

# Multimodale Interaktion: Intuitiv, robust, bevorzugt und altersgerecht?

Ina Wechsung<sup>1</sup>, Jörn Hurtienne<sup>2</sup>, Anja Naumann<sup>1</sup>

Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin<sup>1</sup>; Institut für Psychologie und Arbeitswissenschaft, TU Berlin<sup>2</sup>

## Zusammenfassung

Multimodale Schnittstellen gelten als vielversprechendes Interaktionsparadigma und haben sich in den letzten Jahren zu einem bedeutenden Forschungsthema entwickelt (Sarter 2006). Vorteile multimodaler Systeme werden in einer flexibleren, robusteren, effizienteren, intuitiveren und barrierefreien Interaktion vermutet (Oviatt 2003). In diesem Beitrag werden Ergebnisse einer Evaluationsstudie dargestellt, deren Ziel die Überprüfung der in der relevanten Literatur beschriebenen Vorteile ist. Dabei wurde ein System in drei unimodalen und einer multimodalen Ausprägung untersucht. Einbezogen wurden ältere (55-78 J.) und jüngere Nutzer (18-54 J.). Die multimodale Variante zeigte sich sowohl hinsichtlich subjektiver Bewertungen als auch bezüglich der Performanzdaten als mindestens ebenso gut wie die unimodalen Varianten. Eine eindeutige Überlegenheit des multimodalen Systems war dennoch nicht zu beobachten.

## 1 Einleitung

Multimodale Benutzerschnittstellen erlauben es dem Nutzer sich mehrerer Kommunikationskanäle gleichzeitig oder nacheinander zu bedienen (Chen, 2006). Damit, so die Annahme, entspräche Mensch-Maschine-Interaktion der von Natur aus multimodalen zwischenmenschlichen Kommunikation (Oviatt 1999, 2003). Diese spezifischen Eigenschaften multimodaler Systeme führten zu der Erwartung, dass damit flexible, robuste, effiziente, intuitive und barrierefreie und damit auch altersgerechtere Interaktionsformen ermöglicht werden (Oviatt & Wahlster 1997; Oviatt 1999). Die empirische Befundlage ist jedoch uneindeutig. So bietet der gegenwärtige Forschungsstand Studien, die diese Annahmen unterstützen (z.B. Sarter & Woods 2000; Sklar & Sarter 1999), doch werden auch gegenteilige Ergebnisse berichtet (z.B. McGuirl & Sarter 2001; Wechsung & Naumann 2008). Ob und unter welchen Umständen multimodale Systeme tatsächlich vorteilhafter sind, ist demnach nicht klar. In der gegenwärtigen Studie wird daher untersucht, ob und wenn ja, inwieweit verschiedene Modalitäten (Touch, Sprache und Bewegung) einzeln sowie in Kombination zu intuitiver, robuster

und altersgerechter Interaktion beiträgt. Unter intuitiver Interaktion verstehen wir eine effektive Interaktion, die mit der unbewussten Anwendung von Vorwissen durch den Benutzer einhergeht (Mohs et al. 2006a). Die Konsequenzen intuitiver Interaktion sind durch geringe kognitive Beanspruchung, hohe Zielerreichung, geringe Fehlerraten, geringen Lernaufwand, sowie ein Gefühl von Vertrautheit gekennzeichnet (Mohs et al. 2006b). Unter robuster Interaktion verstehen wir eine schnelle, effektive und fehlerfreie Interaktion. Weiterhin wird der Frage nachgegangen, ob Modalitäten, die entsprechend besser bewertet werden, tatsächlich mit einer höheren Nutzungshäufigkeit verbunden sind und inwieweit Möglichkeiten zur multimodalen Interaktion tatsächlich genutzt werden. Schließlich interessiert der Altersvergleich, zeigte sich doch in der Literatur, dass ältere Nutzer oftmals Schwierigkeiten bei der Benutzung klassischer grafischer Nutzeroberflächen haben (Walker, Millians & Worden 1996; Walker, Philbin & Fisk 1997). Daher wurde untersucht, ob ältere Nutzer genauso gut in der Lage sind multimodale Schnittstellen zu benutzen wie jüngere Nutzer.

