

# "Luftmäuse" – berührungslose „Multipointing-Interaktion“

## Paul Chojecki

Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut  
Interactive Media - Human Factors  
Einsteinufer 37  
10587 Berlin  
paul.chojecki@hhi.fraunhofer.de  
www.iPointPresenter.de

## Ulrich Leiner

Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut  
Interactive Media - Human Factors  
Einsteinufer 37  
10587 Berlin  
ulrich.leiner@hhi.fraunhofer.de  
www.hhi.fraunhofer.de/im

## Abstract

Heutzutage stehen dem Nutzer bereits viele verschiedene Möglichkeiten der Mensch-Computer-Interaktion zur Verfügung. Dennoch wird weiterhin nach neuen Lösungen gesucht, da immer noch Aufgaben und Nutzungskontexte bestehen, für die keine optimalen Eingabegeräte vorhanden sind.

Ein Trend der letzten Zeit sind sicherlich Multi-Touch-Benutzerschnittstellen. Diese Technologie wurde nicht ausschließlich von Apple vorangetrieben, ist aber durch die Einführung von Apples jüngster Produktlinie in hohem Maße bekannt geworden. Doch was könnte der nächste Schritt sein, der über das Berühren

von Bildschirmen hinausgeht, um eine bessere Mensch-Computer-Interaktion zu ermöglichen?

In diesem Beitrag wird ein Ansatz des Fraunhofer-Instituts für Nachrichtentechnik / Heinrich-Hertz-Institut vorgestellt: Videokameras und Algorithmen zur Bildanalyse und Objekterkennung ermöglichen eine nicht-invasive, also berührungs-, und markerlose Interaktion zwischen Anwender und Computer. Der Nutzer kann Eingaben durch einfache Handgesten tätigen, da das System die Raumkoordinaten eines oder mehrerer Finger des Nutzers erkennt. Mit solchen „Multipointing“-

Eingabedaten kann einerseits die Maus-Bedienung substituiert werden, darüber hinaus eröffnen diese viele neue Optionen für die Mensch-Maschine-Interaktion.

Die hier vorgestellte Untersuchung beschäftigt sich mit einer für „Luftmäuse“ grundlegenden Fragestellung: Welche Geste ersetzt den Mausclick besser, ein Zeitschwellwert oder eine Vorwärtsbewegung des zeigenden Fingers?

## Keywords

Mensch-Computer-Schnittstellen, Eingabegeräte, berührungslos, Multipointing, Mausersatz

## 1.0 Einleitung

Um 1964 erfand das Team um Douglas C. Engelbart und William English den „X-Y-Positions-Anzeiger für ein Bildschirmsystem“ und veränderte damit maßgeblich die Interaktion zwischen Menschen und Computern. Durch das Gerät, das heute als (Computer-) Maus bekannt ist, sind wir es gewohnt, einen Mauszeiger bzw. Cursor auf dem Bildschirm durch Bewegungen der Maus zu steuern. In Verbindung mit Maustasten können Eingaben wie Klicken, Greifen, Verschieben und Scrollen ausgelöst werden. Diese Grundfunktionen haben bereits mehrere Generationen von Mensch-Maschine-Schnittstellen geprägt und die Entwicklung von grafischen User-Interfaces (GUI) vorangetrieben.

Durch neue Anforderungen, Ideen und technologische Möglichkeiten kann seit 1964 nicht nur eine Evolution der Com-

putermaus, sondern auch die Entwicklung von neuen Eingabe-, bzw. Zeigergeräten beobachtet werden. Ein UI-Trend der letzten Jahre waren (Multi-) Touchscreens wie zuletzt der „Surface“ von Microsoft oder das iPhone von Apple. Touchscreens haben im Vergleich zur Mausinteraktion den Vorteil, dass die Eingabefunktion direkt in den Bildschirm integriert ist. Ein- und Ausgabebereich verschmelzen; es ist keine verzerrende Abbildung der Maus- in die Cursorbewegung nötig, ja ein zusätzliches Eingabegerät fällt komplett weg.

Doch auch diese Lösung birgt Bediennachteile und deckt nicht alle Anforderungen und Nutzungsszenarien ab. Die Suche nach neuen Arten der Interaktion für GUIs geht weiter.

