

Direkte Manipulation als Interaktionsform an Arbeitsplatzrechnern *

K. P. Fähnrich und J. Ziegler

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

Zusammenfassung: Für den Einsatz an Arbeitsplatzrechnern hat sich in den letzten Jahren eine neue Form der Mensch-Computer-Interaktion herausgebildet. Als Bezeichnung für diese Interaktionsform ist der Begriff "Direkte Manipulation" vorgeschlagen worden. Der vorliegende Beitrag versucht, diese Interaktionsform auf der Basis eines hier vorgestellten Modells der Mensch-Computer-Interaktion zu definieren. Die Ergebnisse einer ersten Phase von Untersuchungen zum Einlernverhalten auf einem System mit direkt manipulativer Benutzerschnittstelle werden vorgestellt. Basierend auf einem Modell der kognitiven Repräsentation von Arbeitsaufgaben beim Benutzer wurden Arbeiten zur Entwicklung einer Methodik zur Erfassung des Einlernverhaltens von Benutzern an direkt manipulativen Systemen durchgeführt.

1 Einleitung

Ausgehend von Systemen wie SMALLTALK /1/ wurde in den letzten Jahren eine Generation von Arbeitsplatzrechner entwickelt, welche eine neue Form der Mensch-Computer-Interaktion verwenden (XEROX STAR /2/, APPLE LISA /3/, APPLE MACINTOSH /4/ u.a.). Für diese neue Interaktionsform ist von SHNEIDERMAN der Begriff "Direkte Manipulation" (DM) vorgeschlagen worden /5/. In einer zweiten Arbeit gibt SHNEIDERMAN /6/ ausführliche Beispiele (Spread sheets, Screen Editoren, etc.) aus verschiedenen Anwendungsbereichen an. Die detailliertesten Ausführungen zu DM finden sich bei NORMAN /7/.

Die gemeinsame Intention der genannten Arbeiten besteht in der Extraktion und Beschreibung charakteristischer Merkmale von DM. Der Schritt zu einer formalisierten Definition wurde nicht getan. Erst NORMAN bringt dazu Ansätze. Wesentlicher Gesichtspunkt einer Definition von DM ist eine Abgrenzung zu anderen in der Literatur beschriebenen Interaktionsformen (vergl. z.B. MARTIN /8/). Diese Abgrenzung wurde bisher nicht geleistet.

Erst auf der Basis einer formalisierten Definition erscheint es sinnvoll, über benutzerorientierte Gütekriterien (z.B. Erlernbarkeit, Selbsterklärungsfähigkeit.), Aussagen zu treffen. Somit sind produktorientierte, empirische Arbeiten wie /9/ zum Vergleich von DM und anderen Interaktionsformen durch Untersuchungen mit detaillierten Aufgabenanalysen zu ergänzen.

Wesentliche Arbeiten zur Modellierung der kognitiven Repräsentation von Aufgabe und System finden sich im GOMS-Modell von CARD, MORAN and NEWELL /10/. Mit der Command Language Grammar (CLG) von MORAN /11/ wird "a specific grammatical structure ... as the representational framework for describing the user interface aspects of interactive computer systems" eingeführt.

* Die Arbeiten wurden teilweise im Rahmen des multinationalen ESPRIT-Vorhabens HUFIT (Human Factors Laboratories in Information Technologies), das von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften gefördert wird, durchgeführt. Weiterhin beteiligt an den Arbeiten war Dr. Ulrich Hoppe aus unserem Institut. Dank gilt außerdem Prof. P. Polson (University of Colorado, Boulder) für die vielen fruchtbaren Fachdiskussionen.

KIERAS und POLSON /12/, /13/ verwenden dieses theoretische Gerüst darüber hinaus zur Prädiktion spezieller Aspekte des Benutzerverhaltens an interaktiven Systemen: "The users knowledge of how to use a system to accomplish the various tasks is represented in a procedural notation that permits quantification of the amount and complexity of the knowledge required and the cognitive processing load involved in using a system."

Für DM als Interaktionsform sind entsprechende Arbeiten im Bereich der Modellierung, Evaluation, und Prädiktion bisher nicht bekannt. Sie werden im Rahmen eines mindestens 5-jährigen Forschungsprogrammes im europäischen ESPRIT-Vorhaben HUFIT durchgeführt werden. Erste Ergebnisse hierzu werden im vorliegende Beitrag berichtet.

