

Ludger Schmidt

Blickbewegungsanalyse zur software-ergonomischen Evaluation

Eye Tracking Analysis for Software-Ergonomic Evaluation

Gebrauchstauglichkeit von Webseiten_kopfbasierte Blickbewegungsmessung_Evaluationsmethodenmix

Zusammenfassung. Zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit von Mensch-Maschine-Schnittstellen bieten sich zahlreiche Methoden an, deren Ergebnisse als konstruktive Basis für die benutzungsbezogene Verbesserung herangezogen werden können. In diesem Beitrag wird die Methode der Blickbewegungsanalyse mit ihren zentralen Parametern als software-ergonomisches Evaluationsverfahren vorgestellt und beispielhaft für die Untersuchung und Bewertung einer webbasierten Buchungsoberfläche für Flugtickets verwendet. Zusätzlich zu Benutzerleistungsdaten (wie Ausführungszeiten und Fehler) stehen damit weitere verhaltensbeschreibende objektive Daten zur Verfügung, die durch in Benutzerbefragungen erhobene, subjektive software-ergonomische Bewertungen ergänzt werden. Durch diese Methodenkombination sollte auch der Frage nachgegangen werden, ob sich die subjektiven und objektiven Daten sinnvoll gegenseitig ergänzen, so dass im Ergebnis besser auf Benutzbarkeitsdefizite geschlossen werden kann. An der empirischen Untersuchung des Fallbeispiels nahmen 20 Probanden teil, die jeweils drei repräsentative Ticket-Buchungsaufgaben lösen mussten. Die Auswertung der Blickbewegungs- und Leistungsdaten sowie der verwendeten Fragebögen lieferte trotz des hohen Erprobungsgrades der Buchungsschnittstelle und ihrer Vorgängerversionen insgesamt zahlreiche Hinweise, die im Sinne einer formativen Evaluation für die Überarbeitung der Buchungsoberfläche genutzt werden konnten. Die Analyse identifizierte teilweise übereinstimmende Problembereiche, ein Teil der Defizite konnte jedoch nur anhand der Blickbewegungsdaten aufgedeckt werden.

Summary. Several methods for usability evaluation of human-machine interfaces can provide a constructive basis for use-related improvements. In this contribution the eye tracking analysis with its central parameters is presented as a software-ergonomic evaluation method. In a case study it is exemplary used for the analysis and assessment of a web-based user interface for air tickets booking. In addition to user performance data (as execution times and failures) therewith, further objective data describing user behavior are available which are completed by subjective software-ergonomic assessments acquired in user surveys. Due to this combination of methods it should be deliberated on the question whether subjective and objective data complement one another reasonably, so that usability deficits can easier be inferred. The empirical analysis of the case study was conducted with 20 test persons who had to solve three representative booking tasks. The results of the eye tracking and performance data analysis as well as the questionnaires provided numerous details despite of the high maturity level of the booking interface and its former versions. In terms of a formative evaluation these details could be used for the revision of the user interface. The analysis partially identified comparable problem areas, but some of the deficits could only be discovered on the basis of eye tracking data.

1. Einleitung

Als Blickbewegungsmessung wird eine indirekte Beobachtungsmethode bezeichnet, mit der sowohl Bewegungen als auch das Verharren der Blicke des Benutzers bei der Aufgabenbearbeitung mit verschiedenen okulomotorischen Pa-

rametern in einer offenen oder verdeckten Weise erfasst und lokalisiert werden. Die Messung protokolliert damit objektiv das Benutzerverhalten hinsichtlich der visuellen Wahrnehmung einer Benutzungsschnittstelle und zeichnet u. a. Daten über den örtlichen und zeitlichen Verlauf der menschlichen Aufmerksamkeit auf. Der nachgewiesene Zusammenhang zwischen okulomotorischer Akti-

vität und informationsverarbeitenden Prozessen von Benutzern macht die Blickbewegungsanalyse zu einem aussichtsreichen Verfahren bei der software-ergonomischen Bewertung. Man geht bei dieser „Eye-Mind-Hypothese“ davon aus, dass aktiv fixierte Objekte vom Betrachter nicht nur wahrgenommen, sondern auch kognitiv verarbeitet werden (Just & Carpenter 1976, Schroiff 1987). Die Analyse

der Blickbewegungsdaten liefert nicht nur Informationen über das vom Benutzer zu einem bestimmten Zeitpunkt betrachtete Objekt, sondern lässt auch Rückschlüsse auf seinen psycho-physiologischen Zustand während einzelner Aufgabenbearbeitungsschritte zu. Ähnlich wie andere physiologische Maße können okulomotorische Parameter genutzt werden, um die mentale Beanspruchung von Benutzern bei der Aufgabenbearbeitung abzuschätzen und daraus Gestaltungsdefizite bei der Interaktion mit einer Mensch-Maschine-Schnittstelle abzuleiten (Schmidt 2008).