Stellen wir uns den Nutzungskontext OP-Saal vor, in dem Ärzte komplexe

Geräte bedienen müssen, ohne sie wegen der Sterilitätsanforderung berühren zu dürfen. Hier, wie auch in einigen anderen Szenarien, wäre eine berührungslose (Gesten-) Steuerung eine gute Eingabemöglichkeit. Daher beschäftigt sich das Team "Interaktive Medien - Human Factors" des Fraunhofer-Instituts für Nachrichtentechnik seit längerem mit dieser Fragestellung und hat mehrere einsatzreife Lösungen realisiert. In diesem Paper vergleichen wir erstmals zwei dieser Interaktionskonzepte bezüglich ihrer Usability in einem Nutzertest.

## 2.0 Untersuchungsgegenstand: Berührungslose Interaktion

### 2.1 Technische Umsetzung

Unsere Arbeiten basieren auf dem *HHI Handtracker*, einem nicht-invasiven, videobasierten System zur schnellen und robusten Erkennung und Verfolgung

von Fingern. Der *HHI Handtracker* ist in der Grundversion mit 2 Kameras ausgestattet, die orthogonal zum Bildschirm angebracht sind, also die Hand von oben oder unten aufnehmen. Seine Bildverarbeitungs-Software erkennt aus den Kamerabildern in Echtzeit die Position eines oder mehrerer Finger im Raum. Diese zeitabhängigen 3D-Koordinaten können dann an beliebige Applikationen weitergegeben und von diesen interpretiert werden.

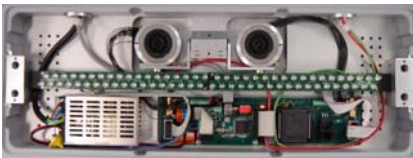


Abb. 1: Handtracker-Hardware mit 2 Kameras

Dabei können sowohl die aktuellsten Datensätze als auch ganze Zeitreihen verwendet werden. Letztere ermöglichen die Beschreibung und Analyse komplexer Gesten.

## 2.2 Interaktionskonzepte

Auf diesen Koordinatendaten haben wir verschiedene Bedienaktionen aufgesetzt, die von der Computermaus oder dem Touchscreen her etabliert sind:

Die Grundaktion ist die Steuerung des Mauszeigers. Der Nutzer kann den Cursor per Fingerzeig bewegen. Bewegungen zum Bildschirm hin oder von ihm weg werden nicht ausgewertet. Eine Translation und Skalierung der Rohdaten ist möglich und hat sich als wesentlich für eine ermüdungsarme Bedienung erwiesen.

Die Auswahl, die typischerweise mit einem Klick der linken Maustaste durchgeführt wird, haben wir auf zwei unterschiedliche Arten modelliert: Durch Zeitsteuerung, d.h. der Cursor muss eine bestimmte Mindestzeit über einem selektierbaren Element gehalten werden, oder durch Klicken in der Luft, wobei der

Finger in einer bestimmten Zeit eine Mindestbewegung in Richtung Bildschirm über einem selektierbaren Objekt ausführen muss. Diese beiden Methoden wurden in dem Test verglichen und näher untersucht.

Darüber hinaus haben wir komplexere Interaktionen wie Klick, Grab und Release bzw. Drag & Drop in Luftgesten übertragen.

Das Interaktionskonzept beruht dabei auf einer Metapher aus der natürlichen Umwelt, in der Objekte wie z.B. Fotos auf einem Tisch liegen. In der virtuellen Umgebung werden die Objekte auf einem Display dargestellt. Streckt der Nutzer seine(n) Finger aus, kann er auf diese Objekte - mit dem Mauszeiger - zeigen. Wird der Finger nach vorne, also in Richtung des Objektes auf dem Bildschirm bewegt, kann dieses Objekt berührt werden, genauso wie wenn man ein Objekt auf einem realen Schreibtisch berühren würde. Damit kann man das Objekt über den Tisch bewegen und wieder loslassen. Die virtuelle Berührung erfolgt, indem der Nutzer mit seinem Finger eine virtuelle Wand durchsticht und damit vom Zeige-Modus in den Greif-Modus wechselt. Diese Aktion wird durch ein auditives und visuelles Feedback unterstützt.



Abb. 2: Aufbau des Testsystems mit einem 63" Plasmabildschirm und dem *HHI Handtracker* über der Hand des Nutzers.

Schließlich haben wir auch das Erkennen und Zusammenwirken mehrerer Finger genutzt, um Rotations- und Skalierungsaktionen ähnlich wie bei Apples iPhone zu implementieren.

