



## **Paradigmenwechsel**

**Titel Deutsch:**

**Neue Wege der kognitiven Wissenschaft im Bereich der Automation**

**Titel Englisch:**

**New Ways of Cognitive Science in Automation**

*Dietmar Dietrich, Gerhard Zucker, Dietmar Bruckner, Brit Müller*

*{dietrich, zucker, bruckner, mueller}@ict.tuwien.ac.at*

*Institut für Computertechnik ICT*

*TU Wien*

*Gusshausstrasse 27/E384*

*1040 Wien*

*Ansprechpartner: Dietrich, +43-1-58801-38410, fax: -38499*

## Abstract

*Cognitive science in technical areas faces a paradigm shift. This has truly become necessary, since automation is craving for solutions to control complex processes – and the current methods and principles do not yield satisfying results. Due to the fact that such changes result in enormous economic consequences, we cannot just “stubbornly” look for further optimizations, but have to step back and re-evaluate the developments so far in order to find new ways. Previous attempts with artificial intelligence revealed limitations of applying such approaches in this field and therefore the decision to look for support in a science that has a functional model of the human mind has been taken: psychoanalysis. A project that was installed at the Vienna University of Technology led to the first international forum of this kind, held in summer 2007, where engineers as well as neuro-psychoanalysts participated and discussed future cooperation for implementations. This paper lists principal aspects in this new scientific field; it introduces the underlying principles, points out critical deficiencies of previous attempts and formulates the necessary consequences. A completely new way is introduced, which may have crucial influence on automation as well as on other scientific fields.*

## Kurzfassung

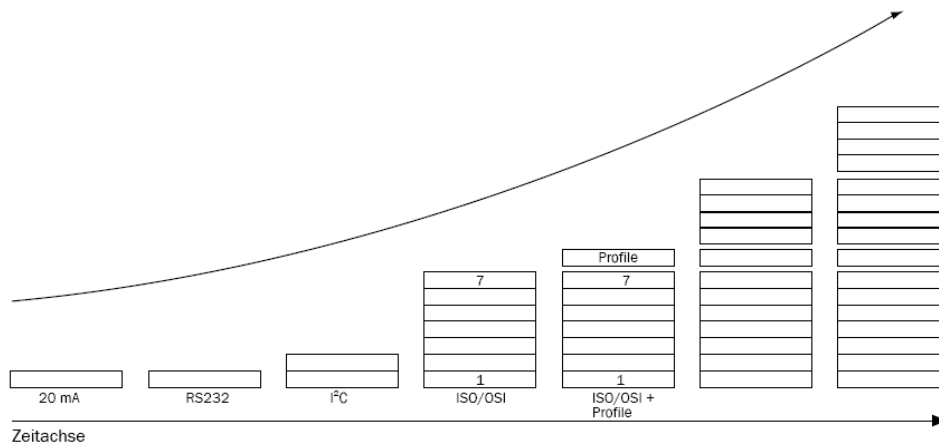
*Es steht ein Paradigmenwechsel der kognitiven Wissenschaften im technischen Bereich bevor. Er ist auch notwendig, denn in der Automation sucht man dringend Lösungen, um komplexe Prozesse zu beherrschen, und die bisherigen Methoden und Prinzipien greifen nicht. Da dies jedoch enorme wirtschaftliche Folgen nach sich zieht, wird es notwendig, nicht einfach "stur" nach weiteren Optimierungen zu suchen, sondern einmal einen Schritt zurückzutreten und alles Revue passieren zu lassen, um neue Wege beschreiten zu können. Aufgrund der Erfahrungen und Beschränkungen der bisher untersuchten Ansätze im Bereich der künstlichen Intelligenz wurde entschieden, Anleitung bei einer Wissenschaft zu suchen, die ein funktionales Modell menschlichen Denkens erarbeitet hat: der Psychoanalyse. Die Ergebnisse des installierten Projektes führten zum weltweit ersten Forum dieser Art im Sommer 2007, an dem Techniker und Neuropsychanalytiker teilnahmen um seither gemeinsame Umsetzungen zu diskutieren. Im Folgenden werden wesentlichen Aspekte in diesem Wissenschaftsbereich angeführt, die zugrunde gelegten Prinzipien vorgestellt, entscheidende Fehler, die wir Techniker bisher machten und die daraus resultierenden, notwendigen Konsequenzen formuliert. Damit wird ein völlig neuer Weg gezeigt, der entscheidenden Einfluss auf die Automation, aber auch auf andere Wissenschaftsgebiete haben könnte.*

**Keywords english:** *cognitive automation, functional modeling, information processing in complex systems, psychoanalysis, paradigm shift*

**Keywords deutsch:** *Kognitive Automatisierung, funktionale Modellierung, Informationsverarbeitung in komplexen Systemen, Psychoanalyse, Paradigmenwechsel*

## 1. Herausforderungen in der Automation

Die Kommunikation in der industriellen Automation hat eine lange Geschichte. Gerade deshalb ist es interessant, dass sich am Markt jahrelang kaum etwas bewegt hat. Erst vor ca. 10 Jahren konnten sich endlich die seriellen Feldbusprotokolle auf dem europäischen Markt durchsetzen. In den USA und Japan dagegen herrscht noch immer die 20-mA-Schnittstelle mit all ihren Nachteilen vor [Diet 99, Die 00b], doch es ist auch dort langsam eine Veränderung zu spüren. Weltweit bemerkt man in allen Bereichen den starken Drang nach mehr Kommunikation zwischen den verschiedenen „intelligenten“ elektrischen Komponenten. Betrachtet man sich dabei den geschichtlichen Ablauf [Die 00a] bezüglich der abstrakten Protokollschichten, ist entsprechend Bild 1 klar zu erkennen, dass die anfangs rein elektrisch definierten Schnittstellen zunehmend an abstrakten Schichten hinzugewannen, besonders seit das von der ISO definierte OSI-Referenz-Modell eingeführt wurde.



**Bild 1:** Wachsende Zahl der Schichten im hierarchischen ISO/OSI-Modell

Aber auch nach der Einführung dieses Modells in die Feldbustechnik erkannte man rasch, dass die sieben Schichten des Modells ja gar nicht ausreichen können, um den zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden. Erstens waren sie nicht für den Bereich der Automation gedacht und zweitens nahmen die Ansprüche in allen Bereichen mit der Einführung von Embedded Systems bzw. des Pervasive Computing dramatisch zu und werden es auch weiterhin tun. Als erste Erweiterung für die Automation wurden zunächst die Profile definiert. Dann hat man über die Kopplung der verschiedenen Busse nachgedacht (das Projekt NOAH [Döb 99, Die 97]), und im Anschluss über eine gemeinsame, darüberliegende, virtuelle Schnittstelle. Tatsache ist, dass in der Gebäudeautomation, im Energiemanagement, der Industrie- und Prozessautomation, der Luft- und Raumfahrttechnik, der Forstwirtschaft, der Kraftfahrzeugindustrie, der Container-Technologie und in vielen anderen Bereichen zunehmend eine immer höhere Vernetzung gefordert wird, um möglichst viele Daten der unterschiedlichen Prozesse zu erhalten und zu verarbeiten. Doch was bedeutet dies konzeptuell? Sollten wir all das nicht konsequent hinterfragen, bevor wir nach konkreten Lösungen suchen? Einfach weitere Bausteine zu den bisherigen Lösungen hinzuzufügen, wird zu wenig sein. Um wirklich einen wesentlichen Schritt weiter zu kommen, bedarf es einer Innovation, die unkonventionelle Wege beschreitet; der inkrementelle Weg dürfte weitgehend ausgeschöpft sein.

Und noch etwas ganz Entscheidendes muss beachtet werden: Man sieht heute nicht mehr alleinstehende Prozesse, die untereinander vielleicht Daten austauschen. Seit dem Einzug von Embedded Systems geht es vielmehr darum, den Zusammenhang der einzelnen Prozesse zu sehen, die alle miteinander eng in Verbindung stehen. Die Kommunikation zwischen den Einheiten stellt nur die Basis für ein großes übergeordnetes System dar, bei dem es darum geht, "intelligent" Informationen zu verwerten und entsprechend die Prozesse zu beherrschen. Die Middleware hält Einzug in der Automation [Tan 06].

Es stehen deshalb folgende Forderungen im Raum:

- ein hoher Grad der Vernetzung  
- *möglichst alle existierenden elektrischen Komponenten ( in einem Haushalt zum Beispiel) sollen vernetzt werden*
- ein hoher Integrationsgrad der elektronischen Komponenten  
- *SoC (System on Chip) ist die Forderung aufgrund der Kosten und der Zuverlässigkeit*
- die Verschränkung der unterschiedlichen Prozesse  
- *also nicht mehr die Unabhängigkeit der Prozesse untereinander wie bisher, sondern genau das Gegenteil*
- Integration möglichst vieler, diversitärer Sensoren, um möglichst umfassende Informationen über die Prozesse zu erlangen  
- *also die mathematische Beschreibung nicht auf wenige Eingangsinformationskanäle*

*zu beschränken, sondern wiederum das Gegenteil, Lösungen zu finden, die möglichst viel Sensorinformation verarbeiten*

- und das Wichtigste heutzutage: eine hochgenaue Beschreibung eines Prozesses  
*- nicht die Lösung in geschlossenen Ausdrücken, dafür aber ein möglichst genaues Set von numerischen Gleichungen, die die Physik gut wiedergibt*

Das bedeutet, dass die Anzahl der einlaufenden Daten mit den bisherigen Tools nicht mehr zu verarbeiten ist, oder dass die Flut der integrierten Embedded Systems – siehe die Gebäudeautomation – nicht mehr wirtschaftlich zu betreiben ist. Dies sind wesentliche Faktoren unter anderen, warum der Gebäudebus EIB noch nicht so richtig in der Gebäudeautomation und LonWorks noch nicht so richtig in der Heimautomation Fuß fassen konnte. Die Informationen von Tausenden von Knoten auf einem Laptop zu verwalten ist schlichtweg noch nicht effizient gelöst worden. Die Integration und vor allem die Wartung kosten noch zu viel Zeit und Geld. Das Entsprechende gilt für andere Branchen.