2. Messverfahren

Im arbeitswissenschaftlichen Untersuchungskontext werden meistens videobasierte Blickbewegungsmessverfahren zu Evaluationszwecken genutzt (Poole & Ball 2004), bei denen Reflexe auf der Hornhautoberfläche (Cornea) des Auges erfasst und mittels Bildverarbeitung extrahiert werden. So lässt sich z. B. aus der Differenz der Reflexposition und eines zusätzlich erfassten Fixpunktes (z. B. Pupillenmittelpunkt) die Blickachse errechnen. Bei der ebenfalls videobasierten Cornea-Reflex-Methode wird das Auge von einer punktförmigen Infrarotlichtquelle bestrahlt und nach einer Kalibrierung die Reflexverschiebung bei Rotation des Auges gemessen. In diesem Bereich gibt es eine Reihe kommerziell verfügbarer Systeme, deren Ortsgenauigkeit von den Herstellern mit ca. 1° angegeben wird, was sich jedoch in einer Untersuchung als optimistisch formuliert herausstellte (Link & Schmidt 2007).

Eine Realisierungsform der videobasierten Blickbewegungsmessung besteht darin, die Lichtquelle und zwei Kameras an einem Helm zu befestigen, den die Versuchsperson trägt. Eine Kamera zeichnet dabei die betrachtete Szene aus der Perspektive des Benutzers auf, während die zweite über einen halbdurchlässigen Spiegel auf sein Auge ausgerichtet ist und die Reflexe der Infrarotlichtquelle registriert. Auf diese Weise werden dynamische Informationen über Blickbewegungen gewonnen, die nach der Analyse z. B. echtzeitnah mit Bildern von der Szenenkamera überlagert werden können. Das Ergebnis ist ein Szenenbild mit einer Markierung (z. B. Fadenkreuz) der mo-

mentanen Blickposition. Dabei muss eine gute Befestigung der Kameras zueinander und in Relation zum Auge gewährleistet sein – schon geringe Verschiebungen führen sonst zu einem erheblichen Fehler. Der mit Kameras und Lichtquelle ausgestattete Helm hat bei den kommerziell verfügbaren Systemen zwar meist eine geringe Masse von rund 500 g, kann aber vom Probanden wegen der Fixierung am Kopf erfahrungsgemäß nicht länger als eine Stunde ohne größere Beanspruchung getragen werden.

Neben solchen kopfbasierten Systemen wurden in den letzten Jahren auch berührungslose Systeme entwickelt (Link et al. 2008), bei denen sich der Benutzer in einem von mehreren Kameras beobachteten Bereich befinden muss. Ohne zusätzliche Marker wird nur anhand markanter Punkte zunächst der Kopf der Person detektiert, um dann die Position der Augen und Cornea-Reflexe zu bestimmen. Gegenüber kopfbasierten Systemen ist die zeitliche Auflösung aufgrund der meist eingesetzten PAL-Kameratechnik geringer und die Flexibilität hinsichtlich des Erfassungsbereiches reduziert, so dass sich solche Geräte prinzipiell für engere Räumen eher eignen, z. B. im Autocockpit.

2.1 Blickbewegungsparameter

Zur Erfassung und Analyse von Blickbewegungen haben sich verschiedene Kenngrößen etabliert. Einige zentrale Parameter lassen sich unmittelbar aus Fixationen (Fokussierung des Blickes auf einen bestimmten Punkt im Raum) und Sakkaden (sprunghafte Bewegungen des Augapfels zwischen zwei Fixationen) ableiten, die üblicherweise aus den erfassten Augenpositionsdaten extrahiert werden. Sie werden im Folgenden kurz vorgestellt, stellen jedoch nur einen kleinen Teil der möglichen Blickbewegungsparameter dar. Neben zahlreichen weiteren, einzeln aus Fixationen und Sakkaden gewonnenen Kenngrößen kann z. B. auch deren Aufeinanderfolge als Blickpfad interpretiert werden oder Folge- und Vergenzbewegungen der Augen analysiert werden. Für einen detaillierten Überblick weiterer Kenngrößen und deren Interpretation sei auf Rötting & Seifert (1999), Rötting (2001), Jacob & Karn (2003) und Poole & Ball (2004) verwiesen.

