

# UNTERSUCHUNG ZUR FORMALEN TRANSPARENZ EINES MENÜSYSTEMS

H. Widdel u. J. Kaster, Wachtberg-Werthhoven

Zusammenfassung: Es wird die experimentelle Untersuchung mit einem menügetriebenen Mensch-Rechner-Dialog beschrieben, bei dem die Benutzerfreundlichkeit des Rechnersystems über seine formale Transparenz realisiert wird. Sie ist verwirklicht durch die bildliche Darstellung der Dialogstruktur und vereinfacht die Interaktion unerfahrener Benutzer mit dem Rechner erheblich.

## 1 Einführung

Die zunehmende Verbreitung von Informationstechnologien sowie die steigende Komplexität von Mensch-Rechner-Systemen erfordern benutzerfreundlich gestaltete Interaktionsformen. Der Software-Ergonomie als interdisziplinärem Arbeitsgebiet kommt dabei eine überragende Bedeutung zu. Aus der kognitiven Psychologie müssen Erkenntnisse über die menschliche Informationsaufnahme und -verarbeitung in den Gestaltungsprozeß einfließen. Von großer Bedeutung erscheinen "mentale Modelle", die als analoge, metaphorische mentale Repräsentationen eines Systems oder seiner Komponenten postuliert werden /1/. Neben der Integration von Kenntnissen aus dem kognitiven Wissensbestand in die software-ergonomische Gestaltungsaktivität können experimentelle Untersuchungen zur Bewertung von Dialogen auf verschiedenen Entwicklungsstufen angesetzt werden. Die Einfügung empirisch-analytischer Überprüfungen in den Entwicklungsprozeß unterstützt die Analyse zurückliegender Entwicklungsschritte sowie die Entscheidungsfindung für weitere Gestaltungsschritte.

## 2 Problem

### 2.1 Formale Transparenz

Ein wesentliches Gestaltungsziel für ein Dialogsystem ist die Benutzerfreundlichkeit, die durch vielfältige Eigenschaften determiniert ist. Ein Faktor wurde als Selbsterklärungsfähigkeit identifiziert, dem eine Subkategorie Transparenz zugeordnet wird /2/. Für eine konkrete Realisierung und zur Bestimmung einer Variablen im Experiment muß sie auf niedrigem operationalen Niveau verfügbar sein und definiert werden.

Im Sinne des Interaktionsproblems kann Transparenz definiert werden als eine gut strukturierte, konsistente und für einen Benutzer verständnisfördernde Darstellung der Dialogstruktur. Insbesondere unerfahrenen Benutzern sollte die Realisierung von Transparenz die Interaktion erleichtern. Als Moderatorvariable wird in diesem Prozeß ein mentales Modell postuliert, dessen valider Aufbau durch die Transparenz gefördert wird. Diese repräsentiert die Optionen und Funktionen, die ein Rechnersystem anbietet, und wird in Anlehnung an Maass /6/ als formale Transparenz definiert. In der vorliegenden Untersuchung bedeutet sie die bildliche Präsentation der Dialogarchitektur.

## 2.2 Mentales Modell

Im Gestaltungsprozeß eines Mensch-Rechner-Systems tritt die Bedeutung des mentalen Modells insbesondere für ungeübte Benutzer in den Vordergrund. Dieser Begriff wird in der Literatur häufig mehrdeutig und unscharf gefaßt. Den Standort des mentalen Modells im Kontext der Mensch-Rechner-Interaktion hat Norman /7/ erörtert, der es vom Zielsystem, von dessen konzeptuellem Modell und von der Konzeptualisierung des Wissenschaftlers abgrenzt. Im Unterschied zum konzeptuellen Modell des Zielsystems zeichnet es sich durch Unvollständigkeit, Instabilität, mangelnde technische, aber hohe funktionale Korrektheit, geringe Komplexität und einfache Struktur aus. Menschen pflegen sich einen Grad des Wissens von der physikalischen Welt anzueignen, der in der Regel unwissenschaftlich ist und in dem Begriff "naive physics" /9/ zum Ausdruck kommt. Begriffe ähnlicher Bedeutung, die den psychologischen Charakter der Modellvorstellung stärker nuancieren, sind das "operative Abbild" /8/ und die "cognitive map" /10/.