Dazu haben wir die Greif-Geste mit der Erkennung zweier Finger kombiniert. Das so gegriffene Objekt kann durch die Relativbewegung der Finger zueinander skaliert oder rotiert werden.

## 3.0 Untersuchung

### 3.1 Ziele

Das Klicken ist bei GUIs eine der wichtigsten Funktionen. In unserem Interaktionskonzept werden durch Mausclicks Buttons aktiviert bzw. Objekte über sensitive Bereiche „berührt“.

Ziel dieser Untersuchung ist ein erster empirischer Vergleich zwischen zwei „Gesten“ (Klicken durch Warten vs. Klicken durch Bewegen), die unserer Meinung nach für den Mausclick geeignet sind.

### 3.2 Methode

Um die beiden Klickvarianten zu untersuchen wurde ein Messwiederholungsdesign mit randomisierter Abfolge der Bedingungen angewandt. Jede Versuchsperson (VP) hat beide Klickvarianten nacheinander getestet und bewertet. Im ersten Durchgang haben zwölf VPn durch Warten, acht VPn durch Bewegen geklickt. Im zweiten Durchgang entsprechend umgekehrt. Jede VP sollte vor der Untersuchung und Einweisung in die zu testende Technologie zunächst schildern, wie sie einen auf dem Bildschirm gezeigten Button berührungslos drücken würde. Folgende abhängigen Variablen wurden erfasst:

1. *Lernzeit*: Jeder VP wurde die jeweilige Klickvariante erklärt, bevor die VP selbst diese Variante solange testen konnte, bis sie der Meinung

war, dass Sie dieses Klickkonzept verstanden hat. Die Dauer des Explorierens bzw. Lernens wurde dabei erfasst.

2. **Genauigkeit:** Auf dem Bildschirm waren fünf rechteckige Buttons dargestellt. Diese Buttons zeigten ein Kreuz und befanden sich in der Mitte, sowie in den vier Ecken des Bildschirms. Die VP hatte die Aufgabe, genau in die Mitte des Buttons zu klicken. Es wurde der Radius der Abweichung vom Mittelpunkt des Buttons in Pixel erfasst.
3. **Minimale Buttongröße:** Auf dem Bildschirm wurden Gruppen von Buttons (3 x 3 Buttons) in 11 verschiedenen Größen gezeigt. Die kleinsten Buttons waren 10 x 10 Pixel, die größten waren 60 x 60 Pixel groß. Der Unterschied zwischen den Buttons zweier benachbarter Gruppen betrug immer genau fünf Pixel. Die VP hatten die Aufgabe, die Buttongruppe zu benennen, bei welcher sie den mittleren Button a) noch bequem mit dem Mauszeiger treffen konnte (Bedingung Zielen) und b) noch bequem anklicken konnte. Es sollte jeweils die Gruppe mit der minimal-akzeptablen Buttongröße genannt werden.
4. **Subjektive Zufriedenheit:** nach beiden Durchgängen musste jede VP einen Fragebogen zur subjektiven Zufriedenheit mit der sieben ausprobierten Klickvariante ausfüllen. Der Fragebogen enthielt Aussagen wie: „Es war mühsam, auf die Buttons zu klicken“, oder „Diese Bedienart würde ich auch bei anderen Diensten wieder nutzen“, die auf einer Skala von 1 (trifft zu) bis 7 (trifft nicht zu) bewertet werden sollten. Das neunte Item war eine siebenstufige Kunin-Skala (Kunin, 1955). Auf dieser Skala werden mit Smilies sieben verschiedenen Gesichtsausdrücke dargestellt, die verschiedene Zufriedenheiten ausdrücken sol-

len. Ursprünglich wurde diese Skala für eine „Ein-Item“ Erfassung der Arbeitszufriedenheit konzipiert, wird heute aber auch in anderen Bereichen reliabel angewandt. In dieser Untersuchung erfassen wir damit die Gesamtzufriedenheit der VP mit einem Versuchsdurchgang.

5. **Dauer der Aufgabenbearbeitung:** Dauer für die Bearbeitung einer einfachen Klickaufgabe, bei der die VP in einem Hauptmenü ein Untermenü öffnen und den zweiten Untermenüpunkt anklicken sollte.