Eine Fixation wird definiert als der Zustand, bei dem das Auge sich bezüglich

eines Sehobjektes in einem „relativen“ Stillstand befindet. „Relativ“ ist hier zum einen auf den Stillstand bezogen, wobei während einer Fixation noch Mikrobewegungen des Auges auftreten können, zum anderen auch auf das betrachtete Objekt, wobei autonome Folgebewegungen zwischen Auge und Objekt bei einer Fixation mit eingeschlossen werden. Fixationen dienen dazu, das Objekt des Interesses zur effizienten Informationsextraktion in den Bereich des schärfsten Sehens zu rücken und dort zu halten. In diesem Bereich von etwa 2° um den fixierten Bereich ist ein scharfes, foveales Sehen mit Farbwahrnehmung möglich. Außerhalb davon ist im parafovealen Bereich (bis 10°) die Sehschärfe und Farbwahrnehmung reduziert und im peripheren Sichtfeld noch weiter außerhalb (bis 100°) keine als scharf oder farbig wahrgenommene Abbildung auf die Netzhaut mehr möglich, aber Helligkeitsunterschiede und damit auch Bewegungen werden hier am besten wahrgenommen.

Die Fixationsdauer ist der wohl am häufigsten genutzte Blickbewegungsparameter und umfasst die Zeit, während der das Auge keinen Blickwechsel vornimmt. Man geht von einer Minstdauer von ca. 100 ms aus, bei stillem oder lautem Lesen können bis zu 225 ms bzw. 275 ms erreicht werden, bei der Bildwahrnehmung etwa 330 ms und bei visuellen Suchaufgaben 275 ms (Rayner 1998). Die Dauer einer Fixation ist der Eye-Mind-Hypothese zufolge ein Maß für Verarbeitungstiefe und damit auch für mentale Beanspruchung. Die Interpretation muss daher immer in Abhängigkeit von der Aufgabe erfolgen: Verlangt die Aufgabe überwiegend zentral kontrollierte Verarbeitung, so ist eine Verlängerung der Fixationsdauer ein Hinweis auf größere Beanspruchung (Schwierigkeit bei der Informationsverarbeitung). Bei Aufgaben, die vorwiegend schnelles Reagieren nötig machen und hohe Anforderungen an die visuelle Informationsaufnahme und -verarbeitung stellen (z. B. Führen von Fahrzeugen), kommt es zusätzlich zur Erhöhung der Fixationsfrequenz bei größerer Beanspruchung (über einen Anstieg des Aktivierungsniveaus) zu kürzeren Fixationsdauern (Luczak 1998).

Auch die Anzahl der Fixationen innerhalb eines Zeit-/Aufgabenintervalls lässt sich als Bewertungsmaß heranziehen. So

ist beispielsweise eine hohe Anzahl an Fixationen ein Hinweis auf die Behinderung der Informationssuche und -aufnahme durch die Art der Repräsentation oder des Layouts (Rötting 2001). Bezieht man die Anzahl der Fixationen auf bestimmte Objektbereiche (Areas of Interest, Aoi), dann spricht die häufige Fixation eines Elements für seine Wichtigkeit für den Benutzer (Fitts, Jones & Milton 1950, Poole & Ball 2004), was bei der Gestaltung durch eine zentrale Positionierung dieses Elements aufgegriffen werden kann. Der relative Vergleich der Fixationshäufigkeit pro Aoi kann auch zur Bewertung von Gestaltungsalternativen bei Benutzungsschnittstellen herangezogen werden.

Die kumulierte Zeit aufeinander folgender Fixationen innerhalb einer Aoi wird auch als Verweildauer („Gaze Duration“) bezeichnet. Sie kann zur Beurteilung der Leichtigkeit der Informationsaufnahme herangezogen werden. Dabei deuten längere Verweildauern auf größere Schwierigkeiten hin, die auf schlechte Erkennbarkeit, ein ungünstiges Layout oder eine zu hohe Informationsdichte verursacht werden können (Fairclough, Ashby & Parkes 1993).