Ein mentales Modell bildet sich während der Interaktion des Menschen mit einem System. Im Mensch-Rechner-Dialog wird dieser Prozeß über die visuelle Informationsdarstellung und über Eingabemedien geformt. Es erscheint unmittelbar einsichtig, daß das mentale Modell von der Sukzession und Struktur der Interaktionselemente geprägt wird. Ihre Gestaltung erfolgt über die Software, so daß der Benutzer mit einem modellbildenden Informationsensemble konfrontiert werden kann. Die dominanten Betrachtungsaspekte eines gestalterischen Prozesses sind in Bild 1 skizziert.



## 2.3 Fragestellung

Mit der vorliegenden Arbeit wird eine experimentelle Untersuchung beschrieben, in der die Benutzerfreundlichkeit des Rechnersystems durch formale Transparenz erhöht werden sollte. Es wurde ein grafischer Bildeditor entwickelt, mit dem farbige Grafik und Alphanumerik auf einem TV-Monitor generiert werden können. Der Editor stellt u.a. Funktionen für die Generierung von Bildern oder Bildkomponenten, Bearbeitung von Bilddateien, Datenverwaltung etc. zur Verfügung /3/. Die Editorfunktionen sind in einer hierarchischen Struktur gegliedert.

Gegenstand der experimentellen Untersuchung dieser Arbeit ist die Frage nach dem Effekt der Dialogtransparenz auf die Leistung und das Lernverhalten von unerfahrenen Benutzern. Formale Transparenz wird operationalisiert als permanente bildliche Repräsentation der Menüstruktur, die auf einem Farbmonitor dargeboten wird. Zusätzlich erscheint eine farblich codierte Markierung der aktuellen Position des Benutzers im System und des zurückgelegten Weges durch die Menühierarchie. Es wird die Hypothese aufgestellt, daß diese bildliche Darstellung die Entwicklung eines mentalen Modells durch den ungeübten Benutzer fördert, das die formale streng hierarchisch aufgebaute Struktur des Systems abbildet. Diese Systematik und Klarheit soll das Verständnis von und den Einblick in die Systemarchitektur erleichtern, die Bildung des mentalen Modells beschleunigen und optimieren und den Umgang mit dem Rechnersystem erleichtern.

## 3 Experimentelle Untersuchung

### 3.1 Versuchsmaterial

Der Arbeitsplatz der Vpn bestand aus einem Rechnerterminal und zwei TV-Monitoren. Das interaktive Terminal mit einer Standardtastatur als Eingabemedium diente der Rechnersteuerung. Mit ihm interagierte die Vp mit dem Rechner, der einen grafischen Editor antrieb. Auf dem Bildschirm des Terminals erschien jeweils ein Menü, das zuvor aus der Menüvielfalt ausgewählt wurde. Ein Menü besteht aus der Überschrift, fünf textuellen Alternativen mit den zugehörigen Antwortschablonen und einem Eingabesegment, über das die gewählte Alternative an den Rechner geschickt wird, der das aufgerufene Menü auf dem Terminal einspielt. Die Menüalternativen repräsentieren Systemfunktionen, z.B. löschen, schreiben, listen, die in /4/ beschrieben sind. Das Beispiel eines auf dem Terminal sichtbaren Menüs ist in Bild 2 dargestellt.

## Bild-Speicher bearbeiten

Platz in der Bild-Ablage bereitstellen .... BER  
 Bilder in die Bild-Ablage schreiben ..... SCH  
 Bilder aus der Bild-Ablage lesen ..... LES  
 Bild-Komponenten der Bilder auflisten ..... LIS  
 Bilder auf dem Bildschirm darstellen ..... DAR

Eingabe: S C H

Bild 2: Beispiel eines Menüs mit der ausgewählten Alternative "SCH"

Auf dem ersten TV-Bildschirm (Arbeitsmonitor) wurden die Aufgaben erledigt. Die Vpn hatten sechs farbige Bilder von unterschiedlicher Schwierigkeit und Komplexität mit dem menügetriebenen Grafikeditor zu zeichnen und zu manipulieren. Die Instruktion zur Editierung des ersten Bildes beinhaltete noch detaillierte Angaben wie Bildschirmkoordinaten und exakte Manipulationshinweise. Im Verlauf der Untersuchung nahm die Instruktionsdichte korrespondierend mit wachsender Komplexität der Aufgaben ab. Zur letzten Aufgabe lag lediglich noch eine hardcopy des zu zeichnenden Bildes vor mit wenigen Kompositionsdetails. Diese Erhöhung der Freiheitsgrade bei der Aufgabengestaltung führt auch zu einer Annäherung an praktische Erfordernisse. Das erste Bild setzte sich z.B. aus zwei Geraden zusammen, die über verschiedene Bildschirmkoordinaten verschoben, verlängert, einzeln abgespeichert, wieder aufgerufen, dargestellt und weiter verändert wurden. Das sechste Bild bestand z.B. aus einem Balkendiagramm, das aus einem beschrifteten und skalierten Achsenkreuz und unterschiedlich gefärbten Balken zu komponieren war.

