt in Form eines Muster, z. B. bestehend aus regelmäßig angeordneten Grauwert-Pixel oder den diskreten Amplitudenwerten einer akustischen Schwingung.

Nach dieser Grenzbetrachtung sei zurückgekehrt zu den Ausgangsbegriffen „Information“ und „Wissen“ und folgende, mittlerweile mögliche Ordnung angeben:

- Information (=Wissbares) [informationell]
  - Wissen und Gedanken[amorph]
  - Formulierte Information [diskret]
  - Signale [kontinuierlich]
- Nicht-Information („Nicht Wissbares“)
  - Reale Welt [materiell/energetisch]
  - Nicht Herausfindbares, z. B.
    - Untergegangenes Wissen [nicht existent]

Nicht Erfragbares, z. B.

Nicht Gewußtes [nicht existent]

Udenkbares: Gefühle [emotional], Glaube [spirituell]

Bisher stand der Mensch Modell für die Begriffsbildungen. Im folgenden Abschnitt soll die Übertragbarkeit der Begriffe auf Maschinen diskutiert werden.

## 6 Mensch und Maschine

Die Physik kennt keinen Auftrag, ebenso wenig die unbelebte Natur. Dennoch haben sich in unserem Sprachgebrauch viele Ausdrucksweisen aus mythologischer Vorzeit erhalten, ebenso wie technophil neu gebildet, die Computer ebenso wie computer-basierte Systeme tun, machen, laufen, antworten, Dienste verrichten und Aufträge erteilen und ausführen etc. lassen, ganz so, als ob es sich um Menschen handeln würde. Ein besonders anschauliches Beispiel hierfür ist der Bereich der humanoiden Roboter.

Im vorliegenden Kontext stellt sich die Frage, welche Verhaltensweisen und Eigenschaften von Menschen und Maschinen mit ein- und denselben Begriffen beschrieben werden können, da es sich um gleichartige Sachverhalte handelt und welche nicht, da grundsätzliche Unterschiede vorliegen und zu beachten sind. Für die hier betrachteten Begriffe soll diese Frage anhand der folgenden Abb. 7 diskutiert werden.

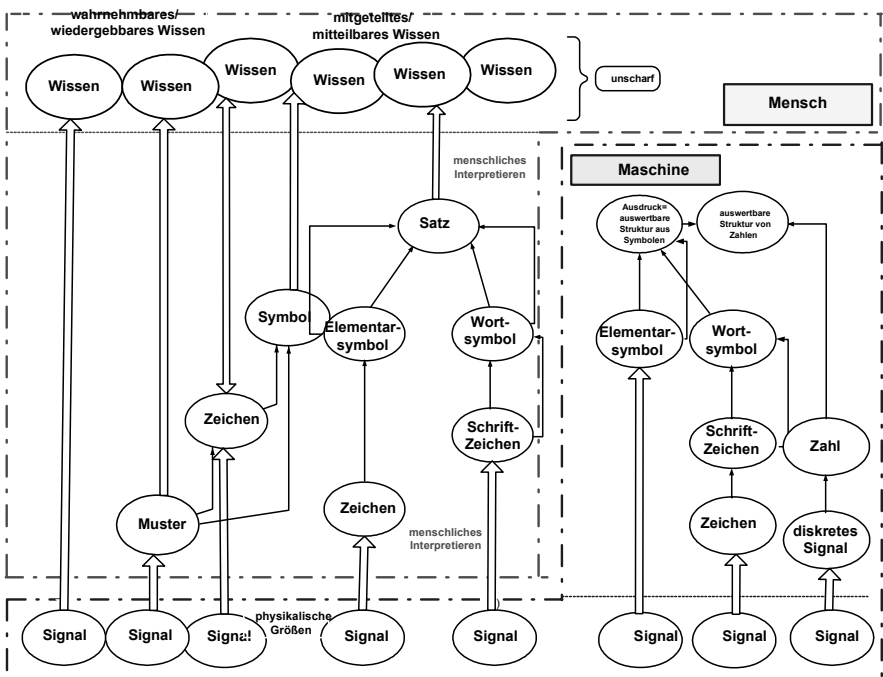


Abbildung 7: Übergänge von Signal zu Wissen bei Menschen und Maschinen

Abb. 7 basiert auf Abb. 4, ergänzt um die aus dem mittleren Bereich der menschlichen Signalverarbeitung auf den Bereich maschineller Signalverarbeitung (Computer, IT-gestütztes System, Roboter u. a.) übertragenen Kategorien.

Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine ist die im unteren Bereich dargestellte reale Welt mit den dort wahrnehmbaren Signalen, an der Benutzerschnittstelle inzwischen sehr „menschfreundlich“ aufbereitet. Würde man den Rechner öffnen, um die Signale an der Benutzerschnittstelle rückzuverfolgen, so würde man wieder nur Signale finden, diesmal weit weniger menschenfreundlich und nicht die in Abb. 7 dargestellten Muster, Zeichen und interpretierbaren Symbolstrukturen. Mithin entstammen die im rechten mittleren Bereich vermerkten Begriffe unserer Modellvorstellung und hätte jemand diese nicht, weil er ein Marsmensch wäre, dann würden er niemals mehr als geheimnisvolle Signale wahrnehmen.

An dieser Stelle könnte eingewendet werden, dass das gleiche auch für den Menschen gilt, denn wenn man dessen Kopf öffnet, findet man in seinem Gehirn auch nur Signale und keine Abstraktionen auf höheren Schichten. Das ist richtig, nur ist der Mensch bislang das einzige System, welches in der Lage ist, über sich selbst nachzudenken und darüber Auskunft zu geben, was es da eigentlich macht, wenn es etwas macht. Anders ausgedrückt benötigt der Mensch nach seiner Initialisierung keine aussenstehenden Interpretation, um zu wissen was er tut.

Demgegenüber ist ein Rechner nicht in der Lage, über sich nachzudenken und kann nur durch vordefinierte Mitteilungen darüber Auskunft geben, was er angeblich tut, wenn er etwas tut („Denn sie wissen nicht, was sie tun“). Der Unterschied läßt sich dabei vereinfacht erfassen durch das begriffliche Gegensatzpaar „eigentlich tun“ und „angeblich tun“, womit ausgedrückt wird, was einem „zu eigen“ ist gegenüber dem, was ein anderer „angegeben“ hat. Damit wären wir wieder bei dem in Abschnitt 2 behandelten Problem der adäquaten Modellvorstellung. Bleiben wir beim Beispiel des humanoiden Roboters als menschenähnlich verkleidetes Gefüge aus Chips, Motoren und Gestängen, so wäre dies nach dem bisher gesagten unsere Modellvorstellung eines Modells eines Menschen? Mit dieser Rekursion würden wir vermutlich nicht nur begrifflich in Verwirrung, sondern auch von den bisherigen Grundvorstellungen ins Wanken geraten.

Also noch einmal zurück zum Spielzeugauto „Isetta“: dieses war nur in unserer Modellvorstellung das Modell einer Isetta, als reales System jedoch ein Spielzeugauto, welches mit einer realen Isetta nichts gemeinsam hat. Der Roboter ist demnach ein reales System, welches in unserer Modellvorstellung das Modell eines Menschen ist und dabei auch tatsächlich zahlreiche Fähigkeiten besitzt, welche denen des Menschen nahekommen. Diesen Roboter können wir demnach als „Menschsimulator“ bezeichnen und damit zur Beschreibung seiner Eigenschaften und seines Verhaltens die Begriffe des jeweiligen menschlichen Anwendungsbereichs verwenden. Warum wir dieses System als „Menschsimulator“ und nicht als „Simulationsmodell“ bezeichnen, wird in Abschnitt 8 *Abstrakt versus Konkret?* deutlich.

