

Einfluß von Visualisierung und Kommandostruktur auf das Problemlösen an einer Prototypendatenbank

Udo Arend, Heidelberg/Darmstadt

Zusammenfassung

Es wird experimentell untersucht, wie sich die Faktoren Visualisierung von Informationen auf der Systemoberfläche und funktionale Struktur von Kommandos auf das Bearbeiten einer Aufgabe an einem Prototypendatenbanksystem auswirken. Als abhängige Variablen wurden Bearbeitungszeiten von Handlungssequenzen und Fehlermuster erhoben, die aufgrund einer erweiterten GOMS-Modellbeschreibung operationalisiert wurden. Es zeigt sich eine Wechselwirkung zwischen den Versuchsbedingungen in der Art, daß solche Oberflächen die Performanz verbessern, wenn sie entweder funktional mächtige Kommandos anbieten, bei der nur auf Elementaroperationen bezogene Information visualisiert wird, oder Elementaroperationen ähnliche Kommandos angeboten werden, dann aber auch kontextuelle Information permanent visualisiert wird. Die Bedeutung für den Benutzeroberflächenentwurf wird daraufhin diskutiert.

1. Einleitung

Bei der Bearbeitung von Aufgaben an Datenbanksystemen, bei denen Inhalte von Relationen (Daten) verändert werden müssen, spielen Fragen, wie kann der momentane Zustand während der Aufgabenbearbeitung am System transparent gemacht werden (Gedächtnisentlastung durch externe visuelle Repräsentation, s.a. Muthig & Schönplflug, 1981) eine ebenso wichtige Rolle, wie das Problem, eine zum mentalen Modell der Handlungsschritte kongruente Funktionalität auf der Systemseite zu erzielen (s.a. Norman, 1983). Weitgehend ungeklärt scheint dabei zu sein, inwieweit bei der Planung eines Handlungsschrittes, auch kontextuelle Information vorheriger und folgender Schritte den aktuellen Entscheidungsprozeß beeinflusst. Wenn dies der Fall sein sollte, müßte eine Visualisierung dieser Information die Aufgabenbearbeitung effektivieren und Fehler reduzieren. Möglicherweise interagiert dieser Faktor aber mit der Art der Operationen, die das Programmsystem dem Benutzer anbietet. Wenn wenige, aber funktional mächtige Operationen angeboten werden, die in sequentiellen Schritten den Benutzer zu Elementaraktionen auffordern, wird möglicherweise die kontextuelle Information weniger berücksichtigt (eingeschränkter Handlungsspielraum), als wenn der Benutzer zwischen zahlreicheren, aber weniger mächtigen Operationen entscheiden

kann. In diesem Fall besitzt der Benutzer einen größeren Handlungsspielraum und damit die Möglichkeit, seine Handlungsplanung effektiver dem Problem anzupassen (s.a. Ackermann, 1987). Um dieses Potential aber ausschöpfen zu können, könnte vermutet werden, muß auch zusätzliche Information extern repräsentiert werden. In dem nachfolgenden Experiment soll untersucht werden, ob tatsächlich eine Austauschbeziehung der postulierten Art besteht.