## 2 Methode

*Teilnehmer und Materialien:* Insgesamt nahmen 30 (15 weiblich/15 männlich) Personen im Alter zwischen 22 und 78 Jahren an der Untersuchung teil. Unterschieden wurde zwischen jüngeren (22-35 Jahre) und älteren Nutzern (55-78 Jahre). In beiden Gruppen waren jeweils 7 männliche und 8 weibliche Probanden vertreten. Keiner der Teilnehmer hatte Vorerfahrung mit dem Testsystem. Die Rekrutierung erfolgte über Aushänge und eine Zeitungsannonce.

Als Testgerät wurde ein Smartphone (HTC Touch Diamond) verwendet, welches über Bewegung (Kippen und Drehen), Sprache und Touchscreen zu bedienen war. Zur Aktivierung von Bewegungssteuerung und Sprachsteuerung musste ein entsprechender Button (s. Abb. 1) betätigt und für die Dauer der Bewegung bzw. Äußerung gehalten werden. Die Systemausgabe erfolgte für alle Modalitäten über die grafische Benutzungsoberfläche. Zusätzlich wurde für die Bewegungssteuerung taktiles und für die Sprachsteuerung auditives Feedback gegeben. Die auf dem Smartphone installierte Anwendung war ein multimodaler Anrufbeantworterservice (Mailbox). Die Funktionalität des Services umfasst das Abrufen von Sprach-, Email- und Faxnachrichten sowie das Einstellen von Rufumleitungen und Benachrichtigungen.



Abbildung 1: Testgerät und Zuordnung der relevanten Bedienelemente

Zur Erfassung der Konsequenzen intuitiver Benutzung diente ein Fragebogen mit den in Tabelle 1 dargestellten Unterskalen. Die Beantwortung der Items erfolgt auf einer fünfstufigen Likertskala (0= trifft gar nicht zu, 4= trifft völlig zu). Alle Ergebnisse bilden Skalenmittelwerte ab und sind so gepolt, dass höhere Werte mit einer höheren Wahrscheinlichkeit für intuitive Benutzung einhergehen.

<i>Skala</i>	<i>Anzahl der Items</i>	<i>Beispielitem</i>	<i>Cronbachs <math>\alpha</math></i>
Wahrgenommene kognitive Beanspruchung	6	„Es gelang mir, das System ohne Nachdenken zu benutzen.“	.90
Wahrgenommene Zielerreichung	6	„Ich konnte mit dem System meine Ziele vollständig erreichen.“	.95
Wahrgenommene Fehlerrate	3	„Die Benutzung des Systems verlief fehlerfrei.“	.94
Wahrgenommener Lernaufwand	6	„Das System hat sich mir auf den ersten Blick erschlossen.“	.93
Vertrautheit / Vorwissen	6	„Der Umgang mit dem System erschien mir vertraut.“	.93
Global	1	„Die Benutzung des Systems war für mich intuitiv.“	--

Tabelle 1: Unterskalen des Fragebogens zur Erfassung der intuitiven Benutzung

Zur Erfassung der kognitiven Beanspruchung wurde zusätzlich die SEA-Skala eingesetzt (Eilers, Nachreiner & Hänecke, 1986). Der Antwortbereich dieser Skala liegt zwischen 0 und 220 Punkten. Höhere Werte sprechen für höhere kognitive Beanspruchung..

Zur Erfassung der Robustheit wurden Performanzdaten bei der Aufgabenbearbeitung, d.h. erfolgreiche Lösungen beim ersten Versuch, Abbrüche und die Bearbeitungszeiten protokolliert. Ebenso wurde während der Interaktion die jeweils gewählte Modalität festgehalten. Anschließend wurden aus den Protokollen der Anteil der erfolgreichen Erstversuche, der Anteil der Abbrüche sowie die Prozentsätze der Modalitätenutzung über alle Aufgaben berechnet.

