

Paul Chojacki und Ulrich Leiner

Berührungslose Gestik-Interaktion im Operationssaal

Touchless Gesture-Interaction in the Operating Room

Mensch-Computer-Interaktion_sterile Eingabegeräte_berührungslos_Handtracking

Zusammenfassung. Touchscreens mit neuen Bedienmetaphern erweitern die Möglichkeiten der Mensch-Maschine-Kommunikation. Apples iPhone und Microsofts Surface sind prominente Beispiele für diesen Trend. Es gibt jedoch Nutzungsszenarien, bei denen Touchscreens nicht die optimale Eingabeschnittstelle darstellen. Dazu gehören medizinische Aufgaben, wie die Einstellung von Geräten und die Navigation in Patienteninformationssystemen im OP. Hierbei darf die Grenze zwischen sterilem und unsterilem Bereich nicht durch haptischen Kontakt überschritten werden.

In diesem Beitrag wird eine neuartige Lösung dieses Problems vorgestellt. Das Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (Fraunhofer HHI) hat dafür eine berührungslose Gestensteuerung entwickelt. Stereo-Kameras erkennen die Fingerposition, wenn der Nutzer auf das Display zeigt. Das System berechnet dabei die genauen Raumkoordinaten eines oder mehrerer Finger. Diese Koordinaten werden in Echtzeit an die zu bedienende Anwendung weitergegeben. So wird eine nicht-invasive, also berührungs- und markerlose Interaktion durch einfache Handgesten möglich. Mit solchen „Multipointing“-Eingabedaten kann einerseits die Maus-Bedienung substituiert werden, andererseits eröffnen diese viele neue Optionen für die Mensch-Maschine-Interaktion. Wir beschreiben den Stand unserer Arbeiten im Vergleich zu konkurrierenden Technologien und stellen die Ergebnisse einer Studie vor, bei der zwei berührungslose „Klickvarianten“ miteinander verglichen werden.

Summary. Touch-screens with new interaction metaphors expand the possibilities of man-machine communication. Apple's iPhone and Microsoft's Surface are popular examples of this trend. However, there are usage scenarios where touch-screens are not the optimal input device.

These include medical tasks, such as the adjustment of medical equipment and the navigation in electronic patient information systems in the operating room. In this case the boundary between the sterile and non-sterile area must not be crossed by tactile contact.

In this paper, a novel solution to this problem is presented. The Fraunhofer Institute for Telecommunications, Heinrich-Hertz-Institut (Fraunhofer HHI) has developed a contact-free gesture control for this scenario. Stereo cameras detect finger positions of the user pointing at the display. The system calculates very accurate spatial coordinates of one or several fingertips. These data are being forwarded to the connected application in real-time. Thus, a non-invasive, contact-free and markerless interaction through simple hand gestures becomes possible. With such "multipointing" input data the computer mouse can be substituted and beyond that, it enables many new options for the man-machine interaction. We describe the state of our work in comparison to competing technologies, and present results from an experimental comparison between two alternatives of the contact-free (mouse-) click paradigm.

1. Besondere Bedienanforderung im OP

Wenn im Operationssaal ein Gerät vom Chirurgen oder einer OP-Schwester bedient wird, muss eine wesentliche medizinische Anforderung eingehalten werden: Die Grenze zwischen sterilem und

unsterilem Bereich darf nicht überschritten werden.

Chirurgische Instrumente müssen daher vor jedem OP-Einsatz sterilisiert werden und bleiben stets innerhalb des aseptischen Bereichs. Für typische Computerschnittstellen, wie z. B. Mäuse oder Touchscreens wäre eine Sterilisierung extrem aufwendig oder ist sogar unmöglich, da sie zur Zerstörung der Elektronik

führen würde. Daher müssen diese außerhalb des sterilen Bereichs bleiben. Zurzeit werden Touchscreens im Nahbereich des Chirurgen mit transparenten Einweg-Überzügen versehen, die zwar eine Touchbedienung ermöglichen, aber die Bildqualität deutlich beeinträchtigen und einen zusätzlichen Aufwand erzeugen. Eine andere gängige Praxis ist es, den nichtsterilen Bereich von einem Assisten-

ten bedienen zu lassen, der auf Zuruf die gewünschten Aktionen ausführt. Diese indirekte Interaktion ist zumindest umständlich, mehr noch, sie birgt das Risiko von Verzögerungen und Fehlbedienungen durch die Verbalisierung von teilweise sehr komplexen Eingaben (Caprice et al. 2006). Diese Kommunikationsprobleme treten häufig im OP auf und sind ein ernstes Sicherheitsrisiko für den Patienten (Lingard et al. 2004). Eine berührungslose Eingabeschnittstelle stellt offensichtlich eine universelle Lösung dar, die allen Beteiligten im OP eine direkte und dennoch sterile Eingabe ermöglicht.