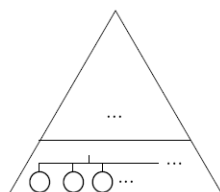
Dazu ein grundsätzlicher Gedanke: wir schaffen es zwar in der künstlichen Intelligenz lernende Systeme zu kreieren, doch all die künstlich lernenden Einheiten haben einen gravierenden Nachteil gegenüber dem Konzept des menschlichen Lernens: die künstlichen Geräte können vom Gelernten nicht lernen, d. h. sie können ihre Lernstrukturen nicht selbstständig den (neuen) Gegebenheiten anpassen. Sie haben schlichtweg einen Anschlag, über den sie nicht hinauskommen [Vel 08]. Der Mensch lernt vom Lernen, bzw. will Lernen und kann durch Erfahrung und Erkenntnis sein Lernverhalten ändern.

## 2. Künstliche Intelligenz und kognitive Wissenschaft

Die Ansätze der künstlichen Intelligenz (KI) - und hier sei das Gebiet der bisherigen technischen kognitiven Wissenschaft vereinfachend mit eingebunden - sind aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten. Ein wesentlicher Unterschied liegt alleine darin, ob man mit Hilfe der KI ein Problem lösen möchte, also anwendungsspezifisch z. B. einen neuen Algorithmus für ein Problem sucht, oder ob man Intelligenz schaffen möchte, also – wie wir es sehen – ein *Modell des mentalen Apparats*. Die algorithmische Seite wird seit den Fünfziger Jahren teils sehr erfolgreich praktiziert, an der Programmierung von Intelligenz sind andererseits schon viele ebenso spektakulär gescheitert (siehe dazu z. B. [OMCSP]). Die KI ist heute weit verbreitet, mit Anwendungsfeldern im Internet ebenso wie in der Robotik. Viele Problemlösungsmethoden haben heute ihre wissenschaftliche sowie wirtschaftliche Daseinsberechtigung: Google wäre nicht möglich ohne diese Lösungen. Roboter könnten nicht entsprechend wirtschaftlich eingesetzt werden. Trotzdem muss man seit den Anfängen der KI gravierende Veränderungen in den Denkprozessen feststellen, die in [Pal 08] exzellent herausgearbeitet sind. Man kann danach vier Generationen der KI definieren:

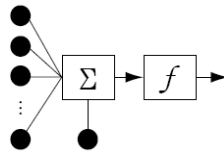
1. die symbolische KI,
2. die statistische KI,
3. die verhaltensbasierende KI und
4. die emotionsbasierende KI.

Bei der symbolischen KI fasst man die einlaufenden Daten zu symbolischen Werten zusammen, was einer Bottom-up-Betrachtung entspricht, indem man das Gehirn des Menschen wie einen Computer modelliert: In den unteren abstrakten Schichten wird die Hardware (Bild 2) angesiedelt und in den oberen die rein informationsverarbeitenden Schichten (ähnlich dem ISO/OSI-Modell).



**Bild 2:** Hierarchische Denkanordnung des menschlichen Informationssystems  
(angedeutet sind nur 2 der existierenden Schichten, die untere ist die Schicht der Sensoren)

Die symbolische Verarbeitung findet beim Menschen direkt "über" den Sensoren statt. Das bedeutet, die Informationen werden "verdichtet". Wenn der Mensch optisch etwas sieht, sieht er nicht die Realität außerhalb, sondern ein über viele Neuronenschichten verarbeitetes "Image", auf dessen Beschreibung und Definition noch näher eingegangen werden soll.



**Bild 3:** Neuronales Netzwerk mathematisch modelliert

Im "Zeitalter" der statistischen KI übernahm man mehr oder weniger die neuronalen Strukturen und modellierte sie vereinfachend in der Weise, dass man für die einzelnen Stränge Bewertungen einführte (Bild 3). Damit glaubte man anfangs das Lernen – und somit ganz allgemein die Funktion des Gehirns – im Prinzip verstehen zu können. Doch war das ein Irrglaube. Damit hat man ein einfaches Lernmodell, das aber bei weitem nicht die Möglichkeiten des menschlichen Lernens ausschöpft. In Kapitel 1 wurde darauf hingewiesen.

Die dritte KI-Generation brachte eine weitere wesentliche Veränderung: Man wurde sich bewusst, dass menschliches Denken, ja Denken allgemein, mit dem Körper zu tun haben muss. Embodied Intelligence ist das Stichwort. Der Körper eines Individuums zeigt über seine "Steuerung" ein bestimmtes Verhalten. Für die Bionik gilt dabei, dass es unbedeutend ist, ob der Körper physikalisch oder nur virtuell vorhanden ist. Für die später dargestellten Modellvorstellungen auf der Basis der Neuropsychoanalyse eine entscheidende Aussage.

Die vierte Generation der AI hat gezeigt, dass ein Schwerpunkt auf die Bewertung gelegt werden muss. Hier ist die Emotion das zentrale Konzept, was klar impliziert, dass Wahrnehmungen an sich wertfrei sind und erst die emotionale Bewertung im Kontext entscheidet.

Analysiert man die Grundideen, die in den verschiedenen Generationen enthalten sind, wird deutlich dass man in der KI eine klare Bottom-up-Strategie verfolgt hat. Das ist auch natürlich. Wurde doch die Psychologie nur zum Teil, die Psychoanalyse gar nicht als Naturwissenschaft anerkannt. Deshalb konnte die Top-Down-Methode, die die psychoanalytische Freudsche Metapsychologie einsetzt, um den seelischen Apparat und seine Funktionen zu beschreiben, von den technischen Wissenschaften nicht übernommen werden. Dinge, die das Bewusstsein betrafen, Emotionen oder Gefühle, gehörten klar in den Bereich der Geisteswissenschaften wie der Philosophie und hatten nach gängiger Auffassung nichts, aber auch wirklich nichts mit Naturwissenschaften zu tun. Viele Leute sahen die Naturwissenschaft nur auf bestimmte Themengebiete beschränkt, anstatt sie auch durch ihre Methodik zu definieren. Auf der anderen Seite weiß aber jeder Chip- bzw. Computer-Designer, dass eine Bottom-up-Methode im Allgemeinen zu schlechten Lösungen führt. Die Bottom-up-Methode ist in der technischen Wissenschaft deshalb zu vermeiden und nur in bestimmten Ausnahmefällen mehr oder wenig zulässig. Dass in der Industrie aufgrund des fehlenden Trainings, Wissens, oder aufgrund des Zeitdrucks oft anders vorgegangen wird, ist bekannt. Doch als Computerwissenschaftler muss man bezüglich der KI feststellen, dass hier ein radikales Umdenken stattfinden muss. Drei Prämissen sollen deshalb aufgestellt werden, die für ein logisches, konsequentes und effizientes Erarbeiten eines "intelligenten Systems" einzuhalten sind:

1. Als Computertechniker müssen wir in der Wissenschaft auf einem Top-Down-Vorgehen bestehen.

*Angewandt auf die KI bedeutet das, dass es keinen Sinn macht, von den Neuronen auszugehen und dann zu versuchen Baustein für Baustein aufzubauen, bis man bei Emotionen, Gefühlen oder sogar Bewusstsein ankommt. Kein Computertechniker würde heute so an die Entwicklung von Systemen herangehen.*

2. Von den heutigen Anforderungen der Automation ausgehend, muss eine ganzheitliche Betrachtungsweise der Prozesse angenommen werden.

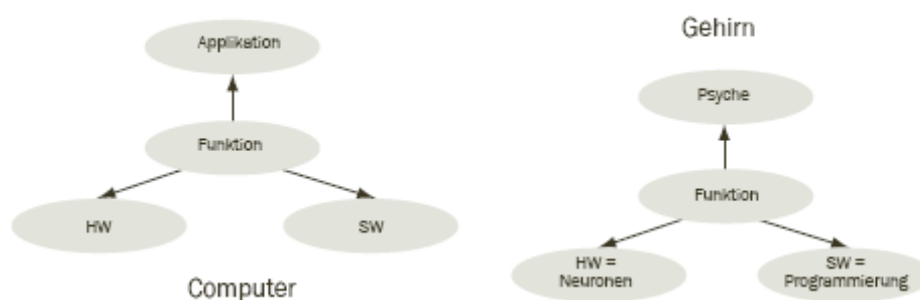
*Um Prozesse optimal fahren zu können, müssen alle Einflüsse in Betracht gezogen werden. Linearisierungen und starke Abstrahierungen führen zu Ungenauigkeiten, die heute zunehmend nicht mehr zugelassen werden können, wenn man eine höhere Performance erreichen will. Darauf wird im Folgenden nochmals eingegangen werden.*

3. Sprechen wir von Intelligenz in Systemen, interessiert uns nicht das *Gehirn* (als ausführendes Organ), sondern der *mentale Apparat*, also nicht das neuronale Korrelat, sondern das funktionale Modell, das die Fähigkeiten des Systems beschreibt.