Überblick Ablage Bearbeiten Schrift Layout Optionen Muster Linien Stift Farbe

dm 01.08

**Direkte Manipulation als Interaktionsform
an Arbeitsplatzrechnern**

K. P. Fähnrich und J. Ziegler
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)

dm

Aufgabenstellung

Literatur-analyse Produkt-situation Markt-situation

	F	G	M	
	76.593	79.657		
	1989	1998		Summe
	68,00	68,00	68,00	68,00
	24,00	24,00	24,00	255,00
	12,00	12,00	12,00	78,00
	96,00	96,00	96,00	0,0
	0,0	0,0	0,0	369,00
	740.455	354.075	368.235	382.965
	136.182	11.630	117.294	0
	0	0	0	0
	68.091	78.875	73.047	0
				212.553

dm 01.08

Geräteabstimmung Papierkorb Zwischenablage Festplatte(intern)

Abb. 1: Beispiel für den Bildschirminhalt eines Systems mit DM

2 Ein Modell der Mensch-Maschine-Schnittstelle

Eine präzisere Definition von direkter Manipulation als Interaktionsform sowie eine Abgrenzung von anderen Interaktionsformen erfordert die Zugrundelegung einer Modellvorstellung der Mensch-Computer-Schnittstelle. Ein entsprechendes Modell wurde in /14/, /16/, /17/ vorgeschlagen, das Ansätze des IFIP Modellvorschlages für Benutzerschnittstellen /15/ sowie mehr formale Beschreibung wie die CLG /11/ zu integrieren versucht. Ein Überblick über dieses Schichtenmodell ist in Abb. 2 dargestellt. Die Komponenten dieses Modells lassen sich wie folgt zusammenfassend charakterisieren:

- o Das organisatorische System repräsentiert die Aufgabenteilung zwischen Benutzer und Rechner sowie Art, Umfang und Struktur von Aufgaben, die gemeinsam von Benutzer und Rechner zu erfüllen sind.

- o Die Interaktion zwischen Mensch und Rechner kann als Kommunikationsprozeß aufgefaßt werden, der sich auf vier Ebenen gemeinsamer Informationsstrukturen abspielt: (1) die konzeptionelle Ebene der Aufgabenrepräsentation, (2) die semantische Ebene, auf der Datenobjekte und Funktionen repräsentiert sind, (3) die syntaktische Ebene mit der Definition möglicher Dialoginteraktionen und (4) die Interaktionsebene, welche vorwiegend die physikalische Verbindung zwischen Benutzer und Rechner darstellt.
- o Erfolgreiche Kommunikation zwischen Benutzer und Rechner hängt vom Grad der Entsprechung der Informationsrepräsentation auf jeder der genannten vier Ebenen ab.

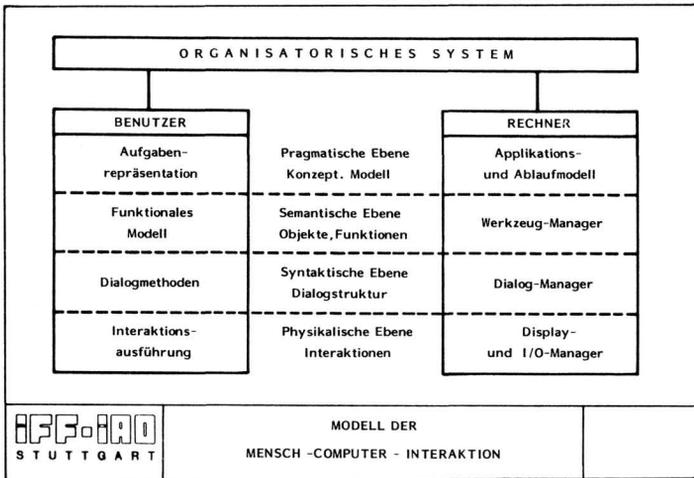


Abb. 2: Modell der Mensch-Computer-Interaktion

3 Direkte Manipulation

Unter Bezugnahme auf das vorgestellte Modell können für die Interaktionsform "Direkte Manipulation" die folgenden Definitionen in Kurzform angegeben werden vergl. auch /15/:

(1) Die Benutzerschnittstelle verfügt über ein festes und beschränktes **konzeptionelles Modell** für den spezifischen Aufgabenbereich. DM erfordert die Verwendung von Metaphern. Durch diese Metaphern wird zumeist ein der Realität entlehntes Bild wie etwa die Schreibtischoberfläche bei STAR und LISA verwendet.