Nicht nur die Sterilitätsanforderung spricht für berührungslose Eingabe, sondern auch die räumliche Enge direkt am OP-Tisch. Für weitere Touch-Displays in Armreichweite des Arztes ist hier kaum mehr Platz. Dies gilt umso mehr, je größer diese Screens werden, manche überschreiten bereits Touch-Dimensionen. Wenn die Bedienung aber einen Ortswechsel des Benutzers und damit eine Unterbrechung der OP erzwingt, stört sie in inakzeptabler Weise die nötige Effizienz und Konzentration während eines chirurgischen Eingriffs.

Die wichtigste Anforderung für die Nutzung im OP ist, dass ein Bedienvorgang der Hauptaufgabe, der Operation, nachgeordnet sein muss. Er muss komplikationsfrei und zuverlässig neben der zentralen Aktion durchgeführt werden können und darf kaum kognitive oder ergonomische Anforderungen stellen. Wir werden zeigen, dass gut realisierte Gestensteuerung diesem Kriterium genügt.

Die Fragestellung „Bedienschnittstellen im OP“ gewinnt insgesamt weiter an Relevanz, da während der OP immer häufiger auf Patientendaten zurückgegriffen

werden muss, aber auch neue Daten (z. B. Videos zur Dokumentation) erzeugt werden oder Apparate-Einstellungen verändert werden.

2. Technologien für berührungslose Steuerung

Diesen spezifischen Anforderungen wird man im Grundsatz gerecht, wenn Apparate und Applikationen ohne direkte Berührungen gesteuert werden. Unserer Meinung nach existieren mehrere Technologien, die diese Anforderung erfüllen. Im Folgenden werden wir diese beschreiben und auf die Unterschiede zwischen den Technologien eingehen, die zu mehr oder weniger Akzeptanz für ihre Nutzung im OP beitragen.

2.1 Sprachsteuerung

Zum einen ist dies über Sprachsteuerung möglich. Dieser Weg wird schon seit längerem untersucht (Schubert 2008) und ist kommerziell verfügbar (Karl Storz GmbH 2006). Die Sprachsteuerung ist aber nach wie vor fehlerbehaftet und wird nicht in der Breite eingesetzt. So kam eine Studie von Ulrich Matern und anderen zu dem Ergebnis: „Nur 30 (von 395) Chirurgen arbeiteten zum Zeitpunkt der Umfrage mit einem integrierten OP-Saal-System. Von diesen verwendeten 43,3 % die Sprachsteuerung ihres Systems, die aber bei weniger als 10 % der Anwender immer korrekt funktionierte.“ (Matern et al. 2006).

Ein Grund für diese mangelnde Zuverlässigkeit und damit geringe Akzeptanz der Technologie kann die Geräuschkulisse im OP sein. Menschen und Apparate bilden ein unruhiges Hintergrundgeräusch

in dem Sprach-Kommandos nur schwer erkennbar sind (Penne et al. 2008).

2.2 Berührungslose Interaktion mit Gesten

Eine Alternative sind Verfahren, die die Erkennung der Hände/Finger, bzw. der damit ausgeführten Gesten erlauben. Solche Systeme lassen sich mittels verschiedener Technologien realisieren. Ein, unserer Meinung nach, effizienter und für den OP praktikabler Lösungsansatz sind videobasierte Systeme, welche die berührungsfreie Steuerung von OP-Geräten ermöglichen.

2.3 Bilderkennung mit Infrarot-Kameras

Unsere Lösung basiert auf dem HHI Handtracker, einem videobasierten System zur schnellen und robusten Erkennung und Verfolgung von Fingern, das als Gesamtsystem unter dem Namen iPoint Explorer/Presenter vorgestellt wurde (siehe www.ipointpresenter.de). Das System ist in der Grundversion mit Stereo-Kameras ausgestattet, die orthogonal zum Bildschirm angebracht sind, also die Hand von oben oder unten aufnehmen. Durch die Verwendung von Infrarot-Kameras wird das Verfahren robuster gegenüber Störeinflüssen durch Fremdbeleuchtung. Die Bildverarbeitungs-Software erkennt aus den Kamerabildern die räumliche Position eines oder mehrerer Finger in Echtzeit (50hz), siehe Bild 1. Diese zeitabhängigen 3D-Koordinaten können dann an beliebige Applikationen weitergegeben und von diesen interpretiert werden.