*Der Computertechniker spricht von Hardware und Software, ist sich aber bewusst, dass die Software, die den Computer steuert, nichts anderes ist als Hardware aus einer anderen Sicht betrachtet. Sie ist nichts Mystisches. Man braucht nicht von einer Trennung, wie der Trennung von "Leib und Seele", ausgehen. Sigmund Freud hat dies schon vor 100 Jahren als Neurologe und Naturwissenschaftler so betrachtet.*

### 3. Prämissen für ein bionisches Informationsmodell

Das höhere Wesen, und so auch der Mensch, besitzt eine Hardware, das Gehirn, in der eine Programmierung vorliegt, die sich im Gegensatz zur Computerwelt laufend selbständig ändert (durch die lernenden Prozesse). D. h. es liegt eine Plastizität des Nervensystems vor, wie sie von der Neurobiologie experimentell bestätigt wurde. Diese Plastizität liegt den Mechanismen des Gedächtnisses und des Lernens zugrunde. Sie bedeutet, dass die Synapsen, die am Informationsübertragungsprozess zwischen Neuronen beteiligt sind, laufend in Abhängigkeit von der erlebten Erfahrung einem Prozess der Umgestaltung unterliegen. [Kan 00]. Wir können sie noch nicht beschreiben, begreifen aber langsam ihr Verhalten. Nach Bild 4 können dementsprechend auf Basis naturwissenschaftlichen Denkens jeweils die Hardware, die Software sowie die Applikation beziehungsweise deren Verhalten gegenübergestellt werden. Da wir die Programmierung beim Gehirn nicht kennen und die verwendete Hardware für die Informationsverarbeitung in den "höheren Schichten" nicht von Belang sein darf, bleibt zur Modellierung intelligenter Funktionseinheiten nur die Psyche beziehungsweise der mentale Apparat übrig.



**Bild 4:** Gegenüberstellung der drei Beschreibungsformen

Doch bevor nun auf die eigentliche Vorgehensweise zur Modellbildung selbst übergegangen werden soll, müssen noch ein paar klare Feststellungen getroffen werden, da sonst das Folgende nicht verdeutlicht werden kann.



**Bild 5:** Sind das "human-like Systems"?

Copyright 5a: Technische Fakultät der Universität Bielefeld, 5c: Honda Motor Co., Ltd

Wenn menschliche Hände nachgebildet werden, wenn Roboter menschlich nachgestellt werden (Bild 5), ist es eigentlich nur im weitesten Sinne gerechtfertigt von "menschenähnlichen" [Kaw 06, Hon 00] Einheiten zu sprechen. Was ist in diesem Fall *human-like*? Wohl nur das Aussehen und vielleicht noch die Art der Bewegungen, die man bei Robotern immer besser dem Menschen nachempfinden kann. Hier hat die Regelungstechnik phantastische Fortschritte erzielen können. Doch im Sinne der Informationstechnik haben alle drei "Prozesseinheiten" in Bild 5 eines gemeinsam: in sie wird viel mehr "Menschliches" hineinprojiziert als sie "Menschliches" an sich haben. Sie alle haben nichts, auch wirklich nichts mit menschlichem "Denken" oder "Verhalten" zu tun. Noch deutlicher wird dies, wenn man sich die Roboterversuche der Japan Science and Technology Agency [JST], nämlich den CB2 vor Augen führt, der die Fähigkeiten eines ein- bis zweijährigen Kleinkinds emuliert. Es ist nahezu abstrus, wie hier Wirklichkeit mit Phantasie (Projektion) vermischt werden.

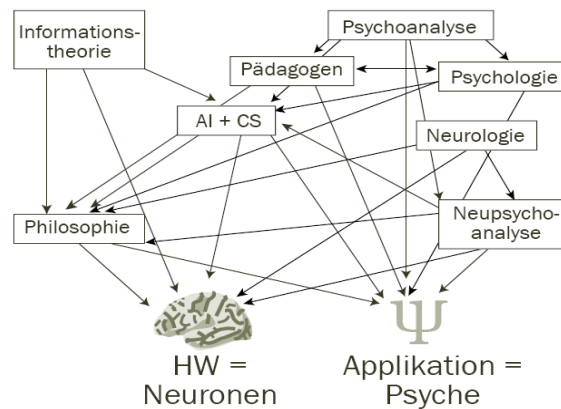
Wenn man also von "menschlichem" Verhalten sprechen möchte, sollte man nicht die äußere Körperform oder die Art der Bewegung als wesentliche Prämisse des "Menschlichen" annehmen (dann müsste man 500 Jahre alte Puppen heutigen Systemen mehr oder weniger gleich setzen), sondern die Fähigkeit des Denkens. Dabei darf aber ein wissenschaftlicher Grundsatz nicht vergessen werden, der gerade von den Naturwissenschaftlern immer als entscheidendes Merkmal hervorgehoben wird: Bevor man sich in ein Projekt einarbeitet, muss man den State-of-the-Art analysieren. Das bedeutet, spricht man von (intelligentem) Verhalten, so sind die Experten heranzuziehen, die seit langer Zeit daran arbeiten, den mentalen Apparat zu verstehen. Und hier ist etwas Ungeheuerliches in den letzten 50 Jahren passiert, was sich kaum jemand erklären kann: Wir Techniker auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz haben zum größten Teil die wissenschaftlichen Ergebnisse derer ignoriert, die sich schon seit über 100 Jahren intensiv als „subjektive“ Wissenschaftler mit den Funktionsweisen unseres Denkens und Fühlens beschäftigen. Und selbst wenn wir diese Disziplin nicht vollständig ignoriert haben, so haben wir uns doch eingebildet, mit unserer Ausbildung und mit unserem Wissen das besser verstehen zu können, was sich die Experten über eine jahrelange Ausbildung hart erarbeiten müssen (die Ausbildung der Psychoanalytiker hier in Wien dauert über zehn Jahre [WAP, WPV], und dann ist man noch lange kein Forscher, sondern gilt als Anfänger (siehe Ausbildungscurriculum der Wiener Psychoanalytischen Vereinigung und des Wiener Arbeitskreises für Psychoanalyse). Diese Diskrepanzen haben sich deutlich auf dem eingangs erwähnten Forum ENF [ENF 07] gezeigt, und werden demnächst als Buch veröffentlicht. Der State-of-the-Art der Techniker ist das Wissen, das Pädagogen, Psychoanalytiker und Neuropsychanalytiker in vielen Aspekten schon viele Jahre hinter sich gelassen haben. Dazu vergleiche man nur die Fragen der Techniker, die auf der [ENF 07] gestellt wurden mit den Lehraussagen zum Beispiel von [Dor 01]. Die KI befindet sich nicht nur wie Hawkins schreibt [Haw 08], auf einem Holzweg, sondern ist um Jahrzehnte im Hintertreffen. Man vergleiche nur sein hierarchisches Konzept mit dem von Luria [Lur 73].

Es bleibt eine Frage im Raum, die kein Techniker bisher beantwortet hat (auch nicht auf der ENF): Warum sprechen Techniker über Emotionen und beziehen sich dabei, wenn überhaupt, nur auf ältere Veröffentlichungen aus dem Bereich der Psychologie – von neuropsychanalytischen Arbeiten ganz zu schweigen? Warum werden aktuelle Ergebnisse ignoriert und stattdessen veraltete Konzepte verwendet? Die Forschung in der Automobilindustrie versucht ja auch nicht, neue Autos auf Basis der



Dampfmaschine zu bauen, warum tun es dann namhafte Vertreter der KI? Ein gutes Beispiel hierfür ist die wissenschaftliche Arbeit des MIT [Bre 02].

Welche wissenschaftliche Disziplin kann uns Technikern nun am besten bei der Modellierung menschlichen Verhaltens in technischen Systemen zur Seite stehen?



**Bild 6:** Welche Wissenschaft kann zur Modellierung des mentalen Apparates beitragen?

In Bild 6 sind die verschiedenen Wissenschaften, die prinzipiell in Frage kommen und ihre wechselseitigen Beeinflussungen dargestellt. Dabei können wir die Philosophie von vornherein ausschließen, da sie ihr Wissen aus den Naturwissenschaften entnimmt. Sie kann erst dann wertvolle Arbeit leisten, wenn es um die Evaluierung des gewonnen Modells des mentalen Apparates geht, doch weniger zu Beginn der Arbeit. Die Pädagogen beschäftigen sich mit Theorie und Praxis der Bildung und Erziehung. Die Psychiater andererseits konzentrieren sich auf neurologische Krankheitsmodelle. Bleibt noch die Psychologie als Kandidat. Sie definiert sich als Erfahrungswissenschaft, die das Erleben und Verhalten des Menschen, seine Entwicklung im Laufe des Lebens und alle dafür maßgeblichen Ursachen und Bedingungen beschreibt. Allen gemeinsam ist, dass sie sich nicht vorrangig für den funktionalen Aufbau des mentalen Apparats interessieren. Der Computingingenieur braucht zur Modellierung aber eine klare Modellvorstellung. Es geht nicht um das Verhalten des Menschen, sondern um den Entwurf von Funktionseinheiten. Damasio [Dam 01] hat diesen Entwurf einmal mit einem Konzert verglichen, in dem die Instrumente zusammen spielen und miteinander harmonieren. Psychologen können wiederum später, wie Philosophen, bei der Evaluierung des Modells ihren Teil dazu beitragen.

