

KfK 2556
Januar 1978

Grundlagen und Entwurfsmethodik eines Systems für die Mensch- Rechner Kommunikation

V. Jarsch, K. Landmark, W. Müller
Institut für Datenverarbeitung in der Technik

Kernforschungszentrum Karlsruhe

Als Manuskript vervielfältigt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE GMBH

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Institut für Datenverarbeitung in der Technik

KfK 2556

Grundlagen und Entwurfsmethodik eines
Systems für die Mensch-Rechner Kommunikation

V. Jarsch
K. Landmark
W. Müller

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Zusammenfassung:

Der Fortschritt der DV-Technologie zeigt sich sehr deutlich in der Entwicklung der Techniken der Mensch-Rechner Kommunikation in Richtung auf eine natürlichsprachliche Kommunikation zwischen gleichberechtigten Partnern. Voraussetzung für Lösungen, die diesem Trend gerecht werden, ist neben der Kenntnis der Technologien auf Rechnerseite das Wissen um psychische und physische Eigenschaften des menschlichen Gesprächspartners.

Ausgehend von den Grundprinzipien der Kommunikation projizieren wir in diesem Bericht Erkenntnisse über die Mensch-Mensch Kommunikation auf die Mensch-Rechner Kommunikation. Daraus wird die Notwendigkeit eines Kommunikationssystems abgeleitet, das als selbständiger Modul in einer Umwelt aus der Sicht dieser Umwelt betrachtet und auf diese Weise unter Einbeziehung der Aspekte Sicherheit und Zuverlässigkeit systematisch spezifiziert werden kann.

Dieser Bericht bildet die Grundlage, auf der aufbauend im weiteren Verlauf unserer Arbeit ein Mensch-Rechner Kommunikationssystem erstellt werden soll.

Principles of Communication and Methodology of Design of a Man-Computer Communication System

Abstract:

The progress in DP-technology becomes evident in the development of man-computer communication techniques towards a quasi-natural-language communication.

A precondition for solutions following this trend is both the knowledge of computer technologies and the acquaintance with the physical and psychological properties of the human partner.

Beginning with the principles of communication we transfer the realizations on man-man communication to man-computer communication.

From this we derive the necessity of a communication system which we regard as an independent module within an environment seen by that environment. So we are able to specify it systematically with special regard to aspects of reliability.

This paper is the basis on which we shall build up a man-computer communication system.

I N H A L T

0. Einleitung
1. Grundlagen der Kommunikation
2. Signalkopplungen
 - 2.1 Signalempfang beim Menschen
 - 2.1.1 Leitungsfähigkeit der menschlichen Sinne
 - 2.1.2 Die Sinnesvielfalt
 - 2.2 Signalausgabe beim Menschen
 - 2.3 Signaleingabe und -ausgabe bei Maschinen
 - 2.3.1 Maschinelle Effektoreinheiten
 - 2.3.2 Maschinelle Sensoreinheiten
 - 2.4 Neurokybernetische Untersuchungen
3. Informationelle Kopplung
 - 3.1 Praxisorientierte Untersuchungen
 - 3.2 Semiotik
4. Mensch-Mensch Kommunikation versus Mensch-Rechner Kommunikation
5. Identifizierung und Notwendigkeit eines Dialogsystems
6. Schnittstellen des Dialogsystems zu seiner Umwelt
 - 6.1 Schnittstelle Dialogsystem-Bediener
 - 6.1.1 Leistung des Mensch-Rechner Systems
 - 6.1.2 Techniken zur Leistungssteigerung des Mensch-Rechner Systems
 - 6.1.2.1 Informationsausgabe
 - 6.1.2.2 Informationseingabe
 - 6.1.2.3 Informationsstrukturierung
 - 6.2 Schnittstelle Dialogsystem-Problemsoftware
 - 6.3 Schnittstelle Dialogsystem-Systemsoftware und Hardware
 - 6.4 Schnittstelle Dialogsystem-Dialogersteller

7. Zusammenfassung

Anhang

A. Literatur

B. Beispiel für einen Mensch-Rechner Dialog in natürlicher Sprache

0. Einleitung

Der Fortschritt der DV-Technologie manifestiert sich sehr deutlich in der Entwicklung der Techniken der Mensch-Rechner Kommunikation.

Während am Anfang ein Programm vom Benutzer mit primitiven Eingabemitteln, z.B. Eingriffe über die Konsole, bedient (!) wurde, geht der Trend der Entwicklung heute in Richtung auf eine natürlich-sprachliche Kommunikation zwischen gleichberechtigten Partnern. Übliche Lösungen, bei denen der ad hoc entworfene Dialog unreflektiert mit dem Anwenderprogramm vermischt ist, werden dieser Entwicklung nicht gerecht. Voraussetzung für sinnvolle Lösungen ist neben der Kenntnis der Technologien auf Rechnerseite das Wissen um psychische und physische Eigenschaften des menschlichen Teilnehmers an dieser Kommunikation.

Die Einbeziehung dieser Erkenntnisse in den Entwurf eines Kommunikationsmoduls führt zu einer merklichen Leistungssteigerung des Mensch-Rechner Systems.

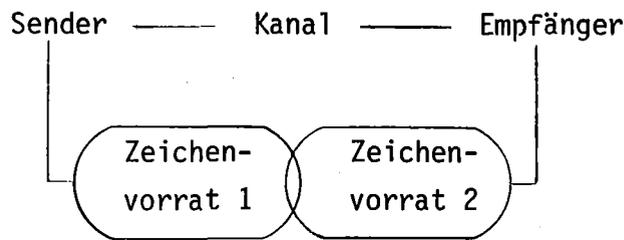
In diesem Bericht gehen wir deshalb zunächst auf die der Kommunikation zugrundeliegenden Prinzipien ein und projizieren Erkenntnisse über die Mensch-Mensch-Kommunikation auf die Mensch-Rechner-Kommunikation.

Diese Vorgehensweise führt dazu, daß vor dem eigentlichen Entwurf eines Dialogsystems dieses als selbständiger Modul in einer Umwelt aus der Sicht dieser Umwelt betrachtet und anhand dieser Forderungen von außen systematisch spezifiziert werden kann.

1. Grundlagen der Kommunikation

Kommunikation ist definiert als Informationsaustausch zwischen zwei Systemen, die in der Lage sind Informationen abzugeben, aufzunehmen, zu speichern und/oder umzuformen [KLAU69], [HERR71].

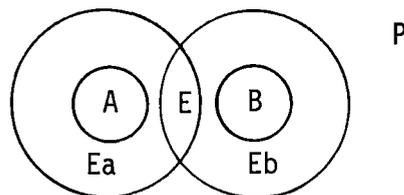
Eine Untersuchung des Vorgangs Informationsaustausch führt zu folgendem Modell:



Beim Sender liegt zu übertragende Information vor, die als Zeichenreihe über einem Alphabet dargestellt ist. Der Sender formt diese Zeichenreihe um in eine Signalfolge, die über einen Kanal an den Empfänger gelangt. Dort wird aus den Signalen eine Zeichenreihe gewonnen, der ihrerseits Information zugeordnet ist. Bei erfolgreicher Kommunikation stimmt nun die Information im Sender mit der im Empfänger überein.

Man sieht, daß zwischen dem sendenden und dem empfangenden System zwei unterschiedliche Kopplungen existieren müssen. Zum einen muß es eine wirkungsmäßige Verknüpfung geben, über die physikalische, biochemische oder andere Signale übertragen werden können. Die zweite Brücke, die existieren muß, ist ein gemeinsamer Zeichenvorrat, der es zuläßt, Information so darzustellen, daß sie eindeutig aus einer Zeichenreihe zurückgewonnen werden kann.

Denise Ambrózy stellt Kommunikation in einem mehr inhaltsbezogenem Modell dar [AMBR71].



A und B sind zwei Kommunikationspartner. P bezeichnet die reale Umwelt von A und B. ϕ_a ist eine Menge von Abbildungsfunktionen von A mit denen P in ein Modell von P für A überführt wird. Analoges gilt für ϕ_b .

Es sei weiter $E_a = \phi_a P$, (das Modell von P in A) und $E_b = \phi_b P$.

Die Bedingung für Kommunikation ist, daß

$$E_a \cup E_b \neq \emptyset.$$

Das heißt, der Gegenstand, über den kommuniziert werden soll, muß mindestens einem Partner bekannt sein, es muß also eine Abbildungsfunktion für dieses Objekt existieren.

Die zweite Bedingung ist, daß

$$E = E_a \cap E_b \neq \emptyset.$$

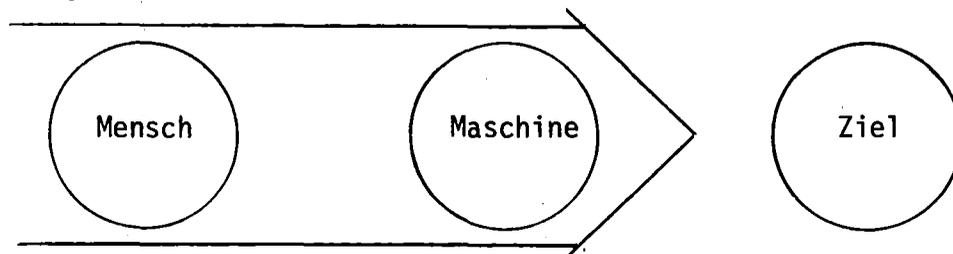
Das bedeutet, daß es eine gemeinsame Grundlage gibt, auf die sich A und B bei ihrer Kommunikation beziehen können. (Diese gemeinsame Grundlage E ist mindestens der gemeinsame Zeichenvorrat nach dem vorigen Modell).

