

Untersuchung zu Eingabekonzepten mit verschiedenen Komponenten für Wearables und Smart-Devices

Martin WESTHOVEN, Jessica CONRADI, Thomas ALEXANDER

*Fraunhofer FKIE
Fraunhoferstraße 20, D-53343 Wachtberg*

Kurzfassung: Die ubiquitäre Nutzung mobiler IT-Systeme erfordert sichere und schnelle Interaktionen um Gefährdungen zu vermeiden. In einem Experiment (n=16, 27-33 Jahre, 7 weibl.) wurden Methoden zur Interaktion im Gehen bezüglich der Eingabegeschwindigkeit und -präzision (Eingabezeit, Eingabeschritte, Fehleranzahl), sowie des Einflusses auf das Situationsbewusstsein (Situation Awareness Global Assessment Technique, Blickbewegung, Distraktoren) und die subjektive Beanspruchung (NASA TLX) verglichen. Eine per Controller gesteuerte Datenbrille ermöglichte schnelle Eingaben bei geringer Beanspruchung. Smartphones benötigten weniger Eingabeschritte, erzeugten bei Anbringung am Arm aber eine höhere Beanspruchung. Einhändige Bedienung zeigte geringe Nachteile bei Beanspruchung und Fehlerzahl.

Schlüsselwörter: Mobile Computing, Wearables, Interaktion, Experiment, Beanspruchungsmessung, Blickbewegungsmessung

1. Einleitung

Mobile Geräte werden ubiquitär genutzt, was auch dynamische Umgebungen, wie z.B. Straßenverkehr, umfasst. Um Gefährdungen zu vermeiden, muss der Kontext berücksichtigt werden. Interaktion muss schnell und zuverlässig ablaufen, sie kann durch diverse Modalitäten erfolgen. Für Eingaben bei Mobilgeräten werden häufig berührungssensitive Flächen verwendet, die mit der Hand bedienbar sind. Gerade die Hände werden aber auch für anderweitig benötigt. Deshalb ist neben der beidhändigen Hand-Held-Nutzung die einhändige Nutzung mit der haltenden Hand oder Anbringung an Körper oder Kleidung üblich. Dies bringt neue Probleme mit sich, z.B. durch die mangelnde Reichweite des Daumens auf dem Display. Alternativ können Datenbrillen oder allgemein Head-Mounted-Displays (HMD) verwendet werden. Informationen können so auch während des Blicks in die Umgebung erfasst werden. Neben kamerabasierter Gestensteuerung oder Touchsteuerung am HMD werden auch dedizierte Controller zur Eingabe genutzt. Bei letzteren kann die Eingabe taktil und damit blickfrei kontrolliert werden. Vor- und Nachteile dieser sehr unterschiedlichen Interaktionsmethoden sind wenig erforscht.

2. Relevante Arbeiten

Pascoe et al. (2000) untersuchen schon früh mobile IT für Feldforschung. Um den von Desktop-Anwendungen verschiedenen Kontext zu berücksichtigen, werden Context Awareness (Schilit et al. 1994) und Minimal Attention User Interfaces

betrachtet und auf taktile, blickfreie Komponenten eingegangen. Gong und Tarasewich (2004) greifen dies auf und unterstreichen die Wichtigkeit ein-, zwei- und freihändige Interaktion bei veränderlichem Kontext anzubieten. Aufbauend auf der Theorie multipler Ressourcen (Wickens 1984) untersuchen Oulasvirta et al. (2005) Aufmerksamkeit im Kontext der Mobilgerätenutzung. Das abgeleitete Resource Competition Framework unterstreicht die Notwendigkeit Ablenkung zu minimieren. Chittaro (2010) führt diese Arbeiten zusammen und leitet Design-Implicationen ab. Multiple Modalitäten sollen aufeinander abgestimmt werden, um Vorteile optimal zu nutzen. In der vorliegenden Arbeit werden Interaktionsformen für mobile Geräte untersucht. Vor dem Hintergrund der Arbeiten zur Aufmerksamkeit zielt dies auf die Ermittlung einer schnellen und möglichst ablenkungsfreien Interaktion.