Sakkaden sind von beiden Augen gleichermaßen ausgeführte, sprungartige Bewegungen, die dazu dienen, ein neues Objekt in den Blick zu nehmen, d.h. es dann zu fixieren. Sie lassen sich damit von Folgebewegungen bezüglich sich langsam bewogender Objekte abgrenzen, mit denen ein visueller Reiz auf der Netzhaut stabilisiert werden soll. Sakkaden können willkürlich als antizipatorische Bewegung bei der visuellen Suche dienen oder unwillkürlich als Reaktion auf plötzlich im Sichtfeld auftretende Objekte ausgelöst werden. Während einer Sakkade werden kaum visuelle Informationen aufgenommen, es entsteht eine sogenannte „sakkadische Suppression“. Die Sehschärfe ist während dieser Phase stark eingeschränkt und so die visuelle Wahrnehmung unterdrückt (Schmidt, Schaible & Birbaumer 2001).

Die Sakkadenamplitude ist als gebräuchlichste Beschreibungsgröße im Wesentlichen durch das visuelle Stimulusmaterial bestimmt. Eine Erhöhung der Aufgabenschwierigkeit durch größere Stimuluskomplexität geht einher mit einer Verkleinerung der Sakkadenamplitude (May et al. 1990).

Die Geschwindigkeit einer Sakkade ist zwar als software-ergonomische Bewertungsparameter ungeeignet, aber ein guter Indikator für die Vigilanz der Versuchsperson. So kann eine Verlangsamung der mittleren Sakkadengeschwindigkeit bei reaktiven Sakkaden unter Schlafentzug festgestellt werden (Russo 2003). Ebenso nehmen die Sakkadenlatenz (Zeit zwischen Erscheinen eines Stimulus bis zur ersten Bewegung) und der Anteil ungenauer Sakkaden mit der Müdigkeit zu.

Die durchschnittliche Anzahl Sakkaden pro Zeiteinheit wird sowohl in Beziehung zum Stimulusmaterial gesetzt (Anforderungen einer visuellen Aufgabe mit stark eingeschränkter Informationsaufnahme) als auch zum Aktivierungsniveau (Arousal) einer Versuchsperson.

Betrachtet man die Sakkaden beim Wechsel zwischen zwei Aoi als Übergangshäufigkeit, so können daraus Hinweise auf die Güte ihrer räumlichen Anordnung sowie auf die sequentielle Informationsaufnahme bei der Aufgabenausführung gewonnen werden (Rötting 2001).

3. Versuchsdurchführung

Die objektiven Beobachtungsdaten, die die Blickbewegungsmessung mit den oben beschriebenen, aus Fixationen und Sakkaden extrahierten Größen lieferte, wurden beim Versuch (Schmidt & Simeonova 2008), der hier zusammengefasst als Fallbeispiel dient, in Kombination mit einem Fragebogen und den erhobenen Leistungsdaten bei der Aufgabebearbeitung betrachtet. Anhand des konkreten Beispiels von Flugticket-Buchungsaufgaben via Internet sollte so auch der Frage nachgegangen werden, ob sich die subjektiven und objektiven Daten sinnvoll gegenseitig ergänzen, so dass im Ergebnis besser auf Benutzbarkeitsdefizite geschlossen werden kann.

An der Untersuchung nahmen insgesamt 20 Personen im Alter von 25 bis 56 Jahren teil. Sie nutzten regelmäßig das Internet und hatten teilweise erste Erfahrungen mit Online-Flugbuchungen (max. 5 Buchungen).

Im Untersuchungslabor saßen die Versuchspersonen mit dem am Kopf befestigten Blickbewegungsmessgerät (Cornea-Reflex-Prinzip, Fa. SensoMotoric

Instruments) vor einem PC mit Internetzugang zum Buchungsportal. Auf einem zweiten PC war die Software zur Kalibrierung und Auswertung der Blickbewegungsmessung installiert. An diesem war neben dem Blickbewegungsmessgerät auch eine zusätzliche Videokamera angeschlossen, die die mit einem Fadenkreuz überlagerten Szenenbilder aufnahm. Diese Videoaufzeichnungen dienten später der Blickbewegungsanalyse und der Auswertung der Leistungsdaten (Zeiten, Fehler).