Demnach können wir z. B. sagen, dass der Hotel-Serviceroboter gerade des Frühstück auf Zimmer 17 bringt, wo das Ehepaar Müller gebucht ist. Vorsicht ist geboten, wenn die verwendeten Begriffe der Modellwelt mächtiger sein könnten als die Fähigkeiten des realen

Systems. Wenn wir z. B. sagen, dass der Roboter weiss, dass die Müllers auf Zimmer 17 sind, er jedoch nur den Zugriff auf das Hotelreservierungssystem, die Zimmerkoordinaten und einen Kalender samt Uhr hat, jedoch über keine Authentifizierungsmöglichkeiten verfügt, so sollten wir den Sachverhalt anders formulieren. Vielleicht war dies in der Empfehlung zu Definition D.2 in Abschnitt 3 gemeint.

## 7 Daten und Codieren

Rechner wurden erfunden und gebaut, um die Menschen von zeitraubenden geistigen Routinearbeiten zu entlasten als da waren die Aufstellung von Logarithmentafeln, die Steuerung von Webstühlen, die Auswertung von Wahlergebnissen oder baustatische Überprüfungen. Die dabei zu verarbeitenden Inhalte wurden mit dem seit Alters her gebräuchlichen Zusatz „Datus ...“ für „Gegeben am...“ belegt, welcher dann mutiert zu „Daten“ und ergänzt um das Attribut „elektronisch“ zum Kernbegriff des Kürzels EDV für die Rechentechnik avancierte. Was dem Begriff dabei von Anfang innewohnt ist die Eigenschaft, „Erkennbar“ zu sein, was synonym ist zu „Unterscheidbar“, „Zählbar“ und „Diskret“ [Wendt89]. Dies sind Begriffe und Abstraktionen, welche in gleicher Weise auf Objekte in der menschlichen Vorstellung, wie auf deren Darstellung innerhalb von diskret arbeitenden Maschinen wie Digitalrechnern anwendbar sind.

In unserer Modellvorstellung haben wir auf der obersten Betrachtungsebene festgestellt, dass Informationen unabhängig von ihrem Ursprung im amorphen menschlichen Wissen oder in kontinuierlichen Signalen der realen Welt für die Zwecke der Verarbeitung (am Beispiel Wissensgewinnung und Wissensvermittlung erläutert) abgebildet werden können auf diskrete Darstellungen im Bereich dazwischen:

Amorph repräsentiertes Wissen  $\Rightarrow$  diskret Dargestelltes

Kontinuierliche Signale  $\Rightarrow$  diskret Dargestelltes

Wir sollten uns bei dieser Sicht nicht von der Vorstellung verleiten lassen, dass die Abbildungen aus der oberen Wissens-Schicht die intellektuell anspruchsvollen und diejenigen auf der unteren Signal-Schicht die primitiven seien, für die statt „diskret Darstellen“ eher der Begriff „Codieren“ angebracht sei. Dies kann man studieren am Beispiel der Abbildung akustischer Signale in eine MP3-Darstellung, der automatischen Ansage des Wasserstandes vom Neckar bei Plochingen u. v. a. m.

Die Vorstellung von „diskret Darstellen“ als Abbildung von Amorphem wie Kontinuierlichem in Diskretes beim Menschen wie beim Computer hat zu folgender Abstraktion und und Begriffsbestimmung geführt:

**Daten:** Menge diskret dargestellter Informationen

„Diskret Darstellen“ (darstellen synonym repräsentieren) ist dabei eine Abstraktion, welche von der sprachlichen Formulierung auf ‚oberer‘ Ebene bis zur intelligenten Abstastung auf ‚unterer‘ reicht.