2. Experiment

Zur Untersuchung der Fragestellung wurde als **Aufgabenbereich** der Entwurf eines Stundenplanes an dem Fachbereich einer Hochschule gewählt. Die Versuchspersonen führten in einem Experiment die Phase des Stundenplanentwurfes durch, bereits definierte Paare aus Veranstaltung und Dozent in einen Wochenstundenplan einzutragen. Dabei standen verschiedene Räume zur Verfügung, und eine Reihe weiterer Randbedingungen (s.u.) mußten beachtet werden. Im Sinne von Dörner (1976) handelt es sich um eine Problemlöseaufgabe, da die Abfolge der einzelnen Schritte nicht im voraus festgelegt ist. Nach Holyoak (1984) ist die Aufgabe bzw. das Problem wohldefiniert, da der Ausgangszustand (die Liste der Dozenten-Veranstaltungs Paare) und der Zielzustand (einen fertigen Stundenplan zu entwickeln) eindeutig festgelegt sind. Die Freiheitsgrade ergeben sich durch die individuelle Vorgehensweise verbunden mit mehreren möglichen Lösungen, durch die Möglichkeit in Konfliktsituationen zu geraten (Randbedingungen würden verletzt) und dadurch, daß während der Erarbeitung der Lösung (Bewegen durch ein Handlungsnetz, s.a. Österreich, 1981) permanent Entscheidungen über den nächsten Schritt getroffen werden müssen. Die Aufgabe wurde an einem, speziell hierfür entwickelten **experimentellen Datenbanksystem** ausgeführt. Die Funktionalität des Programmes und die zugrundeliegende Datenbankstruktur wurde aufgrund einer Aufgabenanalyse entwickelt, die durch schriftliche Befragung im Vorfeld mit 24 Personen durchgeführt wurde. Aus der Befragung konnte zum einen das mentale Modell des Problemlösers, bestehend aus der Beziehung verschiedener Aufgabenkomponenten extrahiert werden, zum anderen konnte ermittelt werden, welche Informationen, Tabellen, Listen usw. dem Bearbeiter vorliegen müssen, und weiterhin wie Handlungskomponenten zeitlich aufeinanderfolgen. Ziel des Programmentwurfes war es zudem, Ergebnisse zur Menügestaltung (s.a. Williams, 1988), zur Visualisierung von Systemzuständen (s.a. Myers, 1986), zu Eingabeaufforderungen und Systemrückmeldungen (s.a. McKendree & Carroll, 1987) von vornherein zu implementieren, und eine weitgehend direkt-manipulative Oberfläche (s.a. Shneiderman, 1983; Hutchins, Hollan & Norman, 1986; Beringer, 1988) zu gestalten, bei der direkt auf und innerhalb von Objekten operiert wird. Eine weitere Besonderheit des Programmes liegt darin, daß einerseits durch das Programm Entscheidungshilfen gegeben werden und Verletzungen von Restriktionen (Überschneidungen von Veranstaltungen usw.) verhindert werden, andererseits der Benutzer aber die volle Entscheidungsfreiheit be-

sitzt, welche Veranstaltungen er zu welchen Zeitpunkten plazieren möchte. (s.a. Ulich, 1984).

2.1 Methode

2.1.1 Versuchspersonen

An dem Experiment nahmen insgesamt 32 Studenten (16 Frauen und 16 Männer) aus verschiedenen Fachbereichen der Universität Heidelberg teil, die keine oder nur geringe EDV-Vorerfahrung besaßen. Das Durchschnittsalter der VPn betrug 25.4 Jahre. Die VPn wurden für ihre Teilnahme an dem Experiment bezahlt.

2.1.2 Aufgaben

In der Aufgabebearbeitungsphase bekam jede Versuchsperson eine Liste von insgesamt 26 Paaren, bestehend aus Veranstaltung und einem zugeordneten Dozenten aus verschiedenen Semestern, die mit Hilfe des Programmes in einen Stundenplan zu plazieren waren. Dabei waren insgesamt acht zusätzliche Restriktionen in der Aufgabenbeschreibung vorgegeben, z.B. das 1. Semester darf nicht mehr als 6 Vorlesungsstunden pro Tag bekommen oder der Dozent X möchte nur dienstags Veranstaltungen halten usw. Die VPn sollten die Veranstaltungen so in Wochenpläne verschiedener Räume eintragen, daß alle zusätzlichen Bedingungen erfüllt waren.

2.1.3 Versuchsplan

Dem Experiment lag ein zweifaktorielles Design, jeweils zweifach gestuft zugrunde. Jeweils acht Personen führten eine Versuchsbedingung durch. Der Faktor Visualisierung wurde gestuft in 'vollständige Visualisierung' und 'handlungsabhängige Visualisierung' und kombiniert mit dem Faktor Operationseinheiten, der gestuft wurde in 'sequentielle Abfrage' versus 'parallele Verfügbarkeit'. Abhängige Variablen waren Art und Zeit der Benutzeraktionen, die in einer Datei registriert wurden.

2.1.4 Versuchsbedingungen

Der Faktor 'Visualisierung' läßt sich wie folgt beschreiben: der Bildschirm war in fünf, durch unterschiedliche Hintergrundfarben gekennzeichnete Fenster unterteilt. In einem unteren horizontalen Fenster wurden Kommandos in Form einer Menüleiste dargeboten. Rechts oberhalb wurde die Liste mit Räumen und Zusatzinformationen gezeigt. Links davon fand sich die Liste mit den jeweiligen Paaren aus Dozent und Veranstaltungen. Über diesen beiden Fenstern erschien ein Wochenstundenplan mit den bereits eingetragenen Veranstaltungen. Die Kopfzeile des Bildschirms informierte die Versuchsperson über die gewählte Sicht, das Semester, den gewählten Dozenten und den gewählten Raum. In der Bedingung mit vollständiger Visualisierung waren alle Fenster präsent, unabhängig davon, welche Elementaroperation gerade durchgeführt wurde. In der Bedingung mit handlungsabhängiger Visualisierung wurde nur das Fenster angezeigt, auf dem gerade eine Operation ausgeführt wurde.