Dabei können sowohl die aktuellsten Datensätze als auch ganze Zeitreihen verwendet werden. Letztere ermöglichen die Beschreibung und Analyse komplexer Gesten. Die Erkennungsgenauigkeit des Verfahrens liegt im Millimeterbereich, selbst kleinste Fingerbewegungen können in eine entsprechende Cursorbewegung umgesetzt werden. Die Grenzen des Verfahrens liegen in stark schwankenden Lichtbedingungen, die unter Umständen eine Finger-Hintergrund-Separierung unmöglich machen.

Im Jahr 2008 haben wir mit einer führenden Medizintechnikfirma einen Prototyp für den Einsatz im OP entwickelt, bei dem der HHI Handtracker über der Hand des Nutzers angebracht ist. Um Fehlbedienungen zu vermeiden, wurde eine „Einschalt-/Ausschalt-Geste“ definiert:



Bild 1: Oberfläche der Tracking-Software mit Bild aus einer Tracker-Kamera. Es wurden zehn Finger erkannt

eine Hand mit gespreizten Fingern. Um die Erkennungsfehler durch Umweltveränderungen zu verhindern, kann bei jedem Einschalten eine automatische Anpassung an die Umgebungsbedingungen durchgeführt werden. Durch diese beiden Maßnahmen wird die Gefahr einer Fehlbedienung, z. B. durch sich ändernde Lichtverhältnisse deutlich reduziert. Dieser Prototyp wurde auf der MEDICA 2008 vorgestellt und wurde vom Fachpublikum mit großem Interesse aufgenommen. Kamerabasierte Gestenerkennung ist kein grundsätzlich neues Forschungsgebiet (siehe z. B. Maggioni 1995), aber nach unserer Kenntnis noch relativ selten als Bedienalternative im OP unter Sterilitätsbedingungen vorgeschlagen oder demonstriert worden (Kohler 2004; Wachs et al. 2008).

2.4 Messung elektromagnetischer Felder

Eine Alternative ist das Electrical Field Sensing (EFS), die Messung der Veränderungen des elektromagnetischen Feldes vor einem Bildschirm, die durch die Bewegungen der Hand ausgelöst werden. Diese Methode hat jedoch den Nachteil, dass eine Kalibrierungsgeste erforderlich ist. Weiterhin muss der Benutzer auf einer abschirmenden Metallplatte stehen, was für den OP vermutlich nicht umsetzbar ist. Das Fraunhofer-Institut IAIS hat diese Technologie unter dem Namen PointScreen entwickelt und mehrfach in Produktkonzepten eingesetzt (Kirsch 2008), jedoch nicht im medizintechnischen Umfeld.

2.5 Ultraschall-Detektion

Positionen der Hand oder von Fingern können auch über Ultraschall-Detektion erfasst werden. Ein derartiges System für den Einsatz im OP entwickelt zurzeit die Firma Healthy Pointers in Norwegen (Healthy Pointers 2008). Ein Prototyp dieses Systems wurde im Rikshospitalet Hospital in Oslo installiert und eingesetzt. Wir konnten dieses System vor kurzem selbst testen: Im Vergleich zum Kameraeinsatz benötigt es eine merkliche Kalibrierungszeit und bietet nur eine grobe Erfassungsgenauigkeit.

2.6 Tiefen-Kameras

Schließlich können räumliche Gesten-Informationen auch über so genannte Tiefen- oder TOF-Kameras (auch Z-Kameras)

gemessen und zur Steuerung einer Bildschirm-Eingabe verwendet werden. Dazu wird Reflexion von Infrarot-Licht und die ortsabhängige Rücklaufzeit (TOF) zur Kamera ausgenutzt, um ein 3D-Raumbild der Szene vor dem Bildschirm zu erfassen. Im medizinischen Bereich wurde dies bereits prototypisch untersucht (Penne et al. 2008). Allerdings sind TOF-Kameras immer noch wesentlich teurer als Standardkameras (Faktor 10–100) und erreichen nur eine wesentlich geringere Auflösung (Faktor 10–20), wodurch Bewegungen nur deutlich ungenauer erkannt werden können.

3. Interaktionskonzepte

Neben den „sensorischen“ Technologien zur berührungslosen Erfassung der Nutzereingaben, ist es auch wichtig, Konzepte für die Interpretation der Rohdaten zu definieren. Erhält man von dem datengebenden System zeitabhängige Koordinatendaten, so kann man verschiedene Bedienaktionen darauf aufsetzen. Wir haben uns dabei primär an Metaphern orientiert, die von der Computermouse oder dem Touchscreen stammen und diese hinsichtlich Ergonomie, Intuitivität und dem medizinischen Einsatz optimiert.