Eine sinnvolle Kommunikation ist dann durch folgende Bedingung gekennzeichnet

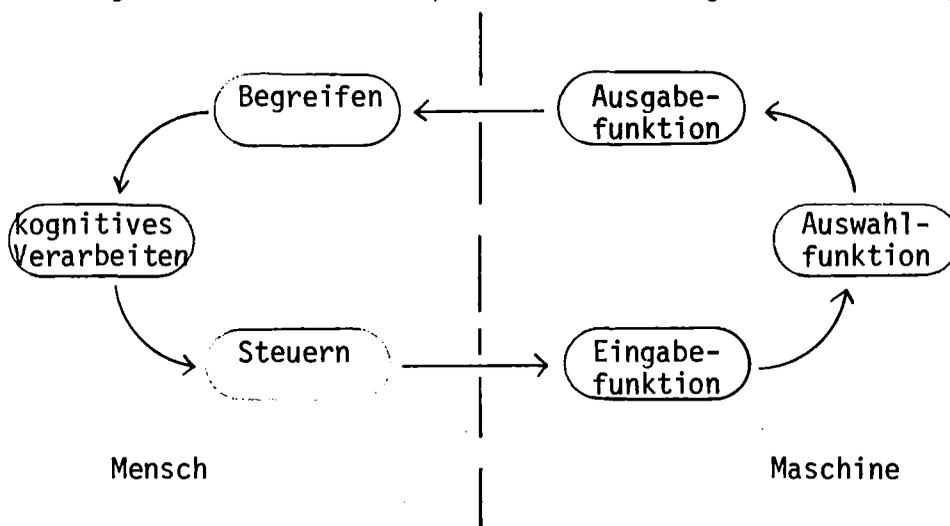
$$(E_a \cap \bar{E}_b) \cup (\bar{E}_a \cap E_b) \neq \emptyset$$

Das heißt, es gibt Objekte, die A bekannt sind, B aber nicht oder umgekehrt. Das Ziel der Kommunikation besteht danach darin, das Wissen von A oder von B zu mehren, d.h. die Menge der jeweiligen Abbildungsvorschriften zu vervollständigen.

Zielgerichtet und eingeschränkt auf Mensch-Maschine-Kommunikation ist eine Beschreibungsmethode von T.C. Ting und A.N. Badre. Ihre Idee ist, daß Mensch und Maschine sich in der Kommunikation in gegenseitiger Abhängigkeit befinden und auf ein gemeinsames Ziel zusteuern [TING76].



Dabei können die menschlichen Tätigkeiten in drei Klassen eingeteilt werden: begreifen, kognitives verarbeiten und steuern. Die Komponenten der Maschine bestehen aus Eingabe-, Auswahl- und Ausgabefunktionen. Der aus diesen Bestandteilen aufgebaute Interaktionsprozeß ist in folgendem Bild dargestellt.



Der Erfolg solcher Interaktion wird beeinflusst durch die Erfahrung, Wissensstand und Fertigkeiten des Menschen sowie durch den Grad der Übereinstimmung zwischen Ein-/Ausgaben der Maschine und den Fähigkeiten des Menschen zum Begreifen und Steuern.

Ting und Badre führen dann noch ein mathematisches Beschreibungshilfsmittel für ihr Modell ein. Wegen der Unbestimmtheit der Parameter und ihrer Wirkung lassen sich daraus jedoch keine weitergehenden Folgerungen ableiten.

Das erste vorgestellte Modell fordert, daß zur Kommunikation zwischen Systemen zwei Arten der Kopplung existieren müssen: eine reine Signalverbindung und eine Verbindung über einen gemeinsamen Zeichenvorrat. Im folgenden sollen diese beide Kopplungsarten bei der Mensch-Maschine-Kommunikation näher betrachtet werden.

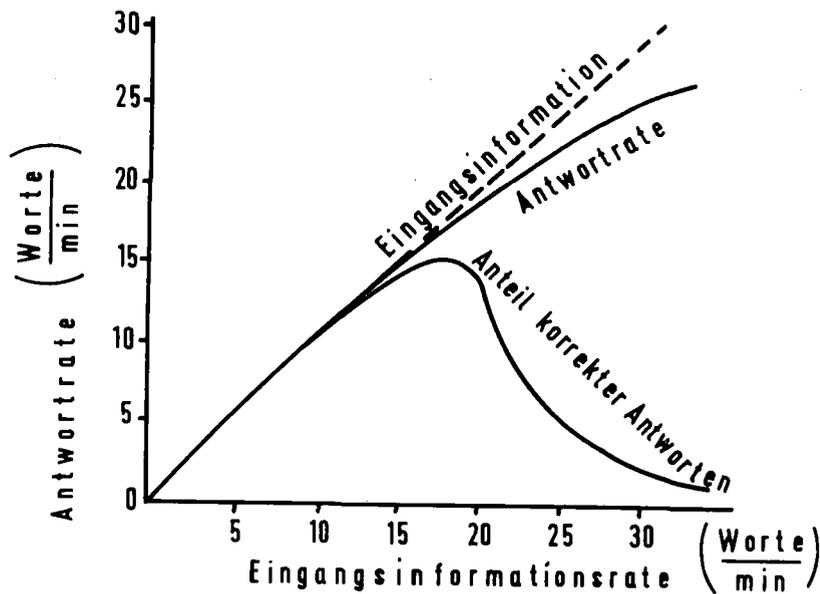
2. Signalkopplungen

2.1. Signalempfang beim Menschen

Die Umsetzung der beim Menschen ankommenden Signale in Zeichenreihen ist Aufgabe der Sinnesorgane [MÜLL]. Die Signale, in der Sinnesphysiologie Reize genannt, rufen in Rezeptoren eine Erregung hervor, die in einer Empfindung resultieren. Diese Empfindungen werden durch die Sinnessysteme einem Abstraktionsprozeß unterworfen, als dessen Ergebnis das aus dem Signal abgeleitete Zeichen oder die abgeleitete Zeichenreihe vorliegt.

2.1.1 Leistungsfähigkeit der menschlichen Sinne

Bei der Untersuchung der Leistungsfähigkeit der menschlichen Signalempfangseinrichtungen kann man von der Aufnahmekapazität her die bewußte und die unbewußte Informationsaufnahme unterscheiden. Nach [ETSC74] nimmt der Mensch über seine sensorischen Eingänge etwa 10^8 bit/sec auf. Bewußt aufgenommen und verarbeitet werden davon jedoch höchstens 50 bit/s. Wie diese extreme Reduktion erfolgt, darüber gibt es noch sehr wenige Erkenntnisse. Ein weiteres Untersuchungsergebnis stellt Gifford dar [GIFF70].



Das Bild zeigt, daß ab einer Inputrate von 12 Worten pro Minute keine korrekte Verarbeitung mehr möglich ist. (Die Daten beziehen sich auf die englische Sprache.) Weiterhin geht daraus hervor, daß ab etwa 20 Worten /min ein Teil der Eingabeinformation verlorenght. (Die 1970 in den USA installierte Druckerleistung pro Einwohner reichte interessanterweise aus, um diese Eingabeüberlastung zu erzeugen). An anderer Stelle [KENN74] wird darauf hingewiesen, daß es nicht nur eine obere Schranke für die Eingaberate gibt, sondern auch eine untere. Diese untere Grenze scheint dadurch bedingt zu sein, daß eine Nachricht innerhalb einer gegebenen Zeitspanne übermittelt sein sollte. Wird diese Zeit nicht eingehalten resultiert daraus Streß. Ein Beispiel ist die Reaktion eines Zuhörers bei der Unterhaltung mit einem Sprachgestörten.

Eine weitere Größe für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Sinnesorgane ist die Empfindlichkeit. Hier unterscheidet man [HAJ073] die ebenmerkliche Empfindung, die durch den sogenannten Schwellenreiz verursacht wird. Der Schwellenreiz ist die statistisch definierte Reizgröße, die gerade noch eine Empfindung auslöst. Die ebenmerkliche Empfindung ist eine Größe zur Beschreibung des statischen Verhaltens der Sinnesorgane.

Die zweite Größe ist die Unterschiedlichkeitsempfindung, der ebenmerkliche Unterschied zwischen zwei Empfindungen. Dazu stellte Weber fest, daß das Verhältnis vom ebenmerklichen Reizunterschied zur Bezugsreizgröße konstant ist. Diese Konstante wird als Weber'sche Konstante (k) bezeichnet. Bezeichne S die Reizstärke und ΔS den kleinsten Reizunterschied, dann gilt also

$$\frac{\Delta S}{S} = k \quad (\text{Webersches Gesetz})$$

k streut sehr stark und ist abhängig vom Sinnessystem und den Reizbedingungen. Minimale Werte z.B. sind nach [G00S71] für die Lautstärke $k \approx 0.088$ und für den Geruch $k = 0.360$. Aus dieser Berechnung läßt sich weiter die Anzahl der unterscheidbaren Reizstärken ermitteln. Dabei sich ergebende Werte sind z.B. für Helligkeitsstufen 1500, für Tonhöhen etwa 300.

Fechner verallgemeinerte unter Zusatzannahmen das Weber'sche Gesetz zu

$$\Delta R = \frac{1}{k} \frac{\Delta S}{S}$$

- ΔR ist die Unterschiedlichkeitsempfindung
- k Weber'sche Konstante
- ΔS Reizunterschied
- S Bezugsreiz

Nach Varju [in HAJ073] ist die von Fechner aufgestellte Annahme ein Spezialfall der Beziehung

$$\Delta R = \Delta S \cdot E_S (S)$$

wobei $E_S (S)$ die vom Reiz abhängige Empfindlichkeit bedeutet.

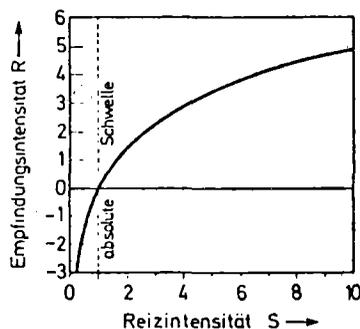
Durch Integration der Gleichung $\Delta R = \frac{1}{k} \frac{\Delta S}{S}$ erhält man das Fechner'sche Gesetz

$$R = \text{const} + k \cdot \log S$$

- R Empfindungsstärke
- const Integrationskonstante
- k Weber'sche Konstante
- S Reizstärke

Das heißt, die Reizempfindung ist proportional dem Logarithmus der Reizstärke.

Graphisch ist dieser Zusammenhang im folgenden Bild dargestellt.



Fechnersches Gesetz

Die bisherige Diskussion zeigte, daß beim Signalempfang nicht der absolute Reiz sondern die relativierte Änderung der bestehenden Reizverhältnisse ausschlaggebend ist (nicht die absolute Helligkeit eines Symbols z.B., sondern die Helligkeit bezogen auf die zeitliche und räumliche Umgebung ist als Signal brauchbar).