*Ablauf:* Der Test wurde in einem Usabilitylabor durchgeführt. Zunächst erhielten die Teilnehmer die schriftlichen Instruktionen und wurden gebeten, einen Eingangsfragebogen zu demografischen Daten und zur Vorerfahrung im Umgang mit Informations- und Kommunikationstechnologie auszufüllen. Anschließend erklärte der Versuchsleiter die relevante Software und Hardware (Anrufbeantworter und Smartphone). Danach sollten die Probanden 4 Aufgabenblöcke mit insgesamt 14 Aufgaben bearbeiten.

Die Aufgaben umfassten das Abrufen, Beantworten, Weiterleiten und Sortieren von Nachrichten sowie das Verändern von Benachrichtigungseinstellungen. Dazu standen für jede Aufgabe drei Versuche zur Verfügung. Wurde das Ziel dann nicht erreicht, wurde die Aufgabenbearbeitung abgebrochen und zur nächsten Aufgabe gesprungen. Zunächst wurden die Probanden instruiert, sämtliche Aufgaben mit einer vorgegebenen Modalität zu bearbeiten.

Anschließend wurden die Teilnehmer gebeten, die gerade absolvierte Versuchsbedingung mittels Fragebögen zu bewerten. Dies wurde für alle drei Modalitäten (Touch, Sprache, Bewegung) wiederholt. Um Reihenfolge- und Ermüdungseffekte auszubalancieren, wurde die Abfolge der Modalitäten permutiert.

In dem abschließenden multimodalen Testblock konnten die Probanden wählen, welche Modalität sie zur Aufgabenbearbeitung nutzen wollten. Dabei war es jederzeit möglich, die Modalität zu wechseln oder Modalitäten zu kombinieren. Auch nach diesem Versuchsdurchlauf wurden die Teilnehmer um eine Bewertung gebeten.

### 3 Ergebnisse

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der Fragebögen beschrieben. Anschließend werden die Performanz- und Interaktionsdaten zur Robustheit und Nutzungshäufigkeit dargestellt.

#### 3.1 Subjektive Daten - Fragebogendaten

*Fragebogen zur Erfassung von intuitiver Benutzung:* Die Analyse der Fragebogendaten zeigte für alle Unterskalen Unterschiede zwischen den vier Versuchsdurchläufen (Tabelle 2). Für alle Unterskalen ergab sich der niedrigste numerische Wert und damit die schlechteste Bewertung für die Bewegungsteuerung. Der höchste numerische Wert und demnach die beste Bewertung war für das multimodale System zu beobachten.

Unterskala	Touch		Bewegung		Sprache		Multi-modal		N	F(df)	p	part. Eta <sup>2</sup>
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD				
Wahrgenommene kog. Beanspruchung	2,06	0,87	1,52	0,72	1,97	0,78	2,50	0,82	29	12,27 (3;81)	.000	.313
Wahrgenommene Zielerreichung	2,51	0,85	1,71	1,00	1,53	0,85	2,55	0,80	29	21,59 (3;81)	.000	.444
Wahrgenommene Fehlerrate	2,00	0,96	1,23	0,95	1,30	0,87	2,11	0,94	28	14,95 (3;78)	.000	.365
Wahrgenommener Lernaufwand	2,32	0,90	1,67	1,02	2,01	0,88	2,62	0,78	28	10,16 (2,37; 61,74)	.000	.254
Wahrgenommene Vertrautheit	2,29	0,96	1,40	0,89	1,53	0,79	2,58	0,77	28	22,81 (3;78)	.000	.467
Global	2,29	1,18	1,75	0,89	1,75	0,89	2,64	0,99	28	16,34 (2,20;57,26)	.000	.386

Tabelle 2: Ergebnisse der Unterskalen des Fragebogens zur Erfassung der intuitiven Benutzung, Skalenwerte variieren zwischen 0 (nicht intuitiv) und 4 (intuitiv)

Post hoc-Tests zeigten, dass für die Skalen *Wahrgenommene kognitive Beanspruchung* und *Wahrgenommener Lernaufwand* sowie für das globale Item die Interaktion im multimodalen Testblock besser bewertet wurde als die Interaktionen in den drei unimodalen Durchläufen. Hinsichtlich der anderen Skalen (*Wahrgenommene Zielerreichung*, *Wahrgenommene Fehlerrate* und *Vertrautheit*) gab es keine Unterschiede zwischen dem multimodalen Testblock und dem Testblock mit Touchbedienung. Die Testblocks Sprache und Bewegung wurden schlechter beurteilt.