3.1 Zeigegeste

Die Grundaktion ist die Steuerung des Mauszeigers. Der Nutzer kann den Cursor per Fingerzeig bewegen. Bewegungen orthogonal zum Bildschirm werden nicht ausgewertet. Dabei zeigte sich, dass das direkte Zeigen, gerade auf ein höher gehängtes Display schnell ermüdend ist. Eine Translation in Höhenrich-

tung (y) und Skalierung zwischen der Hand- und der Cursorbewegung ist möglich und hat sich in den Tests als wesentlich für eine ermüdungsarme Bedienung erwiesen. Dabei wurde es von den Testpersonen nicht als störend empfunden, dass ein Zielen über den Finger dadurch nicht mehr möglich ist. Wir vertreten die Hypothese, dass dieses indirekte Verhalten durch die Computermouse gelernt und vom Benutzer daher akzeptiert, wenn nicht sogar antizipiert wird.

3.2 Klicken

Die Auswahl, die typischerweise mit einem Klick der linken Maustaste durchgeführt wird, haben wir auf zwei unterschiedliche Arten realisiert:

- Durch Warten auf einem Punkt, d. h. der Finger bzw. der Cursor muss eine bestimmte Mindestzeit (Schwellzeit) über einem selektierbaren Element gehalten werden, (siehe Bild 2),
- Durch Bewegen des Fingers in Z-Richtung zum Display, wobei der Cursor über einem selektierbaren Objekt bleiben muss (siehe Bild 3). Die Bewegung sieht wie ein Klicken/Drücken eines Buttons in der Luft aus.

Diese beiden Methoden wurden in dem Test verglichen und näher auf Vor- und Nachteile untersucht. Dabei zeigte sich, entgegen unserer eigenen Ausgangshypothese, dass die zeitbasierte Lösung genauer ist, leichter gelernt wird und von der Mehrzahl der Testpersonen bevorzugt wurde.

3.3 Weitere Interaktionen

Der Vollständigkeit halber sollte erwähnt werden, dass wir neben dem Zeigen und

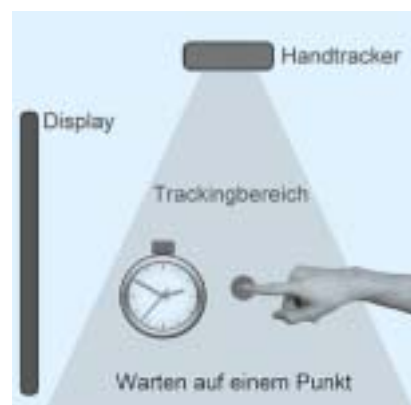


Bild 2: Schematische Darstellung des Klickens durch Warten auf einem Punkt

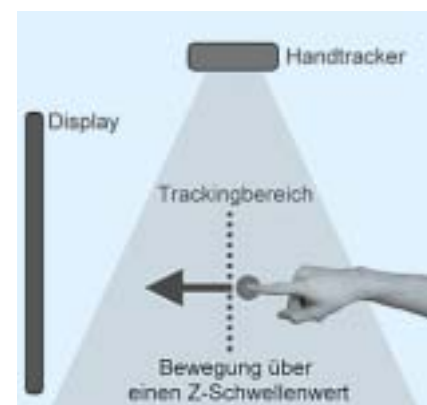


Bild 3: Schematische Darstellung des Klickens durch Bewegen des Fingers in Z-Richtung, zum Display

