
Größe und Platzierung der Bedienelemente grafischer CAD-Benutzungsoberflächen

Geerd Philipsen, Willi Schwier
Universität Bremen

Zusammenfassung

Über Fragen der Größe und Platzierung der Bedienelemente (controls) grafischer Benutzungsoberflächen kann nach Lage der vorliegenden empirischen Ergebnisse nicht abschließend entschieden werden. Es stehen hier einige Gestaltungsvarianten offen, die in ihren theoretischen Aspekten dargestellt und in zwei Experimenten einer empirischen Prüfung zugeführt werden. Die erhaltenen Ergebnisse lassen eindeutige Schlußfolgerungen auf die mit spezifischen Varianten verbundenen perzeptiv-motorischen Effekte zu, wobei diese allerdings isoliert nicht zur Begründung einer konkreten Gestaltungsmaßnahme ausreichen. In der Gestaltung müssen weitere Aspekte berücksichtigt werden, die am Beispiel der Auslegung einer CAD-Benutzungsoberfläche diskutiert werden.

1 Problemstellung

In der Gestaltung grafischer Benutzungsoberflächen muß über die Größe und Platzierung von Bedienelementen entschieden werden. Unter Bedienelementen werden hier direkt bedienbare Elemente grafischer Benutzungsoberflächen verstanden, also Tasten ("buttons"), Schalter ("toggles"), Schieberegler ("slider") etc. Besonders solche Bedienelemente, die die Funktionalität der Applikation abbilden (im folgenden als "Funktionsfelder" bezeichnet), werden häufig zu Bedienfeldern zusammengefaßt und in vertikaler oder horizontaler Anordnung an den Bildschirmseiten plazierte. Abgesehen von einigen mehr oder minder vagen Empfehlungen sind bislang die Vor- und Nachteile verschiedener Gestaltungslösungen noch nicht erschöpfend diskutiert worden. Dieser Beitrag, der im Rahmen des vom BMFT geförderten Forschungsprojektes "Gestaltung einer Benutzerschnittstelle mit Werkzeugcharakter am Beispiel des CAD-Systems KONSYS", Förderkennzeichen 01HK530/4, entstand, setzt sich mit den Aspekten "Größe" und "Position" von Bedienelementen unter besonderer Berücksichtigung der grafischen Benutzungsoberflächen von CAD-Systemen auseinander.

1.1 Größe von Bedienelementen: Gestaltungsempfehlungen und theoretische Überlegungen

Vielfach werden von CAD-Benutzern größere Grafik-Bereiche erwartet, als in den heutigen Systemen üblich sind (Eigner [2]). Wenn Überdeckungen zwischen Grafik-

und Bedienbereich vermieden werden sollen, ist unter dem Primat eines möglichst großen Grafikbereiches die Minimierung der für den Bedienbereich vorgehaltenen Fläche anzustreben. Bei der hohen Anzahl von Interaktionstätigkeiten in diesem Bereich darf die Minimierung der Bedienelementgröße aber nicht zu Lasten von Identifizierbarkeit und Bedienbarkeit gehen.

Hinsichtlich der Größe von Bedienelementen existiert eine Empfehlung der Gesellschaft für Informatik [4], Funktionsfeldern mindestens 1cm^2 Bildschirmplatz zu reservieren. Da die optimale Größe eines Bedienelements abhängig ist von der Exzentrizität seiner Projektion auf die Netzhaut, mögen für Randbereiche des Bildschirms, in denen die Bedienelemente in der Regel plaziert werden, noch größere Funktionsfelder als von einem Quadratzentimeter Flächengröße angemessen sein.

Ein genereller Zusammenhang zwischen Objektgröße und Positionierleistung wird durch das Fittsche Gesetz (Fitts [3]) formuliert. Nach Fitts ist die Zeit zum Anfahren eines Zieles von dem Verhältnis zwischen Weglänge und der Größe des Objektes abhängig. Wird die Weglänge konstant gehalten, verändert sich die Positionierzeit nur mit der Größe des anzufahrenden Objektes. Die Gültigkeit dieser Beziehung wird als invariant angesehen, d.h. sie soll für die verschiedensten Situationstypen gelten.