Vor Versuchsbeginn wurden den Teilnehmern der Versuchsablauf und die Funktionsweise der Blickbewegungsmessung erläutert und ein Fragebogen zu demographischen Daten ausgefüllt. Die Kalibrierung des Blickbewegungsmessgerätes nahm danach zwischen 5 und 45 Minuten in Anspruch. Nach schriftlicher Instruktion bearbeitete anschließend jede Versuchsperson insgesamt drei Buchungsaufgaben in randomisierter Reihenfolge. Die Aufgaben (Buchung einer Hin- und Rückreise, einer einfachen Reise und eines Sonderangebotes) sind repräsentativ für bestimmte Kundengruppen und wurden auf Basis einer vorherigen Nutzungsanalyse ausgewählt und gestaltet. Sie umfassen jeweils sieben Buchungsschritte (Strecke, Datum, Flugmöglichkeiten, Preis, Passagierangaben, Bezahlung und Buchungsbestätigung). Nach der Bearbeitung wurde von den Versuchsteilnehmern ein software-ergonomischer Bewertungsfragebogen ausgefüllt (Beurteilung jeweils auf einer fünfstufigen Skala von 1 (sehr gut) bis 5 (mangelhaft)).

Der Versuch dauerte je Person zwischen 50 und 90 Minuten; die Zeit war im Wesentlichen von der Kalibrierungsdauer abhängig.

4. Ergebnisse und Gestaltungsvorschläge

Die Auswertung der Blickbewegungs- und Leistungsdaten sowie der Fragebögen lieferte trotz des hohen Erprobungsgrades der Buchungsschnittstelle und ihrer Vorgängerversionen insgesamt zahlreiche Hinweise, die im Sinne einer formativen Evaluation für die Überarbeitung der Buchungsoberfläche genutzt werden konnten. Im Folgenden werden einige exemplarische Resultate aufgeführt.



Bild 1: Untersuchte Eingabemaske für den ersten Buchungsschritt (links) und neu gestaltete Variante (rechts)

In Bild 1 ist links die generelle Eingabemaske gezeigt, die als Einstieg in die Buchungsaufgaben „Hin- und Rückreise“ sowie „Einfache Reise“ genutzt wurde. Im Fragebogen wurde zwar von über 70 % der Teilnehmer eine alternative Beschriftung mit „Hin- und Rückflug“ (Aol 1a) bzw. „Nur Hinflug“ (Aol 1b) bevorzugt, insgesamt wurde die Maske aber bei beiden Buchungsarten als hilfreich empfunden (Bewertungsmedian: 2). Die objektiven Beobachtungsdaten zeigten jedoch, dass im Falle einer Einfachreise 20 % der Versuchspersonen die entsprechende (nicht vorselektierte) Option in der Aol 1b nicht ausgewählt haben. Obwohl bei der Einfachreise gegenüber der Hin-/Rückreise zwei Felder weniger ausgefüllt werden mussten, was sich auch in einer etwas kürzeren mittleren Bearbeitungszeit niederschlug, war die durchschnittliche Anzahl der Sakkaden um 6 % höher als bei der Hin- und Rückreise. Dies kann mit erhöhtem visuellem Suchaufwand bei der Einfachreise durch die ungünstige Anordnung des Auswahlfeldes erklärt werden. Dieses Defizit aufgreifend ist in der überarbeiteten Version der Eingabemaske neben der Beschriftungsänderung die Auswahl der Reiseart unmit-

telbar über Destination und Reisedatum positioniert worden (Bild 1 rechts).

Die Ergebnisse aus der Befragung deckten auf, dass nur die Hälfte der Versuchsteilnehmer die Funktion des Feldes „Ihre Buchungsklasse“ (Aol 2 in Bild 1 links) richtig erkannt hat. Die Blickbewegungsdaten belegten, dass 30 % der Falschbeantworter dieses Feld gar nicht betrachtet haben. Insgesamt lag die durchschnittliche Fixationsdauer bei den Falschbeantwortern knapp 25 % niedriger als bei den Richtigbeantwortern. Dies spricht gegen Interpretationsprobleme und für ein niedriges Niveau der zugeteilten visuellen und kognitiven Aufmerksamkeit; eine auffälligere Gestaltung des Buchungsklassenfeldes bzw. eine übersichtlichere Strukturierung im Bearbeitungsverlauf von oben nach unten könnten Abhilfe schaffen (Bild 1 rechts).