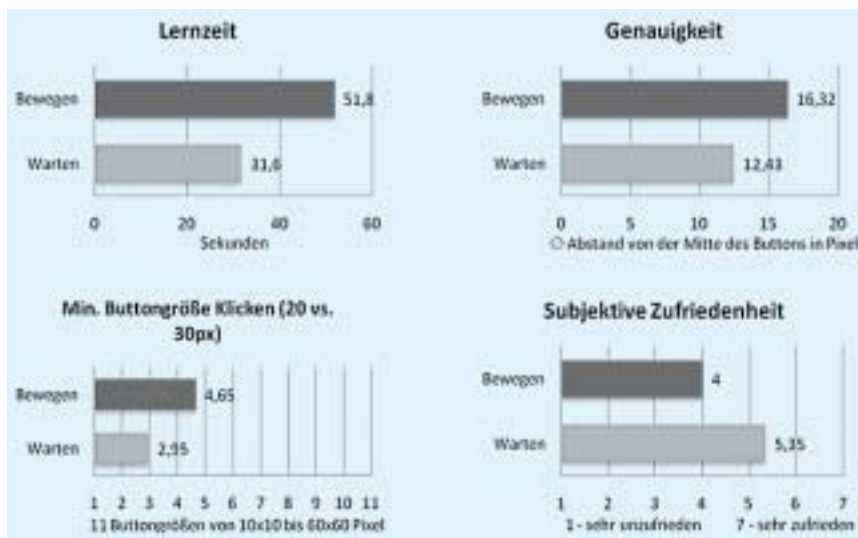


Bild 4: Balkendiagramme zu den vier signifikanten Unterschieden

Klicken bereits weitere Operationen wie Grab, Drag & Drop und Mehrfingereingaben (multipointing) erfolgreich mit unserem System realisiert haben. Da diese Interaktionen für die hier beschriebene Evaluierung nicht relevant sind, verzichten wir auf eine ausführliche Darstellung.

4. Usability-Untersuchungen

Das Klicken ist bei GUIs eine der wichtigsten Funktionen. Nach unserer Erfahrung bei der Entwicklung eines Prototyps für die Steuerung von OP-Geräten, reicht der einfache Klick, um alle Funktionen einer bisher touchscreen-basierten OP-Gerätesteuerung zu übernehmen. In unserem Interaktionskonzept werden durch Mausclicks Buttons aktiviert bzw. Objekte über sensitive Bereiche „berührt“. Wie in Absatz 3.2 beschrieben, haben wir zwei Möglichkeiten implementiert (Klicken durch Warten vs. Klicken durch Bewegen), um den Mausclick berührungslos auszuführen. In einer empirischen Studie haben wir die beiden Varianten miteinander verglichen. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Studie werden im Folgenden dargestellt.

4.1 Methode

Um die beiden Klickvarianten zu untersuchen, wurde ein Messwiederholungsdesign mit randomisierter Abfolge der Bedingungen angewandt. Jede der 20 Versuchspersonen (VP) hat beide Klickvarianten

ten nacheinander getestet und bewertet. Die VP (fünf Frauen, 15 Männer) waren zwischen 21 und 61 Jahre alt ($M = 32$; $SD = 11,32$) hatten leicht überdurchschnittliche Computerefahrung, keine Erfahrung mit der berührungslosen Interaktion und keine medizinischen Kenntnisse. Vor der Einweisung in die Technologie sollte jede VP eine „intuitive Klickgeste“ vormachen, mit der sie einen auf dem Bildschirm gezeigten Button berührungslos betätigen würde. Weiterhin wurden sechs abhängige Variablen erfasst:

- Die Lernzeit bzw. Zeit für das Explorieren mit einer zuvor erklärten Klickvariante
- Die Genauigkeit beim Klicken von Buttons
- Die minimale Buttongröße, welche die Nutzer mit einer Klickart als akzeptabel für
 - Zielen mit dem Mauszeiger und
 - Klicken empfunden haben
- Die subjektive Zufriedenheit mit einer Klickart
- Die Dauer der Aufgabenbearbeitung für die Bearbeitung einer einfachen Klickaufgabe

4.2 Signifikante Unterschiede zwischen den Klickgesten

Insgesamt konnten bei vier von sechs der abhängigen Variablen signifikante Unterschiede gefunden werden:

Lernzeit ($t = -2,11$; $p = .048$; $df = 19$): Die VP lernten das Klicken durch Warten ($M = 31,6$; $SD = 26,8$) ca. 20 Sekunden schneller als das Klicken durch Bewegen ($M = 51,8$; $SD = 30,98$).

Genauigkeit ($t = 4,56$; $p = 0$; $df = 18$): Beim Klicken durch Warten ($M = 12,4$; $SD = 3,3$) waren die VP signifikant genauer als beim Klicken durch Bewegung ($M = 16,3$; $SD = 4,02$).

Minimale Buttongröße beim Klicken ($t = -7,03$; $p = 0$; $df = 19$): Die Angaben zu der minimalen Buttongröße für das Klicken waren in der Bedingung Klicken durch Warten ($M = 2,9$; $SD = 1,05$) mit ca. 20 x 20 Pixel signifikant kleiner als in der Bedingung Klicken durch Bewegen ($M = 4,6$; $SD = 1,46$) mit ca. 30 x 30 Pixel.