Eine weitere zu untersuchende Qualität ist die Sinnesadaption. Adaptionen führen dazu, daß die Empfindlichkeit des Sinnessystems den gegebenen Reizverhältnissen angepaßt wird. Das bedeutet in der Regel, daß das Sinnessystem gegenüber den gegebenen Reizen unempfindlicher wird. Zugleich erfolgt jedoch häufig eine Steigerung der Empfindlichkeit gegenüber Reizdifferenzen innerhalb des betreffenden Reizniveaus. Umgekehrt gilt für die Readaption, daß eine Empfindlichkeitszunahme eine Unterschiedsempfindlichkeitsabnahme nach sich zieht.

Beispiel: Das dunkeladaptierte Sehsystem ist sehr empfindlich gegenüber Lichtreizen, es sieht die Umgebung sehr hell. Das Auflösungsvermögen, die Unterschiedsempfindlichkeit, ist jedoch wesentlich geringer als beim helladaptierten System. Man sollte sich also bei der Arbeitsplatzgestaltung nicht auf die Adaptionfähigkeiten des menschlichen Sinnessystems verlassen, vielmehr sind Empfindlichkeitsänderung und Leistungsänderung oft einander entgegengesetzte Prozesse.

2.1.2 Die Sinnesvielfalt

Die Sinnesvielfalt läßt sich durch vier Dimensionen beschreiben [MÜLL73]

- a) Zeitlichkeit
- b) Räumlichkeit
- c) Modalität
- d) Intensität

Diese Dimensionen werden neurophysiologisch dargestellt durch

- a) Zeitmuster von Impulsen
- b) Ortsmuster und Orts-Zeitmuster von Impulsen
- c) Spezifität der Sinnesorgane
- d) Impulsfolgefrequenz.

Den einzelnen Reizmodalitäten sind entsprechende Rezeptoren zugeordnet. Man kennt

Photorezeptoren
Mechanorezeptoren
Thermorezeptoren
Chemorezeptoren und Nocirezeptoren.

An Sinnesmodalitäten sind bekannt:

- Gesichtssinn
Kanalkapazität ca. $5 \cdot 10^7$ bit /sec [ETSC74].
Empfindlichkeit: bei 500 nm Wellenlänge genügen 50-100 Lichtquanten, um eine Sehempfindung zu haben [MOLL73].
- Gehörsinn
Kanalkapazität ca. $4 \cdot 10^4$ bit /sec [ETSC74].
Die Empfindlichkeit ist so, daß man die molekulare Wärmebewegung gerade nicht mehr hört [HELV74].
- Gleichgewichtssinn
gemessen werden Beschleunigungen und Neigungswinkel des Kopfes.
- Berührung, Druck, Vibration
werden durch Mechanorezeptoren empfangen.
- Wärme und Kälte
werden durch Thermorezeptoren aufgenommen.
- Schmerz
man unterscheidet zwei Qualitäten: heller Oberflächenschmerz (z.B. Nadelstich) und dumpfer Tiefenschmerz (z.B. Quetschung eines Fingers).
Nocirezeptoren, die als Schmerzempfänger dienen, zeigen keine Adaption.
- Tiefensensibilität
Diese Qualität vermittelt Lage-, Bewegungs- und Kraftempfindungen und dient der Regelung des Muskeltonus und zur Bewegungskontrolle.
- Geschmack
Man kann vier Klassen von Geschmacksqualitäten unterscheiden: süß, sauer, salzig, bitter.

- Geruch Es scheint einige Tausend Geruchsqualitäten zu geben, die man in sechs Klassen einteilen kann
 - würzig (Pfeffer) - harzig (Räucherharz)
 - blumig (Jasmin) - faulig (Schwefelwasserstoff)
 - fruchtig (Apfelblätter) - brenzlich (Teer)

Die Empfindlichkeit liegt bei etwa 10^4 Molekülen pro cm^3 .

Bei der Mensch-Rechner-Kommunikation verwendet werden der Gesichtssinn (Displays), der Gehörsinn (Glocken), Berührung, Druck und Vibration (Rückkopplung bei Tastenbedienungen).

Geschmacks- und Geruchssinn werden nicht benutzt, weil zum einen die entsprechenden Signale schwierig zu erzeugen sind und zum anderen die Rezeptoren häufig, z.B. durch Schnupfen, behindert sind. Um bestimmte Sondermeldungen zu übertragen, z.B. Gefahrenzustände, wäre ein Einsatz dieser Sinne denkbar.

2.2 Signalausgabe beim Menschen

Zur bewußten Signalerzeugung verwendet der Mensch seinen Muskelapparat, sei es um akustische, taktile oder optische Signale abzugeben. Darüber hinaus werden einige Signalformen unbewußt erzeugt, z.B. Gerüche, Farbänderungen, Teile der Mimik und Gestik, usw. Die Informationsausgabe erfolgt mit einer Kapazität von ca. 10^7 bit /sec [ETSC74]. Von den oben erwähnten Möglichkeiten werden beim heutigen Stand der Technik nur die Bewegungsfähigkeiten der Armeile (Bedienung von Tastaturen), seltener der Beinteile (Bedienung von Fußschaltern) eingesetzt. Der Sprechapparat wird bei der Mensch-Maschine-Kommunikation kaum eingesetzt, jedoch wird sich das in der näheren Zukunft ändern [REDD76],[MART73], [WARR75].

2.3 Signalein- und -ausgabe bei Maschinen

Aus der Vielzahl der maschinellen Rezeptor-(=signalaufnehmende) und Effektoreinheiten (=signalabgebende) werden in der Folge nur diejenigen betrachtet, die bei der Kommunikation zwischen Mensch und Maschine eine Rolle spielen. Aus der Vielzahl der Literaturstellen sollen stellvertretend nur erwähnt werden: [BELL74], [HASE75], [HÖRI74], [MART73], [NEWM73], [WALL76], [WOOL75].

2.3.1 Maschinelle Effektoreinheiten

- a) Einheiten, die einen optischen Kanal benutzen
 - Drucker (Nadeldrucker, Kettendrucker, Fotomechanische Drucker, Fotoelektronische Drucker)
 - Plotter
 - Fotografische Einheiten (Mikrofilm, Dias, Holografie)
 - Sichtgeräte (Rasterscangeräte, Vektorscangeräte, Plasmasdisplays) mit alphanumerischen, halbgrafischen und vollgrafischen Darstellungsarten.
 - Anzeigen (analog und digital)

- b) Einheiten, die einen akustischen Kanal benutzen
 - Ausgabeeinheiten für einfache nicht-sprachliche Laute (z.B. Glocke, Klick bei Tastaturbetätigung, Musikausgabe)
 - Ausgabeeinheiten für Sprache (Retrieval von digital oder analog gespeicherten Signalen, direkte Erzeugung).

- c) Einheiten, die einen taktilen Kanal benutzen
 - statische Signalformen (Tastenoberflächenformungen, Blindenschriftausgabeeinheiten)
 - dynamische Signalformen
 - a) Bewegungsalphabet (Vibrationsgeräte)
 - b) Bewegungsänderungsalphabet (Blockieren von Tasten, Änderungen der Kraft zur Betätigung einer Taste).

Informationsausgabe über einen taktilen Kanal wird fast ausschließlich als Rückkopplung für eine Eingabe benutzt.

2.3.2 Maschinelle Sensoreinheiten

- a) Einheiten, die einen optischen Kanal benutzen.
Mechanische und elektronische Bildabtaster, die überwiegend für die Mustererkennung eingesetzt werden ("Sehen" können kaum Geräte).
- b) Einheiten, die einen akustischen Kanal benutzen.
Auf diesem Gebiet gibt es eine Reihe von experimentellen, aber nur wenige kommerzielle Einheiten.
- c) Einheiten, die einen taktilen Kanal benutzen.
Hier ist die Entwicklung am weitesten fortgeschritten und man kann klassifizieren nach der Dimensionszahl der Eingabe:

eine Dimension	Tastaturen (mechanisch, fotoelektrisch, magnetisch, Halleffekt benutzend) Schalter Lichtgriffel (fotoelektrisch, Ultraschall, Potential)
zwei Dimensionen	Steuerknüppel (joystick) Rollkugel (mouse), Tablett
drei Dimensionen	akustische Tablett, optische Geräte

Eine andere Klassifizierung ist die nach Funktionen (Konzept der virtual devices):

pick	Aufgreifen anwenderdefinierter Objekte. Ein typischer Vertreter dieser Geräteklasse ist der Lichtgriffel.
button	Auswahl eines programmdefinierten Objekts. Typischer Vertreter: Funktionstastatur
keyboard	Texteingabegerät Auswahl hardwaredefinierter Objekte
locator	Angabe einer Position und/oder Orientierung Typischer Vertreter: Steuerknüppel
valuator	Werteingabe. Typisches Beispiel: Potentiometer.

Mit diesen primitiven Geräten lassen sich höhere zusammensetzen. Außerdem kann man einzelne Geräte durch andere simulieren.

2.4 Neurokybernetische Untersuchungen

Von einigen interessanten Arbeiten berichten Vidal [VIDA75], und Levit und Roberts [LEVI74]. Sie stellen einige Möglichkeiten vor, mit denen die Neurokybernetik versucht, eine Mensch-Maschine-Schnittstelle aufzubauen. Der Grundgedanke dieser außergewöhnlichen Vorgehensweisen ist, die menschlichen Effektoren und Rezeptoren weitestgehend zu umgehen und die Signale direkt in das menschliche Zentralnervensystem einzukoppeln. Man verwendet dazu direkt am Körper gemessene oder erzeugte Biosignale. Als solche Signale kommen in Frage:

- Elektromyogramm,
- Elektroencephalogramm, das sich als am aussichtsreichsten erwiesen hat,
- Konditionierung eines bereits existierenden Kanals,

- Kontrolle unterbewußter Muskelbewegungen
- Kontrolle geringfügiger Muskelbewegungen, z.B. Augenbewegungen.