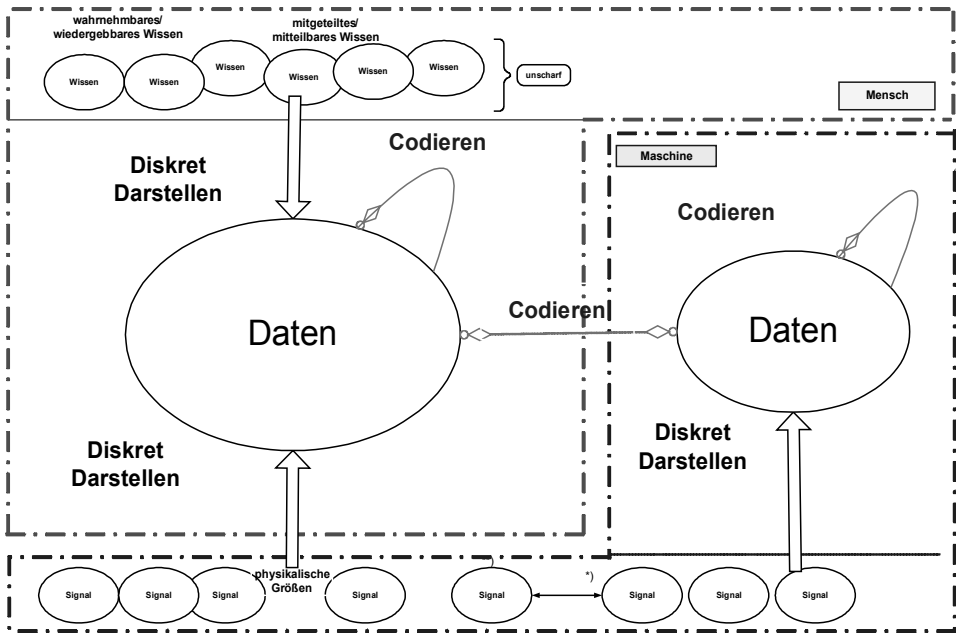
Im Unterschied zu diesen i. a. komplexen Abbildungen, denen jeweils ein kreativer Mechanismus zugrunde liegt, wird „Codieren“ verstanden als mechanisierbarer Konvertie-

zung von bereits diskret Dargestelltem, zumeist in elementaren 1:1-Beziehungen, welches zu folgenden Definition führte:

**Codieren: inhalts-invariante Abbildung von Daten**

Damit wird auch die Vorstellung des Codierens von kontinuierlichen Signalen ersetzt durch die einer zweischrittigen Abbildung (s. auch untenstehende Anmerkungen zu „analogen Daten“).

Die Einbettung dieser Begriffe in die umgebende bisherige Begriffswelt ist in der folgenden Abb. 8 dargestellt.



**Abbildung 8:** Zur Veranschaulichung von „Daten“ und „Codieren“

Die direkte Codierung zwischen Mensch und Maschine ist eine gedachte, welche real über die Signal-Ebene erfolgt.

Wegen der üblicherweise unscharfen Abgrenzung der Begriffe „Code“ und „Daten“ wurde hier der Begriff „Codieren“ dem der „diskreten Darstellung“ gegenübergestellt. Hartmann hat bei seinem entsprechenden Gegensatzpaar daher auch nicht die Ur- und Bildmengen gewählt, sondern das Paar „Substrat ⇔ Relation“ alias „Element ⇔ Relation“.

Entsprechend der hier getroffenen Definition werden „Daten“ als die gemeinsame Abstraktion menschlich/gedanklicher und maschineller Inhalte gesehen, beschränkt auf die Teilmenge der „diskret dargestellten Informationen“, wobei eine gemeinsame Abstraktion

„Information“ als für Maschinen „Wissbares“, „Deutbares“, „Verstehbares“ nicht gesehen wird getreu der zu Maschinen im vorherigen Abschnitt getroffenen Feststellung „Denn sie wissen nicht, was sie tun“. Statt maschinelle Verarbeitung in Richtung „Künstlicher Intelligenz“ zu deuten, wird der Mensch hier bei vergleichbaren Arbeiten in der Rolle eines Datenverarbeiters gesehen, der u. U. ebenfalls nicht weiss, was er tut, wenn er Zahlen von links nach rechts überträgt.