Der zweite TV-Bildschirm (Kontrollmonitor) stand zur Präsentation der kompletten Dialogstruktur zur Verfügung, die durch das hierarchische Arrangement der Systemfunktionen repräsentiert wird. Innerhalb der Hierarchie wurde durch farbliche Codierung die aktuelle Position und der Weg der Vp im Dialog angezeigt. Bild 3 gibt die auf dem Kontrollmonitor dargestellte Menühierarchie wieder, die als permanent präsentiertes Bild die formale Transparenz des Dialogs visualisiert.

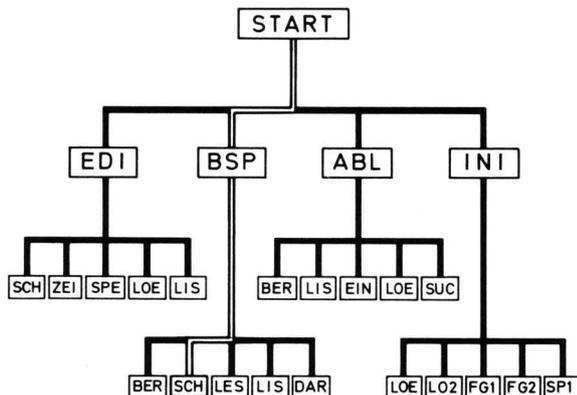


Bild 3: Dialogstruktur (dargestellt auf dem Kontrollmonitor)

Alle Handlungen der Vpn wurden protokolliert, d.h. jede Betätigung einer Taste aufgezeichnet und die Dauer bis zum folgenden Tastendruck dokumentiert. Damit konnten die Gesamtarbeitszeit zur Fertigstellung einer Aufgabe, die Aufenthaltszeiten in den einzelnen Menüs und die Entscheidungszeiten zur Auswahl von Menüalternativen respektive Dialogfunktionen ermittelt werden. Gleichzeitig war es möglich, den Weg einer Vp durch den Dialog zu verfolgen, den sie bei der Erledigung einer Aufgabe benutzte, und Irrwege oder Navigationsmängel einer Analyse zugänglich zu machen.

### 3.2 Versuchsdurchführung

An der experimentellen Untersuchung nahmen 14 Vpn teil, die keine EDV-Kenntnisse und keine oder minimale Erfahrung im Umgang mit Rechnersystemen besaßen. Sie wurden zufällig paarweise auf zwei Gruppen verteilt, so daß die Gruppe I sechs und die Gruppe II acht Mitglieder erhielten. Gruppe I bearbeitete die geforderten Aufgaben ohne Benutzung des Kontrollmonitors, der Gruppe II stand er mit der Präsentation der Menühierarchie zur Verfügung. Eine Kontrolle der Variablen "räumliches Vorstellungsvermögen", "kognitiver Stil" und "Eingabeschwindigkeit" erbrachte keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Zur Schätzung der dritten Variablen wurde eigens ein Test entwickelt, bei dem über das Terminal eingespielte Buchstabentripel möglichst schnell und fehlerfrei mit der Tastatur eingegeben werden mußten.

An einem Versuchsdurchgang, der drei Tage dauerte, nahmen zwei Vpn teil, die abwechselnd jeweils eine Aufgabe erledigten. Insgesamt ergaben sich 7 Versuchsdurchgänge über 21 Tage. Zu Beginn wurde stets eine Trainingsphase vorangestellt, in der das Dialogsystem erklärt und demonstriert wurde. Anschließend erhielten die Vpn Gelegenheit, selbsttätig mit dem System zu interagieren. In diese Trainingsphase wurde der Kontrollmonitor bei beiden Gruppen nicht einbezogen. In der folgenden Versuchsphase wurden die Aufgaben in der Reihenfolge Nr. 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 5 und 6 bearbeitet. Da die zweite Bearbeitung von Aufgabe 6 aus zeitlichen Gründen nicht von allen Vpn geleistet werden konnte, fand nur ihre erste Bearbeitung bei der Auswertung Berücksichtigung.