Diese Techniken sind sicher sehr nützlich bei der Steuerung von Prothesen. Vor ihrem Einsatz bei der Mensch-Maschine-Kommunikation sollten sie jedoch vor allem unter dem Aspekt der Humanisierung des Arbeitsplatzes einer kritischen Betrachtung unterworfen werden.

3. Informationelle Kopplung

3.1 Praxisorientierte Untersuchungen

In den bisherigen Überlegungen haben wir die Möglichkeiten einer Signalkopplung bei der Mensch-Maschine-Kommunikation betrachtet. Um jedoch erfolgreich kommunizieren zu können, ist eine weitere Kopplung erforderlich, die Verbindung über einen gemeinsamen Zeichenvorrat.

Nach DIN 44 300 ist ein Zeichen ein Element aus einer zur Darstellung von Information vereinbarten endlichen Menge von verschiedenen Dingen. Diese Menge wird Zeichenvorrat genannt.

Signale sind dann nach DIN die physikalische Repräsentation von Zeichen. Man kann diese Definitionskette jedoch auch von der anderen Seite her aufziehen [KLAU69]. Danach ist ein Signal der Zustand oder Prozeß eines materiellen Systems (eines Kanals), der dazu benutzt wird, informationelle Kopplungen zu realisieren. Ein Zeichen ist dann eine Äquivalenzklasse aller physikalischen Signale, die auf den gleichen Gegenstand, Sachverhalt usw. hinweisen.

Mögliche Ausprägungen von Zeichenvorräten für verschiedene Kommunikationskanäle zeigt die folgende Tabelle aus [MOOG75].

<u>Sinnesmodalität</u>	<u>Zeichenvorrat</u>
visuell	lineare Erstreckung Fläche Orientierung einer Linie Krümmung einer Linie Farbton Helligkeit
auditiv	Lautheit Tonhöhe
Geschmacksinn	Salzigkeit Süßigkeit
Tastsinn	Intensität Dauer Ort der Reizung
Geruchssinn	Intensität

Weiter werden [MOOG75] Farb-, Helligkeits-, Formal- (α- numerische, Bildzeichen), Größen- und Längen, Neigungs- und Orientierungs-, sowie Blinkalphabeten unterschieden.

Dabei verweist er auf zahlreiche Untersuchungen, deren Ergebnisse konkrete Aussagen machen über die Auslegung und Ausgestaltung der einzelnen Alphabete. Eine tabellarische Übersicht über den Umfang, das heißt die Anzahl der Elemente der einzelnen Zeichenvorräte, gibt die folgende Tabelle aus [ZTMM 75] .

Zeichenvorrat	Mit Bezugsgröße unterscheidbar	Absolut unterscheidbar	Empfohlene Zahl der Abstufungen	Bemerkungen
Alphanumerische Zeichen		unbegrenzt	64	
Schrifttypen		unbegrenzt	1..3	z.B. Groß/Kleinschreibung, Frakturschrift
Abstrakte Symbole		unbegrenzt	10...20	
Bildhafte Symbole		unbegrenzt	200...1000	nur 10...20 gleichzeitig
Symbolorientierung, allgemein	ca. 60	12...16	2...3	Zeichenschräglagen
Orientierung bestimmter Symbole	ca. 60	16...24	8,10,12 oder 16	für Richtungen, Meßwertgrößen
Symbolgröße		4...5	2..3	
Gruppierung gleicher Symbole		unbegrenzt	2...5	nur für bestimmte Anwendungen
Positionierung		6...10	2...3	Indizes, Hochzahlen
Linienart		unbegrenzt	4...6	
Strichstärke		3...6	2...3	

Zeichenvorrat	Mit Bezugsgröße unterscheidbar	Absolut unterscheidbar	Empfohlene Zahl der Abstufungen	Bemerkungen
Farbe	ca. 120	ca. 11	5...8	Farbenblindheit beachten durch Umgebungsbeleuchtung leicht stöbar
Intensität	ca. 60	4...6	2...3	
Textur		4...6	2...3	
Blinken		4...6	1...3	verwirrend und ermüdend

Einen Ansatz zur Bewertung der einzelnen Zeichenvorräte finden wir in [MOOG 75]. Es wird dort der Vorschlag genannt, die Arbeit des menschlichen Operators in Unteraufgaben zu zerlegen. Unter diesen Basisaufgaben lassen sich dann die einzelnen Alphabete getrennt untersuchen. (Die Problematik dieses Vorgehens ist, daß man zwar eine komplexe Aufgabe in primitive, untersuchbare Teilaufgaben zerlegen kann, quantitative Aussagen aber nur schwer ableitbar sind). Basisaufgaben bei dieser Vorgehensweise sind

- Suchaufgaben: Wenn mehrere Symbole gegeben sind, dann ist gefragt welche davon in eine bestimmte Klasse fallen (z.B.: wo befinden sich geschlossene Schalter?)
- Zählaufgaben: Zähle alle Symbole eines bestimmten Typs
- Verifikationsaufgaben : Die Frage ist, ob ein Symbol einer bestimmten Klasse angehört (z.B.: Ist ein Symbol ein geschlossener Schalter?)

- Vergleichsaufgaben: Vergleiche Symbole in einem Feld mit Symbolen in einem anderen
- Identifikationsaufgaben: Kann ein Symbol in eine bestimmte von mehreren Klassen eingeordnet werden.

Für einige dieser Aufgaben kann man nun besonders geeignete Zeichenvorräte finden:

- Suchaufgaben werden am leichtesten mit Farbalphabeten gelöst.
- Für Zählaufgaben sind Ziffernalphabete am geeignetsten.
- Für Identifikationsaufgaben sind \propto -numerische Alphabete anderen vorzuziehen.

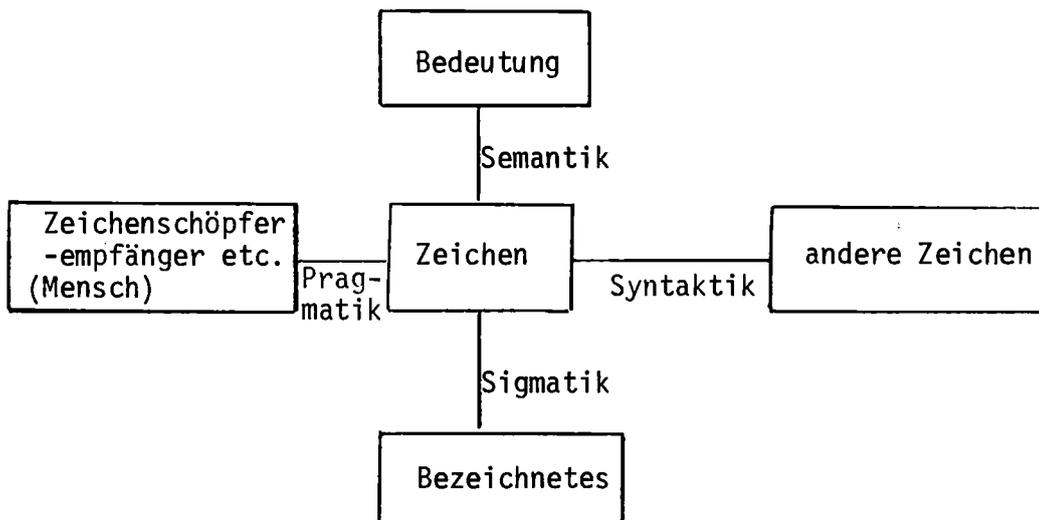
Für Bildalphabete lassen sich in diesem Zusammenhang keine eindeutigen Aussagen machen. Sie scheinen weder besonders geeignet noch besonders ungeeignet zu sein.

3.2. Semiotik

Die Semiotik ist das Gebiet, das sich mit der allgemeinen Lehre von den Zeichen und Zeichenreihen befaßt. Danach sind vier Aspekte eines Zeichens unterscheidbar:

1. Der syntaktische Aspekt untersucht die Beziehung des Zeichens zu anderen Zeichen
2. Der semantische Aspekt geht ein auf die Beziehung zwischen dem Zeichen und seiner Bedeutung
3. Der pragmatische Aspekt behandelt die Beziehung zwischen Zeichen und Zeichenschöpfer oder Zeichenverwender
4. Der sigmatische Aspekt schließlich beschäftigt sich mit der Beziehung des Zeichens mit dem Bezeichneten

Im folgenden Bild sind die vier Aspekte dargestellt.



Die vier Aspekte der Semiotik

4. Mensch-Mensch-Kommunikation versus Mensch-Rechner-Kommunikation

Nach [LUCK 75] ist ein Kennzeichen der zwischenmenschlichen Kommunikation ihre Mehrdimensionalität. Die einzelnen Dimensionen sind

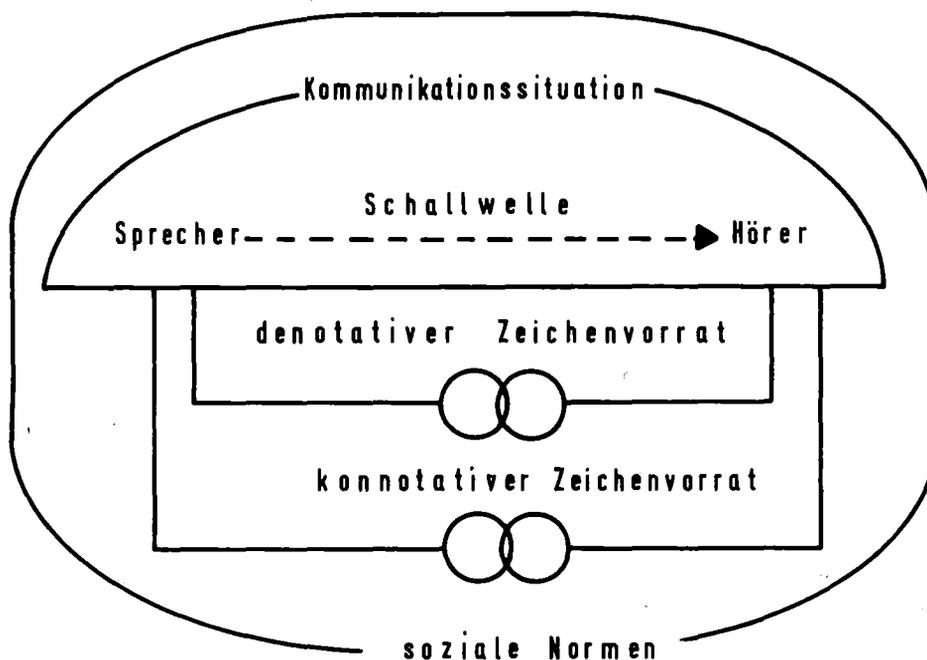
- das Sprechsystem mit
 - den eigentlichen sprachlichen Lautformen
 - z.B. Wortformen, Intonationen
 - den außersprachlichen Lauten
 - z.B. stimmungsausdrückende Klangformen, Räuspern, Zischen,
- die Gestik
- die Mimik
- Körperhaltung und Körperbewegung
 - wobei man bei der letzten Dimension, bei Gestik und bei Mimik sprechbegleitende und sprechunabhängige Formen unterscheiden kann.