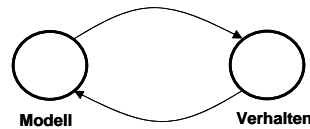
Die Neurowissenschaftler haben Modelle von Neuronen und ihren vernetzten Strukturen, aber keine Modellierung der höher anzuordnenden Funktionsschichten, wozu nach Solms [Sol 04] und Damasio [Dam 01] weniger die Emotionen, sondern die Gefühle und das Bewusstsein zählen. Hier sind es allein die Psychoanalytiker, die eine mehr oder weniger klare, d. h. differenzierte Modellvorstellung des mentalen Apparates haben. Sigmund Freud hat sie in seiner Metapsychologie vor ca. 100 Jahren begonnen zu entwickeln. Seitdem wurde sie durch zahlreiche Forscher der psychologischen Wissenschaft, wie sie die Psychoanalyse darstellt, und der kognitiven Neurowissenschaft stark vorangetrieben, vor allem in den letzten 50 Jahren [Sol 04, Dor 01, Kra 98]. Mark Solms und viele andere internationale Forscher wie z. B. Oliver Sacks, Oliver Turnbull und David Olds haben dann im Juli 2000 in London eine internationale Gesellschaft ins Leben gerufen, die den Namen "International Neuro-Psychoanalysis Society" trägt [NPSA]. Sie soll die Lücke zwischen den Modellvorstellungen der „objektiven“ Neurowissenschaft und der „subjektiven“ Wissenschaft der Psychoanalyse schließen und zu einem einheitlichen naturwissenschaftlich begründeten Modell gelangen.

Der Grundgedanke ist die *theoretische* Trennung zwischen der Physik und dem mentalen Apparat (als Funktionseinheit betrachtet), wie er im vorhergehenden Kapitel beschrieben wurde. Die beiden "Dinge" sind ein und das selbe, nur unter verschiedenen Blickwinkeln betrachtet.

Damit gelangt man zu dem klaren Schluss, dass für eine naturwissenschaftliche Modellierung fünf entscheidende Anforderungen erfüllt werden müssen:

1. Es muss ein klares Top-down-Design eingehalten werden.
2. Es muss ein Modell geschaffen werden, das umfassend ist, d. h. vollständig und widerspruchsfrei.

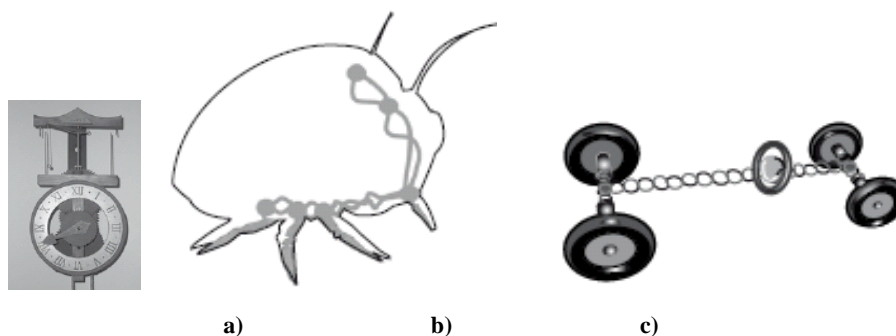
3. Es muss dem Modell eine einheitliche, durchgängige Architektur zugrunde gelegt werden.
4. Aufgrund des fehlenden Detailwissens muss zunächst von dem Funktionsmodell des mentalen Apparates ausgegangen werden, das sich in einem bestimmten Verhalten äußert (Bild 7).
5. Da es um die Modellierung eines Informationssystems, des mentalen Apparats, geht, muss dieser unabhängig von der Hardware, also von der Physik des Gehirns, entwerfbar sein.



**Bild 7:** Verhalten gegenüber Modell

## 4. Paradigmenwechsel in der Automation

In [Die 00a, Die 04b] wurde der Grundgedanke mit der Fragestellung: "Was ist der Unterschied zwischen einer Amöbe und einem Käfer bezüglich der Informationsübertragung und Informationsverarbeitung?" herausgearbeitet. In einem Käfer gibt es im Gegensatz zu einer Amöbe ein spezielles Informationssystem, eine Art von Nerven (Bild 8). Vergleicht man dies mit der Entwicklung der Uhr, müssen wir ähnliche Konzepte erkennen. Bei der Uhr von Leonardo da Vinci (Bild 8a) ist das Informationssystem nicht vom Energiesystem entkoppelt. Leonardo da Vinci hat mit einer genialen Idee einen physikalischen Prozess entwickelt, durch den Zeit gemessen wird. Sieht man heute den Trend, der durch die Feldbusse eingeläutet wurde, dann wird klar, dass man heute zunehmend dazu übergeht, den Energiefluss vom Informationsfluss zu trennen, was entscheidende Vorteile bezüglich der Performance des Prozesses hat (was dem Modell des Käfers entspricht). Ein Drive-by-Wire-Kraftfahrzeug verspricht ein wesentlich verbessertes, effizienteres Verhalten und ist zudem wesentlich preisgünstiger zu warten und zu betreiben.



**Bild 8:** Trennung von Information und Energie in (a) Leonardo da Vincis Uhr, (b) einem Käfer, und (c) einem mit Drive-by-Wire-gesteuerten Automobil

Dies zu verstehen und anzuwenden verlangt einen enormen Umdenkungsprozess in der Automation, der viel größer ist, als man erwarten könnte. In frühen Visionen des intelligenten Hauses (die auch verfilmt wurden) sieht man diesen mechanistischen Ansatz noch sehr deutlich: Ein Ingenieur konstruierte ein intelligentes Haus. Man sah wie er morgens in diesem Haus von einem mechanischen Wecker geweckt wurde, was einen Ball zum Fallen brachte, der dann eine Kerze entzündete, die wiederum den Ofen anzündete, der Wasser erhitze, mit dem sich der Ingenieur reinigen und letztendlich einen Kaffee brauen konnte. Was hat das Informationssystem des Hauses mit Intelligenz im bionischen Informationsdenken zu tun? Nichts. Dieses Haus ist mit der Uhr oder der Amöbe vergleichbar. Heutige intelligente Häuser haben Sensoren und Aktoren, die Beeinflussung geschieht aber nicht

direkt durch physikalische Effekte, sondern wird von einem Steuersystem übernommen - entsprechend dem primitiven Nervensystem des Käfers.

Entwickelt man diese Überlegungen weiter und realisiert, dass die Zahl der Sensoren und Aktoren in der Feldbustechik laufend drastisch zunimmt - in Fußböden sollen Trittsensoren eingefügt werden [Sou 00], Flughäfen sollen mit Sensoren aus Gründen der Sicherheit flächendeckend vernetzt werden [Pra 07b, Bru 08], und die Nanotechnologie macht es möglich, dass laufend neue Sensortypen entwickelt werden - wird deutlich, dass immer mehr Daten von diversitären Sensoren der verschiedenen Prozesse generiert werden. Das hat wesentliche Konsequenzen auf die Steuerungen und erfordert eine Umstellung in vieler Hinsicht gerade für die Ingenieursausbildung. Bis heute lernen wir die Linearisierung von Funktionen, die Reduktion auf die entscheidenden Parameter eines Prozesses, die Elimination der Seiteneffekte und die Trennung der verschiedenen Prozesse. Doch betrachtet man den Trend in der Automation wie zum Beispiel der Kraftfahrzeugtechnik, der Gebäude- und der Industrieautomation, erkennt man, dass immer genauere Modelle erarbeitet und dafür die Daten gewonnen werden müssen. Der Einlitermotor beziehungsweise das sogenannte Drei-Liter-Haus [Sol] sind beste Beispiele dafür. Ohne eine immense Menge von Sensoren und Einflussnahmen auf die zusammenhängenden Prozesse, also der Integration von Aktoren, wären diese Ziele nicht zu erreichen.

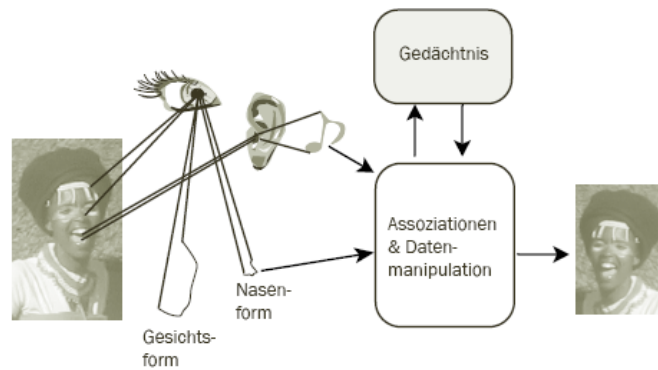
Ein weiteres schönes Beispiel ist das Softradio, bei dem ein Analog-Digital-Wandler mehr oder weniger direkt hinter der Antenne angebracht wird, um sehr früh die Signale zu digitalisieren und die weitere Verarbeitung numerisch mithilfe mathematischer Algorithmen abwickeln zu können. Es gilt, die analogen Schaltkreise zu vermeiden, Rauscheinflüsse zu vermeiden und die Genauigkeit zu erhöhen.

Was bedeutet aber die dramatische Zunahme der Sensoren? Was bedeutet die dramatische Reduktion der Mechanik in einem Prozess? Warum soll das Gestänge im Flugzeug oder im Kraftwagen ersetzt werden? Es bedeutet das gleiche wie beim Softradio: die Verlagerung der Probleme in den Computer, wo sie einfacher in abstrakter Weise zu handhaben sind. Das zieht aber automatisch nach sich, was am Anfang des Aufsatzes dargelegt wurde: Die Prozesse werden immer komplizierter, die Tools immer komplexer. Es muss die Frage aufgeworfen werden, wie diese Informationen verarbeitet werden können? Wie macht es das Gehirn? Welche Modelle kann uns die Neuropsychanalyse anbieten?

