

Mensch und Automat
Multimediale Mensch-Maschine-Kommunikation
aus
systemtheoretischer und kybernetischer Sicht.
Ein interdisziplinärer Ansatz
Karl Steinbuch zum hundersten Geburtstag gewidmet

Peter J. Haubner

Abstrakt

Mensch-Maschine-Systeme (Verbund von Mensch und Automat) mit multimedialer Codierung von Information, verbunden mit interaktivem Zugriff auf vernetztes Wissen in realen und virtuellen Welten, hat, unterstützt durch intelligente, adaptive Softwarekomponenten, die technische Funktionalität heutiger Rechner erheblich erweitert. Rechner sind zu intellektuellen, wenn nicht sogar zu intelligenten Werkzeugen des Menschen geworden und in virtuellen, sozialen Netzwerken zu Mediatoren zwischenmenschlicher Kommunikation. Diese Automaten erledigen Aufgaben, die noch vor einer Generation als menschliches Verhalten gegolten hätten. Ihre Akzeptanz und der Nutzen ihres Einsatzes in sozio-technischen Systemen im privaten und im kommerziellen Bereich, werden zunehmend durch die anthropotechnische Qualität (Usability) der „Mensch-Maschine-Schnittstelle“, der sogenannten „Benutzungsoberfläche“ geprägt. Dieser Beitrag zeigt hierzu, am Beispiel von „Mensch-Maschine-Systemen“ mit multimedial codierten „Schnittstellen“, interdisziplinäre Aspekte und Ansätze ergonomisch-kognitions-psychologischer Gestaltung auf. Basis hierfür ist die „Modellierung“ menschlichen Verhaltens einschließlich geistiger Prozesse und deren Übertragung auf die informationellen Strukturen digitaler Automaten. Wesentliche Elemente hierzu sind eine „Allgemeine Systemtheorie“, „Kognitionswissenschaften einschließlich Neurobiologie“ und die „Kybernetische Anthropologie“ (Karl Steinbuch, „Automat und Mensch“, Springer 1961). Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Aufgabenteilung zwischen Mensch und Automat zu, d.h. der Frage, welche Autonomie die Maschine letztlich erhalten darf, damit sie „Werkzeug“ bleibt und der „Mensch das „Maß aller Dinge“, und welche Regeln für den Benutzer gelten. Hierbei spielen, neben technischen Anforderungen, kognitive Anforderungen und, nicht zuletzt, ethische Maßstäbe eine bedeutsame Rolle.

Situation und Motivation

Im Verlauf der evolutionsbiologischen Entwicklung vollzog die Spezies Mensch den Schritt zur Reflexion durch Ausbildung und Spezialisierung einiger Neuronen zum heutigen Gehirn, verbunden mit aufrechtem Gang, damit Freiwerden und Spezialisierung der Hände, sowie der Fähigkeit, sich untereinander durch Sprache auszutauschen. Der Mensch sicherte sich so nicht nur das Primat in der Biosphäre unseres Planeten, sondern überwand auch das scheinbare Ende seiner biologischen Entwicklung, indem er sich Werkzeuge schuf zur externalen Erweiterung seiner begrenzten körperlichen und geistigen Potentiale. Reflexion, Werkzeuggebrauch, kreative Kommunikation - und damit eng verbunden Sozialisation - ermöglichten es dem Menschen, seinen Lebensraum zu organisieren, sich „Rohstoffe“ wie *Materie*, *Energie* und *Information* nutzbar zu machen, Kulturen zu bilden und so den gesamten Globus zu erobern. Aus unserer heutigen Sicht zunächst scheinbar unendlich langsam, dann aber mit rasch zunehmender, exponentieller Beschleunigung, hat das Wachstum und die global-geografische Ausbreitung ‚menschlicher Masse‘ weltweit gegenwärtig einen Zustand hoher materiell-biophysischer Dichte erreicht und beginnt mit atemberaubendem Tempo durch globale Vernetzung mit Hilfe neuartiger Kommunikationsmittel, sozusagen als eine Art „Megahirn“ Dimensionen „kollektiver, geistiger Cerebralisation“ anzunehmen, im Sinne von Teilhard de Chardin jedoch nichts anderes als die konsequente Neubelebung und Weiterführung der Evolution. Information als „Rohstoff für Wissen“ ist zum Schlüsselbegriff unserer Tage geworden, ein Wissen, das praktisch jederzeit und an jedem Ort der Welt über Kommunikationsnetze einer immer mehr in wirtschaftlicher, kultureller und geistiger Globalisierung begriffenen Informations- und Kommunikationsgesellschaft (I&K-Gesellschaft) ubiquitär nahezu unbeschränkt zur Verfügung steht. Dies gilt für alle Bereiche unseres Lebens, für die beruflichen wie für die privaten. Die Maschine, die eine solche I&K-Gesellschaft letztlich ermöglicht, nämlich der digitale Rechenautomat, ist ein Werkzeug mit Eigenschaften, wie sie in der Geschichte des ‚homo faber‘ einzigartig sind und lange Zeit allein für menschliches Verhalten als typisch angesehen wurden. Rechner unterstützen menschliche Problemlösungsprozesse, indem sie aus ihrer Umwelt Daten empfangen, diese verarbeiten, interpretieren und Lösungen vorschlagen. Dazu muss der Mensch das erste Mal in seiner Geschichte mit dem Werkzeug in einem Dialog interagieren. Für diese ‚Mensch-Maschine-Kommunikation‘ stehen ihm heute durch Multimedia-Technologien

erweiterte Möglichkeiten des Informationsaustausches zur Verfügung. Es können verschiedene Sinnesmodalitäten (z.B. Gesichtssinn, Gehör, Tastsinn) angesprochen werden und die Interaktion kann so durch Elemente natürlich-sprachlicher Dialoge angereichert werden. Hinzu kommen zunehmend sogenannte 'Intelligente Softwareagenten', adaptive Programme, die lernfähig sind und so für den Menschen bestimmte Aufgaben autonom lösen können. Der Rechner ist damit ein intellektuelles, wenn nicht sogar intelligentes Werkzeug geworden, da er kognitive Funktionen des Menschen übernimmt und deshalb dessen geistige Potentiale erweitert (externalisiert). Rechner können vernetzt sein, untereinander Daten austauschen, diese auswerten, verändern, verteilen, damit auch als Mediatoren zwischenmenschlicher Kommunikation fungieren und auf diese Weise zusammen mit ihren Benutzern sogar als Instanzen sozio-technischer Gruppierungen auftreten bis hin zu vernetzten, kommerziellen oder privaten virtuellen Gruppen. Die Herstellung, die Anwendung und der Gebrauch intellektueller Werkzeuge einschließlich der Auswirkungen von I&K-Technologien auf das Individuum und auf die Gesellschaft werfen eine Reihe von Fragen auf, die in die Kompetenzbereiche verschiedener Wissenschaftskulturen fallen und befriedigend nur durch interdisziplinäre Lösungsansätze beantwortet werden können. Dieser Beitrag verfolgt einen solchen interdisziplinären Ansatz zur Systemgestaltung und fokussiert exemplarisch auf Aspekte multimedialer Mensch-Maschine-Kommunikation. Die folgenden Ausführungen greifen primär auf Arbeiten des Verfassers zur Modellierung und Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen unter besonderer Berücksichtigung von Multimedia zurück, wobei für Multimediasysteme im großen und ganzen die gleichen Gestaltungsprinzipien gelten wie für 'klassische' Mensch-Maschine-Systeme.¹ Es fehlen allerdings umso eher Gestaltungshinweise und -regeln je mehr man Multimedia als das Codierungssystem für die Kooperation menschlicher mit maschinellen Instanzen nutzen will, mit dem Ziel einer natürlichsprachlich-pragmatischen Kommunikation einschließlich Gestik und Mimik. Das Interesse an der Erforschung benutzergerechter Mensch-Maschine-Kommunikation, einschließlich deren Gestaltung, Bewertung und Einsatz in soziotechnischen Systemen (Usability Engineering), verdanke ich den Vorlesungen von Professor Steinbuch an der damaligen „TH Karlsruhe“, sowie den spannenden Kolloquien, die er zusammen mit dem Philosophen Moser abhielt. Aus dem Interesse wurde mein späterer Beruf. Mein Studium der Elektrotechnik / Studienrichtung Lichttechnik an der „TH Karlsruhe“ begann im Wintersemester 1961 / 1962, im Erscheinungs-

¹ z.B. Haubner, P.J. 1983; 1990; 1992; 1997; 1999.