Interaktionseffekte zwischen Alter und Versuchsblock zeigten sich für die Skala *Wahrgenommene Fehlerrate* ( $F(3; 78)=4,51$ ;  $p=.006$ ; part.  $\text{Eta}^2=.148$ ) sowie für das globale Item intuitiver Benutzung ( $F(2,20; 57,26)=5,02$ ;  $p=.008$ ; part.  $\text{Eta}^2=.162$ ). Ältere Nutzer bewerteten die Bewegungssteuerung schlechter als jüngere Nutzer (Abb. 2a/b).

Weiterhin ergab sich ein Haupteffekt für das Alter: Ältere Nutzer beurteilten hinsichtlich des globalen Items alle Modalitäten schlechter als die jüngeren Nutzer (Abb. 2b).

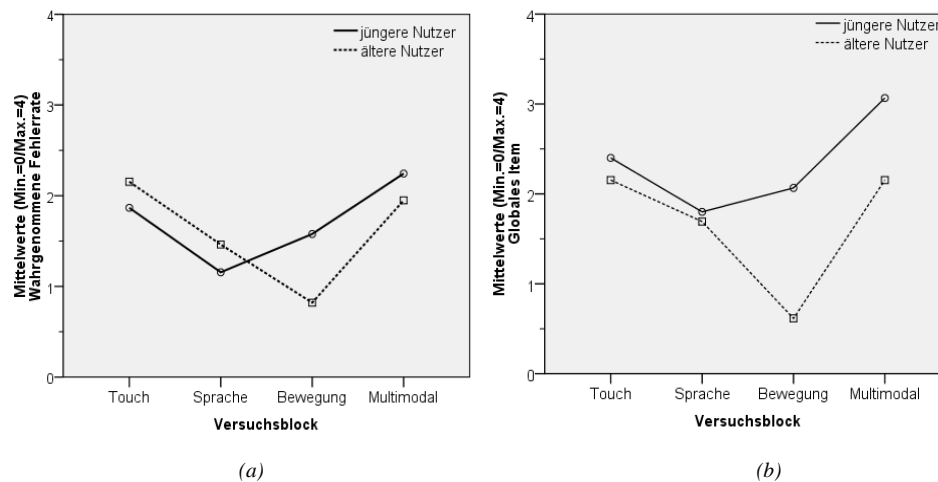


Abbildung 2: Bewertungen auf der Skala „Wahrgenommene Fehlerrate“ und dem globalen Item intuitiver Benutzung nach Versuchsblock und Alter

*SEA-Skala*: Zwischen den Versuchsbedingungen ergaben sich Unterschiede hinsichtlich der Beanspruchung ( $F(3; 75)=14,04$ ;  $p=.000$ ; part.  $\text{Eta}^2=.359$ ). Ein Post-hoc-Test zeigte, dass der multimodale Versuchsblock besser als die Versuchsblöcke mit Sprache und Bewegung beurteilt wurde (Abbildung 3).

Interaktionseffekte zwischen Alter und Versuchsblock sowie ein Haupteffekt für Alter waren nicht zu beobachten.

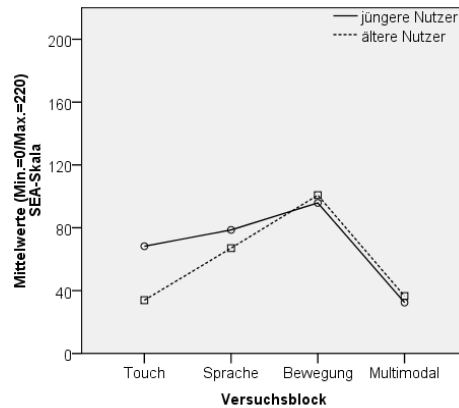


Abbildung 3: Subjektiv erlebte Beanspruchung für alle Versuchsblöcke nach Altersgruppen