| Version: PV-VV | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---------|----------|---------|----------|---------|------------|---------|---------|---------|-----------------------|--------------|
| > Studentenplan - Sicht gewählt für 1.Semester | | | | | | | | | | | | Raum: 11/ 23 |
| TAG | Montag | | Dienstag | | Mittwoch | | Donnerstag | | Freitag | | | |
| ZEIT | V_NAM | DOZ_NAM | V_NAM | DOZ_NAM | V_NAM | DOZ_NAM | V_NAM | DOZ_NAM | V_NAM | DOZ_NAM | | |
| 08:00 | ... | | | | | | | | | | | |
| 08:55 | ... | | | | | | | | | | | |
| 09:50 | ... | | | | | | | | | | | |
| 10:45 | ... | | | | | | | | | | | |
| 11:40 | ... | | | | | | | | | | | |
| 12:35 | ... | | | | | | | | | | | |
| 13:30 | ... | | | | | | | | | | | |
| 14:25 | ... | | | | | | | | | | | |
| 15:20 | ... | | | | | | | | | | | |
| 16:15 | ... | | | | | | | | | | | |
| 17:10 | ... | | | | | | | | | | | |
| 18:05 | ... | | | | | | | | | | | |
| Gefundene unverteilte Veranstaltungen aller Dozenten | | | | | | | | | | | GEB/RAUM R_ART R_GROE | |
| V_NAM | DOZ_NAM | V_SWS | V_TYP | V_MS | TEILN | Z | 11- 23 | VS | 120 | | | |
| Mathematik für Sozialwiss Sch | 2 | VL | 1 | 70 | 12-344 | SR | 50 | | | | | |
| Üb. Grundlagen der Psycho Cla | 2 | ÜB | 1 | 30 | 12-331 | SR | 50 | | | | | |
| Üb. Grundlagen der Psycho Mey | 2 | ÜB | 1 | 30 | | | | | | | | |
| Üb. Mathematik für Sozial Sch | 2 | ÜB | 1 | 50 | | | | | | | | |
| Z_Plaz_Veranst wählen Z_Entf_Veranst wählen Raum wechseln | | | | | | | | | | | | |
| Mit Maus Option anwählen (hinterlegtes Feld), dann rechte Maus-Taste drücken | | | | | | | | | | | | |

| > Studentenplan - Sicht gewählt für 1.Semester OP: PLAZIEREN | | | | | | | | | | | | | Raum: 11/ 23 |
|--|---------|---------|----------|---------|----------|---------|------------|---------|---------|---------|-----------------------|--|--------------|
| TAG | Montag | | Dienstag | | Mittwoch | | Donnerstag | | Freitag | | | | |
| ZEIT | V_NAM | DOZ_NAM | V_NAM | DOZ_NAM | V_NAM | DOZ_NAM | V_NAM | DOZ_NAM | V_NAM | DOZ_NAM | | | |
| 08:00 | ... | | | | | | | | ### | | ### | | |
| 08:55 | ... | | | | | | | | ### | | ### | | |
| 09:50 | ... | | | | | | | | ### | | ### | | |
| 10:45 | ... | | | | | | | | ### | | ### | | |
| 11:40 | ... | | | | | | | | ### | | ### | | |
| 12:35 | ... | | | | | | | | ### | | ### | | |
| 13:30 | ... | | | | | | | | --- | | --- | | |
| 14:25 | ... | | | | | | | | --- | | --- | | |
| 15:20 | ... | | | | | | | | --- | | --- | | |
| 16:15 | ... | | | | | | | | --- | | --- | | |
| 17:10 | ... | | | | | | | | --- | | --- | | |
| 18:05 | ... | | | | | | | | --- | | --- | | |
| Gefundene unverteilte Veranstaltungen aller Dozenten | | | | | | | | | | | GEB/RAUM R_ART R_GROE | | |
| V_NAM | DOZ_NAM | V_SWS | V_TYP | V_MS | TEILN | Z | 11- 23 | VS | 120 | | | | |
| + Mathematik für Sozialwiss Sch | 2 | VL | 1 | 70 | 12-344 | SR | 50 | | | | | | |
| Üb. Grundlagen der Psycho Cla | 2 | ÜB | 1 | 30 | 12-331 | SR | 50 | | | | | | |
| Üb. Grundlagen der Psycho Mey | 2 | ÜB | 1 | 30 | | | | | | | | | |
| Üb. Mathematik für Sozial Sch | 2 | ÜB | 1 | 50 | | | | | | | | | |
| Bitte markieren Sie im Stundenplan (ein) freie(s) Feld(er) zum Eintragen (mit Maus hinbewegen, linke Mt=markieren, rechte Mt=trägt ein und beendet) | | | | | | | | | | | | | |