3. Methodik

3.1 Fragestellung

Untersuchungsgegenstand ist die Anordnung von Ein-/Ausgabemethoden im Gehen. Die „normale“ Eingabe ist beidhändig, während die Daumeneingabe einhändig ist. Am Unterarm getragene Geräte benötigen ebenfalls nur eine Hand, Ausgabe und visuelle Kontrolle der Eingabe erfordern aber eine bestimmte Armhaltung. Smartphones müssen während der Interaktion im Sichtbereich sein, beim HMD ist dies durch die Anbringung gesichert. HMD-Controller, oft in Form einer gewöhnlichen Fernbedienung, können frei gehalten werden, da eine taktile Eingabekontrolle möglich ist. Mit dem Smartphone wechselt die visuelle Aufmerksamkeit zwischen Umgebung und Gerät. Trotz notwendiger Aufmerksamkeit auf dargestellte Informationen, ist mit dem HMD keine Blickrichtungsänderung notwendig. Um zu erfassen, ob dieses unterschiedliche Blickverhalten die Aufmerksamkeitsverteilung zwischen Gerät und Umgebung beeinflusst, werden sogenannte Distraktoren eingeführt - unvorhersehbare Ereignisse, die einer schnellen Reaktion bedürfen. Als zu untersuchende Fragestellung wird angenommen, dass die technischen Anordnungen der Mobilgeräte einen Einfluss auf die Eingabeleistung haben. Es wird ein Einfluss auf die Geschwindigkeit (H1) und auf die Genauigkeit (H2) angenommen. Es wird angenommen, dass häufige Blickwechsel zu einer weniger genauen Umgebungswahrnehmung führen, daher wird ein Einfluss der Geräteanordnung auf die Distraktoren-Fehlerzahl angenommen (H3). Die Eingabemethoden benötigen verschieden lange Aufmerksamkeitsspannen. Es wird angenommen, dass sich Blickdauer sowie -häufigkeit auf das Eingabegerät unterscheiden (H4). Zusätzlich wird ein Einfluss der Anordnung auf das Situationsbewusstsein angenommen (H5). Es wird angenommen, dass sich die Beanspruchung bei verschiedenen Gestaltungen unterscheidet (H6).

3.2 Stichprobe

An dem Versuch mit Messwiederholungen nahmen n=16 Mitarbeiter (7 weibl.) im Alter von 27 bis 33 Jahren teil. Vor dem Versuch wurde ein Farbsehtest durchgeführt. Personen, mit eingeschränkter Farbsehfähigkeit wurden ausgeschlossen. Die Händigkeit der Versuchsteilnehmer wurde erfragt. Linkshänder wurden ebenfalls ausgeschlossen, da die Interaktionsoberflächen auf Rechtshänder ausgelegt waren.

3.3 Versuchsaufgabe

Die Hauptaufgabe des Versuches bestand darin, einen Rundgang durch eine virtuelle Umgebung (VU) zu absolvieren und die aktuellen Entwicklungen in der Umgebung zu beobachten. Zu bestimmten Charakteren wurden Detailinformationen in Form eines Phantombildes eingeblendet. Dieses musste über das Interaktionsgerät eingegeben werden. Zusätzlich hatten die Teilnehmer die Aufgabe, sich Positionen und Bewegungsrichtung zu merken. Diese Informationen wurden in vier Unterbrechungen nach jeweils ca. 2,5 Minuten in drei aufeinander folgenden Multiple-Choice-Aufgaben abgefragt. Parallel erschienen im Rahmen der Nebenaufgabe Distraktoren in unregelmäßigen Abständen. Diese mussten möglichst schnell erkannt und gemeldet werden. Wurden die Distraktoren nicht rechtzeitig gemeldet, wurde dies visuell und akustisch quittiert.