Im zweiten Schritt sollte bei einer Buchungsaufgabe das Hin- und Rückreisedatum ausgewählt werden (Bild 2 links). Die Darstellung mit dem gelben Rahmen konnte den Teilnehmern laut Fragebogen gut beim schnellen Auffinden ihrer ursprünglich gewünschten Flugtage helfen (Median: 2). Die Analyse der durchschnittlichen Anzahl Sakkaden pro Zeit-

einheit für „Hinflug“ (Aol 2) und „Rückflug“ (Aol 1) ergab aber überraschenderweise einen um 26 % höheren Wert innerhalb der Aol 1, so dass zumindest teilweise erhöhte visuelle Anforderungen bei der Suche nach den ursprünglich eingegebenen Tagen vermutet werden müssen. Die subjektive Beurteilung der zweidimensionalen Darstellung in der Tabelle lag an der Schwelle zwischen „gut“ und „befriedigend“. Die Auswertung der freitextlichen Kommentare ergab, dass rund 35 % der Versuchspersonen ein Problem mit der Darstellung der Flüge in dieser Tabelle hatten: Unübersichtlichkeit und Schwierigkeiten mit der Darstellung von Flug- und Preisdaten waren oft erwähnte Stichpunkte.

Um nicht durch eine weitere auffällige Farbe von den gelb-orange markierten günstigsten Tarifen (Aol 3) abzulenken, wurde die Hervorhebung der Flugtage in der Umsetzung in weiß mit einem Pfeil vorgenommen (Bild 2 rechts). Ein Großteil der Befragten (75 %) hat die Funktion der gelb-orangen Markierung (Aol 3) richtig erkannt, obwohl nur 10 % der Teilnehmer auf die erklärenden Zeilen am Anfang der Seite (Aol 4) gesehen haben. Die Verweildauer innerhalb der Aol (Maß für die kognitive Beanspruchung) ist vergleichsweise gering, so dass für die Benutzer offenbar keine Interpretationsschwierigkeiten bestanden. Dieses Gestaltungsmerkmal wurde daher in der Umsetzung (Bild 2 rechts) mit einer verkürzten Farberläuterung als Legende ansonsten ohne weitere Änderung beibehalten.

Im nächsten Buchungsschritt werden die Flugmöglichkeiten und Preise für die ausgewählte Hin-/Rückflugkombination angezeigt. Rund 45 % der Versuchsteilnehmer wussten hier nicht, dass der nach der Flugselektion angezeigte Preis nicht der Gesamtpreis ist und dass noch zusätzliche Gebühren anfallen würden. Die Analyse der Blickbewegungen zeigte, dass die Hälfte der Teilnehmer die erklärende Fußnote nicht gelesen hat. Ein ähnlicher Effekt konnte für eine „Datum ändern“-Funktion festgestellt werden, die von mehr als der Hälfte der Versuchspersonen nicht gefunden wurde. Die Blickbewegungsdaten belegten, dass lediglich 19 % der Teilnehmer dieses Seitenelement überhaupt anvisiert hatten, was ebenfalls auf eine schlechte Sichtbarkeit des „Datum ändern“-Links



Bild 2: Datumsauswahl und Anzeige der günstigsten Preise im zweiten Buchungsschritt (untersuchte Version links, neugestaltete Variante rechts)

hindeutet. Die Personen, die mit der Funktion gearbeitet haben, empfanden die Selektion eines anderen Datums so als bequem (Median: 2). Als Verbesserungsvorschläge wurden eine auffälligere, aufgrund der Fluglistenlänge sogar doppelte Angabe des Preises für Hin- und Rückflug sowie eine bessere Sichtbarkeit der „Datum ändern“-Funktion durch eine Veränderung der Schriftart und eine klarere Zuordnung zu den Flugzeiten aufgegriffen.

Nach zusammenfassender Anzeige der Details zur ausgewählten Flugkombination und der Darstellung des Gesamtpreises und seiner Bestandteile im nächsten Schritt sollten die Benutzer zwischen „Login“ für bereits angemeldete Personen und „Buchung ohne Registrierung“ auswählen (Bild 3 links). 85 % der Versuchsteilnehmer wussten zwar, dass diese beiden Optionen komplementär zueinander sind, die Blickbewegungsanalyse lieferte jedoch Daten, die für eine große visuelle Belastung in diesem Bereich sprechen. Die durchschnittliche Anzahl der Sakkaden war nahezu doppelt so groß wie in anderen Bereichen, woraus auf Schwierigkeiten bei der visuellen Suche durch eine suboptimale Gestaltung dieser Elemente (unbewusste Trennung durch zwei dunkler grau unterlegte Überschriften mit Aufzählungspunkt) geschlossen wurde. In der verbesserten Version (Bild 3 rechts) wurde durch das geänderte Layout mit einer gemeinsamen dunkel unterlegten Überschrift und der Darstellung der beiden alternativen Optionen als nebeneinander stehende Spalten versucht, diesem Problem zu begegnen.