## 3.2 Robustheit

*Erfolgreiche erste Versuche und Abbrüche:* Am erfolgreichsten waren die Probanden im multimodalen Versuchsblock und im Block mit Touchsteuerung ( $F(3; 81)=26,58; p=.000; \text{part. } \eta^2 =.496$ ). Hier wurden in beiden Blöcken über 60 Prozent der Aufgaben schon im ersten Anlauf gelöst (s. Abbildung 4a). Weiterhin gab es im multimodalen Versuchsblock weniger Abbrüche als in allen anderen Versuchsblöcken ( $F(2,25; 60,67)=20,18; p=.000; \text{part. } \eta^2 =.428$ ) (Abbildung 4b).

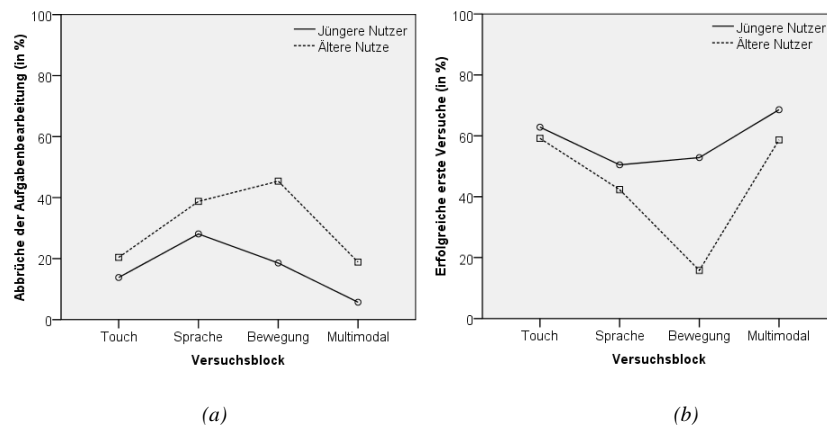


Abbildung 4: Anteil der im ersten Versuch gelösten Aufgaben und Anteil abgebrochener Aufgaben für alle Versuchsblöcke

Es zeigte sich ein Interaktionseffekt zwischen Alter und Versuchsblock: Jüngere Nutzer lösten bei der Bewegungssteuerung mehr Aufgaben schon im ersten Versuch ( $F(3; 81)=8,18;$

$p=.000$ ; part.  $\text{Eta}^2 = .233$ ). Auch waren beim Block Bewegungssteuerung bei den jüngeren Nutzern weniger Abbrüche als bei älteren Nutzern zu beobachten ( $F(2,25; 60,67)=3,46$ ;  $p=.020$ ; part.  $\text{Eta}^2 = .113$ ).

Haupteffekte für das Alter ergaben sich sowohl für die erfolgreichen ersten Versuche als auch für die Abbrüche: Junge Nutzer waren häufiger schon im ersten Versuch erfolgreich ( $F(1; 27)=14,17$ ;  $p=.001$ ; part.  $\text{Eta}^2=.344$ ) und zeigten weniger Abbrüche als ältere Nutzer ( $F(1; 27)=17,52$ ;  $p=.000$ ; part.  $\text{Eta}^2=.393$ ).

*Bearbeitungszeiten:* Die Bearbeitungszeiten unterschieden sich zwischen den vier Versuchsdurchläufen ( $F(2,29; 61,94)=76,42$ ;  $p=.000$ ; part.  $\text{Eta}^2=.739$ ). Die Aufgabenbearbeitung dauerte insgesamt am längsten im Durchlauf mit Bewegungssteuerung. Am schnellsten wurden die Aufgaben im multimodalen Versuchsblock gelöst (s. Abbildung 5).

Des Weiteren war ein Interaktionseffekt zwischen Modalität und Alter zu beobachten: Ältere benötigten insbesondere im Versuchsdurchlauf mit Bewegungssteuerung mehr Zeit Versuchsdurchläufen ( $F(2,29; 61,94) = 4,10$ ;  $p=.017$ ; part.  $\text{Eta}^2=.132$ ).