Subjektive Zufriedenheit ($t = 5,31$; $p = 0$; $df = 19$): Ein hoch signifikanter Unterschied konnte hinsichtlich der subjektiven Zufriedenheit beobachtet werden. Auf der siebenstufigen Skala lag die mittlere Zufriedenheit in der Bedingung Klicken durch Warten mit ($M = 5,3$; $SD = 1,09$) höher als die Zufriedenheit mit dem Klicken durch Bewegen ($M = 4,0$; $SD = 1,52$).

4.3 Weitere Ergebnisse

Die intuitive Klickgeste

Im Hinblick auf die erste Fragestellung nach einer „intuitiven“ Geste für das berührungslose Drücken eines Windows-Buttons haben 12 VP eine Geste gezeigt, die genauso oder sehr ähnlich wie die o.g. Klickart „Klicken durch Warten“ aussah. Drei VP haben eine Geste gezeigt, die der o.g. „Klicken durch Bewegen“-Variante entsprach. Fünf Personen haben andere Gesten gezeigt.

Reihenfolgeeffekte

Ein mögliches Artefakt des zugrunde liegenden Untersuchungsdesigns sind Reihenfolgeeffekte. Die Daten wurden auf solche Effekte hin untersucht. Es konnten fünf signifikante Effekte gefunden werden.

Die Lernzeit für das Klicken durch Bewegen fiel um 32,4 Sekunden länger aus ($t = -2,62$; $p = .012$; $df = 18$), wenn die VP diese bereits im ersten Durchgang lernten ($M = 71,2$; $SD = 24,8$).

Für die Angabe über die minimale Buttongröße beim Zielen für die Klickart Warten konnte ein positiver „Lerneffekt“ gefunden werden ($t = 2,52$; $p = .021$; $df = 18$). Haben die VP die Klickart Warten im ersten Durchgang ausprobiert, fiel deren Einschätzung der minimalen Buttongröße fürs Zielen größer aus ($M = 3,4$; $SD = 1,08$) als bei den VP, die bereits einen Durchgang mit der anderen Klickart hinter sich hatten ($M = 2,2$; $SD = 0,89$).

Dieser Effekt kann ebenfalls für die Angaben zur minimalen Buttongröße für das Klicken mit der Klickart Warten ($t = 2,85$; $p = .010$; $df = 18$) festgestellt werden. Die VP ohne vorherige Übung mit der anderen Klickart wollten größere Buttons fürs Klicken ($M = 3,4$; $SD = 1$) als die VP, die bereits einen Durchgang hinter sich hatten ($M = 2,2$; $SD = 0,71$).

Für die minimale Buttongröße fürs Klicken mit der Klickart Bewegen gibt es einen umgekehrten Effekt ($t = 2,56$; $p = .02$; $df = 18$). Die VP, die im ersten Durchgang mit der Klickart Warten beginnen und erst danach die Klickart Bewegen kennen lernen, wünschen sich größere Buttons ($M = 5,2$; $SD = 1,48$) als die VP, die direkt mit der Klickart Bewegen beginnen ($M = 3,7$; $SD = 0,89$).

Bei der Gesamtzufriedenheit mit der Klickart Bewegen konnte ebenfalls ein signifikanter Reihenfolgeeffekt gefunden werden ($t = -2,8$; $p = .012$; $df = 18$). Haben die VP zuerst das Klicken durch Warten kennen gelernt, so bewerteten sie das Klicken durch Bewegen deutlich schlechter ($M = 3,3$; $SD = 1,37$) als die VP, die im ersten Durchgang mit der Klickart Bewegen begonnen haben ($M = 5,0$; $SD = 1,2$), also keine Vorerfahrungen mit der anderen Klickart hatten.

5. Diskussion

In den vier signifikanten Unterschieden zwischen den beiden Klickvarianten, schneidet die Variante „Warten“ immer besser ab als „Bewegen“. Der gravierendste Unterschied besteht dabei in der Lernzeit. Um mit der Variante „Bewegen“ zurecht zu kommen, brauchten die VP durchschnittlich 20 Sekunden länger.

Das Klicken durch Warten ist insgesamt einfacher zu verstehen und genauer, insbesondere für ungeübte Nutzer. Deshalb haben wir diese Klickart auch für die berührungslose Steuerung von Geräten im OP realisiert und empfehlen sie für alle Systeme, die auch unter Zeitdruck und in Stresssituationen genau und möglichst fehlerfrei bedient werden müssen. Das Klicken durch Bewegen wird zwar auch als Metapher verstanden, fordert aber einfache Aufgaben mit relativ großen Schaltflächen.