## 4 Ergebnisse

Die Auswertung der Daten basiert auf zwei Leistungsvariablen. Die erste beschreibt die Dauer der Bearbeitung, die eine Aufgabe erforderte. Sie setzt sich zusammen aus den Teilzeiten, die von den Vpn benötigt wurden, um die Wahl einer Menüalternative, d.h. Systemfunktion, zu treffen. Die so definierte Gesamtzeit umfaßt ausschließlich die Interaktionshandlungen. Das zweite ausgewertete Kriterium repräsentiert die Häufigkeit von Handlungen bzw. von realisierten Entscheidungen zur Auswahl der Menüalternativen, um eine Aufgabe zu erledigen. Die statistische Verarbeitung der beiden Variablen erfolgte mit den parameterfreien U- und Wilcoxon-Tests.

In Bild 4 sind die Interaktionszeiten der zwei Gruppen für jede Aufgabe bei zweimaliger Bearbeitung dargestellt. Zur optischen Bewertung ließen sich die Mediane der Bearbeitungszeiten heranziehen. Einem Vergleich sind die Leistungen zwischen den Gruppen für jede Aufgabe getrennt sowie innerhalb der Gruppen zwischen zwei Bearbeitungsdurchgängen derselben Aufgabe zugänglich.

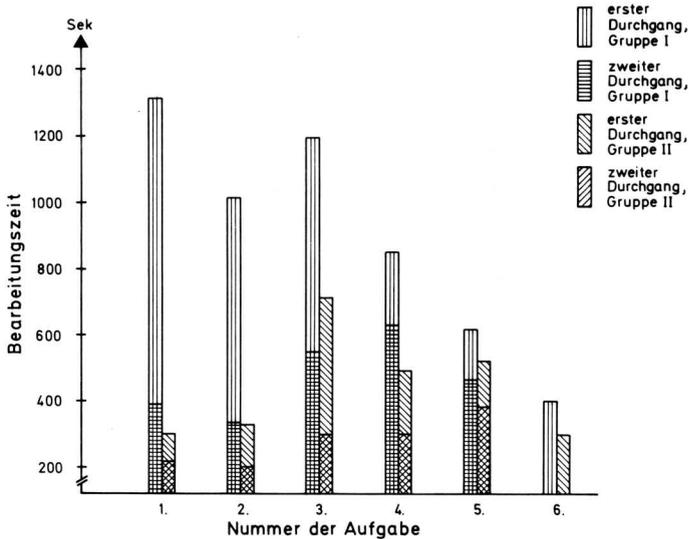


Bild 4: Bearbeitungszeiten der Gruppen für die Aufgaben in zwei Durchgängen

Die gesamte Höhe eines Balkens repräsentiert die Arbeitsdauer für die Erstdurchführung der Aufgabe, der untere Abschnitt für die Zweitudurchführung. Jeweils der linke Balken gibt die Zeiten der ersten Gruppe, der rechte Balken der zweiten Gruppe wieder. Bei der Erstabarbeitung der Aufgaben 1 und 2 bzw. der Aufgaben 3, 4 und 6 zeigen sich signifikante Zeitunterschiede zwischen beiden Gruppen (.01 bzw. .05). Bei der Zweitarbeitung erweisen sich die Zeitunterschiede bei den Aufgaben 1, 2, 3 und 4 als signifikant (.05). Die Vpn der Gruppe II, die auf dem Kontrollmonitor das Bild der Menühierarchie zur Unterstützung verwenden konnten, benötigten zur Bearbeitung der Aufgaben einen geringeren Zeitaufwand als die Gruppe I. Eine Ausnahme bildet die Aufgabe 5.

Die gruppeninternen Vergleiche hinsichtlich der Erst- und Zweitbearbeitung einer Aufgabe geben den Lernfortschritt der Vpn wieder. Gruppe I verbessert ihre Leistung bei den Aufgaben 1,2,3 (.01) und 5 (.05), die Gruppe II bei den Aufgaben 2,3 und 4 (.05).