Ältere Nutzer zeigten auch insgesamt längere Bearbeitungszeiten als jüngere Nutzer ( $F(1; 27)=31,96$ ;  $p=.000$ ; part.  $\text{Eta}^2=.542$ ).

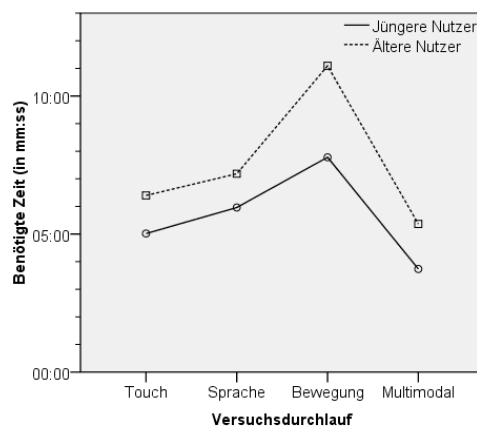


Abbildung 5: Bearbeitungszeiten(in mm:ss) für alle Testblöcke nach Alter

### 3.3 Nutzungshäufigkeit und Bevorzugung der Modalitäten

*Nutzungshäufigkeiten:* Über alle Aufgaben hinweg zeigte sich, dass im multimodalen Block die Steuerung über Touch die beliebteste Modalität war ( $F(1,35; 36,41)=28,42$ ;  $p=.000$ ; part.  $\text{Eta}^2=.513$ ). So wurde bei ca. 68 Prozent der Aufgaben zunächst Touch als Eingabemodalität gewählt. Bei ungefähr 19 Prozent der Aufgaben wählten die Teilnehmer zunächst die Spracheingabe. Nur 7 bzw. 6 Prozent der Nutzer entschieden sich für die Bewegungssteuerung bzw. eine Kombination der verschiedenen Modalitäten.

Waren die Benutzer nicht erfolgreich, hatten sie noch einen zweiten und einen dritten Versuch zur Lösung der Aufgabe. Auch im zweiten Versuch zeigten sich Unterschiede ( $F(1,76; 47,65)=13,57$ ;  $p=.000$ ; part.  $\eta^2=.334$ ) hinsichtlich der Bevorzugung von Modalitäten. Wieder lag die Präferenz der meisten Nutzer bei der Steuerung über Touch (59%) gefolgt von Spracheingabe (20%), Kombination verschiedener Modalitäten (16%) und Bewegungssteuerung (5%). Beim dritten Versuch ( $F(3,769)=5,75$ ;  $p=.001$ ; part.  $\eta^2=.200$ ) bevorzugten 52 Prozent der Nutzer die Toucheingabe. Etwas über 21 Prozent der Nutzer entschieden sich für eine Kombination der Modalitäten. Rund 17 Prozent wählten die Bedienung über Sprache und 9 Prozent nutzten die Bewegungssteuerung.

Interaktionseffekte zwischen Alter und Modalitäten zeigten sich nicht. Auch Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Nutzern waren nicht zu beobachten.

*Modalitätenwechsel:* Nur wenige Teilnehmer nutzen eine flexible Interaktionsstrategie. Wurde beim ersten Versuch eine Aufgabe nicht bewältigt, wechselten nur 21,1 Prozent der Nutzer beim zweiten Versuch die Modalität ( $\chi^2(4, N=147)=323,4$ ;  $p=.000$ ). Auch beim dritten und letzten Versuch blieben noch 73 Prozent der Nutzer bei der zuvor gewählten Modalität ( $\chi^2(4, N=74)=131,81$ ;  $p=.000$ ). Sowohl für den zweiten (11,6%) als auch für den dritten Versuch (10,8%) wechselten die meisten Teilnehmer zu einer Kombination von Modalitäten (Versuch 2: Touch=4,8%; Sprache= 4,1%; Bewegung=0,7% / Versuch 3: Touch =9,5%; Sprache=1,4%; Bewegung= 5,4%).