Abb. 1: Beispiel zweier Systemzustände des Sequenztypes 'Plazieren einer Veranstaltung' für die Versuchsbedingung PV-VV

Der Faktor 'Operationseinheiten' bezeichnet die Art der zur Verfügung stehenden Kommandos und deren Abarbeitung. Im Falle der 'sequentiellen Abfrage' standen der Versuchsperson relativ wenige, dafür aber funktional mächtigere Kommandos zur Verfügung, die sich aus einer Folge von Elementaroperationen zusammensetzten. Nach Aufruf eines solchen Kommandos wurde die Versuchsperson sequentiell und in einer festen Reihenfolge zu Elementaroperationen aufgefordert. Diese Operationen wurden immer direkt in dem zugeordneten Fenster ausgeführt, wie beispielsweise Wahl eines Raumes oder Eintragen einer Veranstaltung. Im Falle der 'parallelen Verfügbarkeit' dagegen konnte die Versuchsperson direkt unter Kommandos wählen, die den Elementaroperationen entsprachen. Dadurch erhöht sich die Anzahl von Kom-

mandos, aber die Versuchsperson hat die Möglichkeit ihren eigenen Handlungsplan flexibler zu entwerfen. In Abbildung 1 sind beispielhaft für jede Versuchsbedingung je zwei Systemzustände gezeigt: einmal vor Beginn der Teilhandlung 'Plazieren einer Veranstaltung', und zum anderen der Systemzustand vor Eintragen einer Veranstaltung in den Stundenplan.

Insgesamt ergeben sich also vier Versuchsbedingungen, die wie folgt bezeichnet werden:

- 1.) SA-HV: sequentielle Abfrage, handlungsabhängige Visualisierung
- 2.) SA-VV: sequentielle Abfrage, vollständige Visualisierung
- 3.) PV-HV: parallele Verfügbarkeit, handlungsabhängige Visualisierung
- 4.) PV-VV: parallele Verfügbarkeit, vollständige Visualisierung

2.1.5 Versuchsablauf

Der Versuch gliederte sich in eine ungefähr zweistündige Lernphase und eine nachfolgende Aufgabenbearbeitungsphase. Die Versuchspersonen erhielten in der Lernphase einen schriftlichen Tutor, der sie ermutigte, explorativ (s.a. Carroll, J.M. et al., 1985; Charney, D.H. & Reder, L.M., 1986) das mit einer 'Spielwiese' gestartete Programm zu erlernen. Als Zeitkriterium wurde nur das subjektive Beherrschen des Programmes gesetzt. In der Aufgabenbearbeitungsphase wurde Ihnen die schriftliche Aufgabe und eine Liste aller zu platzierenden Veranstaltungen vorgelegt. Es durften keine externen Hilfsmittel wie Papier und Bleistift verwendet werden, aber der Stundenplan konnte jederzeit ausgedruckt werden. Die Aufgabe sollte so schnell, aber auch so korrekt wie möglich, an dem Stundenplanentwurfsprogramm bearbeitet werden. Die VPn saßen in einem schallisolierten Versuchsraum an einem PC-Arbeitsplatz, der in Arbeitsbereiche eingeteilt war. Der Versuch wurde an einem IBM PS2/60 System mit VGA-Farbmonitor und Graphikdrucker durchgeführt. Zur Steuerung des Programmes benutzten die VPn ausschließlich eine Zwei-Finger Maus. Der Versuchsleiter konnte die Aktionen der Versuchsperson in einem Beobachtungsraum über zwei Video-Monitore kontrollieren.