Betrachten wir nach der eigenen Begriffsbestimmung wiederum andere Definitionen:

D.5 DIN 44 300

**Daten:** Zeichen(\*) oder kontinuierliche Funktionen, die aufgrund von bekannten oder unterstellten Abmachungen und vorrangig zum Zwecke der Verarbeitung Informationen darstellen.

- **digitale Daten:** Daten(\*), die nur aus Zeichen(\*) bestehen

- **analoge Daten:** Daten(\*), die nur aus kontinuierlichen Funktionen bestehen

Aus D.1 Albert Endres in [Endr2003]

**Informationen** sind Daten, die man interpretieren kann

D.5 erklärt – ähnlich wie D.1 – Daten nur bedingt zu Informationen, während nach eigener Vorstellung eine auf einem Papier stehende Ziffer 2 Information = Wissbares ist, denn der sie sieht, kann sagen „Ich weiss, dass da eine 2 steht“. Kontinuierliche Funktionen sind nach eigener Vorstellung gar keine Daten. Der in dieser Definition berücksichtigte Analog-Rechner zeigt an seinem Ausgang zwar kontinuierliche Signale an, die aber immer mittels einer Skala auf diskrete Werte(bereiche) abbildbar sind, ähnlich wie ein Fieberthermometer immer eine integrierte Skala enthält, ohne die es unbrauchbar wäre. Insofern sollte man in der Norm den Begriff „analoge Daten“ nicht definieren, sondern verbieten.

## 8 Abstrakt versus Konkret?

Das Hartmann'sche Kategoriensystem [Hart1940] stützt sich nicht auf das Gegensatzpaar  
Abstrakt  $\Leftrightarrow$  Konkret

ab, da es für ihn viele Abstraktionen gibt, und verwendet stattdessen das Paar  
Prinzip  $\Leftrightarrow$  Concretum.

So wird weiterhin „abstrakt“ umgangssprachlich auch gern als essentiell für das Denken und „konkret“ als essentiell für die Dinge der realen Welt genommen. Beide Vorstellungen führen schnell zu Inkonsistenzen, denn der Mensch kann beliebig konkret denken: so hatte Mozart eine neue Symphonie bis zur letzten Note im Kopf und brauchte sie nur noch hinzuschreiben, während er gleichzeitig mit seiner Frau Konstanze plauderte.

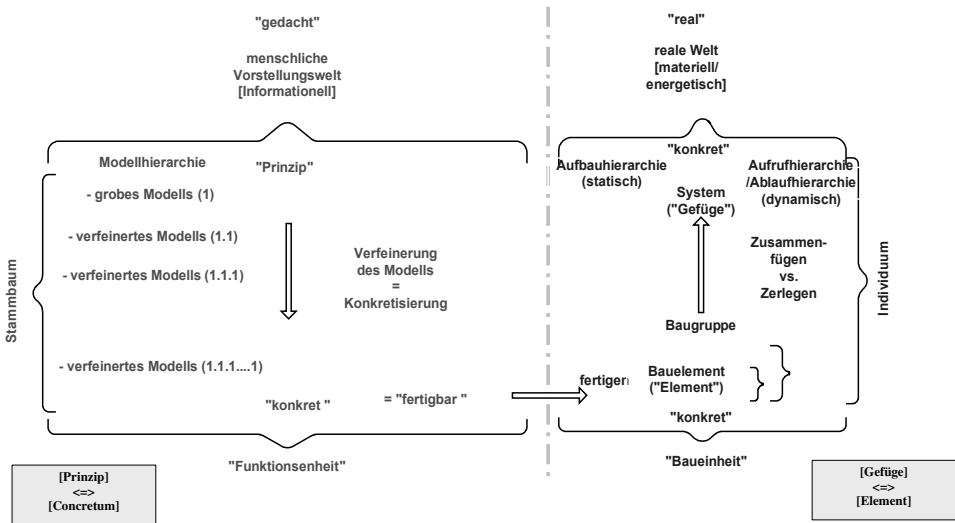
Wir sind im Zusammenhang mit dem Modellbegriff mehrfach auf die Begriffe Abstraktion, System und Systemmodell gestoßen und erinnern uns an die eigene Definition:

