

Blickbewegungsanalyse zur Bewertung piktographischer Visualisierungen

JOCHEN MUSSGNUG¹ & SASCHA STOWASSER²

⁽¹⁾ *Institut für Arbeitswissenschaft
Technische Universität Darmstadt
Petersenstr. 30, 64287 Darmstadt, Germany*

⁽²⁾ *Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab),
Universität Karlsruhe (TH),
Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe, Germany*

Schlüsselwörter: Piktogramm, Blickerfassung, Aufmerksamkeit, Wahrnehmbarkeit

1. Piktogramme als graphische Codierungselemente

Die Bedienung eines interaktiven Systems ist eine Folge von Informationsaufnahmen, Entscheidungen und Handlungen. Eine komplexe Aufgabe wird hierbei in Teilaufgaben zerlegt, welche sich wie die Glieder einer Kette aneinander reihen. Bricht ein Glied der Kette, dann wird die Gesamtaufgabe nicht oder nicht richtig ausgeführt. In jeder Teilaufgabe stecken somit potenzielle Ursachen für Bedienprobleme. Hieraus folgt, dass bei der Gestaltung von interaktiven Systemen großer Wert auf einzelne Details gelegt werden muss, weil sie zur Fehlbedienung des gesamten Systems führen können.

Neben der Bildung von Analogien zu Systemen, welche dem Benutzer bereits bekannt sind, werden über die Sinneskanäle Information aufgenommen, um damit ein mentales Abbild des Systems zu schaffen. Unter einem mentalen Modell versteht man einen individuellen Denkansatz, der das Verständnis eines Sachverhalts prägt und eine Repräsentation physikalischer Sachverhalte und Einflussgrößen darstellt (Stowasser, 2002). Das mentale Modell ist eine individuelle, interne Abbildung eines komplexen Sachverhaltes im Gedächtnis des Menschen. Es stellt somit das Verständnis eines Menschen über die Elemente des Sachverhaltes dar, wie der Ablauf innerhalb des Sachverhaltes erfolgt und warum der Sachverhalt in dieser Weise funktioniert. Die mentalen Modelle bilden die Grundlage zur Handlungsplanung und

Handlungssteuerung (vgl. Dutke, 1994). Sie bilden somit die Basis für die Bedienungshandlungen des Benutzers.

Bei der Gestaltung der Bedienoberfläche gibt es zahlreiche Möglichkeiten, den Funktionsumfang und die Bedienbarkeit eines Systems darzustellen. Neben alphanumerischen Textfeldern können Informationen mit Hilfe von Piktogrammen codiert werden. Piktogramme sind bildhafte Repräsentationen von Objekten, Funktionen oder Aktionen. Ein wichtiger Faktor bei der Benutzbarkeit und Verarbeitung von Piktogrammen ist die visuelle Erkennbarkeit, Auffindbarkeit und Unterscheidbarkeit. Der Gestaltung der einzelnen Symbole und Piktogramme kommt hierbei eine besondere Rolle zu, da von deren korrekter (syntaktischen) Erkennbarkeit und (semantischen) Interpretation in entscheidendem Maße die Bildung eines mentalen Modells des interaktiven Systems abhängt.

2. Blickerfassungsuntersuchung zur Analyse der Verarbeitung von Wörtern und Piktogrammen

In diesem Kapitel wird eine blickerfassungsorientierte Untersuchung beschrieben, welche die Suche von Piktogrammen im Vergleich zur Suche nach textuellen Wörtern analysiert. Die dargestellten, aus dem Alltagsleben abgeleiteten Piktogramme haben visuelle Ähnlichkeit mit dem Referenzobjekt. Die Untersuchung zielt darauf ab, Abhängigkeiten zwischen der Darstellungsform und den Suchdauern und -strategien aufzudecken.

2.1 Suche von Wörtern und Piktogrammen

Eine erste Überlegung bezieht sich auf die Abhängigkeit zwischen der Dauer des Suchprozesses und der Anzahl der dargestellten textuellen bzw. piktographischen Objekte. Die Dauer der Suche ist einerseits von der Qualität der Darstellung der Piktogramme und andererseits vom Kontext der Information abhängig (vgl. Kapitel 3). Der Suchprozess besteht aus den Schritten "Erkennen eines Objektes", "Vergleich mit gedanklichem Muster" sowie "Entscheidung, ob das betrachtete Objekt auch das gesuchte Objekt ist oder nicht". Wenn das gedankliche Muster des gesuchten Objektes und das betrachtete Objekt nicht übereinstimmen, wird ein anderes Objekt fixiert. Bis zur Übereinstimmung zwischen betrachtetem Objekt und gedanklichem Muster wird dieser Prozess fortlaufend wiederholt, d.h. der Suchvorgang wird immer länger (vgl. Zülch, Fischer & Jonsson, 2000; Stowasser, 2002).

Untersucht wird im Folgenden eine Abhängigkeit zwischen der Darstellung der Objekte und der Dauer des Suchprozesses. Zur Kennzeichnung der Objekte können sowohl Piktogramme als auch textuelle Elemente verwendet werden. Darüber hinaus beschäftigt sich die hier beschriebene experimentelle Untersuchung mit der Vorgehensweise der Probanden bei der Erledigung von Suchaufgaben. Wie bei vorausgegangenen Untersuchungen (Grießer, 1995) festgestellt wurde, werden bei der Bearbeitung von produktionsorganisatorischen Aufgabenstellungen verschiedene Bearbeitungsstrategien angewandt. Hierbei konnten die beiden Strategien "strukturiertes Vorgehen" und "Versuch und Irrtum" identifiziert werden. Basierend auf dieser Erkenntnis, soll die Auswertung der Blickerfassung wesentliche Aussagen über die Suchstrategien von textuellen sowie piktographischen Objekten treffen.