### 3.3 Versuchspersonen

Fünf Frauen und 15 Männer haben an der Untersuchung teilgenommen. Die jüngste VP war 21 Jahre alt, die älteste 61 Jahre alt. Der Altersdurchschnitt lag bei 32 Jahren ( $SD = 11,32$ ). Die Versuchspersonen hatten leicht überdurchschnittliche Computerkenntnisse. Für die Teilnahme an der 30-minütigen Untersuchung wurde keinerlei Aufwandsentschädigung geleistet.

## 4.0 Ergebnisse

### 4.1 Signifikante Unterschiede

#### 4.1.1 Lernzeit

Bezüglich der AV *Lernzeit* konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Klickvarianten festgestellt werden ( $t = -2,109$ ;  $p = .048$ ;  $df = 19$ ). Die VPN lernten das Klicken durch Warten ( $M = 31,60$ ;  $SD = 26,84$ ) ca. 20 Sekunden schneller als das Klicken durch Bewegen ( $M = 51,80$ ;  $SD = 30,98$ ).

#### 4.1.2 Genauigkeit

Beim Klicken durch Warten ( $M = 12,43$ ;  $SD = 3,30$ ) waren die VPN sig-

nifikant genauer ( $t = 4,558$ ;  $p = .000$ ;  $df = 18$ ) als beim Klicken durch Bewegung ( $M = 16,32$ ;  $SD = 4,02$ ).

#### 4.1.3 Minimale Buttongröße beim Klicken

Die Angaben zu der minimalen Buttongröße für das Klicken waren in der Bedingung Klicken durch Warten ( $M = 2,95$ ;  $SD = 1,05$ ) mit ca. 20 x 20 Pixel signifikant kleiner ( $t = -7,033$ ;  $p = .000$ ;  $df = 19$ ) als in der Bedingung Klicken durch Bewegen ( $M = 4,65$ ;  $SD = 1,46$ ) mit ca. 30 x 30 Pixel.

#### 4.1.4 Subjektive Zufriedenheit

Ein hoch signifikanter Unterschied ( $t = 5,311$ ;  $p = .000$ ;  $df = 19$ ) konnte hinsichtlich der subjektiven Zufriedenheit beobachtet werden. Auf der siebenstufigen Skala lag die mittlere Zufriedenheit in der Bedingung Klicken durch Warten mit  $M = 5,35$  ( $SD = 1,09$ ) höher als die Zufriedenheit mit dem Klicken durch Bewegen ( $M = 4,00$ ;  $SD = 1,52$ ).

## 4.2 Keine (signifikanten) Unterschiede

#### 4.2.1 Zeit für die Aufgabenbearbeitung

Hinsichtlich der *Zeit für die Aufgabenbearbeitung* gab es keinen Unterschied zwischen den Klickvarianten. Beim Klicken durch Warten brauchten die VPN durchschnittlich  $M = 6,1$  Sekunden ( $SD = 2,10$ ), beim Klicken durch Bewegen durchschnittlich 7,1 Sekunden ( $SD = 3,17$ ).

#### 4.2.2 Minimale Buttongröße beim Zielen

Die Angaben zu der minimalen Buttongröße für das Zielen waren in der Bedingung Klicken durch Warten ( $M = 2,95$ ;  $SD = 1,15$ ) mit ca. 20 x 20 Pixel nicht unterschiedlich von der Bedingung Klicken durch Bewegen ( $M = 2,95$ ;  $SD = 0,76$ ).

### 4.3 Weitere Ergebnisse

#### 4.3.1 Die intuitive Klickgeste

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

#### 4.3.2 Reihenfolgeeffekte

Da bei dem zugrunde liegenden Untersuchungsdesign Reihenfolgeeffekte erwartet werden können, wurden die Daten auf solche Effekte hin untersucht. Es konnten fünf signifikante Effekte gefunden werden.

Die *Lernzeit für das Klicken durch Bewegen* fiel um 32,42 Sekunden länger aus ( $t = -2,624$ ;  $p = .012$ ;  $df = 18$ ), wenn die VPN diese bereits im ersten Durchgang lernten ( $M = 71,25$ ;  $SD = 24,81$ ).

Für die Angabe über die *minimale Buttongröße beim Zielen* für die Klickart Warten konnte ein positiver „Lerneffekt“ gefunden werden ( $t = 2,527$ ;  $p = .021$ ;  $df = 18$ ). Haben die VPN die Klickart Warten im ersten Durchgang ausprobiert, fiel deren Einschätzung der minimalen Buttongröße fürs Zielen größer aus ( $M = 3,42$ ;  $SD = 1,08$ ) als bei den VPN, die bereits einen Durchgang mit der anderen Klickart hinter sich hatten ( $M = 2,25$ ;  $SD = 0,89$ ).