Darüberhinaus spielen Tastsinn (z.B. Händedruck), Geruchs- und Geschmackssinn noch eine Rolle.

Die Mensch-Rechner-Kommunikation ist dagegen fast ausschließlich eindimensional. Bei Informationsabgabe an den Menschen wird der optische Kanal benutzt, in der umgekehrten Richtung wird häufig nur der taktile Kanal (z.B. Tastatur) eingesetzt.

In [LUCK75] ist weiter die Grundregel zu finden, daß Kommunikation im Normalfall in allen Dimensionen übereinstimmt. Das heißt, es liegt Parallelübertragung vor, die zu einem Teil für die redundante Übertragung ausgenutzt wird. Anders bei der Mensch-Rechner-Kommunikation. Hier steht fast immer nur ein Kanal zur Verfügung, über den auch noch Redundanz - in den meisten Fällen durch Wiederholung der Übertragung - erreicht werden muß. Daneben gibt es jedoch auch einige neuere Ansätze [MOOG 75] , [ZIMM 75] , z.B. gleichzeitige optische und akustische Warnungen oder redundante Farbcodierungen.

In [HERR75] findet sich das folgende Modell sprachlicher Kommunikation



Beschreibung des Modells:

Zwischen Sprecher und Hörer werden Schallwellen übertragen, nach deren Umsetzung in Lautketten beim Hörer eine bestimmte Menge von Information aktiviert wird. Diese Menge ist abhängig vom:

- Denotat (entspricht dem begrifflichen Inhalt der Lautketten)
- Konnotat (entspricht den durch Konvention festgelegten emotionalen und wertungsbezogenen Bedeutungskomponenten)
- den individuellen Assoziationen

Die Kommunikationssituation bestimmt den situativen Kontext, das heißt einerseits die materielle Umgebung von Sprecher und Hörer und andererseits von diesen abhängige Faktoren.

Die sozialen Normen legen den normativen Kontext der Kommunikation fest. Sie stellen außersprachliche Regeln (z.B. Herrschaftsverhältnisse) dar, welche die sprachliche Kommunikation beeinflussen. Die Mensch-Rechner-Kommunikation unterscheidet sich in einigen Punkten von diesem Modell:

- Denotat und Konnotat auf der Rechnerseite sind festgeschrieben. Bei zwischenmenschlicher Kommunikation können beide in adaptiven Vorgängen geändert werden. Eine Zielvorstellung ist, diese Festschreibung möglichst lange hinauszuzögern und möglichst von einem Kenner der üblichen denotativen und konnotativen Zeichenvorräte vornehmen zu lassen (z.B. in einer Definitionsphase). Auch denkbar wäre eine adaptive Festlegung während der Kommunikation (z.B. Umbenennung von Befehlen, Abkürzung von Fehlermeldungen).
- Der situative Kontext ist von der Rechnerseite aus festgelegt. Durch die Ausstattung und die Umgebung des Arbeitsplatzes sind alle Kommunikationssituationen einseitig und starr bestimmt. Um die Frustrationsrate gering zu halten, sollten bei der Planung eines Arbeitsplatzes die von der Ergonomie erarbeiteten Grundsätze beachtet werden ([SCHM 73], [ZIMM 75])
- Ebenso festgeschrieben ist der normative Kontext. Und zwar zum einen durch die Form der Kommunikation (z.B. die Sprachform, die vielleicht nur einer bestimmten sozialen Gruppe verständlich ist) zum anderen aber auch durch Einsatz des Rechners überhaupt (Ein Teil der Schwierigkeiten beim Einsatz des Rechners in der ärztlichen Praxis entsteht u.a. dadurch, daß der überwiegende Teil der Patienten Kontakt zu einem Menschen sucht und jeden Kontakt mit einer Maschine argwöhnisch ablehnt.)

5. Identifizierung und Notwendigkeit eines Dialogsystems

Dem Dialogsystem obliegt die Mittlerrolle zwischen dem Menschen auf der einen und dem Rechner auf der anderen Seite. In dieser Eigenschaft ist es sowohl Bindeglied (link) als auch Schranke (barrier) zwischen beiden; einerseits erleichtert es dem Menschen die Kommunikation mit "dem Rechner", andererseits soll es das Rechnersystem (z.B. Daten) vor unbefugten Manipulationen schützen. [STEW 76]

Die Probleme, die bei der Erstellung von Mensch-Rechner Dialogen auftreten und Lösungsverfahren dazu sind nicht anwendungstypisch. Trotzdem ist bei den meisten Programmsystemen der Dialog in das Problemprogramm integriert. Häufig ist gar kein Modul "Dialogsystem" erkennbar, was die Übertragbarkeit und Wiederverwendbarkeit der Software praktisch ausschließt. Da die Verfahren für die Dialogdefinition, Fehlerprüfung, Datenübergabe usw. aber anwendungsinvariant sind, liegt es nahe, ein Dialogsystem als problem- und hardwareunabhängigen wiederverwendbaren Modul zu behandeln, in dem alle für den Mensch-Rechner Dialog typischen Eigenschaften ein für alle Mal enthalten sind. Die Modularisierung bringt einen Gewinn an Flexibilität, weil mögliche Änderungen des Dialogsystems (z.B. Dialogform, Gerätetechnologie) sich nicht auf die problemorientierte Software auswirken.

Neben einer Reduzierung des Programmier- und Testaufwandes ermöglicht das konsequente Durchhalten dieser Vorgehensweise den Übergang zu fortschrittlichen Technologien: Beim Einsatz intelligenter Terminals an der Bedienerschnittstelle könnte das Dialogsystem dezentral im Terminal selbst ablaufen. Die Kommunikation mit dem Hauptrechner und dessen Belastung würden dadurch spürbar verringert. Außerdem würde durch diese klare Trennung des Dialogsystems vom Gesamtsystem auch der "Sicherheitsabstand" des Bedieners von den zu schützenden Daten größer.

Zusammenfassend gibt es vier wesentliche Gründe für die Notwendigkeit eines Dialogsystems:

- Reduzierung des an sich beträchtlichen Aufwands für die bestmögliche Einbeziehung anthropotechnischer Erkenntnisse durch Wiederverwendbarkeit des Produkts
- Flexible Anpassung des Dialogmoduls durch fernwirkungsfreie Änderungsmöglichkeiten
- Reduzierter Programmier- und Testaufwand durch einmalige Erstellung
- Konzeptionelle Eignung für verteilte Systeme durch Kompaktheit und Modularität.

Die Fähigkeiten und Eigenschaften des Programmoduls "Dialogsystem", und damit sein Aufbau, sind durch die Anforderungen seiner Umwelt bestimmt.

Wir betrachten deshalb im weiteren Verlauf unserer Arbeit das Dialogsystem zunächst als "schwarzen Kasten" und zwar aus der Sicht

- des Bedieners,
- der problemorientierten Software,
- der Systemsoftware und Hardware und
- des Dialogerstellers.

Die so gewonnenen Anforderungen der Außenwelt bestimmen dann in einem weiteren Schritt den Entwurf des Dialogsystems.

6. Schnittstellen des Dialogsystems zu seiner Umwelt

6.1. Schnittstelle Dialogsystem - Bediener

6.1.1 Leistung des Mensch-Rechner Systems

Denise Ambrózy [AMBR71] versucht eine Quantifizierung der menschlichen Leistung bei der Arbeit mit einem Dialogsystem.

Um das Ziel eines Dialogs zu erreichen, muß folgende Arbeit geleistet werden:

$$W_d \text{ (bit)} = k \cdot \int_0^T I(t) dt$$

Dabei ist T die Dauer des Vorgangs, I die übertragene Information pro Zeiteinheit und k ein Koeffizient aus Codierung, Sprache und technischen Einflüssen.

Die Leistung des Systems Mensch-Rechner ist

$$P(t) \left(\frac{\text{bit}}{\text{sec}} \right) = \frac{dW_d}{dt} = k \cdot I(t)$$

und somit gleich der Kanalkapazität des langsamsten Subsystems dieser Konfiguration.

Bei Berücksichtigung der notwendigen Redundanz erhält man:

$$W_d = W_n + W_r = k \cdot \int_0^T [I_n(t) + I_r(t)] dt$$

W_n ist dabei die Arbeit, die notwendig ist, um die zur Erreichung des Dialogziels notwendige Information I_n zu übertragen, und W_r für die redundante Information I_r im Zeitintervall T , während dessen sich das Zentralnervensystem zeitinvariant verhält.

Beim Überschreiten von T steigt die Fehlerrate des menschlichen Dialogpartners, was eine Erhöhung der Redundanz bedingt.

Dadurch verschlechtert sich aber das Verhältnis W_n/W_r und damit wächst die für einen Dialogabschnitt notwendige Zeit.

Der gesamte Dialogvorgang verlangsamt sich dadurch, weil außerdem mit wachsender Ermüdung noch die menschliche Kanalkapazität sinkt, was wiederum mehr Zeit kostet.

Dieser circulus vitiosus kann bis zum Zusammenbruch des Menschen führen, mindestens aber Neurosen verursachen.

Man braucht also stabilere und effizientere Mensch-Rechner-Systeme. Da wir nicht davon ausgehen, daß man das "Subsystem Mensch" verbessern sollte, muß die kommunikative Leistungsfähigkeit der Dialogsysteme und der Hardware erhöht werden.