2.2 Versuchsumgebung und Untersuchungsmethoden

Zur Bewertung der menschlichen Verarbeitungsprozesse bei der Suche von textuellen oder piktographischen Objekten können unterschiedliche empirische Methoden eingesetzt werden (vgl. z.B. Stowasser, 2002). Zur Erfragung der subjektiven Eindrücke des Benutzers und zur Erfassung demographischer Daten der Versuchspersonen kommt die Interviewmethode zum Einsatz. Da Versuchspersonen jedoch größere Schwierigkeiten haben, ihre Vorgehensweise während der Aufgabenbearbeitung zu benennen, wird die Befragung nur ergänzend nach Beendigung der Versuche eingesetzt.

Andere (objektive) Methoden eignen sich zur Erfassung und Auswertung der Versuchsaufgabenbearbeitung besser. Von den objektiven Evaluationsmethoden wird die Rechnerprotokollierung (Keystroke Recording) sowie die Blickerfassung als besondere Methode der Verhaltensbeobachtung eingesetzt. Die verhaltensorientierte Blickerfassung eignet sich insbesondere zur Analyse von Augenbewegungen während eines Problemlösungsprozesses (vgl. u.a. Grießer, 1995). Zur Blickregistrierung wurde ein Headmounted Eyetracking Device der Firma SensoMotoric Instruments eingesetzt (SMI, 1999). Das SMI-System nutzt die Licht reflektierenden Eigenschaften der Cornea und arbeitet auf Basis der Blickpunktmessung (Point of Regard Measurement; vgl. Young & Sheena, 1975; SMI, 1999). Um Aussagen über das Verhalten und die Reaktionen der Benutzer erheben zu können, werden alle Interaktionen zusätzlich mit Hilfe des Keystroke Recordings aufgezeichnet und ausgewertet. Die Untersuchungen wurden im Labor für Kommunikationsergonomie des ifab durchgeführt. Dieses Labor ist mit umfangreichen Analyseinstrumenten ausgerüstet, wie z.B. Blickregistrierung, Keystroke-Recording, Sehtestgerät und Videoaufzeichnungsgerät. Eine ausführliche Beschreibung der apparativen Ausstattung dieses Labors findet sich bei Stowasser (2002).

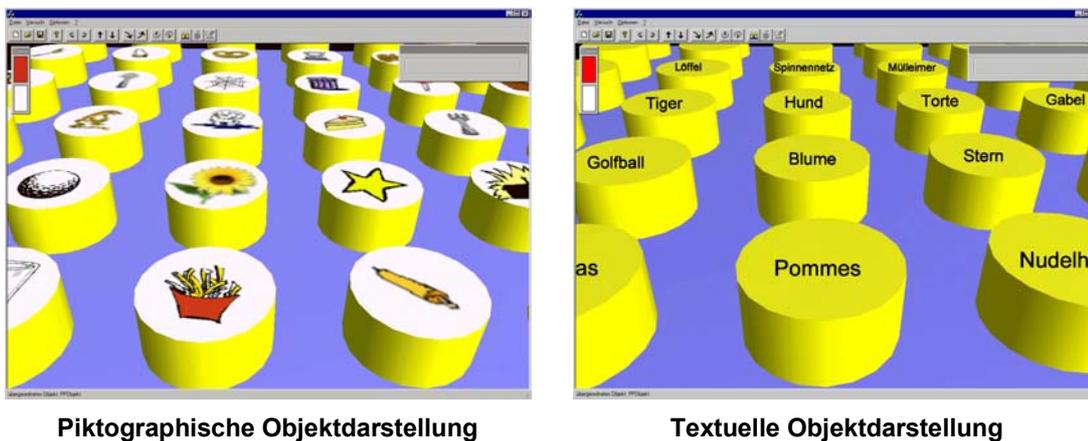
An der Untersuchung nahmen 20 Versuchspersonen teil; 3 Personen waren weiblich und 17 männlich. Das Durchschnittsalter betrug 24,3 Jahre. Alle Versuchspersonen waren Studenten und hatten Erfahrungen mit der Arbeit an Bildschirmen. Die Versuchsdauer (einschließlich Vorbereitung, Kalibrierung und Interviews) dauerte im Durchschnitt 90 Minuten.

2.3 Versuchsdesign und Komplexität der Aufgaben

Zur Unterscheidung der Suchzeiten und –strategien zwischen der textuellen und piktographischen Objektsuche wurden den Versuchspersonen 9 Aufgaben unterschiedlicher Komplexität gestellt. Dabei wurden die in Abbildung 1 charakterisierten Aufgaben mit ansteigender Komplexität vorgegeben. Unter Komplexität wird im Kontext der Untersuchung die Anzahl Objekte verstanden. Die Objektmengen variierten von 4 bis 100 gleichzeitig dargestellten Objekten. Bei jeder Versuchsaufgabe war aus der dargestellten Menge der Objekte, die standardisiert in quadratischer Anordnung (also mit gleicher Anzahl Zeilen und Spalten) visualisiert wurden, dreimal nacheinander – sowohl für die piktographische als auch für die textuelle Objektdarstellung (siehe Abbildung 1) – ein vorgegebenes Objekt herauszufinden.

Die Auswahl der dargestellten und zu suchenden Piktogramme beruht auf eindeutigen, sinnverständlichen Alltagsobjekten. Demnach ist davon auszugehen, dass alle Versuchspersonen die Objekte kennen und den Piktogrammen zuordnen können. Diese Suggestivität bzw. mentale Kompatibilität ist eine wichtige Voraussetzung

dafür, dass Piktogramme effektiv als Option von Text gewählt werden können (vgl. Wandmacher, 1993) und somit eine Vergleichbarkeit der Auswertung auf syntaktischer Wahrnehmungsebene zwischen textueller und piktographischer Darstellung überhaupt erst möglich ist. Der Begriff syntaktische Ebene bedeutet, dass nicht auf die Sinnverständlichkeit einer piktographischen Darstellung abgezielt wird (das ist die semantische Interpretationsebene), sondern dass der informationsverarbeitende Wahrnehmungsprozess von Piktogrammen oder Texten im Vordergrund steht. Hierbei wird der Frage nachgegangen, ob ein Piktogramm bzw. Text überhaupt wahrnehmbar und interpretierbar ist.



Versuchsaufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anzahl dargestellter Objekte	4	9	16	25	36	49	64	81	100



Abbildung 1: Darstellungsvarianten und Komplexität der Aufgaben (in Anlehnung an Zülch, Stowasser, Keller & Fischer, 1999).

2.4 Versuchsauswertung zur Verarbeitung von Wörtern und Piktogrammen

Mit Hilfe oben genannter Versuchsaufgaben wurden verschiedene Arbeitshypothesen beantwortet. Im Folgenden wird ein Überblick der Ergebnisse gegeben (Details in Zülch, Stowasser, Keller & Fischer, 1999; Zülch, Fischer & Jonsson, 2000).

2.4.1 Dauer des Suchprozesses in Abhängigkeit der Darstellung

Bei der Darstellung weniger Objekte (<10) konnten alle Versuchspersonen bereits auf den "ersten Blick" das gesuchte Objekt auffinden, was die relativ geringe Zahl an notwendigen Fixationen zur Entdeckung des Zielreizes beweist. Mit Zunahme der Anzahl gleichzeitig dargestellter Objekte wird der Suchvorgang immer komplexer; die Suchzeit nimmt merklich zu (vgl. Abbildung 2). Bei der Suche eines Objektes aus einer Menge von bis zu 49 gleichzeitig visualisierten Objekten war die Bearbeitungszeit bei der Codierung mit Piktogrammen kürzer als bei der Codierung mittels

Text. Steigt die Anzahl der Objekte über diese Grenze, führt die Verwendung der Codierung mit Schriftzeichen zu einer kürzeren Bearbeitungsdauer als bei der Verwendung einer piktographischen Codierung. Es kann somit festgehalten werden, dass die Codierung durch piktographische Symbole bis zu einer Objektanzahl, die von der Komplexität und dem Kontext der darzustellenden Information abhängig ist, hinsichtlich der Orientierung des Benutzers im System am effizientesten ist.

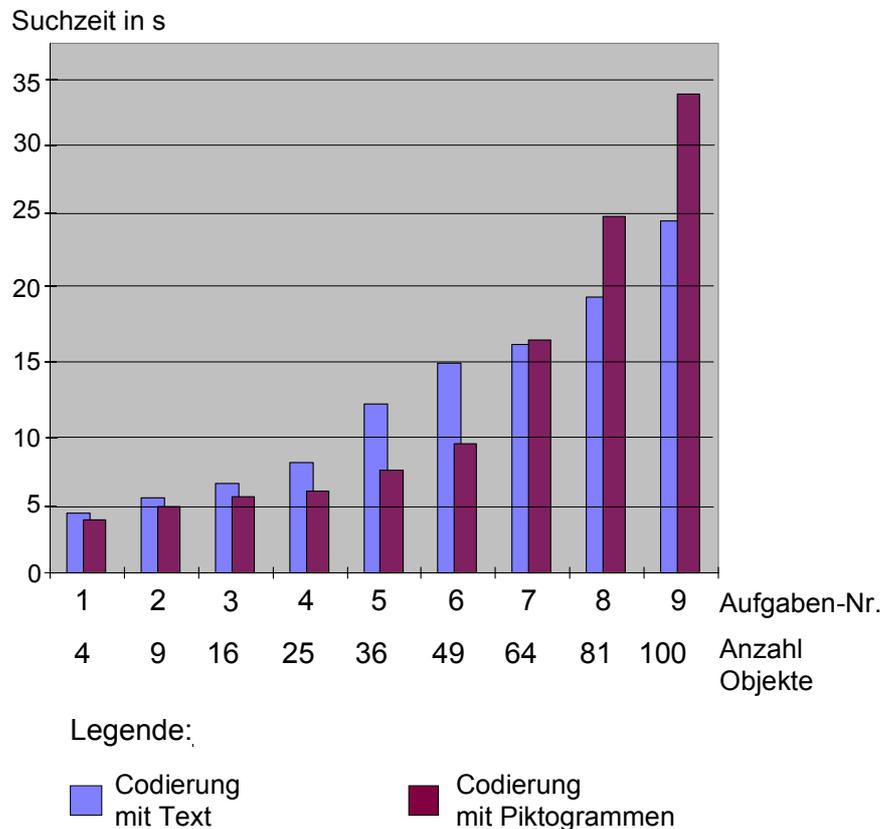


Abbildung 2: Einfluss der Codierung auf die Suchzeit (in Anlehnung an Zülch, Stowasser, Keller & Fischer, 1999).

2.4.2 Strategien und Blickverläufe bei der Objektsuche

Wie bereits erwähnt, haben frühere Untersuchungen (Grießer, 1995) gezeigt, dass von den Versuchspersonen in Abhängigkeit von der Aufgabenkomplexität unterschiedliche Strategien angewendet werden. Ähnliche Unterschiede wurden auch bei der vorliegenden Untersuchung beobachtet. Einerseits wurde ein Objekt fixiert, um dann, falls das fixierte Objekt nicht dem gesuchten entsprach, das daneben liegende zu fixieren. Beim strukturierten Suchen von Objekten wurde sowohl spaltenweise als auch zeilenweise vorgegangen (Abbildung 3).

Daneben ließ sich zwischen einem kurzen Blicksprung (Blicksprung von einem Objekt waagrecht bzw. senkrecht zum nächsten Objekt) und einem Diagonalblicksprung (diagonaler Blicksprung vom letzten Objekt einer Zeile oder Spalte zum ersten Objekt einer Zeile oder Spalte) unterscheiden. Wird von der Versuchsperson der Diagonalblicksprung verwendet, bleibt die Suchrichtung in der Zeile (bzw. Spalte) gleich. Wird hingegen von der Versuchsperson beim Absuchen von Objekten in einer Zeile (bzw. Spalte) beim Zeilenwechsel (bzw. Spaltenwechsel) der kurze Blick-

sprung verwendet, so ändert sich die Suchrichtung in der folgenden Zeile mäanderförmig (Zülch, Stowasser, Keller & Fischer, 1999; Zülch, Fischer & Jonsson, 2000).