In den nächsten beiden Buchungsschritten sollten die erforderlichen persönlichen Daten als Passagierangaben und die Zahlungsinformationen eingegeben werden. In diesen Bereichen konnten keine Schwierigkeiten identifiziert werden. Obwohl es nach den Eintragungen zur Zahlungsweise angezeigt wurde, war es einem Großteil der Versuchsteilnehmer (60 %) nicht bewusst, welche Ausstellungsform das Ticket hat. Die Auswertung der Blickregistrierungsdaten zeigte, dass rund 31 % von ihnen den Hinweis nicht gelesen hatten. Bei den restlichen Personen, die keine richtige Antwort gegeben hatten, deutete die durchschnittliche Fixationsdauer auf keine Besonderheiten hin. Das könnte ein



Bild 3: Auswahl zwischen Login und Buchung ohne Registrierung (untersuchte Version links, neugestaltete Variante rechts)

Hinweis darauf sein, dass diese Versuchsteilnehmer die Information zwar gelesen haben, mit dem Begriff „etix®-Ticket“ jedoch wenig verbinden konnten. Als Gestaltungsvorschlag zur besseren Wahrnehmbarkeit der Ticket-Form könnte hier mittels Schriftgröße eine stärkere Hervorhebung erfolgen. Die Umwandlung des Begriffs in einen anklickbaren Link zur näheren Erläuterung könnte bei Unklarheiten zusätzliche Informationen bereitstellen.

Im Fall der Buchungsaufgaben „einfache Reise“ und „Sonderangebot“ wurden vergleichbare Schritte durchlaufen, wobei die Darstellung teilweise abweichend war, z. B. erfolgt die Flugauswahl bei der einfachen Reise über eine Liste mit Karteikartenreitern für unterschiedliche Flugtage statt mit der Tabelle aus Bild 2. Auch bei dieser Darstellungsart traten jedoch in ähnlichem Umfang Benutzungsschwierigkeiten auf.

5. Fazit und Ausblick

Insgesamt konnten als Ergebnis der software-ergonomischen Evaluation Probleme bei der Benutzbarkeit in mehreren Buchungsschritten sowie Schwierigkeiten durch eine ungünstige Anordnung bestimmter Eingabefelder aufgedeckt werden, wobei ein Teil der Defizite nur anhand der Blickbewegungsdaten ermittelt werden konnte. Durch die detaillierten Ergebnisse der Blickbewegungsanalyse bezüglich einzelner graphischer Elemente konnten daraus Verbesserungsvorschläge bezüglich der Anordnung und Gestaltung abgeleitet werden. Hilfreich für die Identifizierung waren dabei neben Aussagen, welche Elemente der Schnittstelle bei der Aufgabenbearbeitung überhaupt genutzt wurden, relative Vergleiche einzelner Bereiche bezüglich Sakkaden- bzw. Fixationsanzahl und Fixationsdauern, die im Sinne von Auffälligkeiten interpretiert wurden. Um quantitative Effekte der späteren Neugestaltung bele-

gen zu können, wäre jedoch noch eine vergleichende Folgeuntersuchung nötig. Da aufgrund der dynamischen Veränderung der betrachteten Benutzungsschnittstelle keine automatisierte Auswertung erfolgen konnte, wurde aus Aufwandsgründen nur ein Teil der erhobenen Blickbewegungsparameter analysiert. Methodisch wurde aber bereits daran deutlich, dass sich die eingesetzten Methoden in ihren Vor- und Nachteilen gut ergänzen und eine konstruktive Basis für die Evaluation von Mensch-Maschine-Schnittstellen aus subjektiver und objektiver Sicht bilden, aber auch weiterhin Expertenwissen bei der Interpretation benötigen. Weiterentwicklungspotential besteht hinsichtlich „breitentauglicher“ Kalibrierung und der Automatisierung der Auswertung bei dynamischen Seiten.