Card, English und Burr [1] konnten die Überlegungen von Fitts bei Benutzung einer Maus als Selektionsinstrument validieren. Auf die Berechnung der Mausverfahrzeiten bezogen lautet die Beziehung:

$$Z = K_0 + K * \log_2 (W/B + 0.5).$$

Die Zeit Z zur Erreichung eines Ziels steigt damit logarithmisch mit dem Verhältnis zwischen Weglänge und Größe des Ziels an. K_0 und K symbolisieren für Versuchsprozedur und Eingabeinstrument spezifische Zeitkonstanten. Für K_0 wurde dabei ein Wert von 1.03 Sek. und für K ein Wert von 0.096 Sek. experimentell ermittelt. Die Experimentalprozedur war in der Weise ausgelegt, daß die Versuchspersonen von der Tastatur zur Maus greifen mußten, bevor diese auf das Ziel geführt wurde. Die Zeit für das Ergreifen der Maus lag im Mittel bei 0.36 Sekunden und ist in der Konstanten K_0 enthalten.

Bei CAD-Systemen ist der Grafikbereich im Regelfall in einem DIN-Querformat definiert, was einem Höhen/Breitenverhältnis von $1/\sqrt{2}$ entspricht. Bei Beibehaltung dieses Verhältnisses an einem gebräuchlichem 19"-Bildschirm mit einer horizontalen Auflösung von 1152 Punkten umfaßt das größtmögliche Grafikfenster vertikal 815 Pixel, es verbleiben also vertikal 85 Pixel freier Raum. Davon werden 67 Pixel von der Titel- und Menüzeile der Applikation belegt; es verbleiben 18 Pixel in der Vertikalen für die Darstellung der Funktionsfelder.

Werden die Funktionsfelder in einer Weise vergrößert, daß die vertikale Ausdehnung des Grafikbereichs verringert wird, muß bei Beibehaltung des DIN-Seitenverhältnisses die horizontale Ausdehnung des Grafikfensters ebenfalls eingeschränkt werden. Der horizontal neben dem Grafikfenster verbleibende Raum kann aber nur bei ausreichender Breite zur Darstellung der Funktionsfelder genutzt werden, ansonsten ergibt sich ein durch die Funktionsfelder nicht nutzbarer Leerraum. Werden — wie im vorliegenden Fall — quadratische Funktionsfelder verwendet und gleiche Größe der Funktionsfelder in vertikaler/horizontaler Platzierung vereinfachend angenommen, läßt sich die Beziehung zwischen der Größe der Funktionsfelder und der Raumausnutzung durch den Grafikbereich als eine Funktion darstellen, die in Sprüngen verläuft. Abb.1 gibt eine solche Funktion wieder.