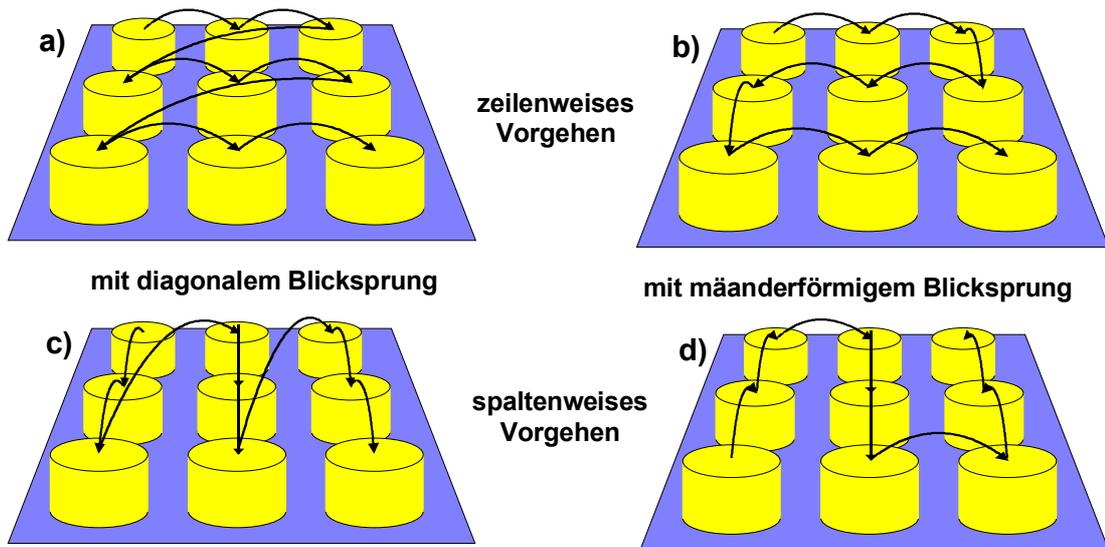


Abbildung 3: Suchstrategien und Blickverläufe (Quelle: Zülch, Fischer & Jonsson, 2000).

Die Auswertung zeigt, dass das strukturierte Vorgehen mehr Blicksprünge erfordert als die "Chaos-Strategie". Bei der "Chaos-Strategie" kann eher von einem schweifenden Blick als von einzelnen Blickwechseln ausgegangen werden. Dennoch wurden auch bei der "Chaos-Strategie" Fixationen festgestellt. Bei Verwendung der "Chaos-Strategie" war eine höhere Streuung der Bearbeitungszeiten zu verzeichnen, während beim strukturierten Vorgehen die Streuung geringer ausfiel. Dies kann dadurch erklärt werden, dass die "Chaos-Strategie" bei der Darstellung vieler Objekte eher zufällig zum Ziel führt.

Die Untersuchung ließ erkennen, dass mit Überschreitung von mehr als 49 gleichzeitig dargestellten Objekten die anfängliche strukturierte Vorgehensweise einer Versuchsperson oftmals zur "Chaos-Strategie" wechselte, da (nach Einschätzung der Versuchsperson) die Aufgabe mit der strukturierter Vorgehensweise nicht schnell genug gelöst werden konnten. Darüber hinaus zeigte die Blickerfassung, dass intraindividuelle Blickverlaufänderungen (z.B. zuerst diagonale Blicksprünge dann mäanderförmige Blicksprünge) in der Regel von den Versuchspersonen durchgeführt werden.

3. Blickerfassungsuntersuchung zur Analyse des Zusammenhangs zwischen Piktogrammen und der Bedienbarkeit

In einer weiteren Untersuchung, welche im Rahmen der Forschungsarbeiten am Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt durchgeführt wurde, wurde der Einfluss der Piktogrammgestaltung auf die Bedienbarkeit eines "Inflight-Entertainment-Systems" (IFE) untersucht. Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Dissertationsvorhabens Mussnug (2003) und durch die Unterstützung der Studienarbeit Brunswicker (2003) durchgeführt.

3.1 Piktogramme und Bedienbarkeit

Das Ziel der Untersuchungen war es, einen Zusammenhang zwischen dem Blickverhalten einer Versuchsperson und der Bedienbarkeit eines interaktiven Systems aufzuzeigen. Entsprechend dem Würfel-Modell (Mussnug & Meyer, 2002) wird hierbei die Blickbewegungsanalyse als Usability-Methode eingesetzt um Gestaltungsmängel an einem interaktiven System aufzuzeigen und anschließend Verbesserungsvorschläge zu erarbeiten.

3.2 Versuchsumgebung und Untersuchungsmethoden

Die Versuche wurden im Usability-Labor des Institutes für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt durchgeführt. Während der Interaktion der Versuchspersonen mit dem simulierten IFE-System wurden die Blickbewegungen mit Hilfe eines Remote Eyetracking Systems der Firma SMI erfasst. Das Remote-System arbeitet wie das in Kapitel 2.2 beschriebene System auf der Basis des Cornea-Reflex Prinzips; der Unterschied ist jedoch, dass das Remote-System nicht auf dem Kopf getragen wird, sondern berührungslos vor der Versuchsperson steht. Obwohl das Remote-System eine Fixierung des Kopfes nicht notwendig macht, wurde mit einer Kopfstütze gearbeitet um die Datenqualität zu verbessern. Die Versuchsdauer betrug pro Versuchsperson ca. 30 Minuten. An den Versuchen nahmen insgesamt 53 Versuchspersonen teil, wobei für die nachfolgenden Ausführungen lediglich 9 Versuchspersonen berücksichtigt wurden.