2.1.6 Versuchsauswertung

Im Hintergrund des Programmes lief ein 'keystroke-recording' Programm mit, welches jeden Tastendruck der Vp einschließlich Zeit, Programmteil und aktive Variable registrierte und auf einer Datei ablegte. Um differenzierte Aussagen über das Benutzerverhalten zu treffen, schien es nicht ausreichend, nur Gesamtbearbeitungszeiten zu erfassen. Mit Hilfe eines erweiterten GOMS-Modells (Card, Moran & Newell, 1983), in der eine propositionale Schreibweise mit inhaltlich bedeutsamen Prädikaten eingeführt wurde, wurde eine systemabhängige Aufgabenbeschreibung vorgenommen. Mit Hilfe dieser GOMS* Beschreibung lassen sich hierarchisch-sequentielle und zielabhängige Operationssequenzen bilden. Als Analyseebene des Experimentes wurde eine Ebene der Modellbeschreibung gewählt, die abgeschlossene Teilhandlungen betrachtet. Solche abgeschlossene Teilhandlung ist beispielsweise ein Plazieren-Zyklus, der aus Elementarhandlungen, wie Aufruf der Plazieren-Operation, Wahl eines Raumes, Wahl einer Veranstaltung und Eintragen der Veranstaltung in den Stundenplan besteht. Weitere Teilhandlungen sind beispielsweise der Wechsel einer Menüebene, das Verschieben einer Veranstaltung, oder das sich anzeigen lassen des Stundenplans für verschiedene Räume. Durch Bildung der Modellbeschreibung und Wahl der Analyseebene

ist es nun möglich, aus der 'keystroke'-Datei eindeutige und sinnvolle Sequenzen zu bilden. Innerhalb dieser Sequenztypen (z.B. Plazieren einer Veranstaltung) wurden nun eine Reihe von weiteren Größen operationalisiert. Dazu gehört die gesamte Bearbeitungszeit einer Sequenz, die mentale Planungszeit ehe eine Sequenz begonnen wird, verschiedene Fehlermaße, wie Fehlschläge der Operationssequenz und Wiederholungen bis zum Erreichen des Teilzieles. Für eine Versuchspersonen können daraus absolute Häufigkeiten einzelner Sequenzen mit den dazugehörigen gemittelten Maßen für mittlere Bearbeitungszeiten, Planungszeiten und Fehlerhäufigkeiten gebildet werden.

2.2 Ergebnisse

Die gesamten Lern- bzw. Aufgabenbearbeitungszeiten für die vier Versuchsbedingungen sind in Abbildung 2 dargestellt.

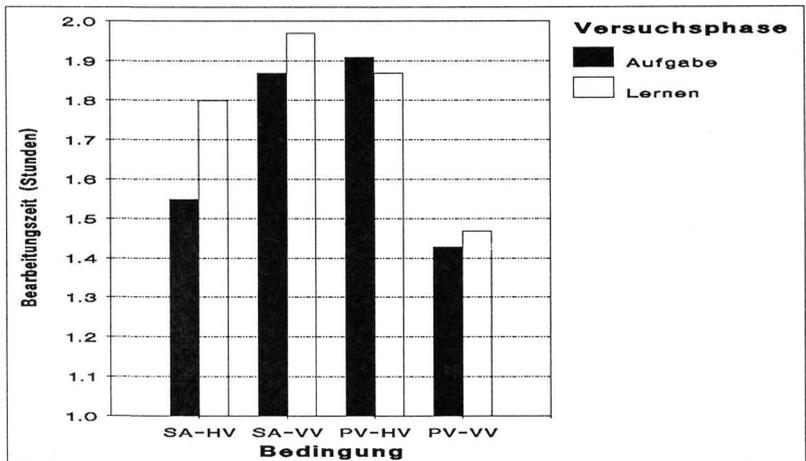


Abb. 2: Lern- und Aufgabenbearbeitungszeiten für die vier Versuchsbedingungen (SA-HV, SA-VV, PV-HV, PV-VV)

Es zeigt sich die erwartete Austauschbeziehung zwischen den Bedingungen 'sequentielle Abfrage' und 'parallele Verfügbarkeit' in Abhängigkeit von dem Faktor 'Visualisierung'. Die Gesamtbearbeitungszeiten für die Aufgabe ergeben einen Vorteil für die Bedingung 'sequentielle Abfrage mit handlungsabhängiger Visualisierung (SA-HV)' und 'paralleler Verfügbarkeit mit vollständiger Visualisierung (PV-VV)' gegenüber den beiden anderen Bedingungen von mehr als 20 min. Für die Gesamtbearbeitungszeiten wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse, einmal für die Aufgabenbearbeitungszeiten, zum anderen für die Lernzeiten gerechnet. Nur die Interaktion bei den Aufgabenbearbeitungszeiten zwischen dem Faktor Visualisierung und dem Faktor

Operationseinheiten ist signifikant ($F(1,28) = 11.63, p < .01$). Die Ergebnisse für die Lernphase zeigen ein ähnliches Bild, wenn auch die Interaktion Signifikanz knapp verfehlt ($F(1,28) = 3.89, p < .08$).

