

NEUENTWICKLUNG EINER MENUETABLETTVORLAGE

Ekkehart Frieling und
Jürgen Pfitzmann, Kassel

Die Hersteller schenken der Gestaltung von Menuetablettvorlagen (MTV) wenig Zuwendung. Dies führt zu erschwerter Kommunikation mit dem System. Mit einer systematisch aufgebauten und unter wahrnehmungspsychologischen und grafischen Gesichtspunkten gestaltete MTV ist eine bessere Kommunikation mit dem System möglich, und es erleichtert eine gedächtnismäßige Abspeicherung der Darstellungen. Die mit dem Experiment gewonnenen Erkenntnisse sowie eine Farbcodierung zeigen, wie durch geeignete Funktionsdarstellung und eine entsprechende Standardisierung MTV erheblich verbessert werden können.

Einleitung

Die Mensch-Maschine-Schnittsstelle wird beim computerunterstützten Konstruieren in unterschiedlichster Form ausgestaltet. Es finden sich: Menuetabletts, Funktionstastaturen, Maus, Rollkugel, Wertgeber (Dials), Tastaturen, Electric Pen, Joystick etc.. Je nach CAD-System werden die verschiedensten Dateneingabegeräte miteinander kombiniert. Untersuchungen zur Ermittlung der optimalen Eingabegeräte für Konstruktionsarbeitsplätze gibt es nach unserer Kenntnis zur Zeit nicht. Das liegt daran, daß je nach Hersteller unterschiedliche Eingabegeräte verwendet werden, die mit entsprechenden Softwaresystemen gekoppelt sind. Solange es nicht möglich ist, mit einem Standardsatz von Eingabemedien die Bedienbarkeit unterschiedlicher Systeme zu testen, solange wird es bei Herstellern, Anwendern und Wissenschaftlern unterschiedliche Meinungen über die Tauglichkeit von Eingabegeräten geben.

In der Bewertung der Dialogführung bestehen derzeit große Unterschiede. Vertreter bildschirmgeführter Menues (z. B. IBM), bei denen die Funktionen und Befehle am rechten und unteren Bildschirmrand aufgelistet sind, glauben, daß der relativ geringe Blickwechsel zwischen Schirm, Tastatur und Eingabegeräten in geringerem Maße zu Belastungen führt als bei CAD-Systemen.

men, die mit einer MTV arbeiten (z. B. Contraves), da hier ständig von der Vorlage auf den Bildschirm gewechselt wird.

Da die Bildschirmmenues über Tastaturen, Funktionstasten und Dials angesteuert werden, wirkt dieses Argument nicht sehr einleuchtend, obgleich es häufig wiederholt wird. Berücksichtigt man darüber hinaus, daß Augenbewegungen und Änderungen der Sehentfernung physiologisch nicht schädlich sind, sondern einen Trainingseffekt ausüben und dazu beitragen, stärker beanspruchende statische Muskelarbeit zu vermeiden (Krueger & Müller-Limmroth, 1979), so ist dies eher ein Argument für MTV. Ohne auf das Für und Wider zwischen Bildschirm- und Tablett-Menue einzugehen, halten wir es für gerechtfertigt, sich gründlicher, als dies bis jetzt der Fall ist, mit der Gestaltung von Tablettvorlagen zu befassen. Folgende Argumente sprechen nach u. M. unter Berücksichtigung der speziellen Systeme für ein solches Eingabemedium:

- Der Funktionsvorrat wird im Überblick dargeboten
- Die einzelnen Funktionen können je nach Anwendungs- und Einsatzart gruppiert werden
- Das Erlernen der Funktionen in Verbindung mit den Symbolen wird durch permanente Vorlagen gefördert
- Die Einarbeitungszeit nach längeren Pausen wird erleichtert, da die Symbole/Funktionen erinnert und nicht aktiv reproduziert werden müssen

Nach einigen allgemeinen Erläuterungen zu MTV werden wir konkret auf die Möglichkeiten eingehen, die sich bei der Modifikation vorhandener Systeme bzw. bei deren Neugestaltung ergeben. Anhand des Systems von Concad 2 von Contraves werden die Probleme bei der Neugestaltung diskutiert. Die Arbeit wurde durch den Hersteller selbst gefördert.