Die nachfolgenden Auswertungen stellen nur einen Teil der Versuche und Ergebnisse dar, für eine umfassende Darstellung wird auf Mussnug (2003) verwiesen.

3.3 Versuchsdesign

Vorversuche zeigten, dass bei dem IFE-System die Gestaltung der Piktogramme in der Menüleiste einen entscheidenden Einfluss auf eine fehlerfreie Bedienung hat. Aus diesem Grund wurde eine Teilaufgabe "Auswahl eines Symbols aus der Menüleiste" extrahiert und mit Hilfe der Blickbewegungsanalyse untersucht. Abbildung 4 zeigt den Entwurf des analysierten IFE-Systems. Die in dieser Arbeit dargestellten Untersuchungen beziehen sich auf die Piktogramme in der Menüleiste (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Entwurf des analysierten "Inflight-Entertainment-Systems"

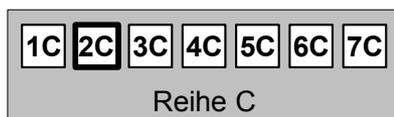
Den Versuchspersonen wurden nacheinander drei Reihen mit jeweils sieben unterschiedlichen Piktogrammen gezeigt (alle 21 Piktogramme waren unterschiedlich). Die Reihenfolge, in welcher die Reihen gezeigt wurden, war für alle Versuchspersonen gleich ($A \Rightarrow B \Rightarrow C$). Zu allen drei Piktogrammreihen wurde immer die gleiche Frage nach einer bestimmten Funktion gestellt, welche ein zukünftiges IFE-System haben könnte, z.B. "Hinter welchem der Piktogramme vermuten Sie die Funktion, mit der Sie SMS verschicken können?". Die drei Piktogrammreihen unterschieden sich durch die Schwierigkeit, die wie folgt variiert wurde:



- Reihe A: ein Piktogramm konnte im weiteren Sinne mit der nachgefragten Funktion in Verbindung gebracht werden.



- Reihe B: zwei Piktogramme konnten mit der nachgefragten Funktion in Verbindung gebracht werden.



- Reihe C: ein Piktogramm konnte eindeutig mit der nachgefragten Funktion in Verbindung gebracht werden.

3.4 Ergebnisse

Die Auswertung der von den Versuchspersonen ausgewählten Piktogramme zeigt, dass die drei Piktogrammreihen entsprechend ihrer Schwierigkeit zu unterschiedlichen Ergebnissen kamen. Bei der Reihe C haben alle Versuchspersonen das richtige Symbol ausgewählt. Bei der Reihe B verteilten sich die Antworten etwa zu gleichen Teilen auf die beiden favorisierten Piktogramme. Bei der Reihe A wurden sechs der sieben Piktogramme mindestens einmal ausgewählt. Dies zeigt, dass keines der Piktogramme eindeutig der gesuchten Funktion zugeordnet werden konnte.

Weiter bietet die Analyse der Entscheidungszeit einen Hinweis auf die Qualität des Piktogramms in seinem Umfeld (Kontext). Die Entscheidung für ein Piktogramm fand nicht unter Zeitdruck statt, sodass es, vor allem bei der Reihe A, zu erheblichen interindividuellen Schwankungen kam. Abbildung 5 zeigt die Entscheidungszeit zwischen Erscheinen der Piktogrammreihe und der Auswahl eines Piktogramms als Durchschnittswerte mit Standardabweichung. Wie bereits in Absatz 2.4.1 dargestellt, liegt die Entscheidungszeit bei den Reihen B und C bei ca. 5 Sekunden wenn eine Auswahl aus 7 Elementen getroffen werden muss und mindestens ein Element eindeutig der Fragestellung zugeordnet werden kann.

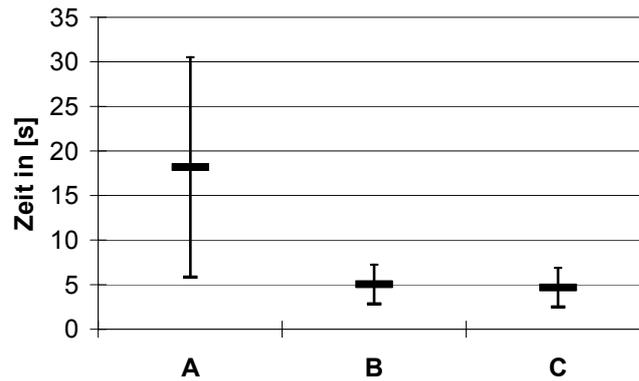


Abbildung 5: Durchschnittliche Entscheidungszeit mit Standardabweichung, bei der Auswahl eines Piktogramms aus den drei Piktogrammreihen A, B und C (n=9)

Ein weiterer Indikator für die Qualität des Piktogramms im entsprechenden Kontext ist die Aussage der Versuchspersonen zur Entscheidungssicherheit. Nachdem die Versuchspersonen ein Piktogramm ausgewählt hatten, wurden sie gefragt, wie sicher sie bei ihrer Entscheidung waren. Die Versuchspersonen konnten dann eine Einstufung auf einer sechsstufigen Skala zwischen “sehr unsicher” und “sehr sicher” vornehmen. Bei der Reihe A war die durchschnittliche Entscheidungssicherheit deutlich geringer als bei den beiden anderen Reihen (Abbildung 6).