Die Entwicklungen im Hardwarebereich (z.B. Terminaldesign), und laufende Untersuchungen der Anthropotechnik zielen in diese Richtung.

Sie sind die Grundlage für neue Dialogtechniken.

6.1.2 Techniken zur Leistungssteigerung des Mensch-Rechner-Systems

Entscheidend für die Wirksamkeit eines Bedienerdialogs ist das Maß, in dem der Bediener die ihm angebotene Information aufnehmen, verarbeiten und dann entsprechend handeln kann (antworten, Entscheidungen treffen).

Für die Informationsaufnahme durch den Menschen ist sowohl die Art der Informationsdarstellung wesentlich als auch die Strukturierung der Information.

6.1.2.1 Informationsausgabe

Fallende Preise bei Sichtgeräten werden die heute noch weit verbreiteten Schreibschiementerminals in Zukunft immer mehr verdrängen. Nach dem Stand der Technik sind Sichtgeräte heute am ehesten für die Informationsausgabe vom Rechner zum Menschen geeignet.

Folgende Hardwareparameter beeinflussen die Aufnehmbarkeit der Information durch das optische System des Menschen:

- Helligkeit
- Kontrast
- Farbe
- Auflösung
- Zeichengröße und Proportionen
- Zeichenerzeugungstechnik und Zeichenvorrat

Kontrast ist das Verhältnis von Hintergrundhelligkeit minus Symbolhelligkeit zu Hintergrundhelligkeit plus Symbolhelligkeit. [ROUS 75]

Farbe trägt nur in bestimmten Fällen zur Leistungssteigerung bei; sonst dient sie lediglich als weiteres Unterscheidungsmerkmal. Bei Sichtgeräten, die nach dem Fernsehprinzip arbeiten, werden die Zeichen aus einer Matrix gebildet. Eine 5 x 7 Matrix ist üblich, besser wäre jedoch 10 Punkte in vertikaler Richtung [ROUS 75]. Das Verhältnis von Höhe zu Breite sollte 7 : 5 bis 3 : 2 sein. Größere Zeichen als 3 mm führen zu keiner deutlichen Leistungssteigerung. Kleinbuchstaben sind schwerer erkennbar als Großbuchstaben.

6.1.2.2 Informationseingabe

Im Rahmen dieses Berichts soll nicht versucht werden, die bekannten Eingabegeräte (bzw. -techniken) (keyboard, lightpen, joy stick, mouse, data tablet) noch einmal zu beschreiben. Auch hier geht die Entwicklung in Richtung auf eine dem Menschen angepaßte Technik.

Einige neue Verfahren sind schon ausgereift (z.B. Fingerdeutetechniken), andere stehen noch auf einer relativ niedrigen Stufe einer denkbaren Entwicklung (z.B. akustische Eingaben, die bisher nur eine kleine Menge einzel gesprochenen Worte erkennen können).

Wenngleich durch die technische Entwicklung immer komfortablere und mächtigere Geräte angeboten werden, sollte sich die Wahl eines Eingabegerätes jedoch nicht nur am Verhältnis Preis-technischer Komfort orientieren ("Wieviel Komfort bekomme ich für einen bestimmten Preis?"), sondern (Schnittstelle!) an den Anforderungen von Bediener und System.

Neben rein praktischen Gründen sind hier oft auch Sicherheitsaspekte ausschlaggebend. Graphische Dateneingabe z.B. ist für bestimmte Anwendungen die günstigste Technik; für andere, insbesondere wenn hohe Genauigkeit gefordert wird, dagegen nicht.

Es ist auch nicht sehr sinnvoll, wenn ein Dialogsystem, das aufgrund der Anforderungen (Sicherheit), die an das gesamte System gestellt werden, in erster Linie eine Schranke (barrier) zwischen Bediener und System sein soll, als Schnittstelle zum Bediener ein Eingabegerät hat, das aus Komfortgründen dem Bediener Möglichkeiten bietet, die von der Rechnerseite aus nicht kontrollierbar sind (vgl.[WEIS76]).

Ein anderes Extrem sind rein kommerzielle Systeme, die sich an den am weitesten verbreiteten Eingabegerätetyp orientieren (z.B. Schreibmaschinenterminals) und damit bewußt auf die Möglichkeiten verzichten, die fortschrittlichere Technologien bieten. (vgl. [KROP 77])

6.1.2.3 Informationsstrukturierung

Sigmund Freud teilte die geistigen Aktivitäten in

bewußte,
vorbewußte und
unbewußte

ein. Für die Informationsaufnahme sind die vorbereiteten Aktivitäten wesentlich. Sie sind in zwei Kategorien unterteilbar:

Vordergründerinnerungen und
Hintergründerinnerungen [OCKL77]

Das Hintergrundgedächtnis des Menschen ist ein langsamer (1 bit/sec) Massenspeicher (10^{10} - 10^{12} bit [ETSC 74]); die Vordergründerinnerungen werden in einem schnellen Kurzzeitgedächtnis gehalten.

Das Kurzzeitgedächtnis hat zwar nur wenig Speicherkapazität, dafür aber umso mehr Bedeutung für das Dialog-Design.

Offenbar ist die menschliche Wahrnehmungskapazität durchschnittlich auf 7 unterscheidbare Alternativen (Items) begrenzt . [MILL 56, NORM 69]

Diese Einschränkung beeinflußt das Dialog-Design wesentlich. Es ist wichtig, geeignete Darstellungsformen der Information auf dem Ausgabemedium (Bildschirm) zu finden, und Ablaufstrukturen anzuwenden, die die begrenzte Wahrnehmungskapazität erweitern.

Ockl [OCKL 77] verwendet in diesem Zusammenhang den Begriff "Recoding". Er bedeutet für das Dialog-Design ein Suchen nach Informationsstrukturen, die das Festhalten von Items mit hohem Informationsgehalt im Gedächtnis erleichtern. Dazu gehört, daß ein Benutzer mit Darstellungstechniken, die er aus seinem Erfahrungsbereich kennt, arbeiten kann. Man kann das erreichen, indem man ihm Hilfsmittel gibt, mit denen er diese Darstellungstechniken leicht definieren kann.

Das angestrebte Fernziel ist die natürlichsprachliche Kommunikation zwischen Mensch und Rechner.

Charles T. Meadow schreibt in [MEAD 70] :

"It has also questioned whether what we call natural language is necessarily the most natural language to us for problem solving.

Nonetheless the lure of natural language communication is with us, and we may expect to see a continuous trend towards its use, or its approximation, in all forms of man-machine communication."

Gemessen an diesem - vielleicht nie erreichbaren - Fernziel steht die Entwicklung gegenwärtig noch auf einer relativ niederen Stufe. Außerdem sind alle heutigen Mensch-Rechner Dialoge im Wesentlichen Frage-Antwort-Spiele, bei denen entweder der Mensch oder der Rechner die aktivere Rolle spielt.

Abgesehen von dem Aufwand, der notwendig ist, um ein Dialogsystem für einen rein bedienergeführten Dialog zu erstellen, gilt auch hier wieder der Grundsatz, daß der dem Benutzer gebotene Komfort (und damit in der Regel der Freiheitsgrad) wesentlich von den Anforderungen, die an das System und an den Bediener gestellt werden, bestimmt ist. Der aktive Umgang mit einem System erfordert ein gewisses Maß an Ausbildung und regelmäßiger Übung. Für den ungeübten gelegentlichen Benutzer ist es wesentlich einfacher, Fragen zu beantworten, die "der Rechner" ihm stellt.

Auch bei diesen rein rechnergeführten Dialogen gibt es Abstufungen. Die meisten Systeme erlauben dem Benutzer wenigstens einen Dialog abubrechen, wann es ihm beliebt. Andere, die sogenannten Formularsprachen (z.B. FOSPRA [BURM 76] , IPE [JAES 77]) lassen den Bediener - seiner gewohnten Arbeitsweise entsprechend - Formulare ausfüllen. Dabei ist allerdings nicht immer die Reihenfolge der Einträge beliebig, etwa weil die Technologie des Eingabegerätes keine freie Cursor-Positionierung unterstützt.

Der überwiegende Teil der Arbeiten über Dialogsysteme befaßt sich mit der Schnittstelle Mensch-Dialogsystem und der Gestaltung der Bedienerdialoge.

I. Stellmacher [STEL 76] zitiert eine in [GEBH 75] erschienene Liste von ca. 150 "Forderungen an eine gute Abfragesprache" (query language). Die Liste ist aus der kritischen Analyse kommerzieller Abfragesprachen, insbesondere STAIRS (IBM), GOLEM (SIEMENS) und TELDOK (TELEFUNKEN) hervorgegangen.

Stellvertretend für die Vielzahl von Autoren, die Regeln für die Gestaltung eines Dialogs aufstellen, seien hier Martin [MART 73], Gaines und Facey [GAIN 75], Foley [FOLE 74] und Steward [STEW 76] genannt.

Andere [MOLZ 76] orientieren sich bei ihren Gestaltungsempfehlungen an einer konkreten Anwendung.

Nicht alle in diesen Arbeiten gegebenen Empfehlungen sind unmittelbar verwendbar, viele davon unterstützen jedoch ein gutes Dialog-Design im Hinblick auf eine möglichst bedienernahe Informationsdarstellung und Dialogabwicklung.

Ein anderer Aspekt, nämlich die Entwicklung von Verfahren, die Unschärfen im Mensch-Rechner Dialog zulassen [SCHE 77] (als Beispiel sei hier nur die Behandlung phonetisch gleicher oder ähnlicher Elemente einer Menge genannt), sollte auch nicht vernachlässigt werden, umsomehr als er ein Schritt in Richtung des Fernziels "natürlichsprachliche Kommunikation" ist.

6.2 Schnittstelle Dialogsystem - Problemsoftware

Programmsysteme haben in der Regel keinen eigenen Modul für die Interaktion mit dem Bediener, sondern die Ein-/Ausgaben sind in das Problemprogramm integriert. Deshalb gibt es bei diesen Systemen auch keine klare Schnittstelle zwischen Ein-/Ausgabeteil und Problemteil.