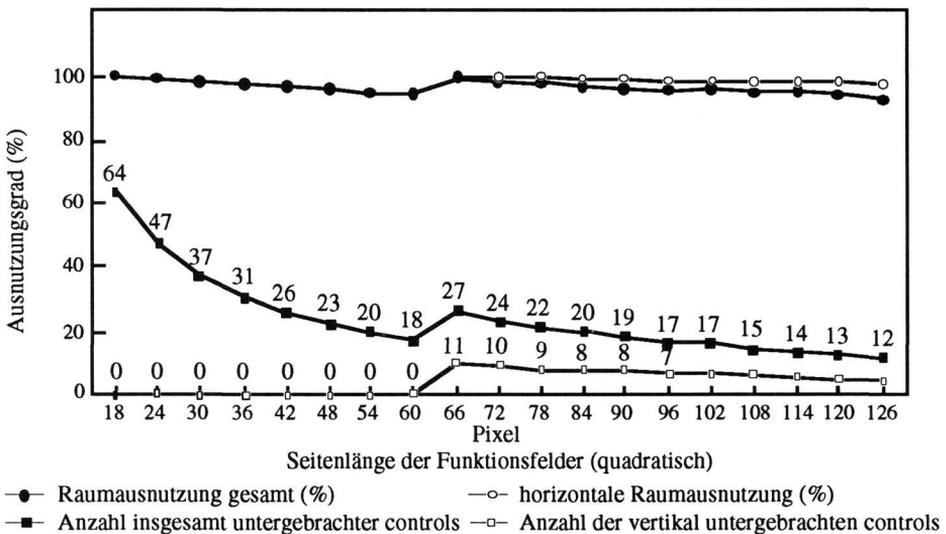


Abb. 1: Nutzung der Bildschirmfläche bei Variation der Größe von Funktionsfeldern

Eine maximale Bildschirmausnutzung ist bei der geringsten Funktionsfeldgröße sowie wieder dann gegeben, wenn aufgrund der Anpassung des Seitenverhältnisses horizontal wieder Platz zur Verfügung steht, in diesem Fall bei einer Seitenlänge von 66 Pixel. Ein weiteres Kriterium kann auch die Anzahl der Funktionsfelder sein, die bei einer gegebenen Bildschirmauslegung untergebracht werden können. Hier begründet die Nutzenfunktion die kleinstmögliche Seitenlänge. Weitere Vergrößerungen der Seitenlänge sind von einer Abnahme an für Funktionsfelder verfügbarer Bildschirmfläche begleitet. Wird die Seitenlänge der Funktionsfelder auf 66 Pixel erhöht, steht für diese horizontal neben dem Grafikbereich wieder Fläche zur Verfügung, wodurch sich die Anzahl der darstellbaren Funktionsfelder erhöht.

Von einer Vergrößerung der Bedienelemente ist allgemein ein Gewinn an Bedienzeit zu erwarten. Ist dieser Bedienzeitgewinn über die möglichen Größenvariationen konstant, wie nach dem Fittschen Gesetz zu erwarten ist, bliebe lediglich zu entscheiden, ob ein möglicher Gewinn in der Bedienleistung die Verluste an Bildschirmausnutzung kompensiert. Ist die Beziehung zwischen Objektgröße und Positionierzeit allerdings nicht als konstant, sondern als abhängig von verschiedenen Versuchsparametern anzusehen, muß die Positionierzeit unter jeder dieser Bedingungen festgestellt und der mögliche Positionierzeitgewinn bei Vergrößerung der Objekte in Relation zu den entstehenden Kosten gesetzt werden.

1.2 Platzierung von Bedienelementen

Arbeitsphysiologische Untersuchungen zeigen, daß die optimalen Bewegungsrichtungen für schnelle Bewegungen des Hand-Arm-Systems im Bereich des Mausebewegungsfeldes parallel zur lateralen Ebene verlaufen (Rohmert [7]). Eine Anordnung der Menüfelder im oberen oder unteren Bereich des Bildschirms muß unter diesem Gesichtspunkt als weniger effizient angesehen werden. Allerdings hat eine solche Auslegung (Bedienbereich oben) den Vorzug der direkten räumlichen Nähe zu den Standard-Menüoptionen, falls diese vorhanden sind. Insofern ist auch diese Gestaltungsvariante zu berücksichtigen. Keinerlei Vorteile sind hingegen für eine Position am unteren Bildschirmrand zu sehen, zumal dieser Bereich in der Regel für Statusmeldungen des Systems reserviert sein sollte. Damit reduziert sich die Frage nach der optimalen Position des Bedienbereichs auf die Varianten links, oben und rechts.