## **5. Bionisches Modell**

Bevor das von der Neuropsychanalyse übernommene Modell vorgestellt wird, sollen noch drei fundamentale Prinzipien, die das Ergebnis der heutigen Forschung widerspiegeln, dargelegt werden [Pra 07a].

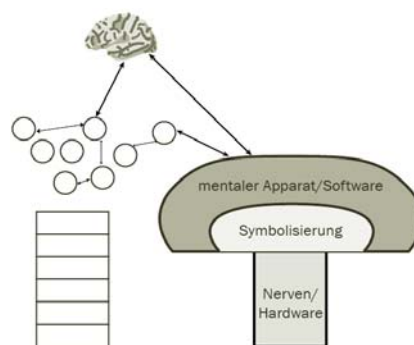
Entsprechend [Die 04b, Pra 06] nimmt der Mensch Informationen von außen nicht wie eine Kamera auf, sondern "sieht" schon nach wenigen Neuronenschichten nur noch charakteristische Größen wie Kanten, Kreise, bestimmte Farbflächen und Kontraste. Dies gilt analog für die anderen Sinne wie beispielsweise den olfaktorischen oder den taktilen Sinn. Das bedeutet entsprechend Bild 9, dass der Mensch von der Künstlerin, der er gerade zuhört, beispielsweise nur bestimmte Augenformen oder die Kopfstellung sowie die Haltung des Körpers wahrnimmt, ebenso wie er nur charakteristische Klänge hört und das restliche Bild beziehungsweise den großen Teil der Musik über seine große "Datenbank", also über früher erworbenes Wissen, assoziiert. Dort sind die in der Vergangenheit abgebildeten "Images" abgelegt, die mit den neu einfließenden Daten zu neuen Images "berechnet" und eventuell auch abgespeichert werden. Nach [Sol 04] und [Pal 08] werden einmal abgespeicherte Daten dann nicht mehr "vergessen", außer durch Zerstörung der entsprechenden Synapsen beziehungsweise durch traumatische Ereignisse.



**Bild 9:** Wie die äußere Welt vom Menschen gesehen wird

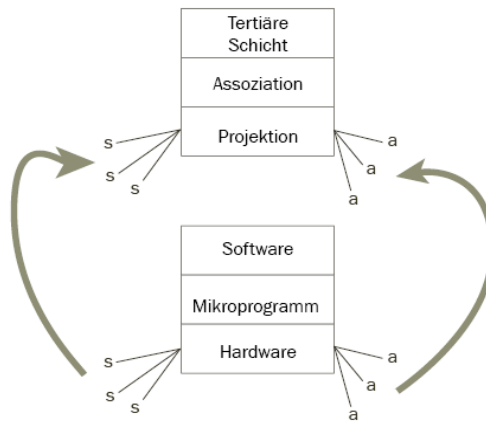
Diese Images werden symbolisiert abgespeichert [Vel 08]. Das zweite wichtige Prinzip ist, dass diese Images in Sequenzen zusammengefasst werden können [Pal 08], was wiederum symbolisiert erfolgt. Solche Szenarien sind jedoch sehr kurz. Sie belaufen sich auf maximal wenige Sekunden [Pra 06]. Um längere Abfolgen wahrzunehmen oder sogar zu speichern und zu planen, bedarf es nach [Sol 04, Dam 01] weit mehr als der einfachen symbolisierten Informationsverarbeitung, was im Folgenden noch beschrieben wird.

Das dritte entscheidende Moment, das die Psychologen, Pädagogen und Psychoanalytiker schon lange vor den KI-Forschern herausgefunden haben, ist: der Mensch braucht, um Bewusstsein zu erlangen, seinen Körper sowie Repräsentationen seines Körpers und der Welt. Den Körper nimmt er als Teil der Außenwelt wahr, wobei „Außenwelt“ in ihrer Differenz zum Mentalen zu sehen ist und daher unterteilt wird in eine Außenwelt innerhalb des Körpers und eine Außenwelt außerhalb des Körpers. Nach der Modellvorstellung der Psychologen, Pädagogen und Psychoanalytiker ist dann die Innenwelt das Welt- und Selbstbild, das der Mensch im Laufe seines Lebens entwickelt und das aus der symbolischen Repräsentation der Außenwelt und der entsprechenden Bewertungen besteht. Dabei handelt es sich um nichts Starres, sondern ist einer laufenden Modifizierung unterworfen, da es mit Gefühlen bewertet wird und ununterbrochen unterschiedliche Assoziationen hervorruft. Die Vorstellungen von der eigenen Person und ihrer Umwelt werden somit immer wieder neu zusammengesetzt. Alte Zustände können nicht mehr eingenommen werden. Die Bilder sind laufend im Fluss, sie werden laufend neu "berechnet", damit mehr oder weniger modifiziert. Die Einheit aus Repräsentation der äußeren Welt, ihrer subjektiven, situationsabhängigen Bewertung und das Gewahrsein dieser Bewertung bildet das Bewusstsein.



**Bild 10:** Das Zusammenspiel von "Hardware" und "Software"

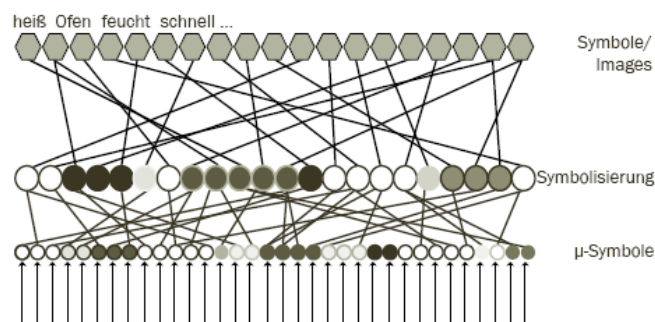
Damit kann nun die neu gewonnene Modellstruktur erklärt werden, die auf der Neuropsychanalyse aufsetzt. Es werden zunächst im Prinzip drei Schichten unterschieden: die Hardware der Neuronen, wofür die neurologische Modellierung zugrunde gelegt werden kann. Hier ist klar ein hierarchisches Konzept [Pra 06, Bru 08] zu erkennen (Bild 10 rechte Darstellung). Als oberste Schicht sieht man das psychoanalytische Modell, das aber selbst nicht mehr hierarchisch ist, denn es ist ein dezentralisiertes verteiltes Funktionsmodell. Dazwischen kann nach [Bra 04] die Symbolisierung angesiedelt werden, darunter wiederum die "Hardware", das heißt die neuronale Schicht.



**Bild 11:** Gegenüberstellung des Computer-Modells zum Modell von Luria

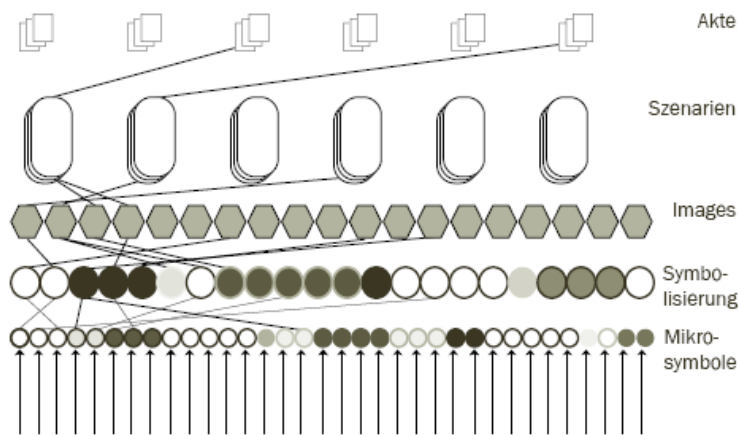
Vor [Sol 04] war Luria [Lur 73] die entscheidende Persönlichkeit, die das in Bild 11 oben gezeigte, hierarchische Modell des Gehirns entwarf. Es passt gut zu den Modellvorstellungen des Computertechnikers (Bild 11 unten). In den unteren Schichten verlaufen (siehe auch [Bur 07]) relativ einfache Operationen, die man konsequenter Weise auch durch bildgebende Verfahren im Gehirn lokalisieren kann (Handbewegungen, Augenbewegungen, ...). Gerade in letzter Zeit konnten auf diesem Gebiet große Fortschritte erzielt werden. Doch umso höher die Aktionen angesiedelt sind, umso diffuser sind die Funktionseinheiten physikalischen Einheiten zuzuordnen. Man vergleiche hierzu beispielsweise das Geschehen bei einem Computer auf Transistorebene: Umso höher man in der Hierarchie zwischen Transistor und Applikation geht, umso weniger lassen sich einzelne Funktionen konkreten Transistoren zuordnen. Den Empfang eines Emails wird man bestimmt nicht versuchen, bestimmten Transistoren zuzuordnen. Um die Zusammenhänge verstehen zu können, betrachtet man die einzelnen Schichten des Systems und bringt nur direkt übereinanderliegende Schichten zueinander ins Verhältnis. Den gleichen Schritt muss man wohl bei der Analyse des Gehirns vollziehen, womit die Zusammenhänge entscheidend einfacher zu verstehen sein werden.

Damit wird deutlich, dass der gewaltsame Versuch, die Neuronen in Zusammenhang mit dem Bewusstsein zu bringen, ein sinnloses und ineffizientes Unterfangen ist. Obwohl es letztendlich die Neuronen sind, auf deren Grundlage der komplexe Prozess des Bewusstseins existiert, wird es nicht möglich sein, nur durch Verstehen der Funktionsweise der Neuronen ein Verständnis der Funktionsweise des Bewusstseins entwickeln zu können. Sigmund Freud hatte dies schon vor 100 Jahren in seiner Abhandlung [Freu 01] erkannt, woraus viele Kollegen von ihm immer noch keine Konsequenzen gezogen haben, wie man in dem entsprechenden Vorwort des heutigen Herausgebers dieses Buches nachlesen kann.