**System-Modell:** Abstraktion eines Systems unter speziellen Aspekten

wobei wir unter Abstraktion eine Vergrößerung der Betrachtungsweise verstehen wollten unter „Abziehen“ der unter den jeweiligen Blickrichtungen unwesentlichen Gesichtspunk-

te. Wir hatten dabei zuletzt die Frage aufgeworfen, ob ein humanoider Roboter als „Simulationsmodell“ oder als „Menschensimulator“ betrachtet und bezeichnet werden sollte, und müssen noch die Begründung für die zweite Alternative nachreichen.

Hierzu sei die nachstehende Abb. 9 betrachtet, der folgendes Szenario zugrunde liegt: Gegeben sei die grobe Anforderung an die Funktionalität eines neu zu entwickelnden Systems (z. B. des besagten Roboters). Ausgehend von einem ersten groben Modell wird dieses schrittweise verfeinert gleich „konkretisiert“, bis diese Konkretisierung ihren letzten Verfeinerungsschritt vollzogen hat, durch welchen ein zuvor noch „konkretisierbares Modell“ in ein „konkretes Modell“ überführt wurde. „Konkret“ nennen wir ein Modell, wenn dieses so genau spezifiziert ist, dass es hergestellt werden kann, d. h. „herstellbar“ alias „fertigbar“ ist. Dieser Modellierungsvorgang läuft in der menschlichen Vorstellungswelt ab, welche durch die Attribute „informationell“ und „gedacht“ gekennzeichnet sind.



**Abbildung 9:** Vom groben Modell zum realen System

Der Herstellungsvorgang findet in der realen Welt statt, welche durch die Attribute „materiell/energetisch“ und „real“ charakterisiert sind. Das hergestellte System entsteht dabei zwar in einzelnen Fertigungsschritten, wird aber erst nach Vollendung des letzten Schrittes fertig und erst damit zum System. Dieser Vorgang der Komposition unterscheidet sich von dem der Dekomposition dadurch, dass letztere i. a. als eine Verfeinerung der Betrachtungsweise des realen Systems verstanden wird, bei der man die Motorhaube öffnet, um die Innereien zu sehen und nicht eine mechanische Zerlegung eines ursprünglich funktionsfähigen Autos in seine nicht mehr funktionsfähigen Einzelteile. Daher bezeichnen wir das reale System auf der rechten Seite auch als „Individuum“ alias „unteilbares Ganzes“, welches seine Wesensart verliert, wenn man es auseinandernimmt.

In der linken Hälfte von Abb. 9 haben wir einen Generationenbaum alias Stammbaum von Modellen, in der rechten Hälfte nur eine Betrachtungseinheit, nämlich das entstehende oder bereits existente System. Links haben wir die Modellvorstellung einer Funktionseinheit, rechts die reale Baueinheit. Für die linke menschliche Vorstellungswelt führt Hartmann das bereits erwähnte Gegensatzpaar „Prinzip  $\Leftrightarrow$  Concretum“ ein, für das in der realen Welt entstehende, bzw. existierende System das Gegensatzpaar „Element  $\Leftrightarrow$  Gefüge“. Links vollzieht sich ein Übergang von „allgemein“ mit vielen möglichen Entscheidungswegen der Verfeinerung bis zum speziellen „konkreten“ Modell, rechts der Übergang von den „konkreten Einzelteilen“ zum „konkreten System“.