jahr des Buches von Karl Steinbuch - „*Automat und Mensch*“ - im Springer-Verlag; mit seiner Lernmatrix war er ein früherer Wegbereiter für „*Digitalisierung*“, „*maschinelles Lernen durch neuronale Netze*“ und „*Künstliche Intelligenz*“. Vieles was dort visionär thematisiert wurde, ist heute Realität. Auch die Namensgebung des neuen Fachgebietes „Informatik“ stammt von Karl Steinbuch (1954). Karl Steinbuch wurde 1917 in Stuttgart-Cannstadt geboren und starb 2005 in Ettlingen. Er wäre heute 100 Jahre alt geworden. Es folgten auch noch eine ganze Reihe von Werken mit gesellschaftspolitischen Inhalten - Steinbuch gilt als Theoretiker der „informierten, bzw. falsch programmierten Gesellschaft“ - war jedoch ab dem Ende der 1960er Jahre zunehmend geprägt durch das Gedankengut der sog. „*Neuen Rechten*“. Unabhängig davon, war und bleibt Karl Steinbuch ein Pionier der heutigen, globalen I&K-Gesellschaft, auch wenn er im Kern letztlich ein in nationalistischen Kategorien denkender, rein naturwissenschaftlich geprägter Technokrat war; damals war wohl noch nicht abzusehen, mit welcher Rasanz sich die globale Vernetzung von Menschen und Dingen revolutionär entwickeln und nahezu alle Lebensbereiche durchdringen würde.

Modellierung und Gestaltung von Multimediasystemen

Klare Begriffe sind der Spiegel klarer Gedanken

MULTIMEDIA, das Wort des Jahres 1995, steht auch heute nicht selten immer noch symbolisch für die innovative Nutzung von Rechnern und Kommunikationsnetzen schlechthin und wird oft sogar schon für die Aufzeichnung und Wiedergabe von Text, Bild und Ton auf CD-ROM als digitalem ‘Speichermedium’ benutzt. Im gleichen Kontext mehr oder minder synonym verwendet werden Begriffe wie ‘Neue Medien’, ‘Hypermedia’, ‘Multimodalität’, ‘Electronic Publishing’ und ähnliches. Bei der Informationsaufnahme durch den Menschen findet man für seine Sinneskanäle den Begriff ‘Perzeptionsmedien’, als Hilfsmittel für die Ein- und Ausgabe von Information werden ‘Präsentationsmedien’ eingesetzt, dargestellt wird Information durch ‘Repräsentationsmedien’, wie etwa das Papier der ‘Printmedien’ oder der Bildschirm elektronischer Medien, und verteilt wird Information mittels ‘Übertragungsmedien’; also ein wahres ‘Medienkarussell’ in unserer heutigen ‘Medienlandschaft’.

Multimedia wird hier im Sinne von Repräsentationsmedien benutzt und soll den Einsatz von mehr als einer Codierungsart zur Darstellung von Information auf elektronischen Displays bezeichnen.

Die Codierung kann zeitabhängig (z.B. Video, Audio, Animation) oder zeitunabhängig sein (z.B. Text, Grafik, Foto); sie kann redundant oder nicht-redundant sein und die Speicherung der Daten kann analog oder digital erfolgen. Multimedia setzt somit nicht notwendigerweise Interaktivität voraus. Es erscheint jedoch sinnvoll, digitale Datenmengen in überschaubare, inhaltlich abgeschlossene Portionen, Informationsknoten, zu gliedern und auf miteinander in Beziehung stehende 'Info-Knoten' mittels Referenzmarken (Hyperlinks, oder kurz Links) zu verweisen. Dadurch entstehen, im Gegensatz zum linearen Aufbau herkömmlicher Dokumente, netzartige, relationale Datenstrukturen, Hyperstrukturen, auf die im Dialog mit dem Rechner interaktiv zugegriffen werden kann. Ist die Codierung in den Info-Knoten einer solchen Hyperstruktur multimedial, so wird von 'Hypermedia' gesprochen. Falls nicht anders vermerkt, wird Multimedia hier der Einfachheit halber in diesem Sinne verwendet. Multimodalität ist dagegen empfängerbezogen und bedeutet, dass an der Informationsverarbeitung durch den Menschen mehrere Sinneskanäle (Sinnesmodalitäten, Auge, Ohr, Tastsinn) beteiligt sind.

Die Basis der Gestaltung ist das Denken in Systemen

Grundlage der Modellierung und Gestaltung sozio-technischer Gruppierungen ist die Betrachtung der kleinsten geschlossenen „Zelle“ solcher Gebilde, nämlich die Zusammenfassung der Instanzen Mensch und Rechner zu einem relationalen, abgegrenzten, nach außen hin jedoch offenen und dynamischen, d.h. zeitabhängigen (hyper-disziplinären) Konstrukt, dem sog. *Mensch-Maschine-System*:

MMS := < **E**, **R**, **G** > mit

E:= { E_i | E_i = Systemkomponente }; hier E_1 =Mensch, E_2 =Maschine

R:= { R_k | $R_k \subseteq E \times E$ = Relation auf **E** }; hier z.B. Flussrelation: Informationsfluss, Materialfluss, Energiefluss zwischen Instanzen.

G:= Systemgrenze; hier gegeben durch die Einbettung in ein sozio-technisches Hyper-System, z.B. Einbettung in einen Betrieb oder in ein soziales Netzwerk.

Die Systemkomponenten des **MMS** können ihrerseits wiederum als (Sub-)Systeme betrachtet werden. Man kann jedes System hierarchisch bis hin zu den kleinsten Funktionseinheiten (Elementen) *verfeinern* und das Verhalten der so entstehenden *Subsysteme* und ihrer Beziehungen (Relationen) zueinander untersuchen und

beschreiben. *Reduktion*: z.B. Instanz Mensch - Organe - Zellen - Organellen - Moleküle - Atome - subatomare Teilchen. Die kleinste Verfeinerung ist das Gesamtsystem. **MMS** können vernetzt sein.

Man kann Subsysteme unter einem bestimmten Gesichtspunkt zusammenfassen (vergrößern) und das Verhalten der so entstandenen *Partialsysteme* untersuchen und beschreiben. Integration: z.B. Visuelles System, Herz-Kreislauf-System, Nerven-System, Immun-System. Die größte Vergrößerung ist das Gesamtsystem. Die „Integration“ kann „übersummativ“ erscheinen („Emergenz“ - „Fulguration“). Ob „Emergenz“ in komplexen Systemen nur ein epistemischer Begriff ist oder ontischer Natur, oder ob emergente Eigenschaften in Systemen nur relativ zu einer Theorie existieren und was Komplexität letztlich bedeutet, ist seit Aristoteles wechselhafter Streitpunkt philosophischer Betrachtungen, wobei es im wesentlichen zwei konträre Anschauungen gibt. Emergenz in komplexen Systemen ist prinzipiell „real“ und ontisch; das Verhalten übergeordneter Systemebenen ist daher aus den darunter liegenden Elementarebenen nicht erschließbar (starke Emergenz); das ist die mehr erkenntnistheoretisch-philosophisch geprägte Ansicht. Die naturwissenschaftlich-erkenntnistheoretisch geprägte Auffassung im Sinn eines „logischen Empirismus“ nimmt an, dass das Verhalten übergeordneter Systemebenen aus den Elementen des Systems und ihren Wechselwirkungen prinzipiell empirisch erfahrbar und formal beschreibbar ist, auch wenn es der derzeitige „State of the Art“ noch nicht zulässt, also eine scheinbare, (schwache) Emergenz vorliegt, übergeordnete Eigenschaften aber sich bei besserem Kenntnisstand realiter als deterministische, oder mit hinreichend großer Wahrscheinlichkeit als „stochastisch-resultante“ Variablen erweisen werden.

Beide Erklärungen sind per se nicht-falsifizierte Arbeitshypothesen und als solche im Grunde empirisch und, im allgemeinen Fall komplexer, kryptodeterminierter Systeme, auch nicht entscheidbar.