Die gefundenen Reihenfolgeeffekte deuten auf die bekannte Problematik des

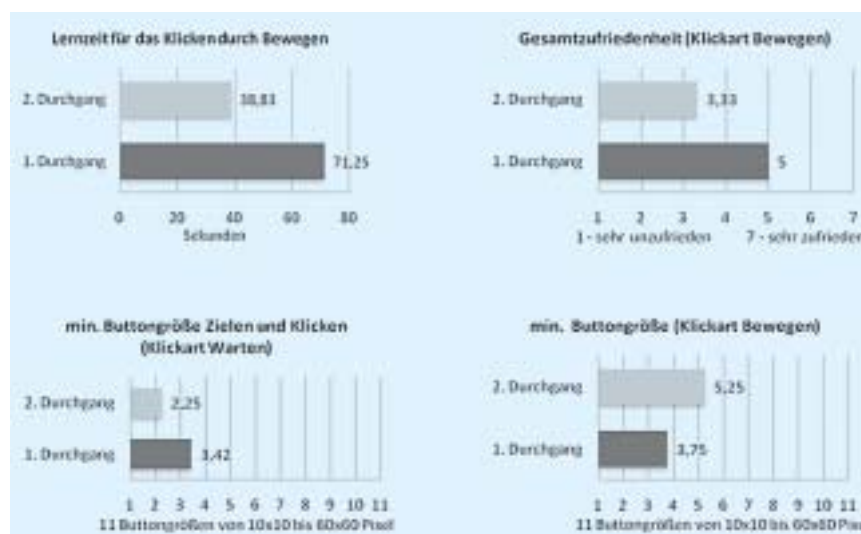


Bild 5: Balkendiagramme für die signifikanten Reihenfolgeeffekte

Messwiederholungsdesigns hin. Beispielsweise ist die subjektive Zufriedenheit der VP mit dem Klicken durch Bewegen deutlich geringer, wenn sie bereits die allgemein favorisierte Klickart Warten kennen gelernt haben. Die Kenntnis der „besseren“ Klickgeste (Klicken durch Warten), scheint die negativen Bewertungen der „schlechteren“ Klickgeste (Klicken durch Bewegen) zu verstärken.

Das Klicken durch Bewegen hat zudem in der Bewertung unter einigen technisch-ergonomischen Problemen gelitten, die in der nächsten Version des Systems behoben werden sollten. Die Auslösungsrichtung sollte z. B. nicht auf einer Linie senkrecht zum Display, sondern in einem Bogen geschehen, dessen Mittelpunkt der Nutzer ist. Dies entspricht eher einer ergonomischen Armbewegung.

Das Klicken durch Bewegen hat allerdings auch Vorteile, denn der Nutzer führt eine motorische Aktion aus. Dies entspricht eher den bekannten Konzepten aus der Computerwelt (Drücken einer Maus-, Tastaturtaste), aber auch aus unserer natürlichen Umwelt (Drücken eines Lichtschalters). Wir sind daher der Meinung, dass das Klicken durch Bewegen weiterverfolgt werden sollte und in einigen Nutzungskontexten, z. B. in Expertensystemen, die eine komplexere Interaktion erfordern, ggf. vorteilhafter sein könnte.

Mit der Warten-oder-Bewegen-Frage haben wir erst einen Bruchteil der Interaktionsmöglichkeiten durch berührungslose Gesten abdeckt. Wir wollten mit ei-

ner elementaren aber zentralen Interaktion starten, werden aber systematisch weitere Interaktionen technisch realisieren und auf ihre Usability hin untersuchen. Der Ansatz der berührungslosen Interaktion hat ein über den Transfer von Maus- und Touchaktionen weit hinausgehendes Potential, z. B. können die Zahl der ausgestreckten Finger und deren Bewegung als Basis einer umfangreichen Gestensprache verwendet werden.

6. Ausblick

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in die Arbeiten an einem Prototyp für den Einsatz im OP eingeflossen. Aufgrund der höheren Genauigkeit, den einfacheren Anforderungen an die GUI (kleinere Buttons möglich, keine Veränderung der vorhandenen GUI notwendig), der geringeren Lernzeit als auch der höheren Zufriedenheit der Nutzer, wurde für den OP das Klicken durch Warten implementiert. Diese Klickart wurde durch zusätzliche visuelle Feedbacks unterstützt. Ein weißer Mauszeiger füllte sich beim Warten über einem Button mit grüner Farbe.