(2) Auf der **semantische Ebene** erfolgt eine für den Benutzer klare Trennung in Objekte (mit zugehörigen Eigenschaften) und Funktionen. Objekte besitzen einen generischen Anteil, sowie einen Anteil, der spezifisch für die Instanz des Objektes ist. Auf diese Objekte werden relativ wenige, generische Kommandos (z.B. Löschen, Übertragen, Kopieren etc.) angewendet. Zusammen mit der konzeptionellen Ebene beschreibt die semantische Ebene den Bereich des "**Know-What**", das der Benutzer für die Interaktion benötigt.

(3) Die klare Organisation in Objekte und Funktionen ist eine Voraussetzung für die **Syntax** direkter Manipulation. Zumeist wird die syntaktische Reihenfolge Objekt-Funktion bei den realisierten Systemen angetroffen. Das System reagiert auf jede Benutzeraktion mit einem expliziten Feedback (z.B. Anzeige eines selektierten Objektes). Aufgaben werden durch inkrementelle Aneinanderreihung elementarer Benutzeraktionen bearbeitet.

(4) Auf der **physikalischen Interaktionsebene** wird eine Informationsumgebung mit paralleler Darstellung mehrerer, hierarchisch strukturierter Informationsbereiche (in Fenstertechnik) angeboten. Auf der Eingabeseite ist ein Zeigeeinstrument (z.B. Maus) erforderlich. Die Punkte (3) und (4) beschreiben den Bereich des **"Know-How"**, das für die Interaktion mit dem System erforderlich ist.

Ein Charakteristikum für DM ist in der Beziehung zwischen semantischer und physikalischer Interaktionsebene zu sehen: Elemente der Rechnerausgabe können vom Benutzer direkt angesprochen und in die Eingabesprache integriert werden. Dabei entsprechen die Objekte des (visuell wahrnehmbaren) Outputs in direkter Weise den semantischen Objekten, die der Benutzer referenzieren will. Auf diese Weise wird bei DM die "semantische Distanz" zwischen dem an der Oberfläche sichtbaren Output und den dahinter liegenden Konzepten verringert /7/. Abb. 3 zeigt eine Übersicht über die Eigenschaften von DM in dem angeführten Schichtenmodell.

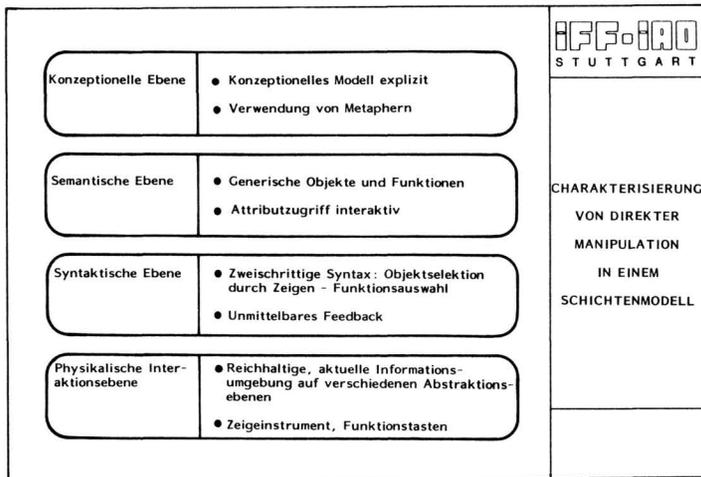


Abb. 3: Charakterisierung von DM in einem Schichtenmodell mit 4 Ebenen

Der Begriff "Direkte Manipulation" läßt sich insofern rechtfertigen, als die Charakteristika schrittweiser, physischer Handarbeit mit unmittelbarer Ergebnismeldung auf die Interaktion mit dem Rechner übertragen werden. Es stellt sich die Frage, ob damit auch eine effiziente Rechnernutzung für den hochgeübten Benutzer möglich ist, wie sie ein Charakteristikum für formale Interaktionssprachen ist. In einer weiteren Arbeit /15/ wird im übrigen eine Abgrenzung von DM zu weiteren Interaktionsformen gegeben.