Eng verbunden mit der Objekt / Subjekt-Polarität ist auch die Frage nach der erkenntnistheoretischen Erfahrbarkeit von Wirklichkeit an sich. Ist Realität „rein“ im Sinne der reinen Ideen des Platon'schen Höhlengleichnisses und deshalb prinzipiell objektiv nicht erfahrbar, sondern nur als unterschiedliche Wirklichkeiten schattenhaft subjektiv erlebbar und sind diese Erlebnisse Manifestationen verschiedener Realitäten sozusagen als Resultate verschiedener subjektiver Standpunkte bezüglich *einer* Realität, die für eine Gruppe äquivalenter, systematisch arbeitender wissenschaftlicher Beobachter nach dem Kriterium interpersoneller Übereinstimmung jedoch formal objektiv ist? Aus naturwissenschaftlicher Sicht erscheinen einem

informationsverarbeitenden System (Mensch oder Automat) nach K. Steinbuch bestimmte Ereignisse als subjektive „Erlebnisse“, die der externe, wissenschaftliche Beobachter in der formalen Sprache einer (Ultra)-Physik „objektiv“ beschreiben kann. In der „Exakten Psychologie“ wäre das z.B. die formale Abbildung einer bestimmten „objektiv-realen“ Situation (mehrdimensionale Reizkonfiguration) auf einen, im allgemeinen, mehrdimensionalen Reaktionsvektor subjektiven Verhaltens, das *stimulus-zentriert* allein von Reizvariablen oder *response-zentriert* allein von Personenfaktoren oder von beiden abhängen kann. Formale Systeme, egal ob emergent oder resultant, können nach Gödel jedoch nicht zugleich logisch konsistent und vollständig sein; d.h. aber auch, der „objektive Beobachter“ kann die logische Konsistenz seiner Beobachtungen nicht aus sich selbst heraus beweisen. Es bedarf eines Beobachters des Beobachters und so fort. Hinzu kommt, dass, als Folge der „Heisenberg'schen Unschärferelation“, die „Realität“ durch den Eingriff der Beobachtung, im Prinzip zumindest, verändert wird, auch wenn dies primär in der Quantenwelt des Mikrokosmos gilt, und, im Mesokosmos und Makrokosmos von untergeordneter Bedeutung ist. In letzterem dominieren die „Einstein'schen Relativitätstheorien“. Egal, wie 'man's dreht, unsere Erkenntnis der „Realität“ ist bestenfalls nur „quasi-objektiv“ und bleibt so letztlich unvollständig, d.h., die Dinge an sich bleiben verborgen.

Soziotechnische Gruppierungen „resultieren“ oder „emergieren“ durch die dynamische Vernetzung personeller Instanzen (Mensch) und maschineller Instanzen (Automat). Das „Subsystem Mensch“ ist seinerseits, als somato-psychische Entität, ein komplexes, offenes, dynamisches, auf verschiedenen Ebenen des Seins seriell-parallel arbeitendes, autoreglatives, biophysikalisches System mit (partieller) Selbstorganisation. Sein Verhalten ist durch die Anordnung seiner Sub- und Partialsysteme einschließlich der materiellen, energetischen und informationellen Wechselwirkungen ihrer Elemente aus naturwissenschaftlicher Sicht, im Rahmen o.g. Beschränkungen, notwendig und hinreichend bestimmt. Die Variablen individuellen sowie zwischenmenschlichen Verhaltens sind in der Regel stochastische Variable, von „physio-psycho-sozio-physikalischer“ Qualität, d.h., physische, psychische, physikalisch-chemische und soziale Prozesse laufen, bewußt oder unbewußt, über biokybernetische Regelkreise oder konditionierte Steuerungen permanent selbstorganisierend ab auf den verschiedenen Verhaltensebenen entsprechender Sub- und Partialsysteme, und haben, formal und inhaltlich, je nach „Weltanschauung“, sowohl reduktionistischen als auch „holistisch-resultanten“ oder „emergenten / fulgurativen“ Charakter.

Beim „Subsystem Rechner“ unterliegt, im Gegensatz zum „Subsystem Mensch“, die Informationsverarbeitung bisher extern vor-programmierten, deterministischen Prozessen mit serieller Informationsverarbeitung, wenn man einmal von „MasPar-Superrechnern“ oder von „Clouds“ absieht; Rechner sind bisher noch relativ einfache kognitive Werkzeuge des Menschen, zwar bereits teilweise adaptiv und deshalb auch bedingt lernfähig, sowie bis zu einem gewissen Grad autonom, letztlich mit dem Ziel der Selbst-Konfiguration, Selbst-Optimierung und Selbst-Heilung; sie sind jedoch (noch) ohne Emotionen und Bedürfnisse; es fehlen also bisher Motive, Intentionen sowie die Reflexion auf ein Selbstbild und dessen Spiegelung auf Umwelt und Partnerbilder.

Wissenschaftliche Basis der Beschreibung, Gestaltung und Evaluation von **MMS** sind eine „Allgemeine Systemtheorie“ und Elemente einer „Kybernetischen Anthropologie“, die auf meinen Lehrer Karl Steinbuch zurückgeht (z.B. in „Automat und Mensch“, 1961):

„**Kybernetik** ist die Wissenschaft von den informationellen Strukturen im technischen und außertechnischen Bereich“ und **Anthropologie** ist die Lehre vom Menschen.

These der (Bio-)Kybernetik:

„Es wird angenommen, dass das Lebensgeschehen einschließlich „psychischer“ Vorgänge aus der materiellen Anordnung und der energetischen und informatorischen Wechselwirkung der Teile des Organismus *im Prinzip* vollständig erklärt werden können Was wir an geistigen Funktionen beobachten, ist Aufnahme, Verarbeitung, Speicherung und Abgabe von Informationen“ (K. Steinbuch, 1961).

„**Kybernetische Anthropologie**“ ist für Steinbuch ... „die zukünftige Wissenschaft, welche menschliches Denken und Verhalten auf die Wirkung informationeller Strukturen zurückführt“.

Biokybernetisch betrachtet ist somit jeder Systemzustand, insbesondere jedes kognitive oder emotionale Erlebnis, zu jeder Zeit mit einem bestimmten neuronal-humoralen Muster verbunden, mit entsprechenden intra- und interzellulären Informations-, Energie- und Materialflüssen.

Steinbuch geht also davon aus, dass zur Erklärung geistiger Funktionen keine Voraussetzungen gemacht werden müssen, die über die „Physik“ hinausgehen, wobei der Begriff „Physik“ nach ihm den „gesamten Bereich der exakten Naturwissenschaften umfassen

soll, also außer der Physik, auch Chemie einschließlich Biochemie und Physiologie“. Ich möchte darüber hinaus alle empirisch arbeitenden Disziplinen einschließen, also auch Biologie, Exakte Psychologie, einschließlich Psychophysik, Psychometrie und Kognitionswissenschaften, sowie empirische Sozialforschung, eine Art „*Ultraphysik*“ *sozusagen*, jedoch keine spekulative Metaphysik der Vitalisten. Das heisst nicht, so Steinbuch, dass ad hoc eine solche Erklärung gegeben werden könnte. Im Prinzip also eine primär reduktionistische Betrachtungsweise eines kryptodeterminierten Systems, eine Art „*Laplace'scher Dämon*“ mit der Option „*Schwacher Emergenz*“, eine auf dem Konstrukt „Information“ basierende, dem emergentistischen Materialismus verwandte Identitätstheorie von Geist und Körper auf naturwissenschaftlich-kybernetischer Basis.

Ob komplexe Systeme tatsächlich postulierte, ontisch-emergente Eigenschaften aufweisen und deshalb auf höheren Ebenen Phänomene emergieren - oder fulgurieren wie Konrad Lorenz es nennt - die in ihrer Qualität und Quantität aus den Elementen darunter liegender Schichten und deren Merkmale, wie etwa aus den Verfeinerungen eines Systems, nicht bestimmt werden können, oder, ob Zusammenhänge nur deshalb latent, also nicht determiniert bleiben, weil die bisher gewonnenen Daten und Einsichten (noch) nicht hinreichend für konsistente Erklärungen sind, ist zweifelsohne von philosophisch-wissenschaftstheoretischer Bedeutung, für pragmatisches Handeln jedoch wenig zielführend, da beide Denkansätze letztlich im Sinn von Karl Popper („*alles Wissen ist Vermutung*“) nicht „absolut verifizierbar“ sind, da man unendlich viele Beobachtungen bräuchte - zur Falsifizierung würde eine reichen. Hinzu kommen, was die Konsistenz formaler Erklärungen betrifft, wie erwähnt, die Gödel'schen Unvollständigkeitsaxiome, nämlich, dass formale Systeme nicht zugleich logisch konsistent und vollständig sein können, weshalb logisch konsistente Systeme ihre logische Konsistenz nicht aus sich selbst heraus beweisen können.