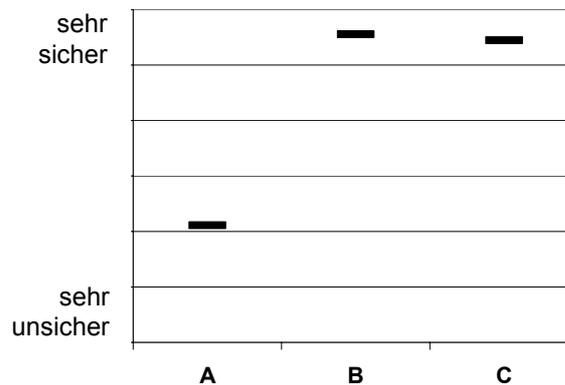


Abbildung 6: Durchschnittliche Entscheidungssicherheit bei der Auswahl eines Piktogramms aus den drei Piktogrammreihen A, B und C (n=9)

Während die Entscheidungszeit und die Entscheidungssicherheit einen Hinweis auf die Qualität des gesuchten Piktogramms und dessen Umfeldes liefert, ermöglicht die Analyse der Blickbewegungen einen deutlich “tieferen” Einblick. So kann z.B. die Frage betrachtet werden, ob das gesuchte Piktogramm “sehr gut” oder vielleicht nur dessen Umfeld “sehr schlecht” war. Anhand der Aufmerksamkeitsverteilung kann man erkennen, dass einzelne Piktogramme mehr Aufmerksamkeit (Anzahl der Fixationen auf einem Piktogramm) erhalten als andere. Die Gründe hierfür können unterschiedlich sein. Erstens führt eine detaillierte Darstellung, z.B. eine skizzenhafte Zeichnung, gegenüber einer symbolhaften Darstellung zu mehr Fixationen. Zweitens wird bei unklarem Bildinhalt länger und häufiger fixiert, wenn das Piktogramm im gesuchten Kontext nicht eindeutig ausgeschlossen werden kann. Hier zeigt sich u.a., dass beim Entscheidungsverhalten zwei unterschiedliche Strategien angewendet werden. Einerseits gibt es die Möglichkeit, ein Symbol sicher zu erkennen und aus-

zuwählen, andererseits können einzelne Symbole mit Sicherheit ausgeschlossen werden. In der Realität wird meist eine Mischung aus beiden Strategien bestehen. Die Analyse der Blickbewegungen gibt nun die Möglichkeit, detailliert das Ablenkungspotenzial einzelner nicht relevanter Piktogramme zu überprüfen. Das bedeutet, dass unter Umständen nicht das auszuwählende Piktogramm verändert werden muss, wenn es nicht ausgewählt wurde, sondern sein Umfeld. Entscheidend ist auch, dass Piktogramme für eine bestimmte Anwendung immer im entsprechenden Kontext untersucht werden müssen.

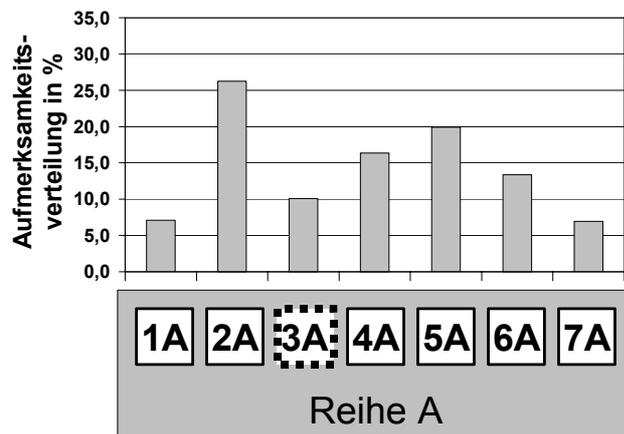


Abbildung 7: Durchschnittliche Aufmerksamkeitsverteilung auf die einzelnen Piktogramme (Werte in %) bei der Auswahl eines Piktogramms aus der Piktogrammreihe A, (n=9)

In Abbildung 7 sieht man deutlich, dass die einzelnen Piktogramme unterschiedlich häufig fixiert wurden, d.h. geht man von der Annahme aus, dass über das fixierte Objekt nachgedacht wird, dann sind einzelne Elemente stärker in den Entscheidungsprozess eingebunden als andere. Nicht immer ist das später ausgewählte Piktogramm auch das, welches am häufigsten fixiert wurde. Betrachtet man die Reihe A, dann sieht man, dass die Piktogramme 2A und 5A relativ häufig fixiert wurden. Diese Piktogramme wurden jedoch nicht häufiger ausgewählt als die anderen Piktogramme, wie bereits weiter oben erwähnt wurde. Eine Erklärungsmöglichkeit liegt darin, dass diese Piktogramme eine sehr detaillierte (skizzenhafte) Darstellung hatten, was die Interpretation des Bildinhaltes erschwerte. Eine Annahme bzw. Ablehnung des Piktogramms erfordert somit mehr Aufmerksamkeit oder anders ausgedrückt: Die beiden Piktogramme haben ein höheres visuelles Ablenkungspotenzial.

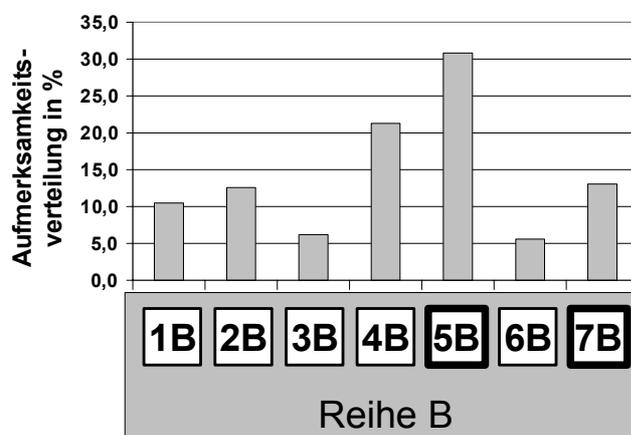


Abbildung 8: Durchschnittliche Aufmerksamkeitsverteilung auf die einzelnen Piktogramme (Werte in %) bei der Auswahl eines Piktogramms aus der Piktogrammreihe B, (n=9)

Betrachtet man die Reihe B (siehe Abbildung 8), dann sieht man auch hier, dass die am häufigsten ausgewählten Piktogramme 5B und 7B nicht ausschließlich die meisten Fixationen auf sich ziehen. Piktogramm 1B, 2B und 4B erhalten ähnlich hohe oder höhere Werte als Piktogramm 7B.