Vor diesem Hintergrund soll die Roboterfrage konkret beantwortet werden: Ein existierender und funktionierender Roboter ist ein reales System, welches in unserer Modellvorstellung ein „Menschsimulator“ ist. Ein „Simulationsmodell“ wäre demgegenüber ein drittes System, nämlich ein reales Simulationssystem, welches in unserer Modellvorstellung den Roboter und nicht den Menschen simuliert, um z. B. in der Entwurfsphase das spätere Verhalten zu untersuchen.

## 9 Schlussbemerkungen

Der vorliegende Text ist bei der Beschreibung entlang der Vortragfolien viel länger geraten als das auf der Tagung gesprochene Wort, was hier der alten Volksweisheit widerspricht, dass ein Bild mehr sage als 1000 Worte. Dabei wird hier die Grundsatzproblematik deutlich, dass es nicht ausreicht, Begriffsdefinitionen in ein Glossar zu stellen und zu hoffen, dass diese auch richtig verstanden werden. Zu groß ist die Gefahr der selektiven Verwendung und Umdeutung. Denkt man dabei an die steckengebliebene Begriffsnorm DIN 44 300, so würde der eigentlich notwendige Erläuterungsteil beim heutigen Stand der Kunst, gemeint ist der mit dem Titel beklagte unscharfe Sprachgebrauch, jeden Rahmen sprengen. Diesem Problem beizukommen, würde eine breit angelegte Diskussion erfordern, die hier nur angeregt, aber nicht begonnen werden soll.

Im Nachhinein hätte der Titel eigentlich positiv formuliert werden sollen, denn der Versuch des präzisen Sprachgebrauchs nimmt den größten Teil des Textes ein. Dabei war nicht nur das Ziel, das eigene Begriffsgebäude zu erläutern, sondern auch bewußt zu machen, dass das schönste Gebäude ins Wanken oder zum Einsturz kommen kann, wenn am Schluß auch nur ein Baustein nicht hineinpasst. „Analoge Daten“ wäre so ein Stein mit Einsturzgefahr gewesen. Ein weiterer, bisher nicht erwähnter Sachverhalt ist wert, besonders hervorgehoben zu werden: die Informatik wird einerseits von Markt her überschwemmt von Anglizismen und andererseits innerhalb der Wissenschaft dominiert von Fremdworten meist lateinischer Prägung. Hierbei tritt der reiche Wortschatz der deutschen Sprache immer mehr in den Hintergrund und hat doch soviel an Tiefe und Vorstellungskraft zu bieten! Man denke nur an die Begriffe Denken, Gedanken, Gedachtes, Gedächtnis oder Deuten und Bedeutung, Verstand und Verstehen, Wissen und Bewußtsein, Darstellen, Vorstellen, Herstellen, Erstellen oder Kennen und Erkennen, Wahrnehmen, Formen und Formulieren u. v. a. m. Es kann sich jeder einmal selbst testen, ob er mit den entsprechenden Fremdworten die gleiche natürliche Anschauung verbindet wie mit genannten Begriffen seiner deutschen Muttersprache.

Einige Dinge sind der Tatsache zum Opfer gefallen, dass der Beitrag am französischen Atlantik verfasst wurde und trotz Internet nicht alle Quellen zur Hand waren und andere Dinge der Tatsache, dass es bei aller Großzügigkeit von Herausgeber und Redaktion irgendwann einen allerletzten Termin gab, zu dem das Papier abgeliefert werden mußte, der heute, am 1. September 2005 war. So konnte das Korrekturlesen nicht so durchgeführt werden, dass nicht noch Fehler und Inkonsistenzen irgendwo verblieben sind.

Es ist jedoch zu vermuten, dass noch Gelegenheit für eine überarbeitete und erweiterte Fassung sein wird, in der alle Fehlstellen ausgebessert werden. Um Anregungen bitte ich und bedanke mich schon jetzt dafür.