Diese Interaktion setzt sich auch fort in der mittleren Sequenzzeit für die Operation 'Plazieren einer Veranstaltung' und deren zugehörigen Fehler- bzw. Erfolgsmaßen (s. Abbildung 3). Dabei wurde die mittlere Sequenzzeit normiert auf jeweils eine erfolgreich eingetragene Veranstaltungsstunde. Mit MCE wurde bezeichnet, die Anzahl wiederholter Aufrufe der Sequenz Plazieren bis zum erfolgreichen Abschluß (Veranstaltungsstunde eingetragen). Mit NW wurde bezeichnet, die Anzahl abgebrochener Teilsequenzen Plazieren, wenn beispielsweise versucht wurde, eine Veranstaltung in einem Raum zu plazieren, der zu klein war. Mit NGF wurde bezeichnet, um wieviel Prozent weniger Veranstaltungsstunden pro Sequenz eingetragen wurden, als theoretisch möglich gewesen wäre.

Die zweifaktorielle Varianzanalyse ergibt eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren 'Visualisierung' und 'Operationseinheiten' ($F(1,28) = 7.35, p < .05$) für die normierte Sequenzzeit, ebenso wie für das Fehlermaß 'wiederholte Aufrufe Plazieren (MCE)' mit $F(1,28) = 10.45, p < .01$, 'erfolglose Beendigung Plazieren (NW)' mit $F(1,28) = 7.69, p < .01$ und für das Erfolgsmaß 'Anzahl plazierter Stunden (NGF)' mit $F(1,28) = 10.26, p < .01$. Kein anderer Faktor wurde signifikant.

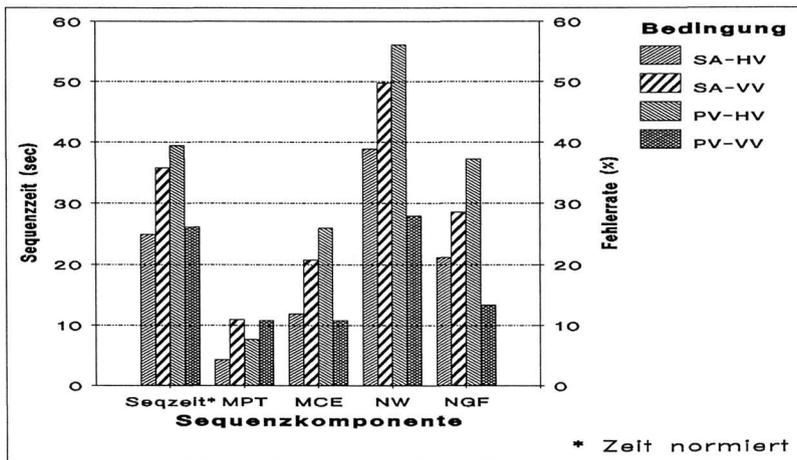


Abb. 3: Sequenzzeiten und Fehlerraten für den Sequenztyp 'Plazieren einer Veranstaltung' der vier Versuchsbedingungen (SA-HV, SA-VV, PV-HV, PV-VV)

Ein erster wichtiger qualitativer Unterschied zwischen den überlegenen Bedingungen SA-HV und PV-VV ergibt sich, wenn die Planungszeiten (MPT) verglichen werden. Planungszeit ist hier definiert als diejenige Zeit, die nach Beendigung einer Sequenz verstreicht, ehe eine neue Sequenz begonnen wird (s. Abbildung 3, MPT). In der Varianzanalyse zeigt sich hier ein Haupteffekt mit kürzeren Planungszeiten für 'handlungsabhängige Visualisierung' gegenüber 'vollständiger Visualisierung' ($F(1,28) = 7.53, p < .01$). Der obengenannte Unterschied gilt beispielhaft für die Planungszeit des Sequenztyps 'Plazieren'.