Darstellung vorhandener Menuetablettvorlagen und ihre Probleme

Im Gegensatz zur konventionellen Zeichnung, bei der der Konstrukteur über eindeutig definierte Hilfsmittel (z. B. Lineal, Zirkel, Schablonen etc.) verfügt, wird ihm durch das CAD-System ein Arbeitsmittel zur Verfügung gestellt, das in der Regel mehrere hundert Funktionen bzw. Kommandos beinhaltet.

Die Kommandos zur Erzeugung von Linien, Kreisen und an-

deren Elementen werden entsprechend ihren Rahmenbedingungen in unterschiedliche Funktionen unterteilt, die zu einzelnen Funktionsgruppen zusammengefaßt werden. Die Aufgabe des Anwenders besteht darin, die Funktionen bzw. Funktionsgruppen und deren Anwendungszweck eindeutig zu erkennen. Eine systematisch aufgebaute, unter wahrnehmungspsychologischen und grafischen Gesichtspunkten gut gestaltete MTV erleichtert den Überblick und fördert vor allem in der Schulungsphase die Akzeptanz des Systems.

Je nach Anwendungszweck und Hersteller werden die MTV unterschiedlich gestaltet, obgleich der Funktionsvorrat innerhalb bestimmter Grenzen sehr ähnlich ist. Die Unterschiede zwischen MTV beziehen sich auf die Funktionsbezeichnungen und -darstellungen, auf die Funktionsanordnungen und deren farbiger Codierung und auf die Größe des Feldes. Im allgemeinen können die Funktionsbezeichnungen und -darstellungen in drei Kategorien unterteilt werden:

Verbale Funktionsauflistung

Alle Funktionen werden durch Wörter bzw. Abkürzungen kenntlich gemacht. Da die Abkürzungen sowohl in Englisch als auch Deutsch erfolgen, z. T. auch in gemischter Form, ist ohne erklärendes Handbuch und häufiges Nachschlagen das Erlernen der Funktionsbedeutung erschwert.

Abb. 1 Beispiele für verbale Auflistung der Funktionen

- a) Punkte-Menue der MTV des Systems Data-vision
- b) Linien-Menue der MTV des Systems Anvil 4000

X	HORIZ	NUM	PKT_AEND
Y	VERTI	BEZUG	PKT_LOE
Z	ORTHO	POLAR	PKT_EINF

a)

LINE POSITION	LINE KEY-IN	LINE JOIN	LINE TANGENT TO	LINE HORIZ	LINE VERT
LINE HORIZ AXIS	LINE VERT AXIS	LINE HORIZ/ VERT AXIS	LINE POLAR	LINE PARALLEL THRU POINT	LINE PARALLEL AT DISTANCE
LINE PERPTO LINE	LINE CHAMFER	LINE INTERSECT OF TWO PLANES	LINE TANTO ARC AT ANGLE	LINE N SEGMENTS	LINE INFINITE STATUS

b)

Verbale Auflistung und symbolische Gestaltung der Funktionen

Aus Gründen leichterer Einprägbarkeit und größerer Prägnanz werden verbale Abkürzungen bzw. Kurzbeschreibungen mit grafischen Symbolen kombiniert. Auf diese Weise ergibt sich eine gewisse Auflockerung des Tablett und eine Redundanz der Informationsdarbietung, die die Zuordnung von Bezeichnung und Bedeutung erleichtert. Leider ist bei diesen so gestalteten MTV nicht ersichtlich, warum die vorliegende Kodierungsform gewählt wurde.