**Bild 12:** Aktivitäten im Projektionsfeld nach Luria

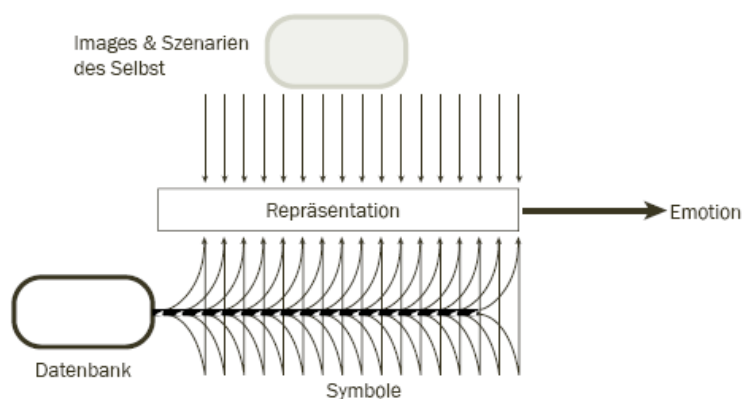
Mit diesen Überlegungen kann man die verschiedenen Schichten des mentalen Apparates detaillierter modellieren. Die unterste ist das von Luria schon relativ gut erforschte Projektionsfeld (siehe auch [Pra 06, Bur 07, Vel 08]). Hier werden die Daten zunächst zu Mikrosymbolen und dann zu Symbolen innerhalb verschiedener Subschichten verdichtet (Bild 12). Letztendlich erhalten wir Symbole wie *heiß, Ofen, schnelle Bewegung* usw.



**Bild 13:** Schichtenmodell

Nach Bild 13 folgt die Bildung der Images, dann der Szenarien und als oberste Schicht ist die der Akte definiert, die eine extrem komplexe Funktion darstellt und das Bewusstsein voraussetzt. Um die Funktion der Aktbearbeitung zu verstehen, ist es nach [Sol 04, Dam 01] notwendig, zwischen dem *Einfachen Bewusstsein* (auch *Kernbewusstsein*) und dem *Erweiterten Bewusstsein* zu unterscheiden. Das Kernbewusstsein, angesiedelt in der Hirnstammstruktur, stattet den Organismus mit einem Sinn für sich selbst aus, der ausschließlich für einen Augenblick, d. h. für das Hier und Jetzt gilt. Nur das ist der Zuständigkeitsbereich des Kernbewusstseins [Dam 01, S.28f.]. Es vermittelt Erfahrungsmomente als momentane Zusammenfassungen von Selbst-Zuständen und gleichzeitigen Ereignissen in der Außenwelt. Eine entscheidende Rolle spielt dabei der Hippokampus, ein gefalteter Teil primitiver Hirnrinde, der eng mit einer Gruppe von Strukturen verbunden ist, die als „limbisches System“ bezeichnet werden und in Verbindung mit den Emotionen gebracht werden [Sol 04, S.176f.]. Man kann sagen, dass Emotionen als gelebte Erinnerungen eine unterste Repräsentationsebene darstellen.

Im Vergleich mit dem Kernbewusstsein besitzt das Erweiterte Bewusstsein eine weit komplexere Form, die dem Organismus einen „höheren Selbst-Sinn“ vermittelt, nämlich die Identität und Wahrnehmung als Person. Die Vergangenheit kann differenziert erinnert, die Zukunft in komplexen Formen antizipiert werden. Auch hier spielen die Funktionen des Hippokampus die entscheidende Rolle. Sie ermöglichen eine Kopplung des unmittelbaren Erlebens des Kernbewusstseins mit Erinnerungen an frühere Bewusstseinsmomente. Selbstgewahrsein in Gefühl und Vorstellung bildet hier die oberste Repräsentationsebene [Sol 04, S.290f.].

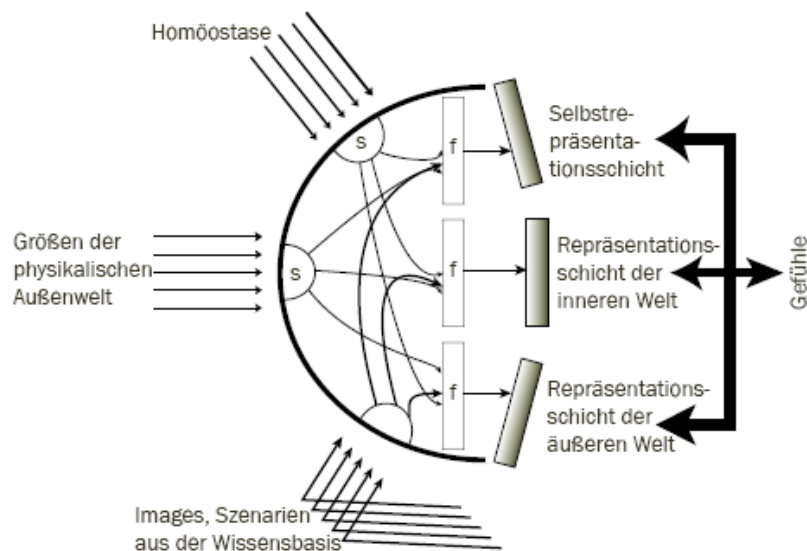


**Bild 14:** Repräsentationsebene des Einfachen Bewusstseins

Die unterste Repräsentationsebene vergleicht eingehende Informationen, in Bild 14 von links kommend, mit der großen Datenbank, in der alle sogenannten Images und Szenarien und deren subjektive



Bewertung über die Jahre gespeichert sind. Die Reaktionen des Vergleichs sind die Emotionen, die als erstes Bewertungsschema für eine Wahrnehmung dienen. Wahrnehmung bedeutet dementsprechend, dass über Symbole und Szenarien eine "Vorstellung" von der Außenwelt gebildet wird [Die 04a], die mit Erinnerungen, das sind schon vorhandene und gespeicherte Vorstellungen, zusammentrifft, mit diesen verglichen und darüber identifiziert wird. Das Ergebnis der Identifikation bedeutet die Repräsentation der Wahrnehmung im Bewusstsein. Die Repräsentation sehen wir deshalb als Funktionseinheit, die rückwirkend auf alle angesprochenen Images und Szenarien Wirkung zeigt. Das bedeutet, alle Images und Szenarien werden stets "emotional", also bewertet abgespeichert. Und umgekehrt: alle aufgerufenen Images und Szenarien sind mit einem emotionalen Wert belegt und damit nicht wertfrei. Bei eingehender Betrachtung bedeutet das, dass Menschen nie wirklich objektiv urteilen können, sondern Urteile immer anhand ihrer persönlich erlebten Geschichte und damit stark emotionalisiert fällen. Die vermeintliche Objektivität entsteht erst durch ein abstraktes Umlegen der eigenen Geschichte und eine Verallgemeinerung auf die Gesellschaft.



**Bild 15:** Funktion des erweiterten Bewusstseins  
*S: Sensoren; f: Funktion*

Das einfache Bewusstsein benötigt gegenüber dem erweiterten Bewusstsein aufgrund seiner Funktionen eine relative geringe Neuronenmasse. Bewusstsein im erweiterten Sinne kann schon deshalb im einfachen Bewusstsein nicht vorkommen, da dort einfach die "Rechenkapazität" fehlt (der Umkehrschluss ist jedoch nicht gültig: mehr Neuronen erzeugen nicht zwangsläufig ein Bewusstsein). Damit existiert auch dort nicht die Welt der Gefühle. Das erweiterte Bewusstsein (s. o.) ist die Voraussetzung dafür, dass das Wesen ein Bild von sich hat – sich selbst bewusst ist. Es ist hier nicht die Rede vom Idealbild, das das Wesen von sich hat, sondern von dem Bild, was es von sich hat - wie es sich *jetzt* fühlt. Doch woher kommt das Gefühl?

Damit gelangt man zum zweiten Repräsentationsfeld. Die Informationen von der Außenwelt treffen auf das Bild, das das Wesen von sich hat und weisen darauf hin, dass es zwei Welten gibt. Den einen bildet das Wesen mit seinem eigenen physikalischen Körper, der andere Raum ist der Rest der Welt. Damit kann sich das Individuum definieren, was einem Kind im Alter von ca. 3 bis 4 Monaten möglich ist [Dor 01]. Es sieht sich im Spiegel. Damit kann es sich von der Mutter getrennt erleben und setzt sich in Folge laufend zur Umwelt in Kontrast. Dieses Erleben ist bewusst, es werden jedoch nur zu einem sehr kleinen Teil die Auswirkungen gespürt. Das Resultat dieses Repräsentationserlebnisses sind Gefühle, wiederum ein Bewertungsschema. Die Gefühle haben jedoch auf den ganzen mentalen Apparat Auswirkungen und sind – im Gegensatz zu Emotionen – nicht mehr lokalisierbar.