4 Empirische Untersuchungen zum Erlernen von DM

Generelle Zielsetzung: Im Rahmen unserer gegenwärtigen empirischen Arbeiten zu DM steht die Entwicklung einer Methodologie zur Untersuchung von Erlernbarkeit und Effizienz dieser Interaktionsform im Vordergrund. Das Ziel dieser Arbeiten ist es, ein theoretisches Gerüst und empirische Verfahren zu entwickeln, die sowohl die Analyse als auch die Vorhersage des Lernaufwands ermöglichen, der vom Benutzer zur Beherrschung eines Systems mit DM benötigt wird. Ein wichtiger Aspekt des Lernens ist dabei der hypothetisch vorausgesagte Lerntransfer zwischen verschiedenen funktionalen Bereichen innerhalb eines Systems.

Praktische Aspekte dieser Untersuchungen sind sowohl die Entwicklung von Gestaltungsrichtlinien als auch die prototypischen Weiterentwicklung von DM im Sinne von "Schnittstellen Generatoren", die auf der Basis einer Modellierung der Schnittstelle evaluiert werden können.

Vorstudien: In einer ersten Vorstudie zur Erlernbarkeit des XEROX STAR-Systems ergaben sich folgende Resultate /15/ :

- o Für drei verschiedenartige Aufgabenbereiche (Operationen auf der Schreibtischoberfläche, Editieren von Text, Editieren von Grafik) konnten Lerntransfereffekte zwischen den Aufgabenbereichen beobachtet werden.
- o Für drei unterschiedliche Gruppen von Benutzern, die Neulinge in der Benutzung des STAR waren, konnten nur relativ geringe Unterschiede in der Leistung im Verhältnis zu erfahrenen STAR-Benutzern festgestellt werden. Die drei Gruppen bestanden dabei aus absoluten EDV-Neulingen, Programmierern und Textverarbeitungs-Fachkräften. Diese Daten weisen darauf hin, daß keine dieser Gruppen besondere Startvorteile beim Erlernen von DM hat. Dies ist umso wichtiger, als die drei Gruppen wesentliche Unterschiede in ihrem DV-Vorwissen aufweisen.
- o DM-Schnittstellen sind meist nach dem Prinzip einer einfachen Objekt-Funktions-Struktur entwickelt. Als Folge davon wird spezielle Funktionalität in den sogenannten Objektattributen verborgen. Diese "versteckte" Komplexität der Schnittstelle bereitet beim Erlernen des Systems einen hohen Anteil der Schwierigkeiten.

Zu einer zweiten Vorstudie, die vom Untersuchungsdesign ähnlich den weiter unten beschriebenen Versuchen angelegt war, wurde folgendes beobachtet:

- o wiederum das Phänomen eines hohen Lerntransfers
- o ein höherer Lerntransfer beim Übergang von Graphik zu Text als beim Übergang von Text zu Graphik
- o eine durchschnittlich höhere Bearbeitungszeit für die Graphikaufgaben

Diese Vorstudien verwendeten Aufgaben, die als typisch für die genannten Bereiche angesehen werden konnten. Eine genauere Analyse der Aufgaben hinsichtlich ihrer kognitiven Anforderungen wurde allerdings nicht durchgeführt (daher konnten die Aufgaben auch nicht gleich

bzgl. ihres Lernaufwandes konstruiert werden). Um den für notwendig erachteten Schritt zu einer systematischen und theoretisch fundierten Analyse zu vollziehen, wurde die im folgenden beschriebene Studie durchgeführt.

Theoretischer Hintergrund: Der Ansatz, der für diese Studie verwendet wurde, basiert auf der Vorstellung der "kognitiven Komplexität". Darunter soll Inhalt, Struktur und Umfang des Wissens verstanden werden, das zur Bedienung einer Schnittstelle erforderlich ist. Diese Vorstellung ist in den theoretischen Arbeiten zum GOMS-Modell von CARD, MORAN und NEWELL /10/ sowie im "user complexity" - Ansatz von KIERAS und POLSON /12/ und /13/ entwickelt worden.

Das GOMS-Modell beschreibt das Wissen des Benutzers über die Interaktion in einer Hierarchie von Zielen, Operatoren, Methoden und Auswahlregeln für Methoden. Methoden sind dabei zusammengesetzte Folgen aus Operatoren und Zielen. Konkrete GOMS-Modelle können sich in ihrem Detaillierungsgrad unterscheiden. Das bekannte Keystroke-Modell z.B. führt die Analyse auf der Ebene von Tastenbestätigungen durch.