Letzlich wird von Steinbuch auch die altbekannte auf Sokrates-Platon und Aristoteles zurückgehende „Leib-Seele-Dichotomie“ bzw. das Problem der „Subjekt-Objekt-Polarität“ zweier Wissenschaftsdisziplinen erneut aufgegriffen, die im „*cogito, ergo sum*“ von Descartes ihren vorläufigen Höhepunkt fand; sie wird durch das hyper-disziplinäre Metakonstrukt „*Systemtheorie*“ in Verbindung mit seiner „*Kybernetischen Anthropologie*“ als Brücke zwischen Geistes- und Naturwissenschaft pragmatisch überwunden. Geist und Körper sind durch ihre Informations- Energie- und Materialflüsse in dynamischer, metabolischer Interaktion (Baustoff- und Energie-stoffwechsel) und werden als untrennbare, sich gegenseitig

bedingende Entitäten verstanden mit größerem Gewicht fallweise auf somatischen oder psychischen Variablen und bestimmen so das individuelle Erleben und Verhalten, vergleichbar dem „*Welle-Korpuskel-Dualismus*“ der klassischen Physik. Ihrem Wesen nach bleibt der Naturwissenschaft nichts anderes zu tun, als zu beobachten, zu beschreiben, zu folgern und in Form von Modellen als abstrakte Abbilder einer konkreten „Realität“ bzw. eines Ausschnittes daraus, zu erklären, welche materiellen, energetischen und informationellen Auswirkungen bestimmte äußere und innere Einwirkungen als psychophysische Reiz-Reaktions-Schemata (Input-/Output-Variable) auf das System und seine Elemente haben, Hypothesen zu formulieren und diese durch erneute Beobachtungen mit überzufallsbedingter Wahrscheinlichkeit zu stützen oder zu verwerfen. Dies wird möglich, da der Geltungsbereich des Modells stets viel größer ist als sein Beobachtungsbereich, so dass unser Wissen über „Realität“ approximativ logisch konsistent erweitert werden kann, jedoch letztlich unvollständig bleibt. Geistige Vorgänge manifestieren sich dabei als die Aufnahme, Verarbeitung, Speicherung und Abgabe von Information und sind somit immateriell; die „emergente“ oder „resultante“ Manifestation dieser geistigen Vorgänge bedarf aber physischer Existenz, d.h. bedarf materieller oder energetischer Signale als ihre Träger (Neuropeptide, Neurotransmitter, elektrische Nervenimpulse), die durch die immaterielle Größe Information moduliert werden; d.h., sie unterliegen über Auswahlverfahren nach dem „Schlüssel-Schloss-Prinzip“ beim Kommunikator und beim Rezipienten von Nachrichten materiellen und energetischen Prozessen der Encodierung und Decodierung von Information und damit den physikalischen Gesetzen der Erhaltung von Masse und Energie. Darüber hinausgehende Interpretationen und Kritik sind aus naturwissenschaftlich-kybernetischer Sicht spekulativ und im Sinne einer pragmatischen Problemlösung nicht zielführend.

Je nach Sicht der an der Erforschung, Konzeption und Realisierung von „*Soziotechnischen Systemen*“ beteiligten Wissenschaftsdisziplin steht die Beschreibung und Modellierung des Verhaltens der einzelnen Systemkomponenten bzw. ihr gemeinsames Zusammenspiel im Dialog der Mensch-Maschine-Kommunikation sowohl im Brennpunkt wissenschaftlichen Interesses als auch gestalterischer Aktivität, einschließlich technischer Realisierung und Anwendung .

Der Kontext prägt Gestaltungsfelder und ihre Inhalte

Rechner sind technische *Hilfsmittel, Werkzeuge*, die im Rahmen vorhandener *Hard- und Softwaremöglichkeiten* eine bestimmte

Benutzergruppe bei der Lösung bestimmter *Aufgaben* aus einem bestimmten *Nutzungskontext* unterstützen sollen. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Aufgabenteilung Mensch-Maschine, die nach dem Grad der Fähigkeiten bzw. Fertigkeiten der jeweiligen Instanz erfolgen sollte; dies ist besonders kritisch, wenn Entscheidungen getroffen werden müssen. Die Art und Weise, wie Benutzer denken und handeln, hängt von einer Reihe physischer, psychischer und sozialer *Faktorenausstattungen* ab (Fähigkeiten, Fertigkeiten, Kenntnisse, Motive, Emotionen), die teilweise allgemeingültigen, häufig sogar evolutionär archetypischen Charakter haben, zum Teil aber auch vom direkten persönlichen *Umfeld* sowie von der physikalischen, sozial-ökologischen, wirtschaftlichen und kulturellen Beschaffenheit des jeweiligen *Lebensraumes* geprägt sind. So bedarf es prinzipiell einer deutlichen Überschwelligkeit, um Reize überhaupt wahrnehmen zu können. Die Farbe Rot z. B. signalisiert Feuer und damit Gefahr, die Farbe Gelb Achtung, und Grün schließlich Weite und Freiheit, was man in der gesamten zivilisierten Welt z.B. zur Codierung von Verkehrssignalen nutzt. Eine solche Codierung willkürlich ändern zu wollen, wäre fatal. In manche Länder können keine weißen Geräte exportiert werden, wie z.B. weiße Waschmaschinen oder weiße Kühlschränke, weil in diesen Ländern die „Farbe“ Weiß mit Trauer assoziiert wird. Im Abendland liest man gewöhnlich von links nach rechts und von oben nach unten, in vielen Ländern des Orients dagegen von rechts nach links. In einer empirischen Studie über *‘Culture and Context’* berichtet Honold² über Erfahrungen eines deutschen Herstellers, der in über 190 Länder liefert, mit klimatischen, sozialen und kulturellen Einflüssen auf die Akzeptanz und den Gebrauch von Produkten. Auf die Bedeutung menschlicher Erwartungen auf Reizmuster (sog. Reiz-Reaktions-Kompatibilität) für die Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen haben Fitts & Seeger³ und McCormick⁴ bereits in den fünfziger Jahren hingewiesen und eine ganze Reihe fundamentaler experimenteller Befunde dazu mitgeteilt, wie z.B. natürliche oder erlernte symbolische Assoziationen von Codes zu konkreten Eigenschaften realer Objekte und Prozesse und zu abstrakten mentalen Konzepten. McCormick weist darauf hin, dass dann ein Maximum an Kompatibilität gegeben zu sein scheint, wenn auch der Verstehensprozess ein Maximum an Ökonomie aufweist, d.h., wenn beim En- und Decodieren ein Minimum an Informationstransformation nötig ist. Aus ‘multimedialer’ Sicht sind insbesondere die Aufgabenabhängigkeit sowie die Kombination verschiedener Codierungsarten in diesem Zusammen-

² Honold 2000.

³ Fitts; Seeger 1953.

⁴ McCormick 1957.

hang interessant. Schnelle Entscheidungen werden häufig heuristisch gefällt („affect first, cognition later“); sie können jedoch „kognitiv verzerrt“ sein. Bleibt genügend Zeit und Handlungsspielraum, sind kognitive Entscheidungen Heuristiken vorzuziehen (Kahneman & Tverski). Maschinen könnten Entscheidungen, bedingt durch Logik, kurze Reaktionszeiten und große Speicherkapazität ohne kognitive Verzerrungen treffen. Allerdings ist das Leben kein Schachspiel, das nach festen Regeln mit determinierbaren Situationen logisch abläuft. Aus dem *Nutzungskontext* ergeben sich Anforderungen an die Mensch-Maschine-Schnittstelle mit entsprechenden *Gestaltungsfeldern*. Im *Funktionsdesign* ist, auf der Basis einer detaillierten Aufgabenanalyse und daraus resultierender Handlungspläne, die Gesamtfunktionalität des *Mensch-Maschine-Systems* festzulegen und so auf Benutzeraufgaben und Rechnerfunktionen aufzuteilen, dass menschliche und maschinelle Potentiale bei der „konvivialen“ Lösung spezifischer Aufgaben unter Berücksichtigung der jeweiligen Stärken und Schwächen von Mensch und Maschine synergetisch eingesetzt werden können, wobei die Handlungskompetenz letztlich stets beim Menschen verbleiben sollte, entweder direkt oder indirekt, indem der „Schöpfer“ der Maschine die Regeln für den Handlungsspielraum festlegt. Diese *Aufgabenteilung Mensch-Rechner* ist, nach der Kontextanalyse, der erste eigentliche ergonomische Schritt im Designprozess und ist ein besonders bedeutsamer, bisher jedoch kaum gelöster Aspekt bei der Modellierung der „Persönlichkeitsmerkmale“ intelligenter, achtsam agierender Automaten. Im *Interaktionsdesign* ist dann als nächstes der „*Dialograum*“ zu spezifizieren, in dem der Benutzer navigieren kann, um auf relevante Objekte und Prozesse zugreifen, sie darstellen und ihre Attribute und ihr dynamisches Verhalten mittels entsprechender Funktionen im gewünschten Sinne beeinflussen zu können. Der *Dialograum* enthält letztlich die Menge aller stationären und dynamischen *Zustände* der Maschine, die für den Benutzer über die Benutzungsschnittstelle wahrnehmend, denkend oder handelnd erfahrbar sind und damit den gesamten inhaltlichen und formalen Rahmen aufspannen, in dem sich der Prozess der Mensch-Maschine-Kommunikation in konkreten Dialogsituationen, unter Beachtung der Aufgabenteilung abspielen kann. Der Informationsaustausch selbst erfolgt über „*Ein- und Ausgabe-Elemente*“ in einem, zwischen dem Benutzer und dem Rechner vereinbarten Zeichensystem, der *Dialogsprache*. Dabei werden verschiedene *Dialogtechniken* benutzt, wie z.B. die ‘Menütechnik’, die ‘Maskentechnik’ oder die ‘Technik der direkten Manipulation von Objekten und Funktionen, z. B. über einen Touch-Screen, über Gestik oder über Sprach-Ein-Ausgabe. Schließlich sei