Dieser Effekt kann ebenfalls für die Angaben zur *minimalen Buttongröße für das Klicken mit der Klickart Warten* ( $t = 2,856$ ;  $p = .010$ ;  $df = 18$ ) festgestellt werden. Die VPN ohne vorherige Übung mit der anderen Klickart wollten größere Buttons fürs Klicken ( $M = 3,42$ ;  $SD = 1$ ) als die VPN, die bereits einen Durchgang hinter sich hatten ( $M = 2,25$ ;  $SD = 0,71$ ).

Für die *minimale Buttongröße fürs Klicken mit der Klickart Bewegen* gibt es einen umgekehrten Effekt ( $t = 2,556$ ;  $p = .020$ ;  $df = 18$ ). Die VPN, die im ersten Durchgang mit der Klickart Warten beginnen und erst danach die Klickart Bewegen kennen lernen, wünschen sich größere Buttons ( $M = 5,25$ ;  $SD = 1,48$ ) als die VPN, die direkt mit der Klickart Bewegen beginnen ( $M = 3,75$ ;  $SD = 0,89$ ).

Bei der *Gesamtzufriedenheit mit der Klickart Bewegen* konnte ebenfalls ein signifikanter Reihenfolgeeffekt gefunden werden ( $t = -2,798$ ;  $p = .012$ ;  $df = 18$ ). Haben die VPN zuerst das Klicken durch Warten kennen gelernt, so bewerteten sie das Klicken durch Bewegen deutlich schlechter ( $M = 3,33$ ;  $SD = 1,371$ ) als die VPN, die im ersten Durchgang mit der Klickart Bewegen begonnen haben ( $M = 5,00$ ;  $SD = 1,195$ ), also keine Vorerfahrungen mit der anderen Klickart hatten.

### 5.0 Diskussion

In vier von sechs erfassten Variablen konnten signifikante Unterschiede zwischen den beiden Klickvarianten festgestellt werden. In diesen vier Fällen schneidet die Variante Klicken durch Warten immer besser ab als das Klicken durch Bewegen. Der gravierendste Unterschied besteht, unserer Meinung nach in der Lernzeit. Um mit der Variante Klicken durch Bewegen zurecht zu kommen, brauchten die VPN durchschnittlich 20 Sekunden länger. Das entspricht auch unserer Erfahrung und dem von uns vorgeschlagenen Einsatzgebiet für die beiden Gesten. Das Klicken durch Warten ist einfacher zu verstehen und auch genauer, insbesondere für Novizen. Wir haben deshalb diese Variante für Systeme vorgeschlagen und realisiert, die z.B. im öffentlichen Bereich verwendet werden. In dem Kontext sind

die Nutzer meist Novizen und die Lernzeit sollte so gering wie möglich sein, um eine effektive, effiziente und zufriedenstellende Nutzung zu ermöglichen. Die Bearbeitungszeit der einfachen Klickaufgabe zeigt jedoch, dass, wenn die Nutzer das Konzept des Klickens durch Bewegen verstanden haben, es bei einfachen Aufgaben genauso gut angewendet werden kann.

Die gefundenen Reihenfolgeeffekte deuten auf die bekannte Problematik des Messwiederholungsdesigns hin. Inhaltlich unterstützen diese Effekte aber die bereits erwähnten Vorteile des Klickens durch Warten. Beispielsweise ist die subjektive Zufriedenheit der VPN mit dem Klicken durch Bewegen deutlich geringer, wenn diese VPN bereits die allgemein favorisierte Klickart durch Warten kennen gelernt haben. Andererseits kann aber nicht behauptet werden, dass die Kenntnis der Klickart durch Bewegen die subjektive Zufriedenheit mit dem Klicken durch Warten beeinflussen würde.