In dem Projekt wurde von uns eine weitere Geste eingeführt, welche das Aktivieren und Deaktivieren der Gestikererkennung durch das Zeigen einer Hand mit gespreizten Fingern auslöst. Diese Geste erfüllt die Sicherheitsanforderungen im OP und kann sehr schnell in die Zeigegeste überführt werden. Zusätzlich haben wir eine zeitgesteuerte Deaktivierung eingeführt. Dadurch wird sicher-

gestellt, dass das System nur dann aktiv ist, wenn es wirklich benutzt werden soll.

Unserer Meinung nach bietet dieses Thema noch viel Potential für Forschungsarbeiten. Wir werden es hinsichtlich der Verbesserung der Technik und Usability aber auch der Anpassung an das Nutzungsszenario OP weiter vorantreiben. Der von uns entwickelte Prototyp wird zurzeit in einem OP mit Ärzten und Krankenschwestern unter Realbedingungen evaluiert. Zunächst ist eine Untersuchung innerhalb eines Übungsszenarios und später während einer Operation geplant.

Literatur

- Caprice, K. et al.: A prospective study of patient safety in the operating room. *Surgery* 139, 2 (2006) 159–173.
- Healthy Pointers Website. <http://www.healthypointers.no/confluence/display/hp/Home> (Letzter Zugriff: 10.02.2009).
- Karl Storz GmbH & Co. KG: OR1TM – Der Operationssaal der Zukunft. *Telemedizinführer Deutschland* (2006) 403.
- Kirsch, B.: PointScreen® – Wie von Zauberhand bewegt – Berührungslose Computersteuerung. Vortrag im Fraunhofer-Talkforum, CeBIT 2008.
- Kohler, M.: New contribution to Vision-based HCI in local and global environments. Dissertation, Universität Dortmund: Infix-Verlag.
- Lingard, L.; Espin, S.; Whyte, S.; Regehr, G.; Baker, G.; Resnick, R. et al.: Communication failures in the operating room: an observational classification of recurrent types and effects. *Qual Saf Health Care* 13 (2004) 330–34.
- Maggioni, C.: Gesture Computer – New Ways of Operating a Computer. Proceedings of International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (1995) 166–171.
- Matern, U.; Koneczny, S.; Scherrer, M.; Gerlings T.: Herausforderung OP. BuFaTa-Bundesfachtagung und TK-Technik im Krankenhaus 2006, Kompetenz und Professionalität in der Krankenhaustechnik von Denkansätzen bis zu praktischen Lösungen. *Konferenzreader* (2006) 74–82. Rastatt 12–14.9.06
- Penne, J. et al.: Touchscreen ohne Touch – Berührungslose 3D Gesten-Interaktion für den Operationssaal. *i-com, Zeitschrift für interaktive und kooperative Medien* 8 (2009) 19–23.
- Wachs J. P. et al.: A Gesture-based Tool for Sterile Browsing of Radiology Images. *Journal of the American Medical Informatics Association* 15 (2008) 321–323.
- Ritter, F.; Hansen, C.; Wilkens, K.; Köhn, A.; Peitgen H.-O.: Benutzungsschnittstellen für den direkten Zugriff auf 3D-Planungsdaten im OP. *i-com, Zeitschrift für interaktive und kooperative Medien* 8 (2009) 24–31.



1



2

1 Paul Chojewski arbeitet seit 2003 in der Abteilung „Interactive Media - Human Factors“ am Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut in Berlin. Er studierte an der Universität Bielefeld Psychologie mit den Schwerpunkten Arbeitspsychologie und Softwareergonomie. Am Fraunhofer HHI arbeitet er an verschiedenen F&E Projekten im Bereich von mGovernment, eAppointment, Kommunikationsmanagement, Barrierefreiheit und insbesondere Usability mit. Seit 2006 forscht er und leitet Projekte zum Thema berührungslose, gestenbasierte Mensch-Computer Interaktion.
E-Mail: chojewski@hhi.fraunhofer.de

2 Ulrich Leiner leitet seit 2007 die Abteilung „Interactive Media - Human Factors“ am Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut in Berlin. Er hat an der TU München in angewandter Mathematik promoviert. Von 1989–2006 arbeitete er in der Siemens AG auf dem Gebiet der Mensch-Maschine-Kommunikation. Zuletzt leitete er dort die Abteilung „User Experience“ und verantwortete die Innovation und Realisierung der Benutzungsoberfläche von Mobil- und Festnetztelefonen. Er hat zahlreiche Artikel und Vorträge zu Fragen der Mensch-Maschine-Interaktion publiziert.
E-Mail: ulrich.leiner@hhi.fraunhofer.de