noch angemerkt, dass es für den Interaktionsprozess wichtig ist, nicht zuletzt ökologische Faktoren einzubeziehen, abiotische und biotische Umweltfaktoren, z.B. psycho-physikalische, wie Beleuchtung, Akustik und Raumklima, chemische und biologische Schadstoffe, sowie, bei vernetzten Systemen darüber hinaus, psycho- und öko-soziale Faktoren - da all diese Variablen, als potentielle Stressoren, über die Rezeption durch Sinnesorgane, und über das Nerven-, Hormon-, und Immunsystem, das individuelle Verhalten und damit auch den gesamten Kommunikationsprozess günstig, aber auch ungünstig direkt oder indirekt beeinflussen können, bis hin zu gesundheitlichen Schäden. Dies ist besonders bei rechnerunterstützter Arbeit wichtig.

Kooperierende virtuelle Prozessoren, das technische Fundament

Im Vordergrund der Betrachtung stehen hier die formale Beschreibung und die Modellierung ergonomisch-technischer Eigenschaften der Systemkomponente Rechner als intellektuelles Tool. Ein beschreibendes Modell muss in diesem Fall zweierlei gewährleisten. Zum einen muss es Eigenschaften des Werkzeugs abbilden, die für die Konzeption, Gestaltung und Evaluation des „Intellektuellen Tools“ nach ergonomischen und technischen Kriterien relevant sind und zum anderen muss das Modell Hardware- und Softwarearchitekturen ermöglichen, die insbesondere auch dem Denken des Informatikers / Systemarchitekten gerecht werden und durch parallele Entwicklung von Benutzungsoberfläche und Anwendungssoftware gleichzeitig eine wirtschaftliche Produktion gewährleisten. Insbesondere müssen dem Entwicklungsteam ergonomische Vorstellungen bezüglich Dateneingabe, Informationsausgabe, Dialogsteuerung und Verarbeitungszeiten nahe gebracht werden können. Nur so wird „Präventiv-Ergonomie“ ermöglicht. Ein informatik-orientiertes Modell des Rechners, das diese Anforderungen erfüllt, ist in Bild 1 dargestellt.

Der Rechner wird als virtuelle Maschine betrachtet, ein System, das aus vier kooperierenden Prozessoren besteht, deren Verhalten durch 'Generalisierte Transitions-Netzwerke (GTN)' spezieller Notationsform formal beschrieben und modelliert werden kann.

Je nach ihrer ergonomischen Bedeutung im Mensch-Maschine-Dialog werden Klassen von Systemzuständen auf grafisch unterschiedlich codierte Knoten des GTN und Klassen von Übergangsbedingungen bzw. Übergangsaktionen auf grafisch unterschiedlich codierte Kanten des GTN abgebildet.

Knoten werden nach Art der Information (Zustände des Ein-/Ausgabe-Prozessors), nach Art der Dialogsteuerung (Zustände des Dynamik-Prozessors) und nach benutzungsrelevanten, im Hintergrund

ablaufenden Rechneroperationen (Zustände des Anwendungs-Prozessors) differenziert; bei Kanten wird zwischen benutzerinitiierten, rechnerinitiierten und mit speziellen Variablen (z.B. Bearbeitungszeit in einem Zustand) markierten Zustandsübergängen unterschieden.

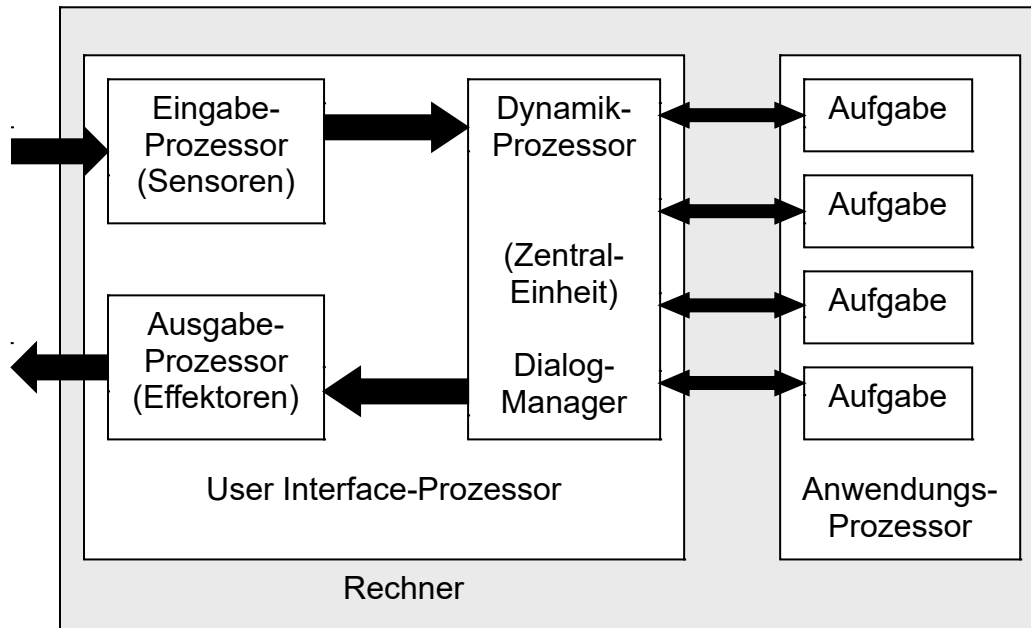


Bild 1: Der Rechner als virtuelle Maschine mit vier „Koprozessoren“

Diese Notation ermöglicht nicht nur eine anschauliche und sehr übersichtliche Spezifikation ergonomischer und technischer Eigenschaften der Mensch-Maschine-Schnittstelle, sondern unterstützt auch die wirtschaftliche, toolgestützte Entwicklung und Herstellung von Benutzungsschnittstellen sowie die analytische Evaluation und Optimierung von Dialogabläufen mittels pfadalgebraischer Kalküle der Graphentheorie.⁵ Dadurch werden nachträgliche Korrekturen minimiert und die ergonomische Qualität (Usability) optimiert.

Mensch-Maschine-Dialog: Kommunizieren besteht aus Wahrnehmen, Verstehen und Handeln

Interaktives Problemlösen wird in einem Akt formaler Kommunikation zwischen dem Benutzer und dem Rechner als kognitiver Prozess bewältigt durch das Zusammenspiel von Reizaufnahme und Reizverarbeitung, Speicherung von Sinnesdaten sowie von Handlungsplanung und -ausführung als hierarchisch sequenzielle

⁵ Haubner, P.J. 1992; 1997.

Handlungsregulation. Aus kognitionspsychologischer Sicht spielt sich das gesamte bewusste Kommunikationsgeschehen zwischen den Sensor- und Effektororganen des Menschen ab, wobei für die Mensch-Maschine-Kommunikation vor allem der Gesichtssinn (visuelles System), der Gehörsinn (auditives System) und der Tastsinn (haptisches System) von Bedeutung sind. Bei der menschlichen Informationsverarbeitung und Handlungsregulation können folgende sensorisch-perzeptorische, kognitive und effektorisch-motorische Funktionseinheiten unterschieden werden.