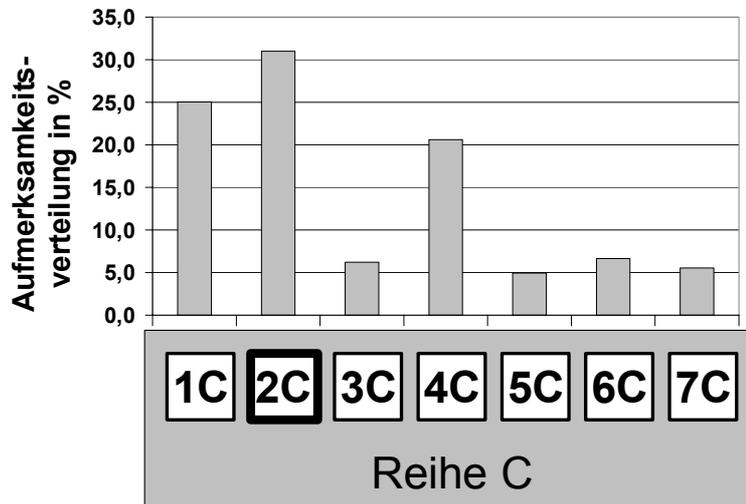


Abbildung 9: Durchschnittliche Aufmerksamkeitsverteilung auf die einzelnen Piktogramme (Werte in %) bei der Auswahl eines Piktogramms aus der Piktogrammreihe C, (n=9)

Reihe C zeigt deutlich (siehe Abbildung 9), dass Piktogramme, welche einfach ausgeschlossen werden können, nur geringe Fixationsanteile erhalten (3C, 5C, 6C und 7C). Piktogramme, die einfach in der Gestaltung sind und schnell ausgeschlossen werden können, binden nur wenig visuelle Aufmerksamkeit. Interessant bei Betrachtung der Reihe C ist, dass das Piktogramm 1C, das eine detaillierte (skizzenhafte) Darstellung hatte, einen ähnlich hohen Fixationswert erreicht wie das eindeutig ausgewählte Piktogramm 2C. Auch dies bestätigt die Annahme, dass ein Piktogramm immer nur so gut ist wie sein Umfeld. Es ist also notwendig, nicht nur ein einzelnes Piktogramm zu verbessern, sondern die gesamten dargestellten Elemente auf den Kontext anzupassen. Die Erkenntnis wie der Entscheidungsprozess verläuft bzw. wo die visuelle Aufmerksamkeit gebunden wird, wird erst durch die Analyse der Blickbewegungen ermöglicht.

4. Blicherfassungsanalyse in der allgemeinen Diskussion

Heutzutage ist die Blickregistrierung neben ihrem Einsatz im Gebiet der psychologischen und medizinischen Grundlagenforschung in weiteren Anwendungsfeldern der Arbeitswissenschaft, der Verkehrs- und Flugsicherheit, der Erzeugnissentwicklung, des Marketings usw. als Methode zur Analyse der visuellen Informationsaufnahme verbreitet und anerkannt (Stowasser, 2002). In der Literatur ist eine Vielzahl von Anwendungsbeispielen dokumentiert (vgl. z.B. Erkelens, 1999; Rötting & Seifert, 1999; Stowasser, 2002; Hyöna, Radach & Deubel, 2003 sowie die weiteren Beiträge in dieser Publikation). Seit einigen Jahren bildet die Evaluation von Benutzungsoberflächen und die Mensch-Rechner-Kommunikation einen Schwerpunkt der Blicher-

fassung. Sie verhilft dazu, die visuelle Informationsaufnahme bei der Arbeit mit rechnerunterstützten Systemen zugänglich und bewertbar zu machen.

Allgemein können Blickbewegungen als globaler Indikator für die menschliche Informationsaufnahme angesehen werden, insofern die Aufmerksamkeit auf Sehobjekte der Umwelt gerichtet ist. Mit der Blickregistrierung können Wahrnehmungsprozesse messtechnisch erfasst werden, die routinemäßig und oftmals auch unbewusst ablaufen. Dennoch erscheint es notwendig, die Güte der Methode der Blickfassung kritisch zu hinterfragen. Die folgenden Ausführungen sollen zur objektiv-kritischen Überlegung der methodischen Güte anregen (vgl. Schroiff, 1987; Stowasser, 2002).

4.1 Objektivität der Blickfassung

Die Objektivität einer Evaluationsmethode gibt an, in welchem Ausmaß die Ergebnisse vom Untersucher unabhängig sind. Weder bei der Versuchsdurchführung noch bei der Versuchsauswertung und -interpretation dürfen verschiedene Experten zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Bei standardisiertem Einsatz der Blickregistrierung (z.B. Einhaltung von festgelegten technischen Vorgaben des Blickregistrierungssystems) und bei vorher definierter Auswahl der auszuwertenden Blickregistrierungskennzahlen, die von erfahrenen Anwendern der Blickregistrierung verwendet werden, ist davon auszugehen, dass ausreichende Objektivität der Evaluation vorliegt.

4.2 Reliabilität der Blickfassung

Die Reliabilität (Zuverlässigkeit) gibt den Grad der Messgenauigkeit (Präzision) eines Instrumentes an. Trotz aller technischen Möglichkeiten, welche die Methode der Blickregistrierung bietet, darf nicht über die möglichen Messfehler hinweggesehen werden. Bereits bei der Registrierung der Messwerte können Ungenauigkeiten in der Messung dazu führen, dass die tatsächliche und die gemessene Blickbewegung nicht übereinstimmen. Hierbei können nutzungsbedingte und messsystembedingte Abweichungsursachen zu Diskrepanzen führen (vgl. Schroiff, 1987; Grießer, 1995). Als nutzungsbedingte Ursachen zählen probandenspezifische Eigenschaften (Kopfform, Sehfehler usw.), Ungenauigkeiten bei der Kalibrierung sowie Verrutschen des Kopfbandes während des Versuches. Messsystembedingte Fehler sind beispielsweise in den apparativen Merkmalen des Blickregistrierungssystems begründet. Die Güte der Blickregistrierung kann durch die Qualität des optischen Systems, der Qualität der Datendigitalisierung und der Datenübertragungsqualität beeinflusst werden (Stowasser, 2002).