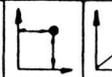
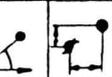
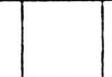
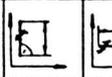
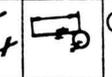
Abb. 2 Beispiel für verbale und symbolische Gestaltung der Funktionen
Ausschnitt aus dem Linienelemente-Menue des Systems Procad 2D

 GPA	 GPP	 GTK	 GTKW	 GTKH	 GTKV
 KTGM	 KTGP	 KTGR	 KT2G	 KT3G	 KBT2G
 KTKM	 KTKP	 KTKR	 KAT2K	 KIT2K	
 RUNDAL					

Überwiegend symbolische Gestaltung der Funktionen

Bei diesen MTV wird der größte Teil der Funktionen durch grafische Symbole veranschaulicht.

Abb. 3 Beispiel für symbolische Gestaltung der Funktionen
Menuelettausschnitt "Geometrische Konstruktion" des Systems Concad 2 von Contraves

GEOMETRISCHE KONSTRUKTION								?
								
								

Bei nahezu allen MTV läßt die Zusammenfassung bzw. Anordnung der Funktionen keinen Rückschluß auf eine wie auch immer geartete Systematik zu. Die häufig verwendete Codierungshilfe "Farbe", durch die bestimmte Funktionen unterlegt werden, erschweren z. T. die Lesbarkeit der MTV mehr, als daß sie dem Nutzer bei der Kommandosuche helfen.

Die unterschiedliche Bezeichnung und grafische Darstellung gleicher oder ähnlicher Funktionen/Operationen auf MTV verschiedener Hersteller behindert den Lerntransfer zwischen diesen Systemen.

Konzeption einer neuen Menue-Tablett-Vorlage - Concad 2

Durch die Größe der aktiven Digitalisierfläche (700 x 1280 cm) bestehen kaum Restriktionen bei der Dimensionierung der Tablettvorlagen. Durch die Flexibilität der Software sind ausreichende Freiheitsgrade bei der flächenmäßigen Aufteilung der einzelnen Funktionen bzw. Funktionsgruppen gegeben.

Im folgenden werden die wichtigsten Entwicklungsschritte bei der Entwicklung der neuen Tablettvorlage skizziert.

Ermittlung der Schwachstellen

Anhand von Arbeitsplatzbeobachtungen und Gesprächen mit dem Hersteller wurden folgende Schwachstellen bei MTV, die sich im Einsatz befinden, ermittelt:

- Schlechte Befestigungsmöglichkeiten der Tablettvorlage
- Schlechte Lesbarkeit häufig angetippter Funktionen
- Verwendung von stärker gesättigten Farben
- Gleichmäßige Farbkennzeichnung verschiedener Funktionsgruppen
- Verwendete Schriftart (Großschrift), (Textanordnung senkrecht)
- Teilweise zu kleine Menuefelder
- Keine einheitliche Symboldarstellung bei gleicher Funktionsart
- Keine benutzerfreundliche Funktionsgruppenanordnung

Erstellen von Symbolen

Ausgehend von einer von uns entwickelten Symbolbibliothek wurden auf der Basis des Concad 2 - Funktionsvorrates

neue Symbole bzw. Symbolalternativen generiert. Insgesamt wurden ca. 500 z. T. alternative Symbole entwickelt. Bei der Erstellung dieser Symbole bzw. deren Modifikation sind folgende Vereinbarungen getroffen worden:

- Ein Kreis (o) symbolisiert einen vorhandenen Punkt oder einen Pickpunkt (mit Fadenkreuz)
- Ein Vollkreis (●) markiert einen zu erzeugenden Punkt
- Eine Strichlinie (---) kennzeichnet eine vorhandene Linie (Element)
- Eine dicke Volllinie (—) markiert eine zu erzeugende Linie (Element)
- Eine dünne Volllinie (—) kennzeichnet eine Hilfslinie, z. B. zum Bemaßen, für Abstände, ...
- Eine strich-punktierte Linie (-.-.-) kennzeichnet eine Fluchtlinie oder eine Mittellinie

Durch diese Vereinbarungen ist der Anwender in der Lage, die bereits vorhandenen Elemente sowie die Randbedingungen, die zur Erzeugung eines anderen Elementes notwendig sind, schnell zu erkennen.