Der Ansatz von KIERAS und POLSON bildet diese Hierarchie in ein sogenanntes Produktionssystem (einem bekannten Mechanismus der Wissensrepräsentation in der Künstlichen Intelligenzforschung) ab. Vorhersagen zu Lernaufwand und -transfer werden anhand der Anzahl von Produktionen bzw. der Anzahl gemeinsamer Produktionen in zwei Aufgaben getroffen. In der vorliegenden Untersuchung wurden die Vorhersagen anhand einer GOMS-Modellierung getroffen. Dabei wurden die Anzahl von Methoden und Operatoren als Prädiktoren für Lernaufwand und Transfer verwendet.

Anlage der Untersuchung: Für die beiden Aufgabenbereiche Text- und Graphikeditieren wurden Aufgaben konstruiert, die eine gleiche Anzahl von Aufgabenschritten enthielten. Für jede Teilaufgabe beim Texteditieren wurde eine entsprechende Teilaufgabe beim Graphikeditieren erstellt. Die entsprechenden Teilaufgaben wurden nach einem GOMS-Modell so konstruiert, daß sie eine gleiche Anzahl von Methoden und Operatoren enthielten, die darüber hinaus bzgl. ihrer Komplexität als in den beiden Bereichen weitgehend identisch angesehen werden. Der Detaillierungsgrad der Analyse wurde bewußt nicht bis auf die Keystroke-Ebene heruntergeführt, sondern entsprach den für DM typischen Operationen. Die Abbildung 4 zeigt jeweils ein Aufgabenblatt für die strukturellen Operationen auf Text und Graphik.

Beispiel für die Teilaufgabe "Übertragen eines Objektes":

<u>Text</u>	<u>Graphik</u>
Goal: Move-Textstring	Goal: Move-Graph-Object
o Select-Textstring-Method	o Select-Graph-Object-Method
o Invoke-Function <move>	o Invoke-Function <move>
o Select-Position	o Select-Position

Die Aufgaben bestanden jeweils aus einem Teil, in dem strukturelle Veränderungen durchgeführt wurden, und aus einem Teil, in dem Attribute von Objekten zu verändern waren. Für jeden Bereich wurden entsprechend dem Versuchsplan 5 Aufgaben konstruiert.

Hypothesen: Die wichtigsten Hypothesen der Untersuchung beschäftigen sich mit dem Problem, wie hoch die Prädiktionsgüte des angesetzten GOMS-Modelles für unterschiedliche Aufgaben wie Text- und Graphikeditionen ist und ob ein Transfereffekt nachgewiesen werden kann. Sie lauten:

(H1): Die Lernkurven in der ersten Versuchsphase (Sitzungen 1-5) zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Probandengruppen (Gruppe 1 - Text, Gruppe 2 - Graphik)

Die Prüfung dieser Hypothese erfolgte mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse (gemischtes Modell; Faktor A: Aufgabenbereich, Faktor B: Meßwiederholungen). Die Interpretation der Hypothese besagt, daß die Güte des angesetzten GOMS-Modelles so hoch ist, daß keine Unterschiede beim Einlernverhalten bei den auf der Basis des Modelles konstruierten Text- und Graphikaufgaben festgestellt werden kann. Ein signifikanter Einfluß von Faktor A oder der Interaktion A x B würde zur Ablehnung der Hypothese führen. Die Beibehaltung der Hypothese würde auf Grund des angesetzten GOMS-Modelles unseren Erwartungen entsprechen.

Nach der vorläufigen Validierung des GOMS-Modelles steht die Frage an, ob sich beim Wechsel der Aufgaben ein Lerntransfer nachweisen läßt. Dazu kann folgende Hypothese formuliert werden:

(H2): Es ergibt sich für beide Probandengruppen ein Lerntransfer beim Übergang von Phase 1 zu Phase 2 (für Gruppe 1: Übergang von Text auf Graphik, für Gruppe 2: Übergang von Graphik auf Text).

Die Überprüfung dieser Hypothese setzt eine angemessene Operationalisierung des Transferbegriffes voraus (Definition eines „Transfer-Maßes“). Daran wird zur Zeit gearbeitet. Ersatzweise wurde zunächst der Verlauf der Lernkurven für beide Gruppen (in Phase 2) mit dem gleichen varianzanalytischen Verfahren, das auch zur Prüfung von H1 verwendet wurde, verglichen. Damit läßt sich immerhin feststellen, ob - vorausgesetzt ein Transfereffekt sei vorhanden - dieser symmetrisch ist oder nicht. Die hier angesetzte GOMS-Analyse sieht bisher keine Vorhersagen über Transferleistungen vor. Es stand jedoch zu erwarten, daß diese Hypothese auf Grund eines unterschiedlichen Lerntransfers beim Übergang von Graphik nach Text und von Text nach Graphik zurückgewiesen werden kann. Die Vorversuche der Serie 2 legten zudem nahe, daß der Transfer von Graphik nach Text höher sei als von Text nach Graphik.