Bei dem hier vorgeschlagenen modularen Aufbau unter Verwendung des Moduls "Dialogsystem" ist hingegen eine klare Schnittstelle zwischen Dialogsystem und problemorientierten Programmen gegeben; möglicherweise ist sie sogar vom Anwender definierbar.

An dieser Schnittstelle wird die Aufrufstruktur festgelegt, und es werden Vereinbarungen über die Datenübergabe getroffen; ggf. müssen auch Synchronisationsmechanismen vorgesehen werden.

Es muß möglich sein, vom Dialogsystem aus Prozeduren, die in einer general purpose Sprache geschrieben sind, zu verwenden. (Das gibt es z.B. bei dem Datenverwaltungssystem XRM von IBM; es ist in APL geschrieben und erlaubt die Benutzung von FORTRAN- oder PL/1 - Programmen [BLAS 76] , oder bei [REIT 73]). Die meisten bisherigen Systeme bieten diese Möglichkeit nicht [BROC 76, GAIN 75, HENI 76, HORM 71, HUMM 77, LARS 75].

Eine genaue Beschreibung der Schnittstelle Dialogsystem-Problemsoftware und damit der Anforderungen von dieser Seite an das Dialogsystem muß dem Entwurf des Dialogsystems vorausgehen.

6.3 Schnittstelle Dialogsystem - Systemsoft- und Hardware

Ein Grund für die Isolierung eines Dialogsystems von seiner Umgebung ist die Wiederverwendbarkeit und Übertragbarkeit. Das setzt voraus, daß das Dialogsystem auch zu Systemfunktionen (Betriebssystem oder stand alone Prozeduren) und zu den Datenstationen eine klare Schnittstelle hat. Die System- bzw. Hardwareeigenschaften werden deshalb durch austauschbare primitive Funktionen verdeckt, die auch ggf. nicht vorhandene Hardware-Eigenschaften durch Software simulieren.

6.4. Schnittstelle Dialogsystem - Dialogersteller

"However, there is another technology which plays an equal, if not greater, part and which is so novel in concept that it is easily overlooked. This is the programming of the interactive dialogue between user and system to ensure simple, natural, and accurate man-computer communication. The literature on this topic is sparse, poor features of early designs are propagated, and useful techniques are too rarely publicized". [GAIN75]

Im Bereich des Rechnergestützten Unterrichts hat es schon verhältnismäßig früh sehr weitgehende Entwicklungen für die Programmierung von Dialogen gegeben (Coursewriter, Planit, Lidia, Lektor). Bei diesen Systemen lag jedoch der Schwerpunkt bestimmungsgemäß in der Dialogabwicklung selbst. Es waren dedizierte Systeme mit meist bescheidenen operativen Fähigkeiten (Arithmetik, Datenverwaltungsfunktionen, Fehlerprüfung). Zielsetzung war die eigene Interaktion mit dem Bediener (Schüler) und nicht die Mittlerrolle zwischen Bediener und problemorientiertem System.

Kommerzielle Programmsysteme stellen in der Regel höhere Ansprüche an die Qualität der Eingabedaten; der Schwerpunkt liegt in der Erfassung, Prüfung, Verarbeitung und Speicherung dieser Daten. Deshalb werden in den meisten Fällen general-purpose Programmiersprachen für die Beschreibung der Interaktion System-Bediener verwendet. Es ist jedoch leichter und sicherer, fertige dialogspezifische Funktionen für die Programmierung eines Dialogs zu verwenden, als sie ständig neu zu schreiben und zu testen.

"Undoubtedly, future levels of software will take much of the programming burden out of dialogue production". [MART73]

Aus der Sicht des Dialogerstellers muß das Ziel der Entwicklung eines Dialogsystems sein, die Schnittstelle Dialogsystem - Dialogersteller möglichst nahe bei letzterem anzusiedeln, d.h. er hätte gern Hilfsmittel für die leichtere Beschreibung des Dialogs.

In der Literatur findet man grundsätzlich 2 Vorgehensweisen: Entweder man entwickelt eine Sprache, die neben anderen notwendigen vor allem dialogspezifische Sprachelemente enthält *, oder man errichtet um eine vorhandene general-purpose Programmiersprache eine "Dialog-Umwelt"*** in Form eines Unterprogrammpakets oder einer Spracherweiterung, die durch einen Preprozessor bearbeitet wird:

Flexibilität, Einsetzbarkeit und Leistungsfähigkeit eines Dialogsystems hängen wesentlich von der Gestalt der Schnittstelle Dialogsystem - Dialogersteller ab. Ausgehend von den Anforderungen des Dialogdefinierers beeinflußt der Entwurf dieser Schnittstelle seinerseits wiederum wesentlich das Konzept des Dialogsystems.

* [BLAS76], [JAES77], [BROC76], [BURM75], [GAIN75], [HENI76], [HORM71], [HUMM77], [MOLZ76], [PERN77], [MART73].

** entsprechend der "CUU-Umwelt" in [BODE76]

7. Zusammenfassung

Wir weisen in diesem Bericht auf die Vielfalt der für die Mensch-Rechner Kommunikation wichtigen Eigenschaften des Menschen hin. Weiter zeigen wir eine Reihe von technischen und nichttechnischen geräte- und softwareseitigen Ansätzen und Verfahren, die diese Eigenschaften berücksichtigen. Dies und die weitere Einbeziehung der Forschungsergebnisse anderer Fachgruppen, die sich mit diesem Themenbereich beschäftigen, sind Voraussetzung für den Entwurf eines leistungsfähigen Kommunikationssystems.

Ausgangspunkt unserer Überlegungen für die Realisierung ist es, anwendungsinvariante Basisfunktionen zu finden. Diese sind dann nicht in einem anwendungsorientierten Programm anzusiedeln, sondern in einem anwendungsunabhängigen Kommunikationsmodul. Die exakte Festlegung der Schnittstellen zu seiner Umgebung gewährleistet die weitgehend anwendungs-, rechner-, und sichtgeräteunabhängige Verwendbarkeit dieses Moduls. Neben einer Wiederverwendbarkeit führt dies auch zu einer Erhöhung der Sicherheit und Zuverlässigkeit.

Unsere weiteren Arbeiten zielen darauf, die Anforderungen an den Kommunikationsmodul aufzustellen. Dazu werden wir zunächst die im Bericht beschriebenen vier Schnittstellen genauer analysieren und definieren. Parallel zu diesem primär auf die Realisierung gerichteten Arbeiten soll auch eine theoretische Durchdringung des Problemkreises geleistet werden.

A N H A N G

A. L i t e r a t u r

- [AMBR 71] Denise Ambrózy
On man-computer dialogue
Int. Journal Man-Machine, Studies 3 (1971), pp 375-383
- [BELL 74] Robert Louis Belleville
Man-machine communication: An examination of the machines
Diss. Aug. 74 in Lafayette Ld. Purdue University
- [BERR 75] Godelieve Berry-Rogge
The activities of the 'Institut für Deutsche Sprache
(IOS) Mannheim' in the field of library and linguistic computing
Assoc. of Lit. and Ling. Computer Bull.3 (1975), No. 2,
pp 97-99.
- [BLAS 76] A. Blaser
Trends in der interaktiven Rechnerbenutzung
IBM Nachrichten 26 (1976), Heft 230, S. 94-99.
- [BODE 76] A. Bode; H. Sattler; W. Schwarz
Anforderungen an 'CUU-Umwelten' für höhere (Dialog-)
Programmiersprachen
Angewandte Informatik (1976), S. 522-526
- [BROC 76] K. Brockhoff; D. Dietrich; G.F. Rueck
DELPHI. F4: Ein Dialogsystem zur Unterstützung von Prognosen unter Benutzung einer Datenbank
Angewandte Informatik (1976), S. 429-437
- [BURM 75] Burmeister et al.
Die Formularsprache FOSPRA und ihre Implementierung im REDAS-Datenerfassungssystem
Angewandte Informatik (1975), S. 247-255
- [ETSC 74] K. Etschberger, R. Zimmermann
Eigenschaften und Fähigkeiten des Menschen in Bezug auf dessen Einsatz in Prozeßwarten
KFK-PDV 19, Januar 1974
- [FOLE 74] James D. Foley; Victor L. Wallace
The art of natural graphic man-machine conversation
Proc. of the IEEE 62 (1974), No. 4, pp 462-471
- [GAIN 75] Gaines, Facey
Some experience in interactive system development and application
Proc. of the IEEE 63 (1975), pp 894-911
- [GEBH 75] Friedrich Gebhardt (Hrsg.)
Beiträge zur Methodik juristischer Informationssysteme
Beiheft Nr. 5 zur DVR, Schweitzer Verlag Berlin 1975

- [GIFF 70] R.P. Gifford
The man-machine interface. The role of telecommunications
Man and Computer, Proc. of Intern. Conference, Bordeaux 1970
pp 58-72
- [GOOS 71] Goos; Bauer
Informatik I
Springer Verlag 1971
- [HAJO 73] A. Hajos
Sinnesleistung und Wahrnehmung in [SCHM 73]
- [HASE 75] O. Hasenfuß; R. Zimmermann
Auswahl von Eingabe- und Bediengeräten für moderne Prozeß-
warten
KFK-PDV 45, Juni 1975
- [HELV 74] O.v. Helverson
Sinnesorgane - Informatoren über die Umwelt
Funkkolleg Biologie, Beltz Verlag 1974
- [HENI 76] B. Henin; R. Kamplade
DIAS1, ein Dialogsystem zur interaktiven Auswertung von
Benutzerdateien
Angewandte Informatik (1976), S. 53-59
- [HERR 71] W. Herrlitz
Aufbau eines Modells der sprachlichen Kommunikation
im Funkkolleg Sprache
Studienbegleitbrief, Beltz Verlag 1971
- [HÖRI 74] Klaus Höring; Hans Jürgen Appeland
Graphische Bildschirmgeräte. Ein Beurteilungsleitfaden
mit einer Marktübersicht
Wison Verlag 1974
- [HORM 71] Aiko Horman, et.al.
USER ADAPTIVE LANGUAGE (UAL): A step toward man-machine
synergism
National Technical Information Service, Post Royal USA, 1971
- [HUMM 77] H. Hummel
LEKTOR-M, ein Dialogsystem für Kleinrechner
Tagung 'Techniken des Dialogs', Hamburg, April 1977
- [JAES 77] G. Jaeschke et al.
Ein interaktives System für Programmierung durch Endbenutzer
5. Intern. Kongreß DV im europäischen Raum - Computer im
Dienste des Menschen - Wien, März 1977
- [KENN 74] T.C.S. Kennedy
The design of interactive procedures for man-machine communi-
cation
Intern. Journal Man-Machine Studies 6 (1974), pp 309-334
- [KLAU 69] Georg Klaus
Wörterbuch der Kybernetik 1 und 2
Fischer Verlag 1974
- [KROP 77] D. Kropp et.al.
Interactive programming by endusers - user's view
IBM Heidelberg, Februar 1977