Ein weiterer wichtiger qualitativer Unterschied ergibt sich, wenn die über alle Sequenztypen gemittelten Sequenzzeiten und die summierten Sequenzzahlen verglichen werden (s. Abbildung 4). Zum einen stehen diese beiden abhängigen Variablen in einer inversen Beziehung: kurze Sequenzzeiten sind verbunden mit einer größeren Anzahl von Sequenzen und umgekehrt. Zum anderen zeigt sich wieder ein Haupteffekt in Abhängigkeit des Faktors 'Visualisierung'. Für die Variable 'Sequenzzeit' ergibt sich für den Haupteffekt 'Visualisierung' $F(1,28) = 6.33, p < .02$, und für die Variable 'Sequenzanzahl' ergibt sich $F(1,28) = 8.9, p < .01$.

Auf weitere Unterschiede bezüglich Anzahl und Zeiten von Veränderungs- und Kontrolloperationen, auf Anzahl und Zeiten von Sichten- und Menüwechslern kann hier aus Platzgründen nicht eingegangen werden. Sie verstärken noch das Bild, welches sich aus den obengenannten Ergebnissen ergibt.

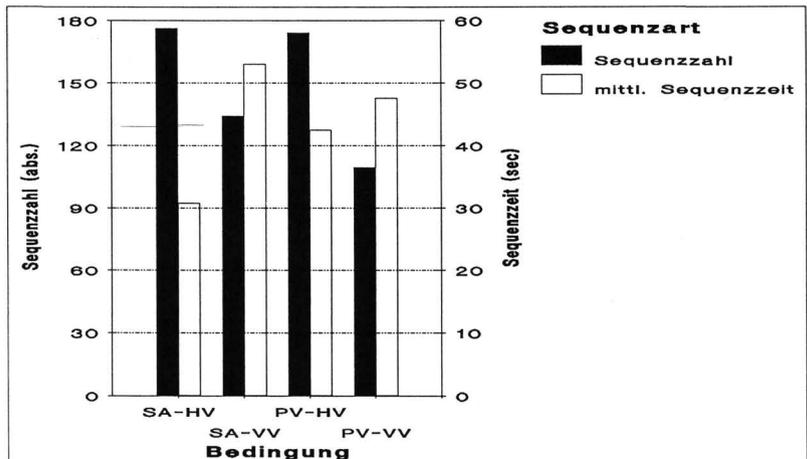


Abb. 4: Sequenzanzahl und Sequenzzeiten gemittelt über alle Sequenztypen für die vier Versuchsbedingungen (SA-HV, SA-VV, PV-HV, PV-VV)

3. Diskussion

Die Ergebnisse dieses Experimentes zeigen, daß die Art und Weise wie kontextuelle Information auf der Systemoberfläche visualisiert wird, einen starken Einfluß auf die Performanz haben. Von besonderer Wichtigkeit scheint dabei die Tatsache, daß eine ständige Visualisierung von handlungsbezogener Information nicht in jedem Falle für die Handlungsplanung und -ausführung nützlich ist. Die Art der Funktionalität des Systems bestimmt dabei, ob sich die Präsentation der für eine Elementarhandlung nicht relevanten Information förderlich oder hinderlich auf die Handlungsausführung auswirkt. Insbesondere hemmt eine externe Repräsentation von Information die Handlungsausführung, wenn durch das System die Abfolge von Elementaroperationen festgelegt wird. So erweist sich die Bedingung bei 'sequentieller Abfrage' als überlegen, bei der nur die für eine Elementaroperation relevante Information zur Verfügung steht. Auf der anderen Seite zeigt sich, daß wenn der Benutzer die Möglichkeit besitzt, sich eine Teilhandlung aus einzelnen Elementaroperationen selbst zusammenzustellen, externe Repräsentation von kontextueller Information von entscheidender Bedeutung dafür ist, ob eine effektive Handlungsplanung erfolgen kann.

Als weiteres wichtiges Ergebnis ist zu nennen, daß obwohl die Performanz in den Bedingungen SA-HV und PV-VV ähnlich ist, qualitative Unterschiede in Handlungsplanung und Durchführung bestehen. Die kürzeren Planungszeiten in der Bedingung SA-HV ebenso wie die kürzeren mittleren Sequenzzeiten lassen darauf schließen, daß die Bedingung SA-HV insbesondere eine schnellere Automatisierung von Handlungsabfolgen ermöglicht (s.a. Anderson, 1982) und zu einer Entlastung von mentaler Handlungsplanung führt. Die Bedingung PV-VV, dagegen, erlaubt eine Optimierung von Teilhandlungen. Diese Optimierung schlägt sich als Kosten in längeren Planungsauern verbunden mit längeren Sequenzzeiten nieder, aber mit dem Nutzen einer sehr effektiven Handlungsausführung mit wenigen Fehlern, die zu einer starken Abnahme der zur Aufgabenbearbeitung notwendigen Sequenzanzahl führt.