Ergebnisse: Abbildung 5 zeigt die Versuchsergebnisse für die 10 Versuchswiederholungen und die beiden Probandengruppen auf der Basis der mittleren Ausführungszeiten.

(H1) konnte beibehalten werden ($F < 1$). Es zeigt sich, wie in der ersten Hälfte von Abbildung 5 ersichtlich, daß das Einlernverhalten für die beiden Aufgaben im wesentlichen gleich ist. Weder der Einfluß der Aufgabenbereiche (Text/Graphik) noch die Interaktion zwischen Aufgabenbereichen und Meßzeitpunkten ergaben signifikante F-Werte (in beiden Fällen $F < 1$). Anschaulich heißt das, daß sich die Lernkurven weder hinsichtlich ihrer absoluten Höhe noch ihrer Verlaufsform unterscheiden. Daß ein starker Lerneffekt vorhanden war, läßt sich am Einfluß der Meßwiederholungen ablesen ($F = 60,1$).

Die Anwendung des gleichen Verfahrens auf die Daten aus Phase 2 zeigt wiederum einen deutlichen Lerneffekt ($F = 34,55$), aber auch einen signifikanten Einfluß der Aufgabenbereiche

sowie eine signifikante Interaktion zwischen Aufgabenbereichen und Meßzeitpunkten. Wenn wir also im Einklang mit dem Verlauf der Kurven aus Abb. 5 einen Transfereffekt annehmen, so ist dieser nicht symmetrisch. Der Kurvenverlauf legt folgende anschauliche Interpretation nahe:

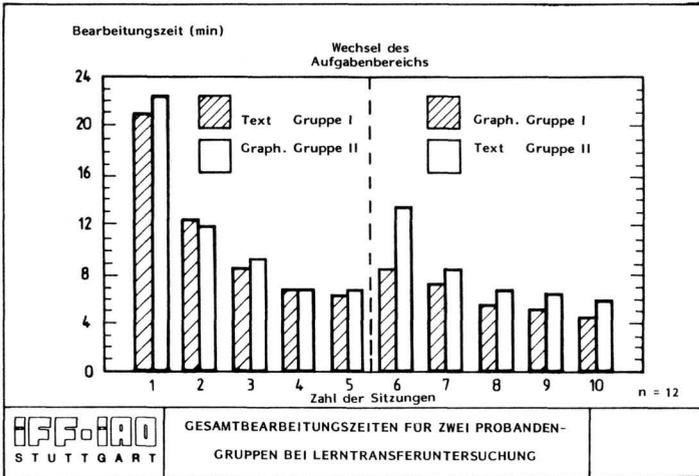


Abb. 5: Gesamtbearbeitungszeiten der beiden Probandengruppen (n = 12).

Beim Wechsel vom Text nach Graphik verläuft der Einlernvorgang für das Probandenkollektiv nahezu ohne Störung weiter (trotz Wechsel der Aufgaben!). Beim Wechsel von Graphik nach Text ist ein höherer Neuaufwand beim Einlernen notwendig - im Gegensatz zu den Beobachtungen der Vorversuchsserie 2.

Der Versuch der Erklärung dieses Phänomens auf der Basis dieses Modelles ist noch nicht abgeschlossen. Erste Analysen deuten jedoch darauf hin, daß in der Vorversuchsserie 2 die Graphikaufgaben wesentlich komplexer als die Textaufgaben waren.

In diesem Zusammenhang muß noch einmal darauf hingewiesen werden, daß es sich in dem jetzigen Stadium der Arbeiten noch nicht primär darum handelt, Erkenntnisse zu DM per se zu gewinnen, sondern daß die Arbeiten der weiteren Methodenentwicklung dienen.