3.4 Apparatus

Auf einer Projektionswand wurde eine virtuelle Umgebung (VU) dargestellt, die mit einem Laufband gekoppelt war. Die Geschwindigkeit war mit 5 km/h vorgegeben. Das zu verarbeitende Phantombild wurde für drei Sekunden eingeblendet und war an Charaktere in der VU gebunden. Das Gesicht blieb unverändert, lediglich Haare (Glatze, kurz, lang), Brille (keine, normal, Sonnenbrille) und Bart (keiner, Oberlippe, Vollbart) wurden variiert und in randomisierter Reihenfolge zu zufälligen Zeitpunkten eingeblendet. Zusätzlich wurden in unregelmäßigen Abständen „Distraktoren“ eingeblendet, rote Kreise, die sich schnell vergrößerten und nach drei Sekunden mit einem scharfen Geräusch „explodierten“. Sie konnten über ein Mikrofon gemeldet werden. Die Ein- und Ausgabe erfolgte durch ein Smartphone, ein See-Through-HMD oder einen Controller. Als Smartphone mit berührungsempfindlichem Display wurde ein Samsung S3 genutzt (13,7 x 7,1 x 0,86 cm; 10,6 x 6 cm, 1280 x 720 px Display; 133 g). Das HMD war ein Lite-Eye LE-750 A (Monokular, 800 x 600 px, 30° FOV; Leuchtdichte: 300 cd/m² (Weiß: 1800 cd/m², Grün: 3000 cd/m²)). Als Controller wurde eine Wii-Remote Nintendo RVL-CNT-01 verwendet. Bei der Standardeingabe wird das Gerät mit links gehalten und mit rechts eingegeben. Bei der Daumeneingabe wird die linke Hand eingesetzt. Vor Versuchsbeginn wurden die Buttons individuell platziert um der Daumenreichweite zu genügen. Bei der Anordnung „Unterarm“ wurde das Smartphone mit einer Halterung am linken Arm befestigt. Die Anordnung „HMD“ verwendete das HMD vor dem rechten Auge. Eingaben wurden mit dem Steuerkreuz sowie der darunter befindlichen Taste getätigt. Die Blickrichtung wurde mit dem Blickbewegungsmessgerät Dikablis (Ergoneers GmbH, Manching) aufgezeichnet. Es wurden Blicke auf das Smartphone und in die Umgebung unterschieden. Die Nutzung mit dem HMD war technisch nicht möglich. Das Situationsbewusstsein wurde mit der Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT) nach Endsley (1995) gemessen. Nach dem Versuchsdurchlauf wurde die Beanspruchung mittels des NASA Task Load Index (Hart 2006; Hart und Staveland 1988) abgefragt.

3.5 Versuchsplan und -durchführung

Unabhängige Variablen waren die technischen Anordnungen der Eingabegeräte („Standard“, „Daumen“, „Unterarm“, „HMD“). Als abhängige Variablen wurden Maße für Leistung (mittlere Eingabezeit, mittlere Eingabeschrittzahl, Fehlerzahl),

Aufmerksamkeit (Distraktoren-Fehler, Blickfrequenz, Gesamtblicklänge), Situationsbewusstsein (SAGAT-Fehler), sowie Beanspruchung (NASA-TLX) erhoben. „Mittlere Eingabezeit“ ist die durchschnittliche Zeit, um Informationen zu einem Gesicht einzugeben. Die „mittlere Anzahl der Eingabeschritte“ ist die durchschnittliche Anzahl der Interaktionen, um eine einzelne Eingabe abzuschließen. Die „Fehlerzahl“ zählt fehlerhaft eingegebene Gesichter. Nicht neutralisierte Distraktoren wurden als „Distraktoren-Fehler“ gezählt. Die Fehler bei den Multiple-Choice-Aufgaben wurden als „SAGAT-Fehler“ gezählt. Nach der Versuchsdurchführung beantworteten die Teilnehmer den NASA-TLX-Fragebogen. Es wurde ein Versuchsdesign mit vollständiger Messwiederholung angewendet. Die Versuchsteilnehmer nahmen an je einer Sitzung pro Versuchsbedingung teil. Um mögliche Übertragungseffekte gering zu halten, wurde die Reihenfolge der Versuchsbedingungen im Sinne eines lateinischen Quadrates für Messwiederholungen (Bortz 1993) gewählt. Bei jedem Durchgang wurden 27 Gesichter eingegeben. Zusätzlich waren 58 Distraktoren während eines Versuchsablaufes zu detektieren. Vor dem eigentlichen Versuch wurde ein Training mit 20 Eingaben und 45 Distraktoren durchgeführt.

4. Ergebnisse

Die Variablenverteilungen wurden mit Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests auf Normalverteilung geprüft. Normalverteilte Daten wurden mit Mauchly-Tests auf Sphärizität geprüft. Für signifikante Ergebnisse wurde der nach Greenhouse-Geisser korrigierte Wert bei der Varianzanalyse verwendet. Daraufhin wurde eine multivariate Varianzanalyse mit Messwiederholungen (MANOVA) durchgeführt. Abhängigen Variablen, die signifikante Unterschiede aufwiesen, wurden anschließend paarweise mit Bonferroni-Korrektur verglichen. Tabelle 1 zeigt die deskriptive Statistik bezüglich der Eingabeleistung.

Tabelle 1: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) zu Eingabegeschwindigkeit und –präzision.