Die zweite Repräsentationsebene des erweiterten Bewusstseins, also die dritte Repräsentationsebene insgesamt, besitzt als Hintergrund ein Modell der *äußeren Welt*. Davor wird sie als *innere Welt* bezeichnet. Innen und Außen beziehen sich hier wieder auf das Mentale. Zur *äußeren Welt* zählt

demnach auch der physikalische Körper des Wesens selbst, da er sich quasi außerhalb der Denkprozesse befindet. Die *äußere Welt* ist demnach die physikalische Welt außerhalb und innerhalb unseres Körpers. Die dicke Hornhaut an meinen Fußsohlen ist ein gutes Beispiel. Sie gehört faktisch zu mir. Mein Bild der Welt außerhalb meines Körpers, wahrgenommen durch meine Sensoren, zeigt sie aber nicht. Deshalb "fühle" ich keine tote Hornhaut - ich "sehe" sie nicht mit meinem "inneren Auge", ich kann sie nur mit meinen Tastsensoren von "außen" ertasten. Die *innere Welt* ist somit eine reine Modellvorstellung und entspricht nicht der realen Welt.

Noch ein Aspekt ist in diesem Rahmen zu nennen: der der Akte. Er wurde schon vorher kurz angesprochen. Wenn ein Bild von der eigenen Person existiert, wenn diese Person sich also im Spiegel erfassen kann, dann wird es möglich in die Vergangenheit zu sehen und die Zukunft abzuschätzen. Da nun aber immer alles stets bewertet abgespeichert wird, ist der Blick in die Vergangenheit wieder entsprechend als modelliert und als "verarbeitet" vorzustellen. Das Bild der Vergangenheit wird also zunehmend durch weitere Verarbeitungen modifiziert, das eine mehr, das andere weniger. Für uns Techniker ist der Blick zurück im Moment nicht so entscheidend, viel mehr der Blick in die Zukunft (wohl wissend, dass das eine ohne das andere nicht möglich ist). Wir können also durch das erweiterte Bewusstsein planen, was uns die beiden zusätzlichen Repräsentationsebenen möglich machen. Betrachten wir also zeitliche Vorgänge über Szenarien hinaus, gelangt man zu den Akten, die sich der mentale Apparat über umfangreiche Prozesse zusammensetzen muss. Dazu simuliert er verschiedene Varianten des Vorgehens und entscheidet sich letztendlich für die jeweils optimale, wobei sich das Optimum auf die bewerteten Daten bezieht, die bei ihm zusammenströmen. Hier liegt ein wesentlicher Vorteil der Bewertung von möglichen Handlungsabläufen: es müssen in der bewussten Planung nicht alle möglichen Handlungsweisen durchgespielt werden. Beispielsweise hat der Schachgroßmeister Garry Kasparov jeweils immer nur wenige Züge analysiert, kann aber auf enorme Schach-Erfahrung zurückgreifen, während der Schachcomputer „Deep Blue“ Millionen Möglichkeiten jedes Mal neu berechnet hat [Sto 97].

## 6. Auswirkungen und Konsequenzen

Das dargelegte Modell ist weitgehend das Ergebnis der Forschungsarbeiten, die am Institut für Computertechnik (ICT) zunächst unter der Projektbezeichnung *Smart Kitchen*, später unter *Artificial Recognition System* (ARS) seit 1999 auf der Basis der Psychoanalyse durchgeführt werden. Eine gute Übersicht über die Grundlagen des Forschungsgebiets zeigen die Werke von Solms [Kap 03, Sol 04] und zum Teil von Damasio [Dam 01], auf die wir Ingenieure gut aufsetzen können. Das Konferenzduett N-PSA und INDIN2007 mit dem dazwischen liegenden, eintägigen Forum ENF [ENF 07] im Juli letzten Jahres zeigte deutlich, wie die Ingenieure zum ersten Mal ein Modell eines "intelligenten" Prozesses erhalten und welche enormen Fragen sich dabei auftun. Doch bevor darauf noch kurz eingegangen werden soll, sollen zusammenfassend die wesentlichen Aspekte des "neuen Funktionsmodells", das einen Paradigmenwechsel in der Computertechnik genauso wie in der Automatisierung darstellt, dargelegt werden.

Der mentale Apparat des Menschen kann Vorgänge in einer Art und Weise wahrnehmen und abbilden, wie es heute noch kein technisches System kann. Die Ergebnisse der KI-Forschung zeigen, dass sie im Gegensatz zu den Neuropsychanalytikern wenig Wissen über die Funktionen des Gehirns erarbeiten konnte. Die Ingenieure müssen sich also auf ihre ursprüngliche Aufgabe zurückbesinnen. Diese Aufgabe kann nur die Umsetzung sein, also die Schaffung des bionischen Modells und dessen Realisierung, nicht aber die Mitentwicklung des neuropsychanalytischen Modells. Hier kann ein Ingenieur aufgrund seiner Ausbildung nur Pseudowissen liefern. Die Modellentwicklung müssen wir den Neuropsychanalytikern überlassen, was eindeutig bedeutet: Nur die interdisziplinäre Arbeit von Technikern und Neuropsychanalytikern kann Fortschritte bringen.

Der Prozess *mentaler Apparat* unterscheidet sich maßgeblich und in vieler Hinsicht von heutigen Kontrollsystemen. Ein bis heute schon gut in den genannten Dissertationen herausgearbeiteter Aspekt



ist das Konzept der unteren hierarchischen Schichten, in denen die Daten symbolisch verdichtet werden. Die neue Arbeit von [Vel 08] zeigt Modelle, wie man sich, aufbauend auf dem Wissen der KI über die Schichten der neuronalen Netze das Lernen vorstellen kann. Entscheidend sind hier Rückkopplungen, die über mehrere Schichten hinweg geschaltet sind und sich vor allem mit der Zeit durch das Lernen bilden.

Eine wichtige Beobachtung der bisherigen Entwicklung ist, dass die Bottom-up-Methode, also neue Erkenntnisse durch Optimierung und Erweiterung bestehender Lösungen zu erarbeiten, nicht zielführend sein kann. Hier sollte man sich die Analogie aus der Computertechnik vor Augen halten: "Auch wenn Computer auf Basis von Transistoren funktionieren, wird es praktisch nicht möglich sein, die Funktionalität von Software-Applikationen wie Internet Browser oder Textverarbeitung auf einer Modellierung von Transistoren aufzubauen" Das bedeutet, dass das einzige vollständige, existierende Modell, nämlich das der Psychoanalyse herangezogen werden muss wie es [Roe 07] und [Pal 08] in ihren Arbeiten beschrieben haben.

Das wesentliche bisher im Projekt ARS [ARS] an der Technischen Universität Wien übernommene Konzept ist:

1. Die Erfassung und Speicherung der Informationen erfolgt über Images und Szenarien, die über charakteristische Größen symbolisiert vorliegen. Dabei ist die Verarbeitungs- und Speicherungsart unabhängig von der Sinnesmodalität. Man kann nur das wahrnehmen, was als Symbol in ähnlicher Form schon gespeichert vorliegt. Die Differenz zwischen bekannter und aktueller Welt darf nicht zu groß sein, sonst führt das zu Verwirrung.
2. Es liegt ein Modell der äußeren Welt vor. Dies ist die so genannten *inneren Welt*,
3. deren Inhalte mit Emotionen und Gefühlen bewertet sind.
4. Die Prozesse der "oberen" Schichten liegen immer in einem Spannungsfeld zwischen Zielkonflikten, und der mentale Apparat muss den Prozess laufend im Gleichgewicht halten (was zum Teil auch für die unteren Schichten gilt, siehe hierzu auch [Vel 08].
5. Alle Informationen werden mehrfach bewertet. Zuerst wenn sie in den Prozess einfließen, dann bei der Verarbeitung und schließlich beim Abspeichern. Zudem erfolgt es in beiden völlig unterschiedlichen Schichten, dem einfachen und dem erweiterten Bewusstsein, weshalb auch die Unterscheidung zwischen Emotionen und Gefühlen erfolgen muss.
6. Der Mensch ist laufend mit Planen beschäftigt, um seine Triebe und Wunschvorstellungen zu befriedigen, um ins Gleichgewicht zu bekommen. Das bedeutet, er simuliert laufend Abläufe der äußeren Welt beziehungsweise die Modelle, die er von ihnen hat.

Setzt man allein diese Prinzipien um, und viele wurden bisher von der Technik noch gar nicht aufgegriffen, wird man zu völlig neuen Steuerungs- und Kontrollsystemen kommen, wie sie bisher in der Technik nie für möglich gehalten wurden. Systeme würden eine Intelligenz erhalten, die höheren Lebewesen immer ähnlicher würde. Doch ergeben sich noch viele Fragen, die noch nicht so einfach beantwortet werden können. Wir möchten hier auf vier spezielle Fragestellungen eingehen, da sie zurzeit am meisten diskutiert werden.

Wie das oben erwähnte Konferenz-Duett N-PSA, INDIN2007/ENF deutlich zeigte, scheint für die Ingenieure eine wichtige Frage die der Beweisführung zu sein. Physiker haben sich schon seit langem mit ihr auseinandersetzen müssen und kamen zu dem pragmatischen Schluss - man denke nur an das Modell des schwarzen Loches - dass man auch ohne die Möglichkeit der Beweisführung ganz gut leben kann, denn es gibt keine andere Möglichkeit. Das bedeutet, wenn man sich mit derartigen Fragen an der Grenze des bisher Bekannten beschäftigen will, muss man Modelle entwickeln und mit ihnen arbeiten, bis man sie durch neue Erkenntnisse modifizieren und verbessern kann. Hier stellt sich also die Frage nach der Evaluierung. Diese Vorgehensweise ist notwendig, wenn die Messobjekte so weit entfernt sind, dass man sie nicht ausreichend messtechnisch erfassen kann, aber auch, wenn die Ergebnisse subjektiv sind. Sigmund Freud hat damit leben müssen, was ihm nicht leicht gefallen ist, die Neuropsychoanalyse und die moderne Physik müssen gleichfalls damit umgehen lernen.