6. Ausblick

Die Arbeiten werden an mehreren Stellen weitergeführt werden:

- o Der Begriff "Lerntransfer" muß weiter operationalisiert und der Effekt auf dieser Basis sauber nachgewiesen werden.
- o Der beobachtete unterschiedliche Lerntransfer muß auf der Basis des Modelles erklärt werden.
- o Detailanalysen für die verschiedenen Methoden müssen durchgeführt werden.
- o Bisher wurden die Ausführungszeiten nicht aus dem Modell präzisiert. Mit verschiedenen weiteren Verfeinerungen des Modelles soll dies auf der Basis des vorliegenden Datenmaterials versucht werden.
- o Die Auswertung muß multivariant angesetzt werden, um Material zu weiteren abhängigen Variablen einzubeziehen.
- o Die Versuche sollten eventuell mit einem wesentlich größeren Probandenkollektiv wiederholt werden, wenn die weiteren Auswertungen genauso vielversprechend verlaufen, wie die bisherigen.

Langfristiges Ziel ist es mit dieser Methodik, zu diskriminierenden Aussagen zwischen verschiedenen Interaktionsformen wie DM und formalen Interaktionsformen (Kommandosprachen) zu gelangen.

Literatur

- /1/ Tessler, L.: The SMALLTALK Environment. BYTE, Aug. 1981, pp. 90 - 147.
- /2/ Smith, D.C. et al.: Designing the STAR user interface. In: Degano, P. and Sandewall, E. (Eds.): Integrated Interactive Computing Systems. North-Holland, Amsterdam 1983
- /3/ Williams, G.: The LISA Computer System. BYTE, Febr. 1983, pp. 33 - 50.
- /4/ Williams, G.: The APPLE MACINTOSH Computer. BYTE, 9, 1984 (2), pp. 30 - 54.
- /5/ Shneiderman, B.: The Future of Interactive Systems and the Emergence of Direct Manipulation. Behavior and Information Technology, Vol. 1, No. 3, 1982, pp. 237 - 256.
- /6/ Shneiderman, Ben: Direct Manipulation: A STEP beyond Programing Languages. IEEE Computer 16, Nr. 8, August 1983, S. 57 - 69
- /7/ Norman, D. A.; Hutchins, E.L.; Hollan, J.D.: Direct Manipulation Interfaces. Erscheint in: Norman, D.A. and Draper, S.W. (Hrsg.): User Centered System Design - New Perspectives in Human-Machine Interaction. Lawrence Erlbaum, Hillsdale-London 1986

- /8/ Martin, J.: Design of Man-Computer Dialogues. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1973
- /9/ Whiteside, J.; Jones, S.; Levy, P.; Wixon, D.: User performance with Command, Menu and Iconic Interfaces. Proc. of CHI '85: Human Factors in Computing Systems. San Francisco, April 1985
- /10/ Card, S.K.; Moran, T.P.; Newell, A.: The Psychology of Human-Computer Interaction. Hillsdale, N.J., Erlbaum (1983)
- /11/ Moran, T. P.: The Command Language Grammar: A Representation for the User Interface of Interactive Computer Systems. Int. J. Man-Machine-Studies, 15, 1981, S. 3 - 50.
- /12/ Kieras, D.; Polson, P.G.: A Generalized Transition Network Representation for Interactive Systems. Proc of CHI 83, S. 103-106 (1983)
- /13/ Kieras, D.; Polson, P.G.: A Quantitative Model of the Learning and Performance of Text Editing Knowledge. Proc. of CHI 85, S. 207-212, (1985)
- /14/ DIN: DIN 66234, part 8, "Dialoggestaltung", draft, 1984
- /15/ Fähnrich, K. P.; Ziegler, J.: Workstations Using Direct manipulation as Interaction Mode. Proc. of INTERACT '84, London Sept. 1984, Vol. II, S. 203-208.
- /16/ Bullinger, H. J.; Fähnrich, K. P.: Symbiotic Man-Computer Interfaces and the User Agent Concept. In: Salvendy (Hrsg.): Proc. of the 1st USA-Japan Conference on Human-Computer-Interaction, Honolulu 1984. Elsevier, Amsterdam 1984.
- /17/ Bullinger, H. J.; Fähnrich, K. P., Ziegler, J.: Human Computer Interaction and Direct Manipulation. Erscheint in: ESPRIT '85 - ESPRIT TECHNICAL WEEK 1985. North Holland Publ. Comp., Amsterdam 1985

Anschrift der Verfasser:

Dipl. Math. K.-P. Fähnrich
Dipl. Ing. J. Ziegler

Franhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und
Organisation (IAO), Stuttgart

Holzgartenstr. 17
D-7000 Stuttgart 1