Unabhängige Variable	Standard		Daumen		Unterarm		HMD	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Eingabezeit [s]	10,61	2,37	11,61	3,37	11,06	2,86	9,87	2,09
Eingabeschritte	12,37	0,28	12,49	0,72	12,39	0,35	13,81	1,17
Eingabefehler	3,00	3,52	2,5	2,99	2,5	2,19	4,31	3,44

Die Bedingung „Daumen“ ergab die längste Eingabezeit, die kürzeste die Bedingung „HMD“. Für die Mittlere Eingabezeit wurden signifikante Unterschiede gefunden ($F(3,45)=5,591$, $p=0,011$, $\eta^2=0,272$). In Post-Tests zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Statistische Trends wurden zwischen „Unterarm“ und „HMD“ ($p=0,057$) sowie „Daumen“ und „Unterarm“ ($p=0,081$) festgestellt. Die meisten Eingabeschritte fanden sich bei der Bedingung „HMD“. Signifikante Werte wurden für die Anzahl der Eingabeschritte gefunden ($F(3,45)=15,85$, $p<0,01$, $\eta^2=0,514$). Paarweise Vergleiche mit Bonferroni-Korrektur ergaben hochsignifikante Unterschiede zwischen „HMD“ und „Standard“ ($p<0,01$), „HMD“ und „Daumen“ ($p<0,01$), sowie „HMD“ und „Unterarm“ ($p<0,01$). Die mittlere Fehleranzahl liegt zwischen 2,5 und 4,3 bei 27 Eingaben. Es wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Bedingungen gefunden ($F(3,45)=1,490$, $p=0,230$, $\eta^2=0,090$). Die

deskriptive Statistik bezüglich der Ablenkung findet sich in Tabelle 2. Es konnte kein signifikanter Einfluss der Versuchsbedingung auf die Distraktoren-Fehler gefunden werden ($F(3,45)=1,331$, $p=0,276$). Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede für die Blickfrequenz ($F(2,30)=0,333$, $p=0,719$, $\eta^2=0,022$). Die Gesamtblickdauer weist signifikante Unterschiede auf ($F(3,30)=3,44$, $p=0,45$, $\eta^2=0,187$). Paarweiser Vergleich mit Bonferroni-Korrektur zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen „Daumen“ und „Unterarm“ ($P=0,33$). Für das Situationsbewusstsein fand sich ein statistischer Trend ($F(3,45)=2,784$, $p=0,052$, $\eta^2=0,157$). Auch der paarweise Vergleich zwischen „Unterarm“ und „HMD“ ergab einen Trend ($p=0,065$).

Tabelle 2: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) zu Fehlerzahlen für die Distraktoren, zu durchschnittlicher und Gesamtblickdauer, Blickfrequenz sowie Fehlerzahlen zur SAGAT.

Unabhängige Variable	Standard		Daumen		Unterarm		HMD	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Distraktoren-Fehler	3,69	3,05	4,44	3,14	3,25	1,77	5,12	4,76
Blickzahl	197,3	77,76	208,6	95,9	189,2	81,6	-	-
Blickdauer ges. [s]	151,3	34,5	172,0	44,4	152,3	29,2	-	-
SAGAT Fehlerzahl	5,56	2,94	6,25	2,27	5,31	2,09	7,06	2,86

In Tabelle 3 ist die deskriptive Statistik der NASA-TLX Erhebung angegeben. Signifikante Einflüsse der Versuchsbedingung ergaben sich für die Subskala „Körperliche Anforderungen“ ($F(3,45)=8,894$, $p<0,01$, $\eta^2=0,372$). Im Post-Test ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen „Daumen“ und „HMD“ ($p<0,01$) sowie „Daumen“ und „Unterarm“ ($p<0,01$).

Tabelle 3: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) zu NASA TLX Einzelwerten und dem Gesamtwert.

Unabhängige Variable	Standard		Daumen		Unterarm		HMD	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Geistige Anforderung	70,00	20,16	69,06	19,25	72,19	18,62	67,19	24,49
Körperliche Anforderung	41,56	22,64	49,38	22,28	39,06	24,24	34,37	16,72
Zeitliche Anforderung	63,16	22,04	61,87	21,20	58,13	21,82	56,56	22,55
Leistung	44,06	19,34	50,31	20,29	53,12	19,13	46,87	19,73
Anstrengung	65,31	22,76	64,06	18,09	64,69	22,69	61,56	19,12
Frustration	40,31	19,44	44,06	20,99	41,25	25,00	40,94	18,46
Gesamtwert	54,11	14,81	56,46	11,62	54,74	15,23	51,25	14,03