Die Frage, vor allem von Psychoanalytikern und Psychologen, geht in eine andere Richtung: können die Kenntnisse der hier betrachteten Forschungsarbeiten auch zur Prüfung vorhandener Theorien und Modelle der Psychologie und Neuropsychanalyse, ja sogar später für psychiatrische Überlegungen verwendet werden? Die Autoren sind sich sicher, denn ihre Arbeit kann nur zum Erfolg führen, wenn die ihnen gelieferten Modelle richtig sind. Dann sind aber auch Simulationsprogramme möglich, mit denen sich bestimmtes Verhalten statistisch untersuchen lässt.

Die dritte Fragestellung zielt mehr auf die heute sehr verbreitete Technik der bildgebenden Verfahren zum Scannen der Gehirnaktivität. Können damit wirklich zukünftig Gedanken gelesen werden wie immer wieder von den Medien lanciert wird? Die obigen Ausführungen erzwingen eine klare Absage an diese Fiktion. Hier werden verschiedene Dinge durcheinander geworfen. Solange ein Gehirn-Scan Felder hoher Aktivität zeigt, kann er Bereiche der unteren Schichten des mentalen Apparates ausfindig machen, die für Aktionen wie die Hand zu heben oder die Augen zu bewegen verantwortlich sind. Vielleicht können sogar Wünsche, in die eine oder andere Richtung zu *gehen*, herausgefiltert werden. Doch Gefühle oder Bewusstsein sind Prozesse, an denen viele Zellen beteiligt sind und wer sagt, welche davon entscheidend sind? Kann nicht eine oder nur wenige Zellen entscheidend sein, die aber im Scanner gar nicht hervortreten, dafür aber andere deutlich sichtbar werden, die aber eine untergeordnete Rolle spielen? Was würde passieren, wenn man beim Empfang einer Email die Transistoren des Rechners scannen würde? Zwischen Applikation und Transistor liegen so viele Modellierungsschichten, die verschiedensten Einfluss nehmen, dass Aussagen wie "Dies ist ein entscheidendes Feld, dieses nicht." so nicht aufgestellt werden können, wenn nicht ein vernünftiges Modell des mentalen Apparates zugrunde gelegt wird.

Die vierte und letzte Fragestellung dürfte die spannendste sein, die des freien Willens. Das Modell lässt kaum einen Raum dafür frei. Hier wäre es nun die Aufgabe der Philosophen unter diesem neuen naturwissenschaftlichen Aspekt die Frage des freien Willens zu diskutieren, was schon eingangs angesprochen wurde.

## Literatur

- Bra 04 Brainin, E., Dietrich, D., Kastner, W., Palensky, P., Rösener, Ch., "Neuro-bionic architecture of automation systems - obstacles and challenges", Proceedings of the 7th AFRICON, Gaborone, 2004
- Bre 02 Breazeal, C., "Designing Sociable Robots", The MIT Press; 1st edition, May 4, 2002
- Bru 08 Bruckner, D., "Probabilistic Models in Building Automation. Recognizing Scenarios with Statistical Methods", Vdm Verlag Dr. Müller, März 2008
- Bur 07 Burgstaller, W., "Interpretation of situations in buildings", Dissertation am Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien,, 2007
- Dam 01 Damasio, A. R., "Ich fühle also bin ich; Die Entschlüsselung des Bewusstseins", List Verlag (Econ Ullstein List Verlag GmbH); 3. Auflage, 2001
- Dam 04 Damasio, A. R., "Descartes' Irrtum. Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn.", List Tb., 2004
- Die 97 Dietrich, D., Sauter, T., "Der Feldbus – Forschungsschwerpunkte und Entwicklungstendenzen", e&i 117, 1997, S. 305-307
- Die 99 Dietrich, D., Loy, D., Schweinzer, H.-J., "LON-Technologie; Verteilte Systeme in der Anwendung", Hüthig Verlag, 2. Auflage, 1999
- Die 00a Dietrich, D., "Evolution potentials for fieldbus systems", IEEE International Workshop on Factory Communication Systems WFCS 2000; Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal, 2000
- Die 00b Dietrich, D., Kastner, W., Sauter T. (ed.), "EIB Gebäudebussystem", Hüthig, Heidelberg, 2000
- Die 04a Dietrich, D., Kastner, W., Schweinzer, H.: Wahrnehmungsbewusstsein in der Automation - ein neuer bionischer Denkansatz; at, 52. Jahrgang, März 2004, S. 107-116

- Die 04b D. Dietrich, W. Kastner, Th. Maly, C. Rösener, G. Russ, H. Schweinzer, "Situation modeling", Proceedings of the 5th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, Wien, 2004, S. 93 - 102
- Döb 99 Döbrich, U.; Noury, P., "ESPRIT Project NOAH – Introduction", Proceedings of the Fieldbus Conference FeT'99, 1999, S. 414-422
- Dor 01 Dornes, M., "Der kompetente Säugling - Die präverbale Entwicklung des Menschen", Geist und Psyche Fischer; Fischer Taschenbuch Verlag, 2001
- Ecc 94 Eccles, J. C., "How the Self Controls its Brain", Springer Verlag Berlin, Heidelberg, 1994
- Freu 01 Freud, S., "Zur Auffassung der Aphasien; Eine kritische Studie", Herausgegeben von Paul Vogel; Psychologie Fischer; Fischer Taschenbuch Verlag; 2001
- Haw 08 Hawkins, J., "Why can't a computer be more like a brain? Or what to do with all those transistors", International Solid-State Circuits Conference; 978-1-4244-2010-0/08; 2008; S. 38-41
- Kan 00 Kandel, E.R., "Cellular Mechanisms of Learning and the Biological Basis of Individuality", Principles of Neural Science, New York, 2000, S. 1247-1289
- Kap 03 Kaplan-Solms, K.; Solms, M., "Neuro-Psychoanalyse, Eine Einführung mit Fallstudien", Klett-Cotta J. G. Cotta'sche Buchhandlung Nachfolger GmbH, Stuttgart, 2003
- Kaw 06 Kawamura, S., Svinin M., "Advances in Robot Control: From Everyday Physics to Human-Like Movements", Springer, Berlin; 1. Auflage, Sept. 2006
- Kra 98 Krause, R., "Allgemeine Psychoanalytische Krankheitslehre", Band 2: Modelle, W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart, Berlin, Köln, 1998
- Lur 73 Luria, A., R. Pribram, K.H., "The Working Brain - An Introduction in Neuropsychology", Basic Books, 1973
- Pal 08 Palensky, B., "Introducing Neuro-Psychoanalysis towards the Design of Cognitive and Affective Automation Systems", Dissertation am Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien, 2008
- Pra 06 Pratl, G., "Processing and Symbolization of Ambient Sensor Data", Dissertation am Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien, 2006
- Pra 07a Pratl, G.; Dietrich, D.; Hancke, G.; Penzhorn, W., "A New Model for Autonomous, Networked Control Systems", IEEE Transactions on Industrial Informatics, Volume 1, Issue 3, 2007, S. 21 - 32.
- Pra 07b Pratl, G., Frangu, L., "Smart Nodes for Semantic Analysis of Visual and Aural Data, Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Informatics", 2007, S. 1001 - 1006
- Roe 07 Rösener, C., "Adaptive behavior arbitration for mobile service robots in building automation", Dissertation am Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien, 2007
- Sol 04 Solms, M.; Turnbull, O., "Das Gehirn und die innere Welt - Neurowissenschaft und Psychoanalyse", Patmos Verlag GmbH & Co. KG, Walter Verlag, Düsseldorf Zürich, 2004
- Sou 00 Soucek, S.; Russ, G., Tamarit, C., "The Smart Kitchen Project - An Application of Fieldbus Technology to Domotics", Proceedings of the 2nd International Workshop on Networked Appliances, 2000, S. 1 - 9
- Tan 06 Tanenbaum, A. S. and Stehen, M. v., "Distributed Systems. Principles and Paradigms, Prentice Hall International", 2. rev. ed., ISBN 978-0132392273, 2006
- Vel 08 Velik, R.: A Bionic Model for Human-like Machine Perception; Dissertation am Institut für Computertechnik, Technische Universität Wien, (voraussichtlich April 2008)

## Internet Links

- ARS            Project ARS – Artificial Recognition System, <http://ars.ict.tuwien.ac.at>
- ENF 07        ENF Emulating the Mind – 1st International Engineering & Neuro-Psychoanalysis Forum, <http://www.indin2007.org/enf>
- Hon 00        Honda Motor Co., Ltd. "Honda Debuts New Humanoid Robot 'ASIMO'" <http://world.honda.com/news/2000/printerfriendly/c001120.html>, Dokumentdatum: 20. Nov 2000
- JST 08        Japan Science and Technology Agency, <http://www.jst.go.jp/EN/>
- NPSA         International Neuro-Psychoanalysis Society, <http://www.neuro-psychoanalysis.org>
- OMCSP        The Open Mind Common Sense Project, Introduction by Push Singh, <http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0371.html>
- Sol            Der Solarserver - Das Internetportal zur Sonnenenergie: Solarlexikon: Drei-Liter-Haus, <http://www.solarserver.de/lexikon/drei-liter-haus.html>, Dokumentdatum: 13. März 2008
- Sto97         David G. Stork: The end of an era, the beginning of another? HAL, Deep Blue and Kasparov, Guest Essay, <http://www.research.ibm.com/deepblue/learn/html/e.8.1.shtml>
- WAP          Wiener Arbeitskreis für Psychoanalyse, <http://www.psychoanalyse.org>
- WPV          Wiener Psychoanalytischen Vereinigung, <http://www.wpv.at>