4.3 Validität der Blickfassung

Die Validität beschreibt die Gültigkeit einer Messmethode und deren Kennzahlen. Sie gibt den Grad an, wie gut die Methode in der Lage ist, genau das zu messen, was sie messen soll. Ausführliche Überlegungen zur Validität der Blickregistrierungsmessung und -daten beschreibt Schroiff (1987).

Je nach Ausprägung des Messfehlers des eingesetzten Blickregistrierungssystems wird die beobachtete Blickposition mehr oder weniger reliabel (zuverlässig) erfasst. Die registrierten Blickpositionen werden einer Verdichtung (Aggregation) unterworfen, um interpretierbare kognitive Verhaltenseinheiten in Form von Fixationen zu

identifizieren. Es gibt eine Vielzahl von Kennzahlen, die sich zur Erfassung und Analyse von Blickbewegungen eignen. Die Bewertung des Blickverhaltens wurde in bisherigen Forschungsarbeiten (vgl. z.B. die Übersichten bei Grießer, 1995; Goldberg & Kotval, 1999; Rötting, 2001; Stowasser, 2002) üblicherweise mit zeitlichen und örtlichen Kennzahlen (wie z.B. Fixationsdauern, Sakkadenweiten) durchgeführt. Fehlerhafte Verdichtungen können dennoch nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Zur Aggregation werden nämlich beispielsweise Parameter verwendet, die auf Plausibilitätsüberlegungen basieren (z.B. Fixationsradius von 7 mm).

Eine Durchsicht der gegenwärtigen Forschungsarbeiten zur Blickregistrierung zeigt, dass die Kennzahlen in der Regel von den Autoren auf das jeweilige Anwendungs- bzw. Untersuchungsgebiet und die technischen Gegebenheiten des verwendeten Blickregistrierungssystems abgestimmt werden. Ausschließlich Rötting (2001) gibt eine generelle Systematik an, mit der die verschiedenen Parameter der Blickregistrierung den drei Betrachtungsebenen der arbeitswissenschaftlichen Aufgabenanalyse zugeordnet werden können.

Die abgeleiteten Kennzahlen basieren auf allgemein als gültig angenommenen Aussagen (und gerade diese sind zukünftig kritisch zu hinterfragen und zu validieren), nämlich

- die visuelle Achse des Auges verläuft durch das Sehobjekt, das momentan Gegenstand der Informationsaufnahme ist.
- die Fixationsdauer entspricht der Dauer der Informationsaufnahme.
- aus der Reihenfolge der Fixationen lässt sich die Abfolge der Problemlösungsschritte rekonstruieren.
- Bedeutung der peripheren Wahrnehmung.

5. Literatur

Brunswicker, S. (2003). *Analyse der visuellen Interaktionsressourcen bei der Bedienung eines "Inflight-Entertainment-Systems"*, unveröffentlichte Studienarbeit an der TU Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.

Dutke, S. (1994). *Mentale Modelle: Konstrukte des Wissens und Verstehens*. Göttingen, Stuttgart: Verlag für Angewandte Psychologie.

Erkelens, C. (1999). *10th European Conference on Eye Movements*. Utrecht: University.

Goldberg, J. H.; Kotval, X. P. (1999). Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24, 631-645.

Grießer, K. (1995). *Einsatz der Blickregistrierung bei der Analyse rechnerunterstützter Steuerungsaufgaben*. Karlsruhe, Uni Diss. 1995. (ifab-Forschungsberichte aus dem Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation der Universität Karlsruhe, Teil 10).

- Hyönä, J.; Radach, R. & Deubel, H. (2003). *The Mind's Eye – Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*. Amsterdam u.a.: Elsevier.
- Mussnug, J. & Meyer, O. (2002). Simulation und Analyse eines Inflight-Entertainment-Systems unter Verwendung der Blickbewegungsanalyse. In: D. Zühlke (Hrsg.). *Useware 2002*, 19-25. Düsseldorf: VDI Verlag.
- Mussnug, J. (2003). *Blickbewegungsanalyse als Usability-Methode bei der Analyse interaktiver Systeme*, Dissertation an der TU Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft, erscheint demnächst
- Rötting, M. & Seifert, K. (1999). *Blickbewegungen in der Mensch-Maschine-Systemtechnik*. Sinzheim: Pro Universitate Verlag.
- Rötting, M. (2001). *Parametersystematik der Augen- und Blickbewegungen für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen*. Aachen: Shaker Verlag.
- Schroiff, H.-W. (1987). Zum Stellenwert von Blickbewegungsdaten bei der Mikroanalyse kognitiver Prozesse. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, 195, 189-208.
- SMI (1999). *iView*. Teltow: SensoMotoric Instruments.
- Stowasser, S. (2002). *Vergleichende Evaluation von Visualisierungsformen zur operativen Werkstattsteuerung*. Aachen: Shaker.
- Wandmacher, J. (1993). *Software-Ergonomie*. Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- Young, L. R. & Sheena, D. (1975). Survey of eye movement recording methods. *Behavior Research Methods and Instrumentation*, 7, 397-429.
- Zülch, G.; Fischer, A. E. & Jonsson (2000). Objektorientierte Modellierung und Visualisierung von Planungs- und Methodenwissen. In: H. Krallmann (Hrsg.). *Wettbewerbsvorteile durch Wissensmanagement*, 151-202. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
- Zülch, G.; Stowasser, S.; Keller, V.; Fischer, A. E. (1999). Kommunikationsergonomische Darstellungstechniken für objektorientierte Datenbestände. In: Sonderforschungsbereich 346 (Hrsg.). *Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen – Arbeits- und Ergebnisbericht 1.12.1997 – 31.12.1999*, 69-100. Karlsruhe Uni: Sonderforschungsbereich.