Neuropsychologischen Erkenntnissen zufolge sind unterschiedliche Spezialisierungen der beiden Gehirnhemisphären anzunehmen. Wender und Wagener [8] unterscheiden ein identifikatorisches von einem Lokalisationssystem. Das identifikatorische System, dem in der Mensch-Rechner-Interaktion die größte Bedeutung zukommt, ist (zumindest bei Rechtshändern) in der linken zerebralen Hemisphäre angesiedelt. Diese Hemisphäre steht direkt, d.h. ohne den Umweg transcallosaler Verbindungen mit der rechten Gesichtsfeldhälfte in Verbindung. Durch die Vermeidung des interhemisphärischen Transfers wird in der rechten Gesichtsfeldhälfte präsentierte Information mit um 5-40 ms kürzerer Reaktionszeit und um 47-52% geringerer Fehlerquote (Wittling [10]) verarbeitet. Zaidel [11] fand allerdings unter Verwendung von organisierten und nichtorganisierten bildhaften Szenen als Stimulusmaterial eher entgegengesetzte Effekte. Der Autor kommt zu dem Ergebnis, daß insgesamt die Reaktionszeiten bei Präsentation in der linken Gesichtsfeldhälfte kürzer sind und organisierte Bilder hier schneller wahrgenommen werden als in der rechten. Philipsen [5] konnte hingegen zeigen, daß bei der Positionierung des Menüitems auf der rechten Gesichtsfeldseite die Fehlerrate und die Suchzeiten

geringer ausfielen als bei einer Anordnung auf der linken Seite. Insgesamt können diese Ergebnisse als Hinweis für die Lokation von Bedienelementen auf der rechten Bildschirmseite interpretiert werden.

Lesen und Schreiben sind hochgeübte Tätigkeiten, die in unserem Kulturkreis von links nach rechts erfolgen. Entsprechend sind auch die perzeptiven Prozesse dieser Abfolge angepaßt: Rayner und Pollatsek ([6], S. 331 ff.) sowie Wickens ([9], S. 132) berichten übereinstimmend Untersuchungsergebnisse, die rechts eine perzeptive Spanne (Raumbereich, aus der bei einer Fixation Information entnommen wird) von drei- bis vierfacher Größe der perzeptiven Spanne links der Fixation nachgewiesen haben. Dies bedeutet zunächst, daß im rechten Gesichtsfeld mehr Information aufgenommen werden kann. Zudem liegt es nahe, Tätigkeitsabfolgen im Dialog mit ähnlichen Richtungsverläufen wie die "natürlichen" zu gestalten. Es ist nun von der Art der Dialogführung abhängig, welche Position des Bedienbereiches die vorteilhaftere darstellt. Bei einem objektorientierten Dialogprinzip (Objekt-Aktions-Syntax) wäre die vorherrschende Bewegungsrichtung von der Grafik hin zum Bedienbereich. Einer Anordnung des Bedienbereiches auf der rechten Seite des Bildschirms wäre hiernach der Vorzug zu geben. Diese Platzierung würde zudem den Vorteil einer direkten räumlichen Kompatibilität mit der Führung der Maus durch die rechten Hand erbringen.

2 Methode

2.1 Experiment 1

Als Pilotexperiment wurde eine Studie durchgeführt, bei der ein Benutzer mit mehrjähriger Computer- und Mauspraxis textuelle Menüoptionen eines CAD-System anfahren mußte, welche in Position und Größe variierten. Eingesetzt wurde eine SUN 3/60 und eine optische SUN-Maus. Das C/D-Verhältnis zwischen Mausweg und -anzeige betrug konstant 1:2.3 (ohne Akzellerator). Als Mausverfahrzeit wurde die Zeit von der Selektion eines Startitems bis zur Erreichung des Zielitems registriert.