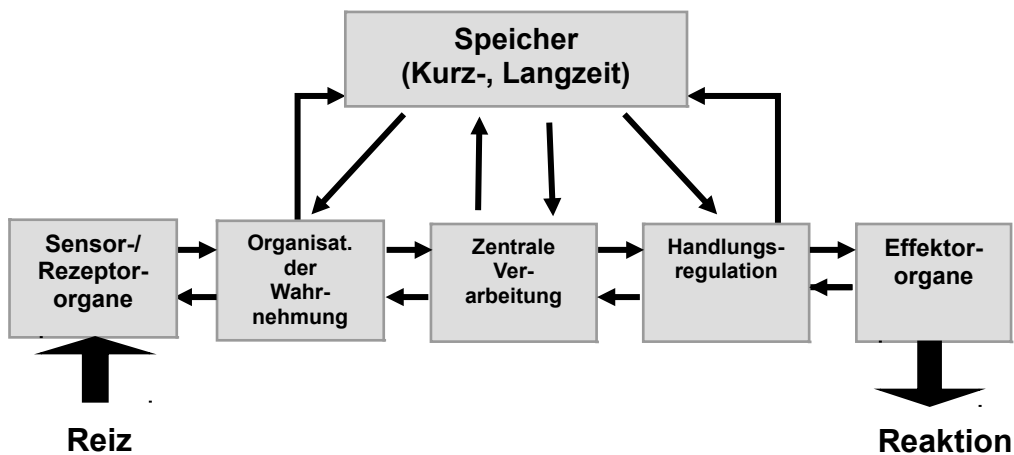


Bild 2: Vereinfachtes Modell menschlicher Informationsverarbeitung, Perzeption, Kognition und Handlungsregulation (Haubner, 1977)

Wahrnehmung (Perzeption) ist das Ergebnis der Abbildung und neuronal-humoralen Verarbeitung von Reizmustern und ihrer Identifikation durch Aktivierung symbolischer (imaginaler) oder begrifflicher (propositionaler) gespeicherter Repräsentationen von Wahrnehmungsobjekten im Gehirn. Hierbei spielen die Detektion örtlicher und zeitlicher Merkmalseigenschaften des Reizmusters (z.B. Kontrast, Orientierung, Bewegung) über rezeptive Felder, ihre kurzzeitige Speicherung in sensorischen Registern und die Organisation zu stabilen Wahrnehmungseinheiten eine wichtige Rolle, wie sie z.B. bei der visuellen Wahrnehmung „prägnanter Figuren“ durch sogenannte „Gestaltgesetze“ gegeben sind⁶ und Hinweise für die Gliederung und Darstellung von Information liefern können.⁷ Orte zentralnervöser Verarbeitung von Wahrnehmungen sind das Kurzzeitgedächtnis (KZG) als Arbeitsspeicher für kognitive Prozesse und das Langzeitgedächtnis (LZG) als Speicher von Aufgabenwissen

⁶ Metzger 1975.

⁷ Haubner, P.J. 1983, 1985

(deklaratives Wissen), z.B. über ein Sachgebiet, und Handlungswissen (prozedurales Wissen), z.B. über den Umgang mit „Werkzeugen“. Bei der Repräsentation und dem Abruf von Wissen spielen im LZG gespeicherte Schemata von Wahrnehmungsobjekten, „Drehbücher (scripts) ganzer Szenen“ und semantische Netze eine wichtige Rolle. Bemerkenswert für das KZG ist, dass seine Speicherkapazität - unabhängig vom konkreten Informationsgehalt - absolut auf etwa vier mehr oder minder komplexe Elemente beschränkt ist (z.B. Ziffern, Farbtöne, Silben). Dieser Mangel wird durch Superzeichenbildung ausgeglichen, durch die Zusammenfassung einfacherer Elemente zu komplexeren Einheiten höheren Informationsgehalts, wie z.B. Buchstaben zu Wörtern (sog. Chunking). ‘Chunking’ setzt kognitive Fertigkeiten zur Codierung und Decodierung von Superzeichen voraus und kann durch die zeitliche oder räumliche Gruppierung der beteiligten Einheiten unterstützt werden.⁸ Kognitive Prozesse können bewusst kontrolliert oder durch Konditionierung automatisiert sein. Während konditionierte Prozesse unbewußt quasi-parallel ablaufen können, ist dies bei bewusstseinspflichtigen Prozessen nur seriell möglich – nur *ein* Element kann im Zentrum des Bewußtseins (*Konzentration*) festgehalten werden und realisiert sich dann automatisch. Diese Tatsache ist bei der Kombination von Medien zum Zweck redundanter Codierung zu beachten; z.B. einen bestimmten Text optisch darbieten und diesen gleichzeitig wörtlich vorlesen bedeutet Superposition der (simultanen, parallelen) Informationsübertragung und -verarbeitung zweier unabhängiger Sinneskanäle (visuell versus auditiv) und kann damit zum Konflikt führen.

Der *Handlungsplanung und -steuerung* liegen vorwiegend kognitive Prozesse, der eigentlichen *Handlungsausführung* sensumotorische, d.h. von der Wahrnehmung kontrollierte Prozesse der Erfolgsorgane zugrunde. Kontrolle des willkürlichen Handelns erfolgt nach *Rasmussen* durch Problemlösen über Probehandeln, durch das Anwenden von Regeln auf der Basis des interpretativen Umsetzens von deklarativem Wissen (Aufgabenwissen) und durch Fertigkeiten, die vorwiegend auf dem Umsetzen prozeduralen Wissens (Werkzeugwissen) beruhen. Qualitative Gestaltungshinweise können aus einer rudimentären Handlungstheorie von *Norman* abgeleitet werden, die in sieben Stufen das Umsetzen allgemeiner Aufgabenziele in bewertete Ergebnisse der Aufgabenbearbeitung beschreibt.⁹

⁸ Wandmacher 1993.

⁹ Wandmacher 1993.

Aus diesen Betrachtungen lassen sich im wesentlichen drei globale Aspekte ergonomischer Gestaltung des Informationsflusses in multimedialen (wie auch in „konventionellen“) Mensch-Maschine-Systemen ableiten: die *Wahrnehmbarkeit*, die *Organisation (inhaltlich, räumlich, zeitlich)* und die *Codierung* von Information.

Bei Multimedia sind dies insbesondere die Wahrnehmbarkeit komplexer Information, wie z.B. in Bildern, Videos und Animationen codierte Information, die Organisation verteilter Information, wie z.B. die inhaltliche und formale Gliederung von „web-sites“ oder die kontextgerechte „Verlinkung“ von Information sowie die mehrdimensionale Codierung von Information durch redundante oder nichtredundante Kombination von Medien, wie z.B. die Kombination von Video und Text zur Informationsdarstellung und die simultane Verwendung von Audio (z.B. Musik) zur Erzeugung einer entsprechend anmutenden, die Extraktion des Argumentes einer Botschaft unterstützenden, emotionalen Atmosphäre, durch eine untermalende „Background-Melodie“ ohne Bezug zur Nutzinformation. Aus linguistisch-semiotischer Sicht findet der Informationsaustausch im Mensch-Maschine-Dialog auf vier Ebenen der „Dialogsprache“ statt, denen die soeben herausgearbeiteten Gestaltungsaspekte wie folgt zugeordnet werden können:¹⁰

Lexikalische Ebene: Sie betrifft die Auswahl sowie die Ein- / Ausgabe von Sprachprimitiven, von Grundelementen der Interaktionssprache (sogenannte Lexeme: z.B. Bildelemente, Zeichen, Zeichenfolgen) aus einer wohldefinierten Zeichenmenge. Wesentlicher Aspekt der Gestaltung ist die Wahrnehmbarkeit von Lexemen (z.B. ihre Gestalt, Größe, Kontrast, Farbe sowie Details von Zeichen).

Syntaktische Ebene: Bezieht sich auf formale Relationen zwischen bedeutungstragenden Komponenten der Dialogsprache, betrifft also nach formalen Regeln geordnete Zeichenmengen (Lexemmengen, Grammatik der Dialogsprache); d.h., es muss z.B. die Formatierung der Bildschirminhalte für ihre Visualisierung festgelegt werden, also die (formale) räumliche, bzw. im zweidimensionalen Fall, örtliche und die zeitliche Organisation informationstragender Signale (Daten).

Semantische Ebene: Auf dieser Ebene werden Botschaften, die durch dargestellte, geordnete Zeichenmengen vermittelt werden sollen, in ihren Bedeutungen betrachtet, also Inhalte. Bedeutungen sind so zu verschlüsseln, dass ihre Codes mit der populations-

¹⁰ Haubner, P.J. 1983; 1999.

stereotypen Erwartung der Benutzer kompatibel sind, d.h., dass sie aufgabenangemessen, selbserklärungsfähig und leicht erlernbar sind. Eine weitere wesentliche semantische Gestaltungsaufgabe ist die inhaltliche Organisation der Information und ihre Zusammenfassung zu sinnvoll abgeschlossenen, modularen, gegebenenfalls durch Referenzmarken (sog. Links) verbundenen Einheiten, zu sinnvollen 'Infoknoten'.