Für den Systementwurf lassen sich aus den Ergebnissen dieses Experimentes zwei alternative Vorgehensweisen ableiten. Die Resultate der Bedingung SA-HV legen den Schluß nahe, daß eine Oberfläche mit sequentieller Abfrage und handlungsabhängiger Visualisierung immer dort einsetzbar ist, wo Routineaufgaben bearbeitet werden müssen, wo wenige Fehlermöglichkeiten und klar definierte Ziele mit wenigen Freiheitsgraden bestehen. Dabei sollte der Benutzer nicht mit überflüssigen Visualisierungen belastet werden. Auf der anderen Seite zeigt sich, daß ein Mehr von weniger mächtigen Funktionen durch den Benutzer tatsächlich ohne Performanzeinbuße zur effektiveren Handlungsplanung genutzt werden kann, sofern die zur Handlungsplanung notwendige kontextuelle Information auch extern verfügbar ist. Eine Oberfläche dieser Art scheint immer angebracht, wenn schwer routinisierbare Problemlöseaufgaben vorliegen. Da sich für den Benutzer außerdem ein größerer Handlungs- und Entscheidungsspielraum ergibt (s.a. Ulich, 1984), kommt eine Oberfläche dieser Art den

Prinzipien der differentiell, dynamischen Arbeitsplatzgestaltung sicherlich näher. In diesem Zusammenhang bleibt weiter zu untersuchen, ob sich unterschiedliche Aufgabentypen auch unterschiedlich auf die beiden präferierten Oberflächentypen auswirken.

Literaturverzeichnis

- Ackermann, D. (1987). **Handlungsspielraum, mentale Repräsentation und Handlungsregulation am Beispiel der Mensch-Computer Interaktion**. Inauguraldissertation an der Universität Bern. Zürich: ADAG Administration & Druck AG.
- Anderson, J.R. (1982). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, **89**, 369-406.
- Beringer, J. (1987). **Cognitive aspects of direct manipulation interfaces** (Decus-Tagung '87 - Rom).
- Card, K., Moran, P. und Newell, A. (1983). **The psychology of human-computer interaction**. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Carroll, J.M., Mack, R.L., Lewis, C.H., Grischkowsky, N.L., & Robertson, S.R. (1985). Exploring exploring a word processor. *Human Computer Interaction*, **1**, 284-307.
- Charney, D.A. und Reder, L.M. (1986). Designing Interactive Tutorials for Computer Users. *Human-Computer Interaction*, **2**, 297-317.
- Dörner, D. (1976). **Problemlösen als Informationsverarbeitung**. Stuttgart: Kohlhammer.
- Hutchins, E.L., Hollan, J.D. und Norman, D.A. (1986). Direct Manipulation Interfaces. In D.A. Norman und S.W. Draper (Hrsg.), **User Centered System Design**. Hillsdale: LEA.
- McKendree, J. und Carroll, J. (1987). Impact of feedback content in initial learning of an office system. In H.-J. Bullinger & B. Shackel (Hrsg.), **Human-computer interaction - INTERACT'87** (pp. 855-859). North-Holland: Elsevier.
- Muthig, K.-P. und Schönflug, W. (1981). Externe Speicher und rekonstruktives Verhalten. In W. Michaelis (Hg.), **Bericht über den 32. Kongreß der deutschen Gesellschaft für Psychologie in Zürich, 1980** (S. 225-229). Göttingen: Hogrefe.
- Myers, B.A. (1986). Visual programming, programming by example, and program visualization: a taxonomy. In M. Mantei und P. Orbeton (Hrsg.), **Human Factors in Computing Systems (CHI'86 conference proceedings, Boston)** (S. 59-66). New York: ACM.
- Norman, D.A. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner und A.L. Stevens (Hrsg.), **Mental models**. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Österreich, R. (1981). **Handlungsregulation und Kontrolle**. München: Urban & Schwarzenberg.
- Shneiderman, B. (1983). Direct manipulation: A step beyond programming languages. *IEEE Computer*, **16**, 57-69.
- Ulich, E. (1984). Psychologie der Arbeit. In **Management-Enzyklopädie, Band 7**. Landsberg: Moderne Industrie.
- Williams, J.R. (1988, October 5). **Dialog techniques**. Draft 5.1, HCI Com.

Udo Arend
 IBM Wissenschaftszentrum Heidelberg
 Tiergartenstr. 19
 6900 Heidelberg