Als Menüdatei wurde eine Eigenentwicklung eingesetzt. Das Experiment fand an einem 19"-Bildschirm mit einer Auflösung von 1152 * 900 Punkten statt, wobei ein Pixel ca 0.3 mm entspricht. In diesem ersten Experiment sollte die Kanalbreite ermittelt werden, mit der die Items ohne hemmende Wirkung selektiert werden konnten. Dabei wurden nur horizontale Mausverfahrwege in die Auswertung einbezogen. Die Itemlänge wurde entsprechend dem Fittschen Gesetz so variiert, daß der ID-Wert (4 bit) konstant blieb. Bei Gültigkeit des Fittschen Gesetzes dürften dann bei unterschiedlichen Weglängen keine Zeitdifferenzen beobachtet werden.

2.2 Experiment 2

In einem zweiten Experiment wurde die Größe und Position der Funktionsfelder zweier Unix-basierter CAD-Systeme auf einem PC simuliert. In der quadratischen Auslegung sowie in zwei Ausprägungen der Variablen "Größe" entsprachen die anzufahrenden Funktionsfelder visuell denen der grafischen Funktionsfelder eines 2D-CAD-Systems (Nestler Electronics phönix) und eines 3D-CAD-Systems (strässle solid V2.00 beta). Neben den simulierten Seitenlängen von 24 bzw. 36 Pixeln wurde zusätzlich eine dritte Ausprägung mit 48 Pixeln realisiert. Die Position der Funktionsfelder lag abwechselnd am linken, oberen und rechten Bildschirmrand. Die Variation der Versuchsfaktoren erfolgte randomisiert, jede der 9 Kombinationen wurde zehnmal pro Versuchsperson erhoben. Die Prozedur erforderte die Selektion eines Startitems und anschließend die des Zielitems. Der Abstand zwischen Startitem und Zielitem wurde konstant gehalten; er entsprach 450 Pixeln auf einem 19" Bildschirm mit 1152 * 900 Punkten Auflösung.

Es wurde die Zeitspanne, die zwischen der Selektion des Startitems und der Selektion des Zielitems lag als Positionierzeit des Pointers (= Mausverfahrzeit) sowie die entsprechende Trefferquote registriert. An dem Versuch nahmen sechzehn männliche Versuchspersonen teil.

3 Ergebnisse

3.1 Experiment 1: Einfluß der Kanalbreite

In Abb. 2 ist das Ergebnis des ersten Experimentes bezogen auf den Einfluß der Kanalbreite dargestellt. Erst ab einer Kanalbreite von 50 Pixel werden die Mausverfahrzeiten nicht mehr signifikant beeinflusst. Darunter finden sich deutliche Abhängigkeiten der Verfahrzeiten von der Kanalbreite.

Die Mausverfahrzeiten zeigen bei den untersuchten Kanalbreiten einen deutlichen Weganteil. Über alle Durchgänge liegt der durch den Weg zur erklärende Varianzanteil bei ca. 19%. Die Kanalbreite erklärt ca. 25% der Varianz. Nicht signifikant unterschiedlich sind die Weglängen 200 und 350 sowie 650 und 800.

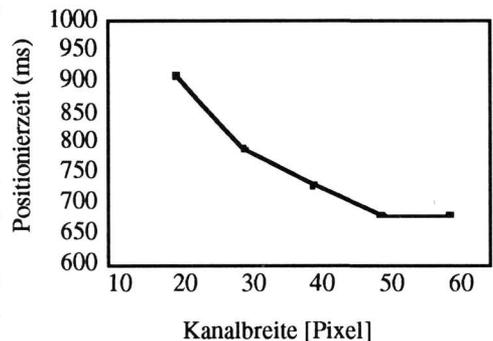


Abb. 2: Mauspositionierzeit bei verschiedenen Kanalbreiten

3.2 Experiment 2

3.2.1 Größe der Funktionsfelder

Die Größe der Funktionsfelder übt einen deutlichen Einfluß auf die Selektionszeiten aus. Im Mittel werden für das Anfahren des Funktionsfeldes mit 24 Pixeln Seitenlänge 1014 ms, für eine Seitenlänge von 36 Pixeln 875 ms und für eine Seitenlänge von 48 Pixeln 796 ms benötigt. Dieser Effekt zeigt sich sowohl univariat als auch im multivariaten Test der Selektionzeiten und Fehlerwerte signifikant (Pillais-V=0.89566, approx.F [4,60] = 12.16554, $p < 0.001$). Mit einer Differenz von 139 ms zwischen Bedienfeldern von 24 und 36 Pixeln Größe in Relation zu der Differenz von 79 ms zwischen der Größe 36 und 48 fällt der Anstieg in der Positionierzeit bei einer Verkleinerung des Funktionsfeldes auf 24 Pixel überproportional aus.