Pragmatische Ebene: Sprache wird auf dieser Ebene nicht nur als abstraktes, geordnetes, eindeutige Bedeutungen vermittelndes Zeichensystem betrachtet, sondern als ein System symbolischer Interaktion und Kommunikation, was neben der rein sprachlichen Kompetenz der vorhergehenden Ebenen auch kommunikative und damit soziale Kompetenz erfordert. Kommunikation geschieht stets in einem bestimmten kulturellen, sozial-ökologischen Kontext und bezieht diesen Kontext handelnd und zum Handeln auffordernd in den Sprechakt ein.¹¹ Hierbei werden sowohl Sprachkohärenzen, die letztlich nicht ohne Verstehen der konkreten Kommunikationssituation erschließbar sind, als auch nichtverbale Elemente der Körpersprache, also bedeutungs-äquivalente Handlungen, wie Gestik und Mimik, in den Sprechakt integriert und so der Interpretation durch den Rezipienten der Nachricht zugänglich gemacht. Jedes Verhalten bekommt auf diese Weise Mitteilungscharakter - „*man kann nicht nichtkommunizieren*“¹². Neben der reinen Sachinformation der semantischen Ebene werden somit stets auch psychologische und sozial-ökologische Beziehungsaspekte mitgeteilt.¹³

Bisher existieren eine ganze Reihe ergonomischer Richtlinien für alphanumerisch codierte Benutzungsoberflächen mit Dialogen in Kommandotechnik oder Maskentechnik sowie für GUIs (Graphic User Interfaces) mit direkter Manipulation der Objekte.¹⁴

Design-Guidelines für Multimedia-Systeme können daraus für die lexikalische, syntaktische und zum Teil auch für die semantische Ebene der Gestaltung abgeleitet werden, sind jedoch bisher nur spärlich für die Gestaltung pragmatischer Merkmale der Interaktions-sprache vorhanden, da die Forschung und die Entwicklung im Multimedia- und im Virtual-Reality-Bereich bisher immer noch weitgehend technologieorientiert sind. Die semantische und vor allem die pragmatische Ebene der Mensch-Maschine-Kommunikation

¹¹ Habermas 1981.

¹² Watzlawick 1991.

¹³ Langer; Schulz 1974.

¹⁴ siehe z.B. bei Haubner, P.J. 1992.

erfordern jedoch autonome, benutzer-adaptive, selbstregulatorische, kybernetische Systeme höherer „Künstlicher Intelligenz“, wie man sie etwa im „Organic Computing“^{15, 16} anstrebt und wie sie Steinbuch („*Automat und Mensch*“, 1961) vorhergesagt hat. Allerdings ist es ein äußerst wichtiges, wenn auch zur Zeit noch weitgehend ungeklärtes, nicht zuletzt ethisches Problem, welcher Grad an Autonomie dem Automaten fallbezogen erlaubt werden sollte und welche Restriktionen in diesem Kontext dem „Benutzer“ auferlegt werden dürfen. ISO 9241 „Ergonomics of human-system interaction“ enthält in 17 Teilen allgemeine, ergonomische Richtlinien zur Benutzbarkeit (Usability) von Mensch-Maschine-Systemen, die von einem internationalen, interdisziplinärem Expertenteam erarbeitet wurden; den Vorsitz hatte der Verfasser von 1980 – 1994. Ein ähnliches Team wäre erstrebenswert, das auf internationaler Ebene ethische Grundregeln für die Gestaltung und den Einsatz intelligenter Werkzeuge erarbeiten und verbindlich festlegen sollte, um Mißbrauch im privaten, kommerziellen und sozialen Bereich zu minimieren. Dies gilt insbesondere für die Nutzung des „social web“ als Medium und Kommunikationsplattform einer pluralen Öffentlichkeit.¹⁷

Resumée und Ausblick

Das derzeitige, der Gestaltung und Entwicklung von Mensch-Maschine-Systemen weitgehend noch immer zugrunde liegende Paradigma ist das der Objektorientierung („*object oriented design*“). Im Brennpunkt der Betrachtung stehen konkrete oder abstrakte Objekte mit, vom Benutzer mithilfe des Rechners, ereignisbasiert manipulierbaren Eigenschaften. Der Rechner war und ist somit im Wesentlichen noch ein vorwiegend passiv agierender, extern gesteuerter, reaktiver „event handler“ relativ schwacher Intelligenz, im Vergleich zu seinem menschlichen „Partner“. Nach Ansicht des Autors entstehen heute, wenn auch bisher noch auf einem zum menschlichen Verhalten vergleichsweise einfachen Niveau, jedoch zunehmend, die technischen Möglichkeiten für ein neues Paradigma der Mensch-Maschine-Kommunikation und ihrer Gestaltung, nämlich das Paradigma, das man '*intent oriented acting*' nennen könnte, nämlich das Erkennen und Befriedigen der individuellen Intentionen und Motive der Benutzer durch intelligente, adaptive Rechner mit (partieller) Selbstorganisation. Der Rechner wird so zum aktiven 'Kommunikationspartner', der über ein „Selbstbild“ verfügt, über ein Monitoring seiner Umwelt in einem Lernprozess ein rechnerinternes Benutzermodell und Repräsentationen seiner physikalischen und sozialen Aussenwelt aufbaut, ein „Partnerbild“ sozusagen, dieses und sein Selbstbild ständig ergänzt und verbessert, im Rahmen formal

festgelegter, begrenzter Kompetenzen und Regeln der Kooperation von Mensch und Maschine in konkreten Situationen selbständig agieren kann, dem Benutzer intelligente Lösungsvorschläge anbietet, sowie anfallende Routineaufgaben automatisch, auf Anweisung eines intelligenten Dialogmanagers an den Backgroundprozessor, erledigt und den Benutzer bedingt informiert (siehe Bild 1).

Selbstbilder werden über reflektives Verhalten aufgebaut, was letztlich bedeuten würde, dass Automaten Bewusstsein erlangen könnten und selbstverantwortlich Entscheidungen treffen müssten, was allerdings eine weitaus umfangreichere Funktionalität mit Parallelverarbeitung von Informationen, Speicherkapazität und höhere Komplexität erfordern würde als sie derzeitige technische, seriell arbeitende Systeme besitzen. Völlig offen scheint gegenwärtig noch die Frage der Aufgabenteilung im Störfall; wer entscheidet und übernimmt die Verantwortung - muss die Funktionalität der Maschine auch eine „Ethikkomponente enthalten? Aus kybernetischer Sicht hielt Steinbuch eine solche Entwicklung, nämlich dass intelligente Automaten Bewusstsein und damit auch Verantwortungsbewusstsein haben werden, innerhalb der nächsten zwei Jahrhunderte bei entsprechendem Fortschritt der Hirnforschung für möglich und wahrscheinlich. „Es gibt keinen ernsthaften Grund für die Annahme, die Intelligenz der Computer müsse ausgerechnet auf dem Niveau des Menschen stehen bleiben“ (so Karl Steinbuch).

Bisher bleibt allerdings offen, auf welchen ethischen Regeln das Verhalten autonomer Maschinen basieren soll und welcher Grad an Autonomie Automaten überhaupt zugebilligt werden darf. *Der Mensch muss das Maß der Dinge bleiben!* Dies bedeutet u.a. auch, dass die Semantik und Pragmatik einer natürlichsprachlich orientierten Dialogsprache, einschließlich Gestik und Mimik; und damit verbundene kognitive und psycho-soziale Prozesse sowie ethische Aspekte, Schwerpunkte der Forschung, der technischen Entwicklung und der Anwendung von Automaten sein werden und so insbesondere auch die Zukunft des Internet als Medium und Kommunikationsplattform einer pluralen Öffentlichkeit prägen werden (Semantic Web-Technologien, Social Web, Virtual Reality).^{17,18} Intelligente Hard-Software-Komponenten und multimodale Interaktionsmöglichkeiten bieten die technische Basis für derartige, vielfältig vernetzte Systeme mit „Intentionalen Benutzungsschnittstellen“. Solche Schnittstellen werden nicht nur die gebräuchlichen heutigen Geräte enthalten, wie Notebooks und Smartphones, sondern auch ortsfeste sowie teilautonome, mobile Roboter als humanoide Dienstleister durch *Externalisierung* menschlicher Potentiale, und werden, wie z.B. in „Industrie 4.0“ auch

unsere Arbeitswelt revolutionieren. Eine andere entstehende Entwicklung könnte man als *Internalisierung* bezeichnen, Mensch-Maschine-Hybride (Cyborgs), Menschen mit dauerhaft implantierten, künstlichen Bauteilen. Gemeint sind nicht einfache, mechanische Prothesen, wie es sie schon lange gibt, sondern z.B. Armprothesen, die über Nerven gesteuert werden mit tastsensitiven Handprothesen mit Temperaturfühlern, Chips als elektronische Netzhautrezeptoren im Auge, oder als implantierte Chochlear-rezeptoren im Ohr, Nanorechner in der Blutbahn als Diagnosehilfen, Nanodrucker, die „Ersatzteile“ auch aus organischem Gewebe herstellen können, in der weiteren Zukunft, mit fortschreitendem Wissensstand der Molekularmedizin und Biochemie, wahrscheinlich auch mit Blutgefäßen und Nerven, bis hin zu Automaten mit gedanklicher Steuerung über Hirnpotentiale. Was bedeuten diese Fortschritte aber für unser Gesundheitswesen? Wird die bereits heute bestehende Kluft zwischen arm und reich weiter vertieft werden?