Ältere Nutzer wechselten beim zweiten Versuch weniger häufig die Modalität als jüngere Nutzer ( $\chi^2(4, N=74)=13,0$ ;  $p=.011$ ).

## 4 Diskussion

Insgesamt zeigte sich, dass der multimodale Versuchsblock sowohl hinsichtlich der subjektiven Beurteilungen als auch für die Performanzdaten immer mindestens genauso gut wie oder besser als die unimodalen Versuchsblöcke war. So wurde der multimodale Testblock als intuitiver und weniger anstrengend als die Testblöcke mit Sprache und Bewegung bewertet. Der Anteil erfolgreicher Erstversuche war höher und der Anteil der Abbrüche war niedriger in der multimodalen Version als bei Sprach- und Bewegungssteuerung. Weiterhin wurden die kürzesten Bearbeitungszeiten für den multimodalen Testblock beobachtet.

Allerdings war der multimodale Testblock immer als letztes zu bearbeiten. Demnach ist nicht klar, ob Übungs- und Lerneffekte oder die Möglichkeit zur multimodalen Bedienung zu diesen Ergebnissen geführt hat. Die Daten zur Modalitätennutzung sprechen dafür, dass die Ergebnisse zumindest teilweise durch Lerneffekte zu erklären sind. Denn auch wenn im letzten Versuchsblock die Möglichkeit bestand multimodal zu interagieren, wurde diese Option nur von wenigen Teilnehmern genutzt. Die Mehrzahl wählte die Bedienung über Toucheingabe. Dementsprechend zeigten sich bei den subjektiven Bewertungen nur geringe Unterschiede zwischen dem Versuchsblock mit Toucheingabe und dem multimodalen Versuchsblock.



Im Vergleich zwischen älteren und jüngeren Nutzern finden sich bei den Älteren durchgängig Unterschiede in der Performanz, die auch schon in anderen Studien gefunden wurden (z.B. Echt, Morrell, & Park 1998; Lewis, Langdon, & Clarkson 2008). So erfolgten bei älteren Nutzern mehr Abbrüche der Aufgabenbearbeitungen. Außerdem benötigten sie auch mehr Zeit bei der Aufgabenbearbeitung als jüngerer Nutzer. Die Tendenz, die multimodale Bedingung besser zu bewerten, findet sich aber auch bei älteren Nutzern.

## 5 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass multimodale Interaktionsmöglichkeiten sowohl intuitiver als auch robuster sind und auch mehr bevorzugt werden als die Interaktion in manchen Einzelmodalitäten (hier: Sprache und Bewegung). Häufig liegt dies aber daran, dass in der Multimodalitätsbedingung die beste Modalität siegt. Die Mehrheit der Benutzer nutzte Touch-Interaktion in der Multimodalitätsbedingung. Demzufolge waren die Unterschiede zwischen Touch und Multimodalität oftmals gering.

Der Wechsel zu einer anderen Modalität lohnt sich am meisten, wenn Benutzer einen Fehler im ersten Anlauf zur Aufgabenlösung machen (Oviatt 1999). Demnach sollten dann auch Modalitätenwechsel erfolgen. Diese Annahme konnte nicht bestätigt werden. Somit wurde von den Teilnehmern dieser Studie der Vorteil von Multimodalität, Benutzungsprobleme in einzelnen Modalitäten aufzuheben, nicht genutzt oder nicht erkannt. Eine Langzeitbeobachtung, für welche Aufgaben welche Modalitäten eingesetzt werden und Modalitätenwechsel erfolgen, wäre daher eine sinnvolle Ergänzung dieser Studie.

Ist Multimodalität altersgerecht? Im Vergleich zur Nutzung einzelner Modalitäten sind die Tendenzen die gleichen wie für jüngere Nutzer. Auch hier zeigt sich der Einfluss der Wahlfreiheit. Drei Dinge gilt es allerdings zu beachten: Erstens ist das generelle Performanzniveau bei älteren Nutzern schlechter als bei jüngeren. Zum zweiten zeigte sich insbesondere die Bewegungssteuerung als untauglich für die älteren Nutzer. Grund dafür sind möglicherweise die altersbedingten motorischen Einschränkungen. Weiterhin könnten aufgrund altersbedingter Unterschiede älteren Benutzer andere Modalitäten wichtiger sein als jüngeren Benutzern, was Gegenstand einer weiteren Untersuchung sein könnte.