Insgesamt deutet sich hier ein nichtlinearer Effekt an. Das Fittsche Gesetz formuliert einen logarithmischen Zusammenhang, der die Daten gut approximiert (Abb. 3, die Gerade gibt den Verlauf einer perfekt logarithmischen Funktion wieder). Eine Anwendung des Fittschen Gesetzes auf die Abschätzung der Leistungsveränderung bei Variation der Größe von Bedienelementen erscheint aufgrund dieser Ergebnisse möglich.

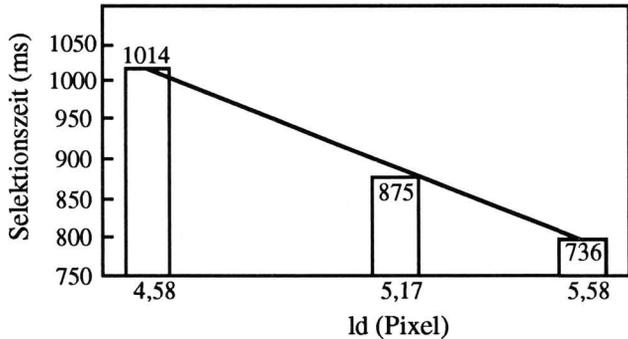


Abb. 3: Selektionszeiten bei 24, 36 und 48 Pixeln Bedienfeldgröße (ld X)

Die Überprüfung des Fittschen Gesetzes wurde auf die Frage ausgedehnt, ob auf verschiedenen Bildschirmpositionen unterschiedliche Größenfunktionen vorgefunden werden. Die bei Positionierung des Zielitems am linken, oberen und rechten Bildschirmrand erhaltenen Größenfunktionen unterscheiden sich in ihrem Verlauf. Besonders für die Position "links" werden Abweichungen der Selektionszeit und der Trefferrate von der Linearität der Funktion festgestellt. Ebenso weist die Selektionszeitfunktion für die Bildschirmposition "rechts" einen Knick auf. Dagegen verlaufen die Selektionszeiten in der oberen Bildschirmposition linear. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, daß es auf unterschiedlichen Bildschirmpositionen zu unterschiedlichen Größenfunktionen kommt. Damit würde das Postulat einer generellen Anwendbarkeit des Fittschen Gesetzes in Frage gestellt.

3.2.2 Position der Bedienelementer

Hinsichtlich der Eignung der Bildschirmpositionen wurde die Hypothese formuliert, daß die perceptiven Basisprozesse für eine Platzierung der Bedienelemente auf der rechten Bildschirmseite sprechen. Abb. 4 zeigt die entsprechenden Daten. Bei weitgehender Konstanz der Trefferquote kann diese Entscheidung allein von den Positionierzeiten abhängig gemacht werden. Diese fallen, der Ausgangshypothese entsprechend, auf der rechten Bildschirmseite mit 877 ms um 17 ms kürzer aus als bei Positionierung am oberen Bildschirmrand, dort wiederum 21 ms kürzer als bei Positionierung der Bedienelemente links.