Displays mit zweidimensionalen Benutzungsoberflächen werden heute schon um dreidimensionale „VR-Benutzungsräume“ in virtuellen Welten ergänzt, in denen man mit anderen Benutzern in Person oder über Avatare kommuniziert, bevor man sie mit einem autonomen Fahrzeug besucht, das hoffentlich in keinen unvorhergesehenen Unfall verwickelt wird. Zur Erforschung, Realisierung und Gestaltung fortschrittlicher Mensch-Maschine-Kommunikation bedarf es allerdings bereits jetzt und vor allem in Zukunft einer verstärkten, interdisziplinären Zusammenarbeit der Naturwissenschaften (im Sinne einer Ultraphysik) einschließlich Biologie, Physiologie und „Cognitive Science“, der Ingenieurwissenschaften sowie der Geistes- und Sozialwissenschaften, einschließlich Medienwissenschaften Philosophie und Ethik, mit den Elementen „*Allgemeine Systemtheorie*“ und der Renaissance einer „*Kybernetischen Anthropologie*“ als eine, bis heute getrennte geistige Welten verbindende Brücke; d.h. allerdings, Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung dürfen nicht lediglich naturwissenschaftlich ausgerichtet sein. „Heute ist die gedankliche Spaltung in Natur- und Geisteswissenschaften weder nützlich noch unvermeidbar“ (Karl Steinbuch, 1961). Nicht zuletzt sind besonders auch das Individuum, die Familie, die Gesellschaft, die Wirtschaft und die Politik gefordert, da es sich im Rahmen der Globalisierung, mit erdumspannender Biosphäre und, dank des „Social Web“, parallel dazu exponentiell wachsender Noosphäre, nicht zuletzt auch um eine sozial-ökologische, interkulturelle Aufgabe auf dem Weg in eine digitale Welt handelt. Kritisch ist dabei die Balance zwischen der Freiheit des Individuums und den Motiven der

Gesellschaft, verbunden mit dem Bedürfnis nach allgemeiner Sicherheit und Schutz der Privatsphäre.

Die digitale Transformation wird nur dann erfolgreich gelingen, wenn die Interessen und Bedürfnisse von Individuen, Gruppen und Nationen in einem ausgewogenen Verhältnis zu denen einer globalen Menschheit stehen; dies betrifft insbesondere die weltweite Diskrepanz zwischen Reichtum und Armut, zwischen Selbstbestimmung und Zwang, sowie zwischen Fortschritt und Zurückgelassenwerden.

¹⁵ Schmeck 2005

¹⁶ Müller-Schloer, Schmeck, Ungerer 2011

¹⁷ Haubner, P.C. 2006

¹⁸ Fensel, D.(ed.) 2011

¹⁹ Steinbuch 1961

Literatur

- Benz, C., Grob, R. & P.J. Haubner: Designing VDU Workplaces: Applied Ergonomics, Verlag TÜV Rheinland, 1983
- Fensel, D. (ed.): Foundations for the Web of Information and Services: A Review of 20 Years of Semantic Web Research, Springer, 2011
- Fitts, P. M.; Seeger, C. M.: S-R-compatibility: spatial characteristics of stimulus and response codes. In: Journal of Experimental Psychology, 1953, vol. 46, pp. 199-210.
- Guttormsen Schär, S., Haubner, P.J. & Krueger, H: Use of video-conferencing with computer-supported co-operative work. Proceedings of ED-MEDIA 2001, 624-629
- Habermas, J.: Theorie des kommunikativen Handelns. Bd. 1 u. 2. Frankfurt a. M. 1981.
- Haubner, P.J. : Zur Helligkeitsbewertung quasi-achromatischer Reize. Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), 1977.
- Haubner, P.J. : Ergonomische Gestaltung der Mensch-Maschine Kommunikation. In: Lichtforschung, 1983, H. 5, Nr. 1, S. 11-18.
- Haubner, P.J.: Struktur Aspekte der Informationsgestaltung auf Bildschirmen, in Aspekte der Informationsverarbeitung - Funktion des Sehsystems und technische Bilddarbietung (H.W. Bodmann Hrgb.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo 1985, 301-329

- Haubner, P.J.: Ergonomics in industrial product design. In: Ergonomics, 1990, vol. 33, No. 4, pp. 477-485.
- Haubner, P.J.: Design of dialogues for human-computer interaction. In: Galer, M.; Harker S.; Ziegler, J. (eds.): Methods and Tools in User-Centred Design for Information Technology, pp. 203-485, Elsevier Science Publishers B.V. North-Holland, Amsterdam, London, New York, Tokyo 1992.
- Haubner, P.J.: Evaluating quality of interactive systems in terms of usability, CONQUEST 97 - First International Conference on Quality Engineering in Software Technology, Nürnberg, 1997, pp. 134-143.
- Haubner, P.J.: Usability Engineering – Integration von Software-Ergonomie und Systementwicklung. In: Lausen; Oberweis; Schlageter (Hrsg.): Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (Teubner-Texte zur Informatik). Stuttgart, Leipzig 1999, S. 93-107.
- Haubner P.J.: Usability Engineering - Konzeption, Gestaltung und Evaluation benutzergerechter Mensch – Machine – Systeme. Habilitationsschrift, Universität Karlsruhe (TH), 2001
- Haubner. P.J., Stucky W.: Der Mensch ist das Maß aller Dinge, 10 Jahre Usability Engineering an der Universität Karlsruhe, Karlsruher Transfer Nr.30, Jahrgang 17, 2004, 21-25.
- Haubner, P.C.: Von der direkten zur indirekten Kommunikation: Das Internet als Kommunikationsplattform und Medium pluraler Öffentlichkeiten. Masterarbeit, Geistes- und Sozialwissenschaften, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2006
- Honold, P.: Culture and Context: An Empirical Study for the Development of a Framework for the Elicitation of Cultural Influence in Product Usage, International Journal of Human-Computer Interaction, 2000, vol. 12, Nos. 3 & 4, pp. 327-34
- Kahneman, D.: Thinking, Fast and Slow, Mcmillan, 2011 - Schnelles Denken, langsames Denken, Siedler Verlag, München, 2012
- McCormick, E. J.: Human Factors Engineering, McGraw - Hill Book Company: New York 1957.
- Metzger, W.: Gesetze des Sehens. Verlag Waldemar Kramer: Frankfurt a. M., 1975.
- Müller-Schloer, C., Schmeck, H., Ungerer, T. (eds): Organic Computing - A Paradigm Shift for Complex Systems. Springer, Autonomic Systems, Basel, 627 p. June, 2011
- Langer, I.; Schulz von Thun, F.: Messung komplexer Merkmale in Psychologie und Pädagogik. München 1974.
- Schmeck, H.: Organic Computing. Künstliche Intelligenz, 3: 68–69, 2005.

- Sixtl, F.: Einführung in die Exakte Psychologie. Oldenbourg, München, Wien, 1996
- Steinbuch, K.: Automat und Mensch, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg – New York, 1961.
- Teilhard de Chardin, P.: Le Groupe Zoologique Humain – Die Entstehung des Menschen, deutsche Ausgabe, vierte Auflage. München: C. H. Beck München 1966.
- Wandmacher, J.: Software-Ergonomie. Berlin: Walter de Gruyter 1993.
- Watzlawick, P.; Beavin, J. H.; Jackson, D. D.: Menschliche Kommunikation. Formen, Störungen, Paradoxien. Bern 1990.

Anschrift des Verfassers:

*PD Dr.-ing.-habil.
Peter J. Haubner
Rheinstrasse 87
76275 Ettlingen
e-mail: cp_haub@gmx.de
fon: + 49 7243 330 567*