Der Reihenfolgeeffekt hinsichtlich der minimalen Buttongröße fürs Klicken (Klicken durch Bewegen) deutet darauf hin, dass diese Klickart möglicherweise durch das Messwiederholungsdesign schlechter bewertet wurde, als es tatsächlich der Fall ist. Hier scheinen sich die VPN, die diese Klickart im ersten Durchgang kennen lernen sicherer zu fühlen da sie kleinere Buttons wählen als VPN, die erst das Klicken durch Warten ausprobieren. Die Kenntnis der „besseren“ Klickgeste (Klicken durch Warten), scheint die negativen Wertungen 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. Das Klicken durch Bewegen sollte z.B. nicht

auf einer Linie, senkrecht zum Display, sondern auf einem Bogen geschehen, dessen Mittelpunkt der Nutzer ist. Das ist ergonomischer bzw. entspricht einer natürlichen Bewegung. Weiterhin sollte der Nutzer bzgl. der unsichtbaren Bereiche in denen er klicken oder nur den Mauszeiger bewegen kann, ein eindeutiges Feedback erhalten.

Unserer Ansicht nach, ist das Klicken durch Warten einfacher zu erlernen und zunächst auch genauer. Es scheint auch, zumindest für einfache Klickoperationen auch intuitiver zu sein als das Klicken durch Bewegen (siehe Absatz 4.3.1 Die intuitive Klickgeste). Das Klicken durch Bewegen hat allerdings den Vorteil, dass der Nutzer eine aktive Eingabe macht (bewegen vs. warten) um einen Befehl auszuführen. Das entspricht eher den bekannten Konzepten aus der Computerwelt (Drücken einer Maus-, Tastaturtaste) aber auch aus unserer natürlichen Umwelt (Drücken eines Lichtschalters). Weiterhin ist solch eine aktive Eingabe besser um Fehlbedienungen zu vermeiden. Aus diesem Grund sind wir der Meinung, dass das Klicken durch Bewegen weiterhin verfolgt werden sollte und in einigen Nutzungskontexten, z.B. in Expertensystemen, die eine komplexere Interaktion erfordern ggf. vorteilhafter sein könnte.

Diese und weitere Fragestellung, die aus den ersten Ergebnissen resultieren, als auch die hier erwähnten methodischen und konzeptionellen Probleme werden in weiteren Arbeiten evaluiert.

Weiterhin ist uns bewusst, dass der hier untersuchte Lösungsansatz erst einen Bruchteil der Interaktionsmöglichkeiten durch berührungslose Gesten abdeckt. Unser Ziel war es zunächst eine der wichtigsten Nutzeraktionen, den Klick, genauer zu untersuchen. Der Ansatz der berührungslosen Interaktion hat jedoch ein über den Transfer von Maus- und Touchaktionen weit hinausgehendes Potential. Z.B. können die Zahl der ausgestreckten Finger und deren Bewegung zur Basis einer umfangreichen Gestsprache ausgebaut werden. Aus diesem Grund werden wir dieses Thema sowohl hinsichtlich der Verbesserung der Technik als auch der Usability weiter vorantreiben.

#### Danksagung

Für die tatkräftige Unterstützung bei der Untersuchung bedanken uns herzlich bei Jasmin Heumann, Christian Gali, Wolfgang Reiner und Dr. Lothar Mühlbach.

#### 6.0 Literaturverzeichnis

Engelbart, D.; English, W. (1968): A Research Center for Augmenting Humans Intellect. AFIPS Conference Proceedings, Vol. 33, S. 395-410.

Kunin, T. (1955), The construction of a new type of attitude measure. *Personal Psychology* 8 (1955) 39-47

#### 7.0 Weiterführende Literatur und Links

Hopf, K.; Chojecki, P.; Neumann, F.; Przewozny, D. (2006): Novel autostereoscopic single-user displays with user interaction. Proceedings of SPIE, Vol. 6392, October 2006.

Maggioni, C. (1995): Gesture Computer - New Ways of Operating a Computer. Proceedings of International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, S. 166-171.

Nickel, K.; Stiefelhagen, R. (2007): Visual recognition of pointing gestures for human-robot interaction. *Image and Vision Computing*, Vol. 25, Nr. 12, S. 1875-1884.

Yamamoto, Y. et al. (2004): Arm-Pointing Gesture Interface Using Surrounded Stereo Cameras System. Proceedings of the Pattern Recognition, 17th International Conference on (ICPR'04), Vol. 4, S. 965-970.

<http://www.hhi.fraunhofer.de/de/abteilungen/im/produkte-und-dienstleistungen/beruehrungslose-interaktion.html>

<http://www.igesture.org/>: A General Gesture Recognition Framework

<http://www.healthypointers.no/confluence/display/hp/Home>

<http://naturalinteraction.org>

# User-Centered-Design und Software Entwicklung