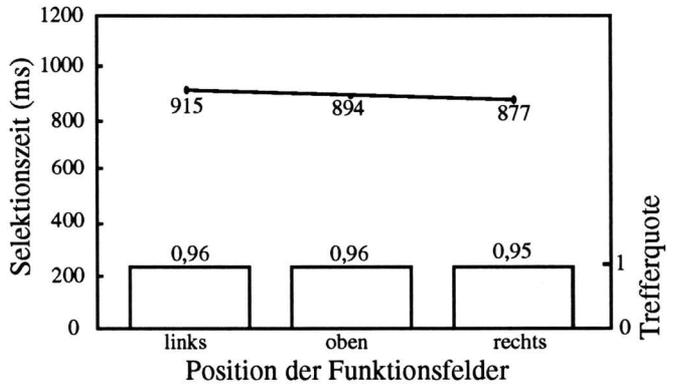


Abb. 4: Selektionsleistung bei Bedienelementposition links, oben, rechts

4 Diskussion und Gestaltungsvorschläge

4.1 Größe

Aufgrund der Ergebnisse des ersten Experimentes sollten — quadratische Bedienelemente vorausgesetzt — Seitenlängen von um die 50 Pixel ausreichen, um eine schnelle Positionierung zu gewährleisten.

Die Schwierigkeit, eine generelle Gestaltungsempfehlung zur optimalen Größe von Bedienelementen abzugeben, hängt mit zwei Faktoren zusammen. Zum einen ist nach den vorliegenden Ergebnissen zweifelhaft, ob die von Fitts [3] postulierte invariante Beziehung zwischen Größe und Positionierleistung gegeben ist. Zum anderen ist, wie oben

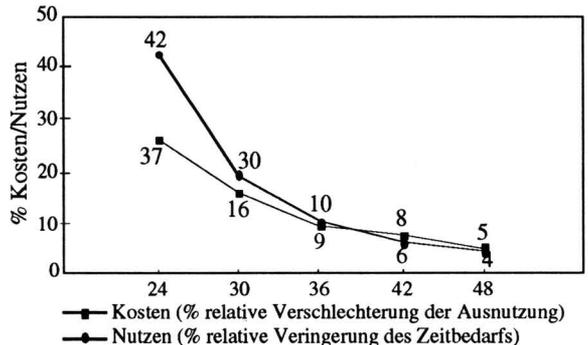


Abb. 5: Kosten und Nutzen der Variation der Bedienelementgröße

diskutiert, der mögliche Gewinn an Selektionszeit immer in Beziehung zu setzen zu den Kosten, die durch die Vergrößerung der Bedienelemente entstehen. Als allgemeine Regel könnte gefordert werden, die Größe von Bedienelementen so anzupassen, daß an dem durch diese Größe definierten Punkt die Steigung der Selektionsleistungsfunktion die einer definierten Kostenfunktion übertrifft. In Abb. 5 sind die Kosten als prozentuale Verschlechterung des ermittelten Ausnutzungsgrades bei einer bestimmten Bedienfeldgröße (vgl. Abb.1) gegen den relativen Nutzen durch Verringerung des Selektionszeitbedarfs (in % des maximalen Selektionszeitbedarfs) abgetragen.

Deutlich wird, daß der Selektionszeitbedarf mit wachsender Elementgröße schneller abnimmt als sich der relative Ausnutzungsgrad verschlechtert. Aufgrund dieser Relation kann die optimale Größe eines Bedienfeldes durch den Punkt bestimmt werden, an dem sich die beiden Funktionen schneiden. Dies ist bei etwa 42 Pixel der Fall. Unterhalb dieses Punktes wird eine verbesserte Flächenausnutzung durch eine überproportionale Verlangsamung der Selektionszeit erkauft, oberhalb dieses Punktes führt eine Vergrößerung der Bedienfelder zu einer relativ zum Flächenverbrauch geringen Selektionszeitverkürzung.

4.2 Platzierung

Die in Experiment 2 gezeigten Positionierleistungen sprechen für eine Platzierung der Bedienelemente an der rechten Bildschirmseite. Dieses Fazit steht in Einklang mit wahrnehmungs- und neuropsychologischen Befunden, die auf eine Überlegenheit der rechten Gesichtsfeldseite in der Steuerung der untersuchten Wahrnehmungs- und Motorikprozesse hindeuten. Ebenfalls in Übereinstimmung dazu stehen die Überlegungen, die zum förderlichen Einfluß einer kompatiblen Auge/Hand-Koordination angestellt wurden.