## 10 Danksagung

Dank sagen möchte ich meinem verehrten Kollegen und Freund Siegfried Wendt, den Gründungsdirektor des HPI, der mich mit seiner genialen Abstraktion von „Information“ als „Wissbares“ motivierte, an meine alte 44 300-Vergangenheit anzuknüpfen und einen zweiten Anlauf in Sachen Begriffsdefinitionen zu wagen. Wendt weist auf eine nachträglich bei Carl Friedrich von Weizsäcker in [vWeiz86] gefundene Bestätigung seines Informationsbegriffs hin, wo dieser schreibt: „Information ist das Maß einer Menge von Form. Wir werden auch sagen: Information ist ein Maß der Gestaltfülle. Form ‚ist‘ weder Materie noch Bewußtsein, aber sie ist eine Eigenschaft von materiellen Körpern, und sie ist für das Bewußtsein wissbar. Wir können sagen: Materie hat Form, Bewußtsein kennt Form.“ Womit auch die Brücke zu Shannon geschlagen wäre. Weitere Begriffsdefinitionen des vorliegenden Beitrags gehen auf zahlreiche Gespräche mit Wendt zurück, die mich zusätzlich motiviert haben, die hinter den Begriffsdefinitionen liegenden Modellvorstellungen darzustellen und hoffentlich auch verstehbar zu machen. So ist im Sinne des Informationsbegriffs aus „Wissbares“ formulierte Information und damit interpretativ Wissbares entstanden als mögliche Quelle neuen Wissens auf Seiten der Leser.

## 11 HPI-Glossar (Auszug)

**Information:** Wissbares(\*) [informationell]

- **Wissbares:** Herausfindbares, Denkbares, Erfragbares
- **Wissen:** Gedachtes
- **formulierte Information:** interpretativ Wissbares(\*)
- **Satz:** ganzheitlich interpretierbare Symbolstruktur(\*)
- **Symbol:** ganzheitlich interpretierbares Zeichen(\*)
- **Symbolstruktur:** ganzheitlich interpretierbare Anordnung von Zeichen(\*)
- **Zeichen:** ganzheitlich erkennbares Muster(\*)
- **Muster:** erkennbares Signal(\*)
- **Daten:** Menge diskret dargestellter Informationen
- **Codieren:** inhalts-invariantes Abbilden von Daten(\*)

**Signal:** wahrnehmbarer Werteverlauf in Raum und Zeit [materiell/energetisch]

## Literatur

- [BauFL94] Bauer, F. L.: „Entzifferte Geheimnisse“, Springer, 1994
- [DIN44300-72] DIN: „Informationsverarbeitung-Begriffe“ Beuth, 1972
- [DIN44300-85] DIN: „Informationsverarbeitung-Begriffe“ (Gelbdruck) Beuth, 10/1985
- [Endr2003] Endres, A.: „Die Wissensgesellschaft und ihr Bezug zur Informatik“ in GI-Spektrum Band 26, Heft 3, 20.Juni 2003, S. 195-200
- [Hart1940] Hartmann, N.: „Der Aufbau der realen Welt“ Walter de Gruyter, 1964 (Reprint der Original-Ausgabe von 1940)
- [Hub2003] Hubwieser, P.: „Didaktik der Informatik“ (2. Aufl.), Springer, 2003
- [Krü2000] Krüger, G.: Folien zur Vorlesung „Telematik“ im WS 2000/2001 an der Universität Karlsruhe
- [Rei2005] Reimann, B.: „Mutterspracherwerb“ in <http://www.mutterspracherwerb.de>
- [SteinRu73] Steinbuch, K., Rupperecht, W.: „Nachrichtentechnik“, Springer, 1973
- [vWeiz86] von Weizsäcker, C. F.: „Aufbau der Physik“, Hanser, 1986
- [Wendt89] Wendt, S.: „Nichtphysikalische Grundlagen der Informationstechnik – Interpretierte Formalismen“, Springer, 1989
- [Zo0405] Zom, W.: Folien zur Vorlesung „Kommunikationssysteme I“ im WS 2004/05, Hasso-Plattner-Institut an der Universität Potsdam