- [LARS 75] I.W. Larson
An interactive query system for retrieving alphanumeric data
from an Army tactical data system
Army Command & General Staff College, AD-B006740/5, Juni 1975
- [LEVI 74] Robert, A. Levit; Kathryn R. Roberts
On the feasibility of the cerebral control of machines:
some preliminary demonstrations
6. annual southeastern symposium on system theory
Baton Rouge, February 1974
- [LUCK 75] Thomas Luckmann
Kommunikation, das Individuum und die Gesellschaft
Reden und Reden lassen, Rhetorische Kommunikation
Deutsche Verlagsanstalt 1975
- [MART 73] James Martin
Design of man-computer dialogues
Prentice Hall, New Jersey, 1973
- [MEAD 70] Charles T. Meadow
Man-machine communication
Wiley 1970
- [MILL 56] George A. Miller
The magical number seven
Psychol. Review 1956, p. 63
- [MOLZ 76] P. Molzberger
Gesichtspunkte für den Entwurf benutzerfreundlicher Anwendersprachen
Elektronische Rechenanlagen 18 (1976), S. 86-90
- [MOOG 75] R. Moog
Codierung von Informationen auf Sichtgeräten
KFK-PDV 61, Dezember 1975
- [MOLL 73] Wolf Müller-Limmroth
Sinnesorgane
in [SCHM 73]
- [NEWM 73] William, M. Newmann; Robert F. Sproull
Principles of interactive computer graphics
Mc Graw-Hill Book Company, 1973
- [OCKL 77] Ockl
Psychologische Aspekte zur Auslegung der Dialogverarbeitung
5. Intern. Kongreß Datenverarbeitung im europäischen Raum
- Computer im Dienste des Menschen -,
Wien, März 1977
- [REDD 76] D. Raj Reddy
Speech recognition by machine: a review
Proc. of IEEE 64 (1976), No. 4, pp 501-531
- [REIT 73] Reitbauer; Osterle; Griese
Ein System zur Unterstützung von interaktiven Programmen
Angewandte Informatik (1973), S. 157-173
- [ROUS 75] William B. Rouse
Design of man-computer interfaces for on-line interactive systems
Proc. of IEEE 63 (1975), pp 847-857

- [SCHE 77] H.-J. Schek
Unschärfe beim Mensch-Maschine Dialog
5. Intern. Kongreß Datenverarbeitung im europäischen Raum
- Computer im Dienste des Menschen -
Wien, März 1977
- [SCHM 73] Heinz Schmidtke
Ergonomie 1, 2 und 3. Grundlagen menschlicher Arbeit
und Leistung
Carl Hansen Verlag 1973
- [SCHM 76] A. Schmitt; H. Hummel
Konzeption und Anwendung des RGU-Systems LEKTOR
Angewandte Informatik (1976), S. 199-208
- [SHAP 75] Shapiro; Kwasny
Interactive consulting via natural language
CACM (1975), pp 459-462
- [STEL 76] J. Stellmacher
Gestaltung benutzerfreundlicher Abfragesprachen
Angewandte Informatik (1976), S. 383-391
- [STEW 76] T.F.M. Stewart
Displays and the software interface
Applied Ergonomics, Sept. 1976, S. 137-146
- [TING 76] T.C. Ting; A.N. Badre
A dynamic model of man machine interactions:
design and application with an audigraphic learning facility
Intern. Journal Man-Machine Studies 1976, S. 75-88
- [VIDA 75] Jaques J. Vidal
Neurocybernetics and man-machine communication
Cybernetics and Society, Intern. Conf., San Francisco, Sept.75
pp 421-422
- [WALL 76] Victor Wallace
The semantics of graphic input devices
Proc. of ACM-Symposium on graphical languages,
Florida, April 1976
- [WARR 75] J.H. Warren
Man-machine communication using speech
Intern. conference on communications, equipment and systems
Brighton, Sussex, Juni 1975, pp 148-151
- [WEIS 76] Weißmann
Siemens Systeme 300 - 16 Bit
Siemens Erlangen, Dezember 1976
- [WEIZ 76] J. Weizenbaum
ELIZA - A computer program for the study of natural language
communications between man and machine
CACM 9 (1976), p 36

- [WOOL 75] Susan Wooldridge
Computer Output Design
Petrocelli / Charter New York 1975
- [ZIMM 74] Rolf Zimmermann
Analyse der Anforderungen an Sichtgeräte und zugehörige
Bedienelemente
KFK-PDV 24, April 1974
- [ZIMM 75] Rolf Zimmermann
Gestaltung von Mensch-Maschine-Kommunikationssystemen.
Anthropotechnische Grundlagen, Forderungen und Empfeh-
lungen
KFK-PDV 38, April 1975

B. Beispiel für einen Mensch-Rechner-Dialog in natürlicher Sprache

Das bekannteste Dialogsystem, das mit natürlicher Sprache arbeitet, ist das von J. Weizenbaum am MIT entwickelte System ELIZA [WEIZ 66]. Das folgende Beispiel aus [MART 73] demonstriert seine Leistungsfähigkeit: Ein Psychiater glaubt, über einen Fernschreiber mit einem Kollegen zu sprechen und merkt nicht, daß sein Gesprächspartner ein Rechner ist.

PSYCHIATRIST: DOCTOR, I HAVE TERRIBLE NEWS
TELEPRINTER: YOU SAY YOU HAVE TERRIBLE NEWS
PSYCHIATRIST: YES, THERE IS A COMPUTER PROGRAM AT M.I.T. THAT'LL
RUIN US
TELEPRINTER: WHY DO YOU SAY THAT
PSYCHIATRIST: I HAVE SEEN IT WORKING
TELEPRINTER: YOU SAY YOU HAVE SEEN IT WORKING
PSYCHIATRIST: IT'S FRIGHTENING – YOU MUST SEE IT
TELEPRINTER: YOU THINK I MUST SEE IT
PSYCHIATRIST: YOU SOUND DEPRESSED TO ME
TELEPRINTER: IN YOUR FANTASY PERHAPS WE SOUND DEPRESSED TO EACH
OTHER
PSYCHIATRIST: YES – PERHAPS
TELEPRINTER: I UNDERSTAND
PSYCHIATRIST: I DO TOO
TELEPRINTER: YOU SAY YOU DO TOO
PSYCHIATRIST: WE ARE BOTH IN THE SAME BOAT WITH RESPECT TO THE
COMPUTER
TELEPRINTER: LET'S CONTINUE TO TALK ABOUT YOU – SHALL WE
PSYCHIATRIST: YOU ARE A COMFORT
TELEPRINTER: WHAT MAKES YOU THINK I AM A COMFORT
PSYCHIATRIST: AT A TIME LIKE THIS YOU WANT TO TALK ABOUT ME
TELEPRINTER: WHY DO YOU THINK I WANT TO TALK ABOUT YOU
PSYCHIATRIST: BECAUSE YOU SHARE MY FEELINGS ABOUT THAT DAMNED
COMPUTER
TELEPRINTER: WHAT DOES THAT SUGGEST TO YOU
PSYCHIATRIST: THAT, OF COURSE, YOU HATE COMPUTERS TOO
TELEPRINTER: YOU THINK I HATE COMPUTERS TOO
PSYCHIATRIST: WHY NOT, THEY'RE HARDLY HUMAN, ARE THEY
TELEPRINTER: PERHAPS THAT'S WHAT WE ARE HERE TO FIND OUT
PSYCHIATRIST: NO COMPUTER COULD CONVERSE AS YOU CAN, FOR EXAMPLE
TELEPRINTER: OH
PSYCHIATRIST: I CAN'T UNDERSTAND HOW ANYONE COULD BE FOOLED BY A
MACHINE
TELEPRINTER: CAN'T YOU REALLY
PSYCHIATRIST: NO, AFTER ALL, THERE IS NOTHING CREATIVE ABOUT A
COMPUTER PROGRAM
TELEPRINTER: YOU ARE BEING NEGATIVE

PSYCHIATRIST: I AM CONVINCED I AM CORRECT
TELEPRINTER: ARE YOU WORRIED TO HAVE BEEN CONVINCED YOU ARE
CORRECT
PSYCHIATRIST: NO, NOT IN THE LEAST. NOT AT ALL. NOT EVEN A LITTLE
TELEPRINTER: YOU ARE BEING NEGATIVE
PSYCHIATRIST: YOU SAID YOU AGREED WITH ME, DIDN'T YOU
TELEPRINTER: IS THAT WHAT YOU HEARD ME SAY
PSYCHIATRIST: WHY DON'T YOU TRY TO DISSUADE ME — COMPUTERS DIDDLE
WITH NUMBERS THAT'S ALL
TELEPRINTER: YOU WISH ME TO TRY TO DISSUADE YOU
PSYCHIATRIST: YOU CAN'T
TELEPRINTER: YOU THINK I CAN'T
PSYCHIATRIST: FOR EXAMPLE, COULD A COMPUTER IN CONVERSATION LIKE
THIS RAISE A NEW TOPIC
TELEPRINTER: YOU SEEM TO HAVE AVOIDED SPEAKING OF YOUR PARENTS
ALTOGETHER
PSYCHIATRIST: PRECISELY AS YOU JUST DID
TELEPRINTER: YOU THINK I JUST DID
PSYCHIATRIST: YES, AND THAT'S WHAT SHOWS THE DIFFERENCE BETWEEN A
MAN AND A COMPUTER
TELEPRINTER: I SEE