Da wir eine Menuetablenvorlage mit möglichst vielen, eindeutig zu identifizierenden Symbolen anstrebten, wurden bei problematischen Funktionen mehrere Alternativen entwickelt.

Durchführung eines wahrnehmungspsychologischen Experimentes zur Auswahl geeigneter Symbole

Von den mehr als 400 Funktionen wurden 55 ausgesucht, die sich durch Symbole relativ schwierig darstellen lassen. Für diese 55 Funktionen wurden 149 Varianten generiert, so daß für eine Funktion zwischen 2 und maximal 6 Varianten bei der Auswahl zur Verfügung standen. Die 55 Funktionen werden in zwei Diareihen dargeboten: Diareihe A besteht aus 27 Funktionen und 77 Auswahlalternativen für die Bereiche: Punkt-, Linie-, Kreis- und Kreisbogengenerierung.

Diareihe B enthält 28 Funktionen mit 72 Alternativen für die Operationen Trimmen, Zerlegen, Gruppenbildung und Zeichnungsverwaltung.

Jede Diavorlage besteht aus 9 Symbolen, von denen ein Symbol der vorgelesenen und erklärten Funktionsbeschreibung zugeordnet werden soll. Diese Symbole werden nach dem Zufallsprin-

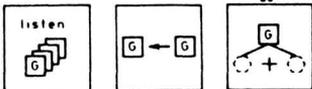
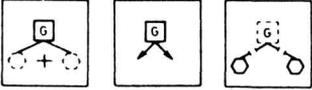
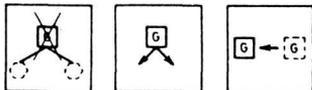
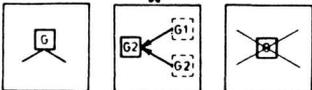
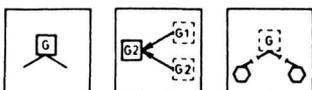
zip auf dem Dia angeordnet. Dies gilt für die inhaltliche und flächenmäßige Kombination, um Einstufungstendenzen zu vermeiden. Identische Funktionen werden jedoch immer auf derselben Position angeordnet und mit dem gleichen Kontext versehen, um Suchzeitdifferenzen auszuschließen. Die Diareihe A wurde 20, die Reihe B 10 Versuchspersonen (Maschinenbaustudenten ohne spezielle CAD-Kenntnisse) dargeboten. Die Versuchszeit dauerte zwischen 35 und 40 Minuten einschließlich der Einführung und mehrerer Vorversuche.

Während der Versuchsdurchführung wurden folgende Parameter erfaßt:

- Reaktionszeit zwischen Darstellung und Symbolidentifizierung
- Richtigkeit der Symbolauswahl
- Die Zuordnung bei falscher Auswahl
- Das Nichterkennen einer Funktion, bzw. das Unvermögen, die Funktion einem Symbol zuzuordnen

Aus der folgenden Abb. ist zu ersehen, welches Symbol besonders schnell bzw. spät erkannt wird. Das Symbol für die zugehörige Funktionsbeschreibung ist mit einem "x" gekennzeichnet.

Abb. 4 Vergleich einfach bzw. schwierig zu erkennender symbolischer Funktionsdarstellungen am Beispiel der Funktionsgruppe "Gruppenbildung"

gute Erkennbarkeit	schlechte Erkennbarkeit
	
	
 <p data-bbox="221 1444 439 1465">Verschmelzen von Gruppen</p> <p data-bbox="221 1485 448 1507">Erkennungszeit : 6,1 sec.</p>	 <p data-bbox="695 1444 933 1465">Hinzufügen zu einer Gruppe</p> <p data-bbox="695 1485 933 1507">Erkennungszeit : 31,1 sec.</p>

Aus der Länge der Reaktionszeit wird auf die Schwierigkeit der Funktionszuordnung geschlossen. Bezogen auf die Erkennungszeit pro Symbol schwanken die Werte im Durchschnitt zwischen 3,8 und 31 sec..