Die Häufigkeiten von Handlungen, die Vpn zur Bewältigung einer Aufgabe durchführten, sind in Bild 5 zusammengefaßt. Diese Häufigkeiten vereinigen die minimal nötige Zahl an Handlungen, um eine Aufgabe zu lösen, die Abweichungen von diesem optimalen Weg und echte Fehlhandlungen. Die jeweils linken Balken verdeutlichen mit ihrer Gesamthöhe die Mediane der Handlungshäufigkeiten der Gruppe I bei der Erstbearbeitung einer Aufgabe; die untere Balkenmarkierung gilt entsprechend für die Zweitbearbeitung. Die rechten Balken zeigen die korrespondierenden Maße der Gruppe II. Mit den mittleren Balken kommen die Minimalhäufigkeiten von Handlungen zum Ausdruck, die zur Erledigung der Aufgaben notwendig sind.

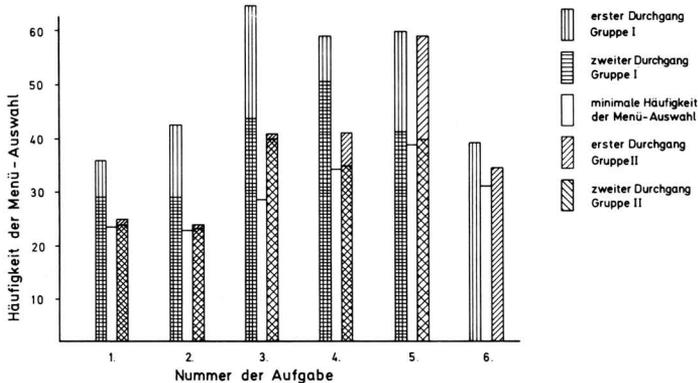


Bild 5: Handlungshäufigkeiten der Gruppen für die Bearbeitung der Aufgaben in zwei Durchgängen

Bild 5 zeigt, daß die Gruppe I im Vergleich zu Gruppe II für die Aufgaben 1 und 2 (.01) sowie 3 und 4 (.05) bei der Erstbearbeitung mehr Handlungen vornehmen mußte, um die Aufgaben zu bewältigen. In beiden Gruppen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der Erst- und Zweidurchführung je Aufgabe nachgewiesen werden.

Die längeren Arbeitszeiten der Gruppe I zur Bewältigung der Aufgaben werden aufgrund dieser Befundlage zu einem Teil durch Fehlhandlungen sowie wenig effektive Lösungswege determiniert. Eine weitere Quelle für die höhere Arbeitsdauer kann in längeren Entscheidungszeiten liegen. Auskunft dazu gibt Bild 6, in dem die Gesamtzeit einer Aufgabenbearbeitung bezogen wird auf die Häufigkeit der Handlungen. Die Mediane dieser relativierten Gesamtzeit sind in zeitlicher Folge für jeden Versuchsdurchgang für beide Gruppen dargestellt. Aus diesem Bild wird ersichtlich, daß die Gruppe I längere Entscheidungszeiten zur Ausführung einer Handlung benötigt als die Gruppe II. Diese Differenz verringert sich mit wachsender Erfahrung.

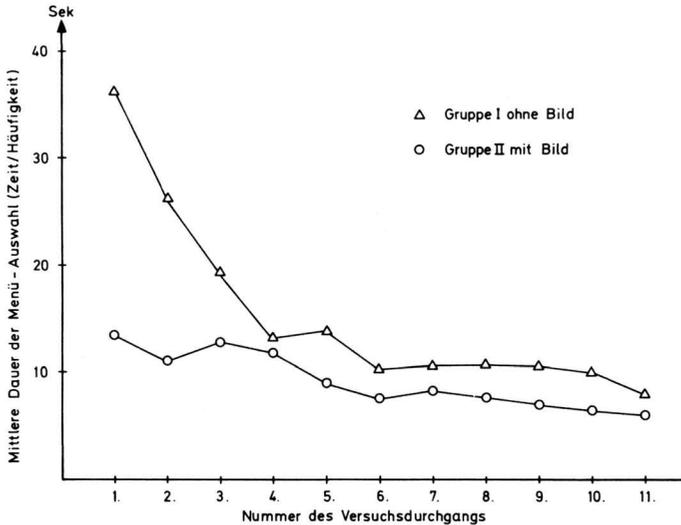


Bild 6: Entscheidungszeiten für die Auswahl von Menü-Alternativen

## 5 Interpretation und Schlußfolgerungen

Für die konkrete Entwicklung von Mensch-Rechner-Dialogen läßt sich aufgrund dieser Untersuchung schließen, daß eine benutzerfreundliche, software-ergonomische Gestaltung eines Dialogsystems die Mensch-Rechner-Interaktion optimiert. Ein Aspekt ist die Transparenz von Systemfunktionen, die als Visualisierung der hierarchischen Menüstruktur dem Benutzer zugänglich