Literatur

- Fairclough, S. H.; Ashby, M. C.; Parkes, A. M.: In-vehicle displays, visual workload and usability evaluation. In: Gale, A. G.; Brown, I. D.; Haslegrave, C. M.; Kruysse, H. W.; Taylor, S. P. (Eds.): *Vision in Vehicles IV*. Amsterdam: Elsevier, 1993, S. 245–254.
- Fitts, P. M.; Jones, R. E.; Milton, J. L.: Eye movements of aircraft pilots during instrument-landing approaches. *Aeronautical Engineering Review* **9,2** (1950) 24–29.
- Jacob, R.; Karn, K.: Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. In: Hyona, J.; Radach, R.; Deubel, H. (Hrsg.): *The Mind's Eyes: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movements*. Oxford: Elsevier, 2003.
- Just, M. A.; Carpenter, P. A.: Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology* **8** (1976) 441–480.
- Link, D.; Schmidt, L.: Zur Ortsgenauigkeit aktueller Blickerfassungssysteme. In: *Prospektive Gestaltung von Mensch-Technik-Interaktion: 7. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme* (Berlin 2007). Fortschrittberichte VDI, Reihe 22, Mensch-Maschine-Systeme Bd. 21. Düsseldorf: VDI, 2007, S. 363–366.
- Link, D.; Tietze, H.; Schmidt, L.; Sievert, A.; Gorges, W.; Leyk, D.: Berührungslose Augen- und Blickbewegungsmessung. In: Schmidt, L.; Schlick, C. M.; Grosche, J. (Hrsg.): *Ergonomie und Mensch-Maschine-Systeme*. Berlin: Springer, 2008, S. 371–391.

- Luczak, H.: *Arbeitswissenschaft*. 2. Auflage. Berlin: Springer, 1998.
- May, J. G.; Kennedy, R. S.; Williams, M. C.; Dunlap, W. P.; Brannan, J. R.: Eye movement indices of mental workload. *Acta Psychologica* **75** (1990) 75–89.
- Poole, A.; Ball, L. J.: Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects. In: Ghaoui, C. (Ed.): *Encyclopedia of Human Computer Interaction*. Pennsylvania: Idea Group, 2004.
- Rayner, K.: Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin* **124** (1998) 372–422.
- Rötting, M.: *Parametersystematik der Augen- und Blickbewegungen für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen*. Aachen: Shaker, 2001.
- Rötting, M.; Seifert, K. (Hrsg.): *Blickbewegungen in der Mensch-Maschine-Systematik*. ZMMS-Spektrum Bd. 8. Sinzheim: Pro Universitate Verlag, 1999.
- Russo, M.; Thomas, M.; Thorne, D.; Sing, H.; Redmond, D.; Rowland, L.; Johnson, D.; Hall, S.; Krichmar, J.; Balkin, T.: Oculomotor impairment during chronic partial sleep deprivation. *Clin. Neurophysiol.* **114** (2003) 723–736.
- Schmidt, L.: Blickbewegungsanalyse zur software-ergonomischen Evaluation – Methode und Anwendungsbeispiel. In: *VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik* (Hrsg.): *Ueware 2008 : Verfahrens- und Produktionstechnik, Engineering, Informationspräsentation und Interaktionskonzepte* (Baden-Baden 2008). VDI-Berichte Bd. 2041. Düsseldorf: VDI, 2008, S. 245–257.
- Schmidt, L.; Simeonova, E.: Software-ergonomische Evaluation eines Buchungsportals für Flugtickets mittels Blickbewegungsanalyse. In: Brau, H.; Diefenbach, S.; Hassenzahl, M.; Koller, F.; Peissner, M.; Röse, K. (Hrsg.): *Usa-*

bility Professionals 2008: Berichtsband des sechsten Workshops des German Chapters der Usability Professionals Association e.V. (Lübeck 2008). Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2008, S. 60–64.

Schmidt, R. F.; Schaible, H.-G.; Birbaumer, N.: *Neuro- und Sinnesphysiologie*. Berlin: Springer, 2001.

Schroiff, H.-W.: Zum Stellenwert von Blickbewegungsdaten bei der Mikroanalyse kognitiver Prozesse. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane* **195** (1987) 189–208.



Prof. Dr.-Ing. Ludger Schmidt (39) leitet seit 2008 das Fachgebiet Mensch-Maschine-Systemtechnik im Fachbereich Maschinenbau der Universität Kassel. Nach Abschluss des Elektrotechnikstudiums an der RWTH Aachen war er dort seit 1997 am Lehrstuhl und Institut für Arbeitswissenschaft zunächst als wiss. Mitarbeiter, dann ab 2001 als Forschungsgruppenleiter und Oberingenieur tätig und promovierte 2004 im Bereich Cognitive Engineering. Von 2005 bis 2008 leitete er die Abteilung Ergonomie und Mensch-Maschine-Systeme am FGAN Forschungsinstitut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie in Wachtberg bei Bonn. Arbeitsschwerpunkte: Usability Engineering, kognitive Ergonomie, Interaktion in VR/AR
E-Mail: L.Schmidt@uni-kassel.de
www.mensch-maschine-systemtechnik.de