Analysiert man die durchschnittliche Erkennungszeit pro Funktionsgruppe, so erhält man folgende Werte:

Punkte	10,3 sec.	Zerlegen	14,8 sec.
Kreisbogen	8,5 sec.	Gruppenbildung	14,1 sec.
Linie	8,2 sec.	Trennen	13,9 sec.
Kreis	6,5 sec.	Zeichnungsverwaltung	11,5 sec.

Statistische Auswertung, Farb-Aspekte des Experimentes und weitere Vorgehensweise

Die Meßdaten wurden mit Hilfe eines parameterfreien Prüfverfahrens, Friedmanns Zwei-Weg-Rang-Varianzanalyse, analysiert. Für die Auswahl zur Symbolfeldgestaltung wurden diejenigen Funktionen hinzugezogen, deren Signifikanzniveau mit $G = 0.10$ bewertet wurde. Mit diesen Ergebnissen und aufgrund der Reaktionszeiten, der falschen bzw. nicht erfolgten Zuordnungen und der Vertauschungen wurden die geeigneten, d. h. die am eindeutigsten zu identifizierenden Symbole ausgewählt.

Die mit dem Experiment gewonnenen Erkenntnisse sind für die Neugestaltung der Funktionen von großer Wichtigkeit, um die Verwechslungsmöglichkeit auf der MTV so gering wie möglich zu halten und eine klare Abgrenzung zu anderen Funktionsdarstellungen zu bekommen. Durch die eindeutigeren Darstellungen wird die 'Kommunikation' mit dem System verbessert und die gedächtnismäßige Abspeicherung der Darstellungen erleichtert.

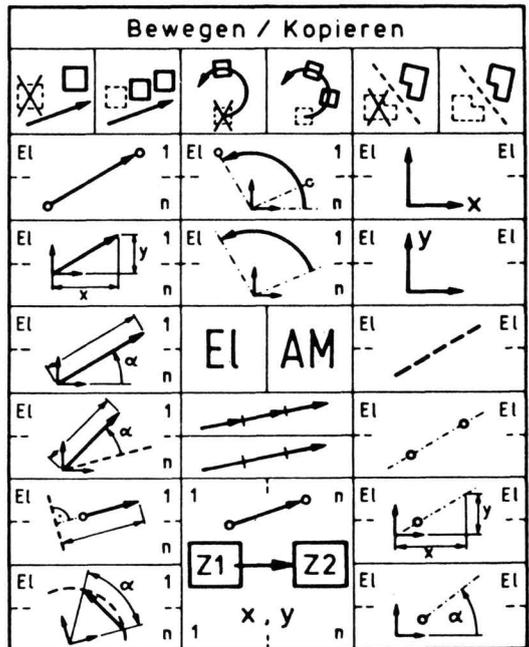
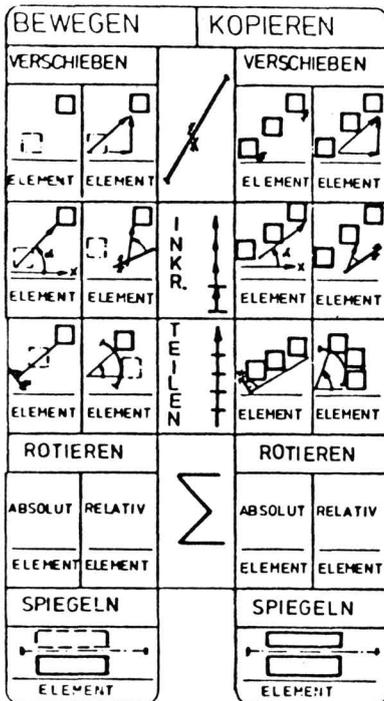
In einem nächsten Schritt war es erforderlich, die Symbole nach Funktionsgruppen so auf der Menuetablenvorlage anzuordnen, daß sich der CAD-Anwender möglichst schnell zurechtfindet, d. h. die Funktionsgruppen werden nach Zugehörigkeit sowie Benutzungsvielfalt auf der MTV angeordnet. Jeder Funktionsgruppe aus der Symbolbibliothek wurde eine typische Farbe zugeordnet. Diese Standardisierung hat den Vorteil, die Entwicklung spezieller Anwendertablenvorlagen zu erleichtern und die Identifikation von Symbolen zu spezifischen Funktionsgruppen zu beschleunigen.