ist. Die "ganzheitliche" Darstellung forciert die Bildung eines mentalen Modells, das eine analoge Abbildung der Funktionenstruktur des Systems darstellt. Die Ergebnisse zeigen, daß unerfahrene Benutzer des Dialogs Aufgaben in kürzerer Zeit bewältigen, eine geringere Zahl an Fehlhandlungen aufweisen und eleganter durch den Dialog navigieren, wenn die Dialogstruktur bildlich präsentiert wird. Dieses Bild wird von den Benutzern internalisiert. Entsprechende Abfragen zeigten, daß sie die Dialogstruktur präzise reproduzieren konnten. Mit zunehmender Versuchsdauer nahmen sie den Kontrollmonitor immer seltener in Anspruch und ließen ihn im letzten Teil der Versuche ungenutzt.

Werden die Menüs als verbale Optionen isoliert dargeboten, kann sich ein mentales Modell nur sukzessive über assoziative Verknüpfungen aufbauen. Zudem könnte ein verzerrter oder dipriviierter Aufbau des mentalen Modells die Interaktion stören. Eine Überprüfung ergab, daß die Benutzer nur wenige sukzessive Sequenzen erkannten bzw. repetieren konnten. In keinem Fall wurde eine systematische Hierarchie rekonstruiert. Die Annäherung der Leistung dieser Benutzer an die überlegene Gruppe kann auf die geringe Komplexität des Dialogs zurückgeführt werden. Die Lernvorgänge gestatten nicht-bewußtseinspflichtige Handlungsschritte, die gelegentlichen Benutzern bei hochkomplexen Systemen nicht mehr möglich sind.

Die Visualisierung der Menüstruktur kann als optionaler Baustein im System integriert sein und generell als Trainingseinheit aufgerufen werden oder den Benutzer bei Unsicherheit unterstützen. In hochkomplexen Mensch-Rechner-Dialogen können ausschnittsweise Menühierarchien verschiedener Systemebenen z.B. in window-Technik angeboten werden.

## 6 Literaturverzeichnis

- /1/ Carroll, J.M.; Thomas, J.C.: Metaphor and the cognitive representation of computing systems. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 12 (1982), 143-153.
- /2/ Dzida, W.; Herda, S.; Itzfeld, W.D.: User-perceived quality of interactive systems. IEEE Transactions of Software Engineering, Vol. SE-4, No. 4 (1978), 270-276.
- /3/ Kaster, J.; Widdel, H.: Graphical support for dialogue transparency. In: Interact'84 "Human-Computer Interaction", London (1984), 302-306.

- /4/ Kaster, J.; Widdel, H.: Grafische Unterstützung zur Selbsterklärungsfähigkeit eines Dialogsystems. In: Balzert, H. (Hrsg.): Software-Ergonomie. Stuttgart: Teubner (1983), 114-123.
- /5/ Kraiss, K.-F.: Fahrzeug- und Prozeßführung - Kognitives Verhalten des Menschen und Entscheidungshilfen. Berlin: Springer 1985.
- /6/ Maass, S.: Why systems transparency? In: Green, T.R.; Payne, S.J.; van de Veer, G.C. (Eds.): The psychology of computer use. London: Academic Press (1983), 19-28.
- /7/ Norman, D.A.: Some observations on mental models. In: Gentner, D.; Stevens, A. (Eds.): Mental models. Hillsdale, N.J.: Erlbaum (1983), 7-14.
- /8/ Oschanin, D.A.: Dynamisches operatives Abbild und konzeptionelles Modell. Probleme und Ergebnisse der Psychologie, 59 (1976), 37-48.
- /9/ Owen, D.: Users in the real world. In: Interact '84 "Human-Computer Interaction". London (1984), 256-261.
- /10/ Tolman, E.C.: Cognitive maps in rats and men. Psychological Review, 55 (1948), 189-208.

Dr. H. Widdel  
J. Kaster  
Forschungsinstitut für  
Anthropotechnik  
Neuenahrer Str. 20  
5307 Wachtberg-Werthhoven