In der konkreten Gestaltungsarbeit muß eine Abwägung zwischen einer möglichen Verbesserung der Selektionsleistungen und weiteren Nebeneffekten vorgenommen werden. Eine schon angesprochene Schwierigkeit ergäbe sich bei Vorherrschen einer operationsorientierten Dialogsyntax. Auch gilt es zu bedenken, daß Standardmenüzeilen, sofern diese verwendet werden, in aller Regel linksbündig angeordnet sind. Eine Positionierung des Bedienfeldes auf der rechten Seite würde zusätzliche Verfahrenwege beim Wechsel in die Menüs bedingen. Kaskadierende Untermenüs sind sinnvollerweise entsprechend der vorherrschenden Arbeitsrichtung rechtsseitig an die aufrufenden Menüseiten angebunden. Ordnet man das Standardmenü nun rechtsbündig an, so müßte zumindest für einige der Untermenüs die Arbeitsrichtung umgekehrt werden, was nicht unbedingt empfehlenswert erscheint. Dieses Problem verschärft sich, wenn aus dem Bedienbereich weitere Subelemente wie Menü, Dialog-

boxen oder Property sheets aufgerufen werden können. In diesen Fällen erscheint die rechtsseitige Anordnung der Bedienelemente als ungünstig und sollte unterbleiben.

5 Literatur

- [1] Card, S.K., English, W.K. & Burr, B.J. (1978). Evaluation of mouse, rate-controlled isometric joystick, step keys, and text keys for text selection on a CRT. *Ergonomics*, 21 (8), 601-613.
- [2] Eigner, M. (1992). Gestaltung von CAD-Benutzerschnittstellen aus der Sicht der Praxis. Vortragsmanuskript, GI-Workshop "Gestaltungsempfehlungen für Benutzeroberflächen von CAD-Systemen" am 11.6.1992 in Darmstadt.
- [3] Fitts, P.M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, (47) 6, 381-391.
- [4] Gesellschaft für Informatik (1991), Gestaltungsempfehlungen für Benutzungsoberflächen von CAD-Systemen. Fachausschuß 4.2, Fachgruppe 4.2.1, Arbeitskreis AK 2.
- [5] Philipsen, G. (1992). Fokussierte und verteilte Aufmerksamkeit in der Suche nach CAD-Menüoptionen. Diss. Universität Bremen. Aachen: Shaker.
- [6] Rayner, K. & Pollatsek, A. (1987). Eye movements in reading - A tutorial review. In: M. Coltheart (Ed.), *Attention and Performance XII - The Psychology of Reading*, pp. 327-362. Hillsdale: Erlbaum.
- [7] Rohmert, W. (1987). Physiological and psychological work load measurement and analysis. In: G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors*. Wiley, 402-428.
- [8] Wender, K.-F. & Wagener, M. (1990). Zur Verarbeitung räumlicher Informationen: Modelle und Experimente. *Kognitionswissenschaft*, 1, 4-14.
- [9] Wickens, C.D. (1984). *Engineering Psychology and Human Performance*. Columbus: Charles Merrill.
- [10] Wittling, W. (1992). Hemisphäreninteraktion, Leistung und Belastung. In: H. Bubb & W. von Eiff (Ed.), *Innovative Arbeitssystemgestaltung*, pp. 21-35. Köln: Bachem.
- [11] Zaidel, D.W. (1987). Hemispheric asymmetry in memory for pictorial semantics in normal subjects. *Neuropsychologia*, 25(3), 487-495.

Dr. Geerd Philipsen
Dr.-Ing. Willi Schwier
Universität Bremen
Fachbereich Produktionstechnik
Badgasteiner Str. 1
2800 Bremen 33