Bei der Farbauswahl wurden folgende Aspekte beachtet:

- Reflexionsgrad der Farbe muß möglichst groß sein
- Ausreichender Kontrast zum Symbol bzw. zur Schrift
- Harmonischer Gesamteindruck, Vermeidung von Buntheit
- Anordnung der Farbfelder unter Vermeidung zu starker Simultan-Kontraste
- Berücksichtigung der Farbenblindheit (speziell die Rot-Grün-Blindheit), die bei männlichen Mitarbeitern mit ca. 2,6 % auftreten kann.

Mehrere MT-Alternativen wurden entwickelt, bei denen die flächenmäßige Anordnung, die Schriftgröße, die Feldgrößen der Symbole, die Linienführung etc. variiert wurden. Die alternativen Vorlagen wurden einigen mit CAD vertrauten Fachleuten und dem Hersteller zur Beurteilung vorgelegt.

Abb. 5 Vergleich der MTV Concad 2 - alt (a) und neu (b) am Beispiel der Funktionsgruppe "Bewegen/Kopieren"



Schlußfolgerungen

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle Menuetablett als letztes Glied in der Entwicklung eines CAD-Systems erfährt in der Regel wenig gestalterische Zuwendung. Obgleich die Tablettvorlage das Eingabemedium ist und damit neben dem Bildschirm als zentrales Arbeitsmittel aufzufassen ist, wird es vielfach den Anwenderfirmen überlassen, sich brauchbare Vorlagen selbst zu entwickeln.

Das dargestellte Vorgehen bei der Modifikation bzw. Neugestaltung einer Menuetablettvorlage zeigt die einzelnen Arbeitsschritte und macht deutlich, daß wahrnehmungs- und arbeitspsychologisches Grundlagenwissen gezielt für das Design von Arbeitsmitteln eingesetzt werden kann. Geeignete Nutzermodelle und die Berücksichtigung ergonomischer Gestaltungserfordernisse werden bei relativ teuren CAD-Systemen die Kaufentscheidung zunehmend beeinflussen. Für Arbeitspsychologen ergeben sich somit Einflußmöglichkeiten auf die Auslegung von Arbeitsmitteln, wenn sie bereit sind, konkrete Gestaltungsvorschläge zu unterbreiten. Die wissenschaftliche Analyse vorhandener Unzulänglichkeiten im Bereich der Arbeitstätigkeit, die eine Domäne der Arbeitspsychologie ist, reicht nicht aus, Ingenieure von der Notwendigkeit arbeitspsychologischen Tuns zu überzeugen. Dies gelingt in der Regel erst dann, wenn in Kooperation mit Ingenieuren konkrete Alternativen gestaltet und erprobt werden.

Literaturverzeichnis

- Encarnacao, J. & Strasser, W. (1986): Computer Graphics. München, Wien: Oldenbourg.
- Frieling, H. (1968): Gesetz der Farbe. Göttingen: Musterschmidt.
- Krüger, M. & Müller-Limmroth, W. (1979): Arbeiten mit dem Bildschirm aber richtig. Hrsg. Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung. München.

Prof. Dr. Ekkehart Frieling
 Dipl.-Ing. Jürgen Pfitzmann
 Fachgebiet Arbeitswissenschaft
 Gesamthochschule Kassel
 Heinrich-Plett-Str. 40
 3500 Kassel