### Literaturverzeichnis

- Chen, F. (2006). *Designing Human Interface in Speech Technology*, Springer, Berlin.
- Echt, K. V., Morrell, R. W., & Park, D. C. (1998). Effects of age and training formats on basic computer skill acquisition in older adults. *Educational Gerontology*, 24(1), 3-25.
- Eilers, K.; Nachreiner, F., & Hänecke, K. (1986). Entwicklung und Überprüfung einer Skala zur Erfassung subjektiv erlebter Anstrengung. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 40, 215-224.
- Lewis, T., Langdon, P.M., & Clarkson, P.J. (2008). Prior experience of domestic microwave cooker interfaces: A user study. In P. M. Langdon, P. J. Clarkson, & P. Robinson (Hrsg.), *Designing Inclusive Futures* (S. 95–106). London: Springer.

- McGuirl, J.M., & Sarter, N.B. (2001). Tactile information presentation during in-flight icing conditions: Supporting timesharing and hazard awareness. *Proceedings of the 20th Digital Avionics Systems Conference*, 2A2/1-2A2/8.
- Mohs, C., Hurtienne, J., Israel, J. H., Naumann, A., Kindsmüller, M. C., Meyer, H.A., & Pohlmeier, A. (2006a). IUUI – Intuitive Use of User Interfaces. In T. Bosenick, M. Hassenzahl, M. Müller-Prove, M. Peissner (Hrsg.), *Usability Professionals 06* (S. 130-133). Stuttgart: German Chapter der Usability Professionals' Association.
- Mohs, C., Hurtienne, J., Scholz, D., & Rötting, M. (2006b). Intuitivität: definierbar, beeinflussbar, überprüfbar! In VDI / VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (Hrsg.) *Useware 2006* (S. 215-224). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Oviatt, S. 1999. Ten myths of multimodal interaction. *Communications of the ACM*, 42 (11), 74-81.
- Oviatt, S. L. (2003). Multimodal Interfaces. In J. A. Jacko & A. Sears (Hrsg.), *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*. Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates, 286–304.
- Oviatt, S., & Wahlster, W. (1997). Introduction to This Special Issue on Multimodal Interfaces Multimodal Interfaces. *Human-Computer Interaction*, 1&2, 1–5.
- Sarter, N.B. (2006). Multimodal information presentation: Design guidance and research challenges. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 36(5), 439-445.
- Sarter, N.B., & Woods, D. D. (2000). Teamplay with a powerful and independent agent: A full-mission simulation study. *Human Factors*, 42(3), 390–402.
- Sklar, A. E., & Sarter, N. B. (1999). “Good vibrations”: The use of tactile feedback in support of mode awareness on advanced technology aircraft. *Human Factors*, 41(4), 543–552.
- Walker, N., Millians, J. & Worden, A. (1996) Mouse gain functions and cursor positioning: performance of older computer user. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*. 151-154.
- Walker, N., Philbin, D. & Fisk, D. (1997) Agerelated differences in movement control: Adjusting submovement structure to optimize performance. *Journal of Gerontology: Psychological Science*. 52B (1), 40-52.
- Wechsung, I. & Naumann, A. B. (2008). Evaluation Methods for Multimodal Systems: A Comparison of Standardized Usability Questionnaires. In E. André, L. Dybkjær, W. Minker, H. Neumann, R. Pieraccini, and M. Weber (Hrsg.), *Proceedings of PIT 4th IEEE Tutorial and Research Workshop on Perception and Interactive Technologies For Speech-Based Systems: Perception in Multimodal Dialogue Systems*. LNAI, Vol. 5078. Berlin: Springer, 276-284.

### **Kontaktinformationen**

Ina Wechsung

E-Mail: ina.wechsung@telekom.de