5. Diskussion

Ein Einfluss der technischen Anordnungen auf Leistung, Blickverhalten, Situationsbewusstsein sowie körperliche Beanspruchung der Nutzer konnte gezeigt werden. Die Anordnung „HMD“ resultierte in schnellerer Aufgabenbearbeitung, als die Smartphone-Bedingungen. Dies mag auf die mit Smartphones notwendigen Blickwechsel zwischen Umwelt und Gerät zurückzuführen sein. Mit dem HMD wurden dafür signifikant mehr Eingabeschritte gemacht, was in der fehlenden

visuellen Eingabekontrolle begründet sein könnte. Genauigkeit und Fehlerzahl bleiben davon unberührt. Für die Nebenaufgabe finden sich keine signifikanten Unterschiede. Es ergab sich ein Trend zu einem geringeren Situationsbewusstsein bei der Bedingung „HMD“, verglichen mit „Unterarm“. Trotz durchgängigen Blicks in die Umgebung scheint die Anordnung von der Umgebung abzulenken. Bei der Bedingung „Daumen“ war die Blickdauer auf das Smartphone besonders hoch, was an mangelnder Gewöhnung liegen könnte. Die Blickzahlen unterscheiden sich jedoch nicht signifikant. Bezüglich der Beanspruchung wurde nur die körperliche Anstrengung für „HMD“ signifikant geringer bewertet als bei „Daumen“ und „Unterarm“. Dies kann durch die notwendige Armhaltung zu erklären sein. Zusammenfassend ergibt sich kein klarer Vorteil für eine der Anordnungen. Die Standardeingabe unterschied sich nicht von den anderen, was durch Gewöhnung begründet sein kann. Um Vorteile ausnutzen zu können, mag die Gewöhnungszeit an die anderen Methoden zu kurz gewesen sein. Die Anordnung „Unterarm“ erhöht körperliche Belastung und Eingabezeit, während die Fehlerzahl sinkt. Für die Daumeneingabe fanden sich keine Vorteile. Die Anzahl der Eingabeschritte entsprach denen der anderen Smartphone-Bedingungen bei einer relativ hohen Fehlerzahl. Trotz hoher Blickdauer auf das Gerät wurden keine Nachteile bzgl. Situationsbewusstsein und Aufmerksamkeit beobachtet. Die hoch bewertete körperliche Anforderung könnte in der ungewohnt mitlinks ausgeführten Eingabe begründet liegen. Eine Nutzung der dominanten Hand sollte in weiteren Untersuchungen betrachtet werden. Mit HMD wurden Eingaben schneller durchgeführt und die körperliche Anstrengung war geringer. Jedoch wurden mehr Eingaben getätigt, also korrigiert, sowie ein leicht geringeres Situationsbewusstsein gefunden. Eingabeanordnungen sollten daher an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden. Sollen körperliche Beanspruchung vermieden werden oder schnell Eingaben gemacht werden, bietet sich ein HMD an. Für genaue Eingaben in wenigen Schritten sollte eher ein Smartphone in Erwägung gezogen werden.

6. Literatur

- Bortz J (1993): Statistik. Für Sozialwissenschaftler. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong; Barcelona, Budapest. Springer-Lehrbuch.
- Chittaro L (2010): Distinctive aspects of mobile interaction and their implications for the design of multimodal interfaces. In: *Journal on Multimodal User Interfaces* 3 (3), S. 157–165.
- Endsley M R. (1995): Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. In: *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 37 (1), S. 32–64.
- Gong J; Tarasewich P (2004): Guidelines for handheld mobile device interface design. In: *Proceedings of DSI 2004 Annual Meeting*. Citeseer, S. 3751–3756.
- Hart S G. (2006): NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later. In: *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*, Bd. 50. Sage Publications, S. 904–908.
- Hart S G.; Staveland, Lowell E. (1988): Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In: *Advances in psychology* 52, S. 139–183.
- Oulasvirta A; Tamminen S; Roto V; Kuorelahti J (2005): Interaction in 4-second bursts: the fragmented nature of attentional resources in mobile HCI. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. ACM, S. 919–928.
- Pascoe J; Ryan N; Morse D (2000): Using while moving: HCI issues in fieldwork environments. In: *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 7 (3), S. 417–437. DOI: 10.1145/355324.355329.
- Schilit B; Adams N; Want R (1994): Context-aware computing applications. In: *Mobile Computing Systems and Applications, 1994. WMCSA 1994. First Workshop on*. IEEE, S. 85–90.
- Wickens CD. (1984): Processing Resources in Attention. In: R. Parasuraman und R. Davies (Hg.): *Varieties of